

СТАРООСКОЛЬСКИЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ им. А.А. УГАРОВА



XV ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

студентов и аспирантов

I ТОМ

ОТ ИГА К НИТУ - MISiS
100 ЛЕТ
1918-2018
ОТКРЫВАЕМ НОВЫЙ ВЕК

MISiS
Национальный исследовательский
технологический университет



25–26 апреля 2018 г.
г. Старый Оскол

Министерство образования и науки Российской Федерации
Старооскольский технологический институт им.А.А. Угарова
(филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

**XV ВСЕРОССИЙСКАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ**

ТОМ I

25-26 апреля 2018 г.

г. Старый Оскол

УДК 622: 669
ББК 33: 34.3
С 568

Редакционная коллегия:

Еременко Юрий Иванович – декан факультета автоматизации и информационных технологий, зав. кафедрой АИСУ СТИ НИТУ «МИСиС», проф., д.т.н.

Ильичева Елена Вячеславовна – зам. директора по учебно-методической работе СТИ НИТУ «МИСиС», проф., д.э.н.

Демьяненко Маргарита Сергеевна – декан инженерно-экономического факультета СТИ НИТУ «МИСиС», зав. кафедрой ЭУиОП СТИ НИТУ «МИСиС», доц., к.э.н.

Крафт Людмила Николаевна – зав. кафедрой химии и физики СТИ НИТУ «МИСиС», проф., к.т.н.

Кожухов Алексей Александрович – декан горного факультета, зав. кафедрой ММ им. С.П. Угаровой СТИ НИТУ «МИСиС», доц., д.т.н.

Макаров Алексей Владимирович – декан факультета ММТ, зав. кафедрой ТОММ им. В.Б. Крахта СТИ НИТУ «МИСиС», доц., к.т.н.

Рецензенты:

Еременко Юрий Иванович – декан факультета автоматизации и информационных технологий, зав. кафедрой АИСУ СТИ НИТУ «МИСиС», проф., д.т.н.

Ильичева Елена Вячеславовна – зам. директора по учебно-методической работе СТИ НИТУ «МИСиС», проф., д.э.н.

Демьяненко Маргарита Сергеевна – декан инженерно-экономического факультета СТИ НИТУ «МИСиС», зав. кафедрой ЭУиОП СТИ НИТУ «МИСиС», доц., к.э.н.

Крафт Людмила Николаевна – зав. кафедрой химии и физики СТИ НИТУ «МИСиС», проф., к.т.н.

Кожухов Алексей Александрович – декан горного факультета, зав. кафедрой ММ им. С.П. Угаровой СТИ НИТУ «МИСиС», доц., д.т.н.

Макаров Алексей Владимирович – декан факультета ММТ, зав. кафедрой ТОММ им. В.Б. Крахта СТИ НИТУ «МИСиС», доц., к.т.н.

Материалы пятнадцатой Всероссийской научно-практической конференции студентов и аспирантов, Том I, 25-26 апреля 2018 г. / редколлегия: Ю.И. Еременко, Е.В. Ильичева, Л.Н. Крафт, А.А. Кожухов, А.В. Макаров, М.С. Демьяненко – Старый Оскол, 2018. – 234 с.

Сборник материалов Пятнадцатой Всероссийской научно-практической конференции студентов и аспирантов

Материалы публикуются в авторской редакции.

УДК 622: 669
ББК 33: 34.3

СЕКЦИЯ «МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ, РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ «МЯГКОГО» ОБЖАТИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

Богадевич Д.И., магистрант 1 курса

Научный руководитель – **Смирнов Е.Н.**, д.т.н., профессор

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

В последние годы большее применение получает метод «мягкого» обжатиya непрерывнолитой заготовки, сущность которого заключается в том, что закристаллизовавшаяся оболочка заготовки подвергается плавному обжатию с целью минимизации или исключения её дефектов, таких как пористость и осевая ликвация [1]. Однако при этом возникают трудности в случае появления в процессе непрерывного литья дефекта формы поперечного сечения «ромбичность», при котором наблюдается разница диагоналей заготовки, что приводит к возникновению проблем при прокатке [2]. Поэтому, наибольший эффект в части повышения качества непрерывнолитой заготовки будут иметь методы, которые могут совмещать в себя и положительный эффект «мягкого» обжатиya и одновременно снижать величину ромбичности непрерывнолитой заготовки. Применение таких технологий особенно важно в условиях литейно-прокатных модулей [3].

Данная работа посвящена экспериментальному изучению нового способа «мягкого» обжатиya, который позволяет исправлять дефект формы непрерывнолитой заготовки «ромбичность» с одновременным устранением осевых дефектов несплошности и ликвации.

На кафедре Metallургии и металловедения Старооскольского технологического института (филиал) НИТУ «МИСиС» предложен новый способ осуществления процесса «мягкого» обжатиya, который позволяет не только улучшать качество осевой зоны заготовки, но и исправлять ромбичность, если она возникла на более ранней стадии затвердевания металла заготовки. По результатам разработки подана заявка на получение патента на изобретение. По этому способу непрерывнолитая заготовка получает деформацию в зоне окончательного затвердевания, когда она находится в двухфазном состоянии, в валках блока «мягкого» обжатиya сегментной конструкции (две пары деформирующих валков в одном сегменте), расположенных по длине слитка в этой зоне в несколько этапов [4]. При этом осуществляется как высотная деформация заготовки, так и смещение двух параллельных граней в противоположные стороны в геликоидальных валках для исправления ромбичности.

Ввиду того, что отсутствует представление о механизме воздействия, было принято решение о проведении первого этапа исследований на плоской модели, позволяющей оценить состояние в элементарной площадке, а именно поперечной плоскости.

В качестве базовой физической модели была принята пенополиэтиленовая форма, имитирующая закристаллизовавшуюся область заготовки, с отверстием, необходимым для имитации жидко-твердой фазы. Для изготовления модели был выбран вспененный полиэтилен по той причине, что этот материал легко поддается деформированию, сохраняя первоначальную форму под давлением.

Для моделирования был принят масштаб моделирования, равный 1:1. Размеры осевой полости определялись путем расчетов на математической модели. Величину параметров приняли, исходя из заявленных значений в патенте.

В результате для моделирования было изготовлено три серии плоских форм, размеры которых приведены в таблице 1.

Механическое воздействие на деформируемую форму обеспечивалось с помощью двух зубчатых реек, предварительно выточенные зубцы которых имели форму трапеции.

Для изготовления зубчатых реек, зубцы которых должны иметь необходимую форму, прямоугольные листы фанеры зажимали в тисках и при помощи трёхгранного напильника выпиливали пазы, тем самым выполняя трапецеидальные зубцы на одной из сторон обеих реек (Рисунок 1). Рейки были установлены снизу и сверху по отношению к пенополиэтиленовым моделям так, чтобы зубчатые стороны реек соприкасались с двумя противоположными краями деформируемых форм.

Таблица 1 – Размеры плоских пенополиэтиленовых моделей

Сечение заготовки		Диаметр осевой полости d, мм	Размеры диагоналей		Коэффициент ромбичности
h ₀ , мм	b, мм		d ₁ , мм	d ₂ , мм	
150	150	378	215,8	208,5	1,035
150	150	535	215,8	208,5	1,035
150	150	845	215,8	208,5	1,035
150	150	378	218,9	205,1	1,0675
150	150	535	218,9	205,1	1,0675
150	150	845	218,9	205,1	1,0675
150	150	378	222,0	202,0	1,1
150	150	535	222,0	202,0	1,1
150	150	845	222,0	202,0	1,1

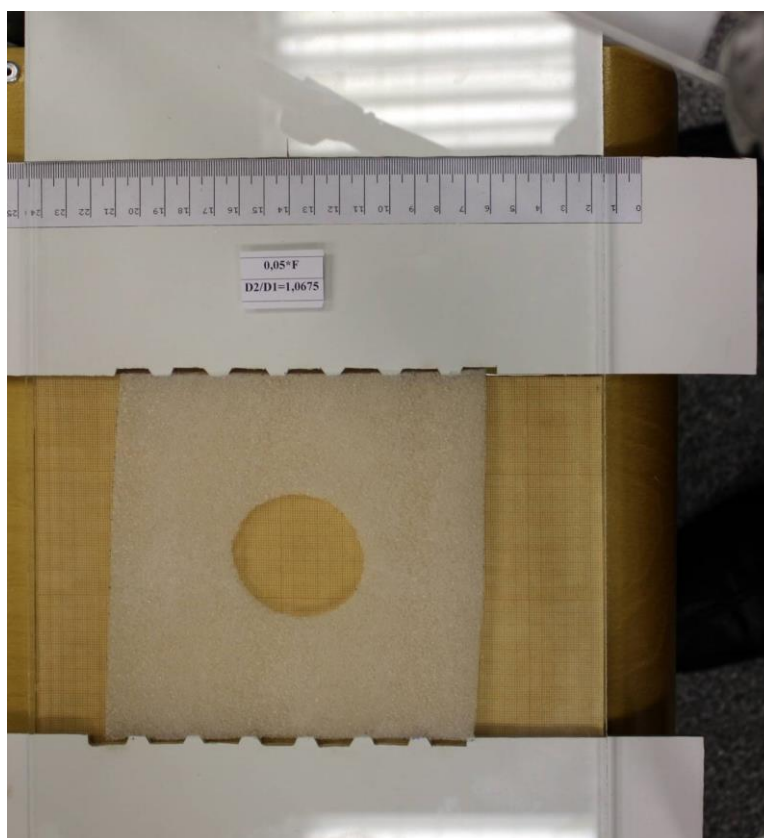


Рисунок 1 – Вид модели после приложения высотного обжатия 5 мм

Перемещение зубчатых реек, обжимающих ромбичную форму, обеспечивало имитацию процесса исправления формы непрерывнолитых заготовок, имеющих геометрический дефект «ромбичность», с помощью комплексного воздействия, заключающего в «мягком» обжатии заготовки и перемещении её в валках, имеющих специальное профилирование, выполненное по многозаходной винтовой линии. На рейки были нанесены шкалы измерения в виде наклеенных бумажных линеек с целью фиксации

формоизменения модели и возможности дальнейшего анализа процесса исправления дефекта «ромбичность» непрерывнолитой заготовки на основе полученных данных. Кроме того, для оценки процесса деформирования использовалась координатная сетка в виде миллиметровой бумаги в качестве подложки под деформируемую модель.

Модель была зажата между двумя плоскостями, выполненными из кварцевого стекла, ограничивающими изменение её формы при механическом воздействии на неё с той целью, чтобы деформация происходила только продольно и была исключена деформация в перпендикулярном направлении, то есть изгиб модели и отклонение её сечения от первоначальной формы. Фиксирование плоскостей производилось с помощью струбцин.

Для получения первичной информации о характере протекания процесса деформирования при различных соотношениях размеров области, имитирующей закристаллизовавшуюся составляющую, и жидко-твердой фазы, а также при различных значениях коэффициента ромбичности были изготовлены девять деформируемых пенополиэтиленовых форм. Диапазон соотношений площадей двух фаз находился в диапазоне 0,1–0,25, а значения ромбичности находились в пределах 1,035–1,1.

Таким образом, были использованы три группы моделей, имеющих начальную ромбичность 1,035, 1,0675 и 1,1. В каждой группе были использованы три деформируемые формы с соотношениями площадей двух фаз 0,05, 0,1 и 0,25.

Все девять пенополиэтиленовых форм подвергали механическому воздействию, заключающемуся в их мягком обжатии зубчатыми рейками и последующей сдвиговой деформации при перемещении этих реек. При этом относительное смещение зубчатых реек составляло 0 мм, 10 мм и 15 мм, а степень высотного обжатия модели – около 3,3 %.

С помощью бумажных линеек, наклеенных на рейки, фиксировалось их перемещение, а посредством координатной сетки определялось изменение размеров сердцевин деформируемой формы.

Заключение

Таким образом, разработана и сконструирована установка для физического моделирования нового способа с использованием пенополиэтиленовых моделей, которая позволяет корректно моделировать процесс формоизменения непрерывнолитой заготовки в клетях «мягкого» обжатия.

Список литературы

1. Смирнов Е.Н., Ручко В.Н., Скляр В.А., Соболев А.Г. Исследование влияния фактора взаимного расположения участков «изгиба и правки» и «мягкого» обжатия на напряженно-деформированное состояние непрерывнолитой заготовки / Е.Н. Смирнов, В.Н. Ручко, В.А. Скляр // Современные проблемы электрометаллургии стали: Материалы XVII международной конференции. Челябинск, 2017. – Ч. 2. – С. 52-56.
2. Скляр, А.Г. Соболев // Современные проблемы электрометаллургии стали: Материалы XVII международной конференции. Челябинск, 2017. – Ч. 2. – С. 52-56.
3. Смирнов Е.Н. Исследование формоизменения и напряженно-деформированного состояния непрерывнолитой заготовки с дефектом формы "ромбичность" в процессе прокатки в прямоугольных калибрах / Е.Н. Смирнов, В.А. Скляр, С.А. Снитко, В.А. Белевитин // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство материалы тринадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2016. С. 147-152.
4. Смирнов Е.Н. Моделирование НДС непрерывнолитой сортовой заготовки в тянуще-правильной машине МНЛЗ / Е.Н. Смирнов, В.Н. Ручко, С.А. Коваленко, В.А. Скляр // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство. Материалы тринадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. - 2016. - С. 139-146.
5. Smirnov Y., Sklyar V. Features of deformation of partly crystallization blooms at their two-stage soft reduction // Materials Science Forum, 2012. - Т. 704-705. - С. 1-5.

ВЫСОКОПРОЧНЫЕ СТАЛИ

Горбунов К.С., студент 4 курса

Бахаев К.В., к.т.н., доцент

Липецкий государственный технический университет

Аннотация: Рассмотрено производство сталей с высоким пределом прочности и химический состав легирующих элементов

Ключевые слова: высокопрочные стали, предел прочности, химический состав, производство, аустенит, температура

Уровень качества низкоуглеродистой нестареющей тонколистовой холоднокатаной стали во второй половине 20 века не удовлетворял условиям рынка на автомобильный металл (предел прочности, штампуемость). Потребовалось создание новых сталей, которые бы соответствовали современным задачам. И такие стали были созданы с высокой прочностью и достаточной пластичностью, применение которых позволило уменьшить массу автомобиля, расход его топлива и эмиссию углекислого газа в окружающую среду. Динамика автомобиля: время на ускорение и торможение соответствует новому времени. С тех пор и по настоящее время стали повышенной прочности (СПП) применяются в мировом автомобилестроении всё более широко и целенаправленно. Рынок СПП расширяется с каждым годом. К участию в соответствующем сегменте рынка привлекаются металлургические предприятия России. Начато производство сталей IF, BH, TRIP, DP и др.

Высокопрочными называют стали, имеющие предел прочности более 1000 МПа, который достигается подбором химического состава и термической обработки. Такой уровень прочности можно получить в среднеуглеродистых легированных сталях, (30XГСН 2А, 40ХН2МА), применяя закалку с низким отпускком или изотермическую закалку с получением структуры нижнего бейнита. Метастабильные высокопрочные аустенитные стали называют TRIP – сталями (TRIP – от начальных букв слов Transformation Induced Plasticity) или ПНП – сталями (пластичность, наведенная превращением). Эти стали содержат 8...14% Cr, 8...32% Ni, 0,5...2,5% Mn, 2...6% Mo, до 2% Si. Пример марочного состава: 30X9H8M4Г2C2, 25H25M4Г1. Отличительной особенностью сталей является то, что после аустенизации при 980...1200°C температуры мартенситного превращения МН и МД (начало образования мартенсита деформации), находятся ниже 20°C, т.е. стали имеют аустенитную структуру. Для придания стали высоких механических свойств после аустенизации ее подвергают 80%-ной деформации (прокатка, волочение, гидроэкструзия и т.д.) при 250...550°C (ниже температуры рекристаллизации). При деформации аустенит претерпевает наклеп и обедняется углеродом, что приводит к повышению точек МН и МД. При охлаждении, следовательно, аустенит становится метастабильным и при его дальнейшем деформировании происходит мартенситное превращение. Поэтому при испытании на растяжение участки аустенита, где локализуется деформация, претерпевают мартенситное превращение, что приводит к местному упрочнению, и деформация сосредотачивается в соседних (неупрочненных) объемах аустенита. Следовательно, превращение аустенита в мартенсит исключает возможность образования “шейки”, что объясняет высокую пластичность ПНП-сталей. $\sigma_{0.2} = 1400...1500$ МПа; $\sigma_B = 1500...1700$ МПа; $\delta = 50...60\%$.

Характерным для этой группы ПНП-сталей является высокое значение вязкости разрушения и предела временного сопротивления. При одинаковой или близкой прочности ПНП-стали пластичнее, а при равной пластичности имеют более высокий предел текучести, чем мартенситно-стареющие стали или легированные высокопрочные стали. Широкому применению ПНП-сталей препятствует их высокое содержание легирующих элементов, необходимость использования мощного оборудования для деформации при сравнительно низких температурах, трудность сварки, анизотропия свойств деформированного металла и т.д. Эти стали используют для изготовления высоконагруженных деталей: детали корпуса автомобиля, проволоки, тросов, крепежных деталей и др.

Список литературы

1. Погодаев А.К. Влияние деформационного нагрева полосы при холодной прокатке на сопротивление деформации высокопрочных автомобильных сталей / Борисов С.С., Мазур И.П., Романенко Д.Н. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2016. № 4 (21). С. 51-58.
2. Мазур И.П. Высокопрочные низколегированные стали в автомобилестроении /Левыкина А.Г. //В книге: Сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета посвящается 60-летию
3. Бобков Е.Б. Взаимосвязь параметров горячей прокатки и кинетики распада переохлажденного аустенита /Мухин Ю.А.//. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 1996. № 5. С. 27.
4. Бельский С.М способ прокатки листовой стали / Мухин Ю.А., Бахаев К.В.// патент на изобретение RUS 2344888 30.05.2007
5. Бахаев К.В. Повышение эффективности производства и качества if-стали на основе исследования закономерностей формирования структуры, механических свойств и совершенствования режимов горячей прокатки /Скоморохова Е.В.,// В книге: Сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета посвящается 60-летию Липецкого государственного технического университета: в 2-х частях. 2016. С. 260-261.

ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОФИЛЬ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ПРОКАТЫВАЕМОЙ ПОЛОСЫ НА СТАНЕ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ 2000 ПАО «НЛМК» И СИСТЕМЫ ИХ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Грачев Д.О., студент четвертого курса

Бельский С.М., д.т.н., профессор

Липецкий государственный технический университет

Для получения соответствующей продукции в прокатном производстве необходимо чётко управлять процессом регулирования геометрических размеров прокатываемых полос. Поэтому непрерывные широкополосные станы горячей прокатки имеют целый комплекс таких систем, например, они установлены ПАО «НЛМК» на НШСГП 2000 ППП. Следует отметить, что длина бочек рабочих валков НШСГП 2000 составляла до недавнего времени 2000 мм. На стане прокатывают стальные полосы шириной от 900 до 1850 мм, толщиной от 1,25 до 25 мм и сматывают их в рулоны до 36 т. Марочный сортамент прокатываемой стали - от низкоуглеродистых до высокопрочных, включая низколегированные марки, а также электротехническую сталь. Точность геометрических параметров - определяющий критерий качества для прокатной продукции ПАО «НЛМК».

Особое внимание уделяется уменьшению отклонений от заданных величин толщины, ширины, плоскостности [1-4]. Из-за нарушения технологического процесса появляется серповидность полосы, продольная и поперечная разнотолщинность, а также нарушения плоскостности полосы в виде волнистости и коробоватости, связанных с неравномерным обжатием по ширине.

Внедрение универсальной измерительной системы RM-312, установленной за клетью №12, позволило осуществлять в масштабе реального времени измерение “скобой” толщины, ширины, профиля поперечного сечения и плоскостности прокатываемых полос в нескольких точках. RM-312 замыкает обратную связь в контурах регулирования геометрических параметров горячекатаных полос.

Известно, что на профиль поперечного сечения прокатываемых полос влияют такие факторы, как упругий изгиб прокатных валков, неравномерный износ валков по длине бочки, их тепловая выпуклость. Для компенсации влияния этих факторов на НШСГП 2000 применяют устройства противоизгиба рабочих валков совместно со станочной профилировкой валков.

В настоящее время для получения качественного проката клетки №№7-12 чистовой группы стана 2000 оснащены устройствами осевой сдвижки рабочих валков в диапазоне ± 150 мм, что позволяет успешно применять рабочие валки с длиной бочки 2300 мм с S-образной профилировкой CVC (Continuous Variable Crown), а также циклическую сдвижку (CS – cyclic shifting) рабочих валков с обычной параболической профилировкой.

Принцип регулирования выпуклости профиля поперечного сечения прокатываемых полос с помощью рабочих валков CVC представлен на рисунке 1.

Как видно из рисунка, использование системы CVC позволяет контролировать вытяжку по всей ширине полосы, избегая прикромочных трещин, коробоватости и волнистости.

Профилировка CVC является кубической функцией координаты вдоль оси валка: $y(x) = a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$, где $a_1; a_2; a_3$ - постоянные коэффициенты. Величина межвалкового зазора при сдвижке валков CVC описывается квадратичной параболой $h(x) = bx^2 + c$, симметричной относительно середины полосы. При этом величина выпуклости профиля поперечного сечения является линейной функцией величины осевой сдвижки: $\delta h = K \cdot s$, где δh - величина выпуклости профиля поперечного сечения, s - величина сдвижки, K - коэффициент пропорциональности, зависящий от $a_1; a_2; a_3$ [5-6].

Стоит отметить, что при внедрении валков CVC пришлось внести изменения в конструкцию привода валков, зубчатый шпиндель должен иметь запас хода в муфте. Это обусловлено осевой сдвижкой валков на ± 150 мм.

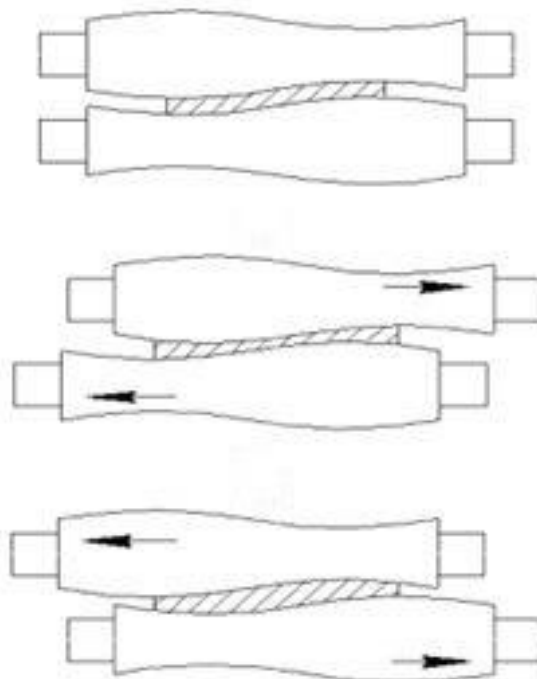


Рисунок 1 – Применение рабочих валков CVC

При прокатке рабочие валки изнашиваются в местах контакта с полосой с образованием «врезов» в прикромочных областях. Для уменьшения этих «врезов» применяют циклическую сдвижку (Рисунок 2).

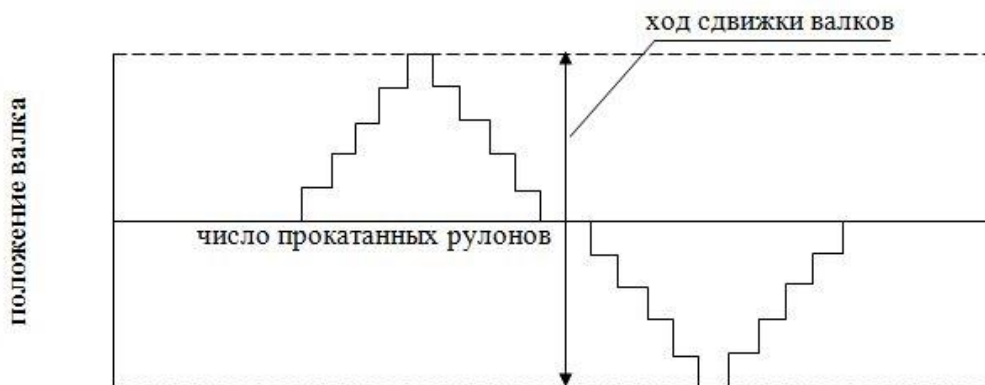


Рисунок 2 – Принцип циклической сдвижки рабочих валков с параболической профилировкой

В процессе регулирования толщины полосы в процессе прокатки и из-за изменения температурно-скоростных условий усилия прокатки по клетям изменяются. При этом изменяется и величина стрелы прогиба рабочих валков, что влияет на величину выпуклости профиля поперечного сечения прокатываемых полос. Для стабилизации формы профиля поперечного сечения полос прокатку осуществляют при включенной функции DPC (Dynamic Profile Control). Суть этой функции заключается в поддержании постоянного отношения

$$\frac{\Delta F}{\Delta P} = const$$

усилия противоизгиба рабочих валков к усилию прокатки в каждой клетке: $\frac{\Delta F}{\Delta P} = const$: при уменьшении усилия прокатки уменьшается выпуклость полосы, для компенсации этого уменьшения необходимо уменьшать усилия противоизгиба, и, соответственно, наоборот.

Заключение

Для успешного регулирования формы профиля поперечного сечения прокатываемых полос, НШСГП 2000 ЦГП ПАО «НЛМК» обеспечен всеми необходимыми устройствами и алгоритмами.

Список литературы

1. С.М. Бельский, Б.А. Поляков, В.А. Третьяков. Управление противоизгибом в клетях с осевой сдвижкой рабочих валков. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия № 6, 1992. с. 15-17.
2. С.М. Бельский, Ю.А. Мухин, И.П. Мазур. Теоретический анализ влияния натяжений на уширение металла при тонколистовой прокатке. Производство проката № 11, 2008. с. 13-17.
3. И.И. Шопин, С.М. Бельский. Упрощенная модель напряженно-деформированного состояния рулона на моталке. Производство проката № 5, 2016. с. 13-17.
4. И.И. Шопин, С.М. Бельский. Слоистая модель напряженно-деформированного состояния рулона на моталке. Производство проката № 8, 2016. с.3-7.
5. С.М. Бельский. О некоторых эффектах применения осевой сдвижки рабочих валков. Производство проката № 7, 2008. с. 21-24.
6. Urij Muhin, Sergej Belskij, Toncho Koinov. Study on the influence of the anti bending force of working rolls on the widening in hot rolling of thin sheet. Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 49, Iss. 1, 2014, p. 77-81.
7. Н.Н. Жовнодий, И.П. Мазур, А.А. Астахов, А.В. Шамрин. Технология профилирования рабочих s-образных валков с остаточной тепловой выпуклостью. Сталь, №10. 2014. с. 40-42.
8. П.А. Александров, В.П. Анисифоров. Прокатное производство. Справочник. Том 2. Под редакцией Е.С. Рокотяна. Москва, 1962г. 686 с.

КЛАССИФИКАЦИЯ СОРТАМЕНТА СТАЛЕЙ ПРОКАТЫВАЕМЫХ НА ТИПОВОМ СРЕДНЕСОРТНОМ СТАНЕ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ ПРЕДЕЛЬНОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ

Гончарова А.Н., магистрант 1 курса

Научный руководитель – Смирнов Е.Н., д.т.н., профессор

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

При получении заказа на металлопродукцию из ранее не освоенной марки стали или сплава появляется возможность отнести этот материал к одной из уже производимых групп марочного сортамента, и таким образом проводится оценка применимости к данному материалу одной из существующих технологических схем. В настоящее время, в условиях конкретного производства, эффективность указанной процедуры гарантируется главным образом знаниями и практическим опытом технологов и металлургов. Однако, обобщение производственного опыта с помощью классифицирования обрабатываемых материалов по технологическим особенностям их производства носит эмпирический характер, что сдерживает его применение. В этой связи привлечение современных компьютерных методов классификации к многомерной группировке сталей и сплавов позволит сделать эту процедуру максимально объективной, а также существенно сократить трудозатраты и время на ее выполнение.

Анализ сортамента выпускаемой продукции на типовых непрерывных среднесортных станах типа 350, которые были настроены на металлургических предприятиях России (и в первую очередь мини-заводах) показал, что вся продукция может быть классифицирована по десяти основным группам. При этом допускаются и другие группы. Однако их удельный вес в общем объеме крайне невелик.

Одним из первых элементов технологической схемы производства проката следует считать нагрев заготовок перед прокаткой в нагревательной печи.

По режиму нагрева марки стали условно делятся на группы. Однако анализ действующего на печах регламента нагрева металла показал, что на значительной части агрегатов присутствует весьма упрощенный режим нагрева заготовок, предусматривающий классификацию прокатываемых марок стали только на две группы.

Такой подход может иметь негативные последствия с точки зрения последующей горячей пластической деформации. В этом случае, целесообразно произвести такую классификацию прокатываемых на стане марок стали, которая допускала бы близкие деформационно-температурные режимы их обработки. С этих позиций представленный способ группировки существенно отличается от других классификаций металлов и сплавов.

Цель работы - классификация прокатываемых в условиях типового непрерывного среднесортного стана марок стали по признаку близости деформационно-температурных режимов обработки.

В настоящей работе для формирования групп в рамках рассматриваемой совокупности химических составов использовался метод таксонометрии, успешно реализованный в работе [1].

Таксонометрическая классификация, осуществленная в данной работе, разделила выработку сталей на семь, достаточно однородных групп. Характеристика групп, а также результаты обработки представлены в таблице 1.

Заключение

Таким образом представлен новый подход к классификации прокатываемых на непрерывном среднесортном стане марок сталей, который позволит оперативно отнести еще не освоенную марку стали или к одной из уже производимых групп марочного сортамента, и оценить применимость к данному материалу одной из существующих технологических схем. Произведенная классификация по методу таксонометрии позволила выделить семь групп марок сталей по признаку близости деформационно-температурных режимов обработки.

Таблица 1 – Классификация сталей по показателю предельной пластичности

Марка стали	Таксонометрическая классификация	Предельные коэффициенты вытяжки за период	
		Δ_p	μ_p
65-80 60Г-70Г	А - стали данной группы характеризуются максимальным среди всех сопоставляемых составов абсолютным уровнем показателя пластических свойств при температурах, близких к 1200°C, а при температуре 800°C все стали этой группы имеют минимальную пластичность, близкую к нулю.	0,74-1,05	1,09-1,36
55С2 55С2А 60С2 60С2А 80С	Б - стали данной группы имеют довольно низкие и малоизменяющиеся в диапазоне температур 800-1000°C пластические характеристики и средний их уровень при более высоких температурах 1100-1200°C.	0,59-0,74	1,11-1,27
38ХГСА 38ХС 30ХГТ 40ХН	В - для сталей данной группы требуются наиболее сложные условия деформирования среди всех сравниваемых групп. Анализ пластических свойств, зафиксированных при механических испытаниях образцов из сталей группы В, выявил минимальный уровень показателей почти при всех температурах испытаний.	1,24-1,44	1,49-1,73
45Х 50Х 45Г2	Г - особенностью сталей, отнесенных к данной группе, является наличие монотонного и близкого к линейному росту показателя n от малых значений ($n= 7 - 14$) при 800°C до величин среднего уровня ($n= 55 - 75$) при 1200°C.	0,49-0,59	1,2-1,25
18Г2С 35Г2 30ХГС 35ГС 10ГТ 40Г 10	Д - у сталей данной группы зависимость показателя n от температуры имеет почти такой же характер, как и у сталей группы А. Однако при температуре 800°C показатель n имеет более высокий абсолютный уровень, а с ростом температуры демонстрирует менее значимое приращение способности металла к пластическому деформированию.	0,54-1,24	1,23-1,49
09Г2 09Г2Д	Е - для сталей данной группы значение показателя n не меняется или преимущественно снижается с ростом температуры. При температуре испытания 800°C значения в фиксированном диапазоне 10 - 40 об., а при температуре 1200°C - в диапазоне 16 - 45 об., до разрушения образцов.	1,02	1,22
Ст0, Ст3 Ст4, Ст5 Ст6, 14Г2 25Г2С У7, У8 15, 25 40, 45 50, 55	Ж - результаты испытаний образцов из сталей, объединенных в данную группу, позволяют сделать вывод, что повышение температуры от 800 до 1100°C положительно влияет на рассматриваемый показатель пластических свойств, но при дальнейшем росте температуры до 1200°C он может снижаться. С этих позиций зависимость показателя n от температуры для сталей группы Ж близка по характеру поведения к сталям групп Б, В и Г, однако несколько отличается градиентом значений при изменении температуры.	0,51-1,27	1,13-1,63
n - число оборотов образцов до разрушения.			

Список литературы

1. Бринза В.В. Бринза А.В. Классификация сталей по показателю предельной пластичности при горячей обработке давлением / В.В.Бринза, А.В.Бринза // Сталь. - 2010. - №7. - С.67 - 71.
2. Краткий справочник металлста / под ред. А.Н.Маслова. М.: Машиностроение. - 1971. - 767 с.

ПРОБЛЕМЫ ОБРАБОТКИ ПРОКАТА В ТЕРМИЧЕСКИХ ПЕЧАХ С ШАГАЮЩИМИ БАЛКАМИ

Гущин В.А., студент 1 курса магистратуры

Научный руководитель – **Королькова Л.Н.**, к.т.н., доцент

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

В сортопрокатном цехе №2 АО «ОЭМК» (СПЦ-2) используются следующие виды термообработки: сфероидизирующий отжиг, изотермический отжиг, высокий отпуск, отжиг для снятия напряжений, смягчающий отжиг, неполный отжиг [1].

Отжигом называется термообработка, направленная на получение в металлах равновесной структуры. Любой отжиг включает в себя нагрев до определенной температуры, выдержку при этой температуре и последующее медленное охлаждение. Цель отжига – убрать внутренние напряжения в металле, прочностные свойства и увеличить пластичность [2].

Для одного из видов термической обработки проката – смягчающего отжига – в СПЦ-2 установлены три печи с шагающими балками. Они предназначены для смягчающего отжига проката в бунтах и прутках Ø12-75 мм. При обработке проката снижается уровень остаточных структурных и термических напряжений, улучшается качество готового проката.

Каждая печь имеет 12 топочных камер (четыре камеры по длине печи и три камеры по ширине печи) и четыре тепловые зоны. Ширина рабочего пространства печи составляет 13,3 м, длина – 16,6 м. Высота загрузочных и разгрузочных окон составляет 1370 мм [3].

В качестве топлива в печи используется природный газ. Для экономии газа введен подогрев воздуха в рекуператоре, что позволяет до конца использовать тепло отходящих газов, вследствие чего снижаются затраты на топливо.

Движение металла в печи осуществляется посредством шагающих балок, которые позволяют равномерно нагревать металл и не ухудшать качество поверхности металла.

На стане 350 используется такие типы отжига как гомогенизация и отжиг для снятия внутренних напряжений. Гомогенизация – отжиг, направленный на уменьшение химической неоднородности металлов.

Внутренние напряжения – термические напряжения, образовавшиеся в результате неравномерного нагрева, различной скорости охлаждения отдельных частей детали после горячей деформации, литья, сварки, шлифовки и резания. Устранение внутренних напряжений производится с помощью специальных видов отжига. Этот отжиг проводится при температурах ниже температуры рекристаллизации [4].

Термическая печь с шагающими балками представляет собой сварной металлический каркас, футерованный изнутри огнеупорами и теплоизоляционными материалами, причем стены и свод изолированы волокнистыми плитами и минераловатными матами.

Под печи выполнен в виде многослойного блока из штучного огнеупора, что связано с повышенными требованиями к его механической прочности при проведении ремонтов внутри печи, демонтажа и монтажа внутripечного оборудования.

Металлоконструкция свода в средней части вдоль оси печи выполнена корытообразной, что позволило установить верхние горелки таким образом, чтобы движение продуктов сгорания было направлено от середины к стенам печи.

Печь работает на природном газе. Боковые горелки установлены ниже уровня подвижных балок, и продукты сгорания имеют направление движения от стен к середине печи. Установленный на пути продуктов сгорания инжектор подсасывает часть атмосферы печи и смешивает ее с продуктами сгорания, выходящими из горелки.

Из-за большой ширины печи необходимо повысить энергию струи, что достигается применением воздуходувок высокого давления и подогревом вторичного воздуха в рекуператорах, установленных на своде печи.

Камеры по длине печи отделены друг от друга перегородками (от пода до уровня стационарных балок и от свода до уровня верха бунтов с учетом транспортного зазора).

Каждая камера разделена на две зоны автоматического регулирования по ширине печи. В каждой зоне установлены 4 горелки. В зависимости от режима термообработки функциональное назначение камер может меняться.

В пониженной части свода выполнены отборы дыма. Каждая камера имеет два отбора дыма по длине - в начале и в конце камеры, что создает определенный эффект разделения камер гидравлически. Через отборы в своде печи сбрасываемые продукты сгорания направляются в рекуператоры для подогрева вторичного воздуха и затем по отводам дыма от камеры - в сборный коллектор. На каждом отводе после рекуператора установлен регулирующий клапан.

Транспортировка металла по печи осуществляется системой подвижных и неподвижных балок. И подвижные, и неподвижные балки состоят из отдельных ригелей, опирающихся на стойки. Ригели и стойки представляют собой литые из жаропрочной стали. Неподвижные стойки закрепляются на подовых балках печи, подвижные стойки - на подвижной раме, расположенной ниже подовых балок каркаса.

Для герметизации печи подвижные стойки пропущены через сухие уплотнения в подовых балках каркаса. Подвижная рама опирается на эксцентрики механизма подъема. Для горизонтального перемещения рамы установлен механизм горизонтального перемещения.

Однако при эксплуатации термической печи проявляются некоторые проблемы.

С момента начала эксплуатации термических печей отжига СПЦ-2 принимал заказы, требующие получения определенной микроструктуры для таких потребителей как Луцк и Волжский. При этом были выявлены конструктивные недостатки печей отжига, связанные с системой отопления рабочего пространства печи и как следствие нестабильное получение микроструктуры металла.

Распределение тепловых потоков (рециркулята) во внутривспечном пространстве предусмотрено через распределительные короба из жаропрочной стали, установленные под сводом печи в местах выхода потока дымовых газов из камер рециркулята.

За период эксплуатации печей было принято решение об отказе от распределительных коробов из-за выхода их из строя вследствие тепловых нагрузок и переходе к металлическим «рассекателям» в качестве распределителей тепловых потоков (рециркулята) в пространстве печи. Теплораспределительные короба были демонтированы и удалены из печей, а печи переоснащены «рассекателями тепловых потоков».

В настоящее время распределение тепловых потоков (рециркулята) на выходе из камер сгорания по объёму рабочего пространства печи осуществляется посредством «рассекателей». Рассекатели представляют собой сварные пластинчатые конструкции установленные в местах стыков вертикальных коробов «рециркулята» со сводом печи. Распределение тепловых потоков (рециркулята), выходящих через вертикальные короба из камер сгорания в рабочее пространство печи, происходит в результате разделения потока и изменения направления его движения после прохождения через вертикальные рёбра «рассекателей». Данная конструкция не обеспечивает равномерного распределения тепла по объёму печи, в результате чего создаются зоны локальных перегревов и недогревов как на термообрабатываемом металлопрокате, так и металлоконструкциях рабочего пространства печей. Это не обеспечивает требуемое качество термообработки металлопроката, служит причиной повышенного потребления природного газа, уменьшает производительность и требует дополнительных расходов при проведении ремонтов. Перепад температур по пространству печи составляет до 50 °С, следствием чего является невозможность проведения режимов сфероидизирующего отжига с одной фазой выдержки. В результате приходится проводить повторный отжиг или применять технологию « маятникового режима», что характеризуется большой продолжительностью и повышенным потреблением природного газа [5].

Распределительные устройства с высокими жаростойкими характеристиками в комплекте 12 штук на одну печь должны обеспечить равномерное распределение

теплоносителя (рециркулята) по объёму рабочего пространства печи с допустимым отклонением фактической температуры в рабочем пространстве от заданной $\pm 10^{\circ}\text{C}$.

Замена «коробов на раскататели» должна привести к улучшению качества термообработанного металлопроката, сокращению потребления природного газа и повышению производительности печей отжига.

Реконструкция исходных печей отжига СПЦ-2 путем замены «коробов» на раскататели позволит повысить объем производства продукции за счет сокращения времени нагрева металла, исключить повторную термообработку. Реконструкцию можно провести поэтапно – то есть сначала проводится реконструкция одной печи, если целесообразность этого решения подтвердится, то начинается реконструкция других печей.

Однако при реконструкции печей существует риск снижения объема производства на время реконструкции печи [4].

Можно осуществить демонтаж старой печи и установку новой. Это позволит исключить необходимость в повторной термообработке, позволит выполнять высокотемпературный режим термической обработки, увеличить мощности по термообработке проката и объемы производства, а также сократить время передачи проката в ЦОП в 7 раз [5].

Список литературы

1. Термическая обработка проката на ОАО «ОЭМК» Виды термической обработки. Фактические возможности. Предложения. - 2017. - 23 с.
2. Кривандин, В.А. Теория, конструкция и расчеты металлургических печей: учебно-справочное пособие / В.А. Кривандин, Филимонов Ю.П. – М. : «Металлургия», 2012. - 479 с.
3. ТИ:Термообработка металлопроката в СПЦ-2. - 2017. - 19 с.
4. ТИ: Отжиг СПЦ-2. Разработка. - 2015. - 10 с.
5. ТИ: Обоснование замены раскатателей. - 2017. - 10 с.

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОЦЕССА «МИДРЕКС»

Дашина А.Д., студентка 4-го курса

Научные руководители – Гришина С.С., Степанова А.М., к.п.н., доцент
Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

Установки «МИДРЕКС» производят высококачественные продукты, с низким содержанием примесей, что позволяет разбавить нежелательные элементы, содержащиеся в других шихтовых материалах. Высокое содержание металлического железа, регулируемые уровни углерода и постоянные химические и физические характеристики обеспечивают производителей широкими возможностями в выборе вида загрузки печи, а так же возможностью производства стали более высокого качества, чем при использовании скрапа.

Целью исследования является анализ технологического процесса «МИДРЕКС» и его вспомогательного оборудования.

Мидрекс – процесс получения губчатого железа восстановлением в шахтной печи руды (обоженных окатышей) газом, получаемым методом каталитической конверсии природного газа CO₂ и водяным паром колошникового газа.

Мидрекс-процесс разработан в 1965-1967 гг. ф. «Midland Ross corp.» (США).

В 1969 г. в Портланде (США) пущены две шахтные печи (d=3, 66 м) производительностью по 200 тыс. т. в год.

В 1971 г. вводятся в эксплуатацию печи (d=5 м) производительностью 400 тыс. тонн в год (модуль 400).

В 1977 г. на заводе фирмы «Sideback Dosco» в г.Контрекере (Канада)- модуль 600.

В 1992 г. на установках «Мидрекс» произведено ~13,5 млн.т (~64% мирового производства губчатого железа).

В 1983 г. на ОЭМК (Россия) построен крупнейший в Европе цех с 4 печами «Мидрекс» общей производительностью 1,7 млн. т в год.

Эволюция процесса Мидрекс шла по пути повышения производительности и снижения себестоимости продукции. Выделяют 6 следующих этапов развития технологии Мидрекс, существенно отличающихся технологическими и технико- экономическими показателями работы агрегатов:

1 этап. Оригинальная технология, использовавшаяся в 1970 годы, предполагала наличие в шихте 100% окатышей и низкую температуру восстановительного газа(780°С).

2 этап. В 1980 годы началось использование в шихте 25% железной руды, которая дешевле окатышей и предотвращает их спекание.

3 этап. В 1990 годы началось применение технологии опудривания шихтовых материалов для предотвращения спекания.

4 этап. В конце1990 годов начали использовать вдувание кислорода в горячий восстановительный газ.

5 этап. В 2000 годах началось использование ОХУ+.

Технология ОХУ+ обеспечивает генерацию восстановительного газа путем частичного окисления природного газа кислородом (в количестве 0,5 от стехиометрического) в горелке, установленной в трубопроводе восстановительного газа сразу после реформера. Это дает дополнительный восстановительный газ, позволяет контролировать его состав и температуру и снижает капитальные затраты.

6 этап. Перспективы разработки - комбинированная технология, включающая вдувание кислорода и технологию ОХУ+ [1].

Совместное применение вдувание кислорода и технологии ОХУ+ позволяет повысить производительность за счет максимальной температуры газа и оптимального его состава.

Мидрекс - процесс осуществляют в противоточной шахтной печи с двумя зонами (металлизации и охлаждения), имеющими самостоятельные газовые циклы. Первая зона расположена над горизонтом ввода газа - восстановителя. Процесс ведут при давлении 0,13-0,18 МПа и температуре ниже температуры начала спекания шихты. В газовый цикл зоны

металлизации входит мокрый скруббер колошникового газа, два компрессора и установка конверсии природного газа. Общая продолжительность пребывания окатышей в шахтной печи 8-12 часов, из них 4-6 часов в зоне охлаждения металлизированных окатышей (до 40-50°C) происходит их науглероживание CO. На ОЭМК режим восстановления окатышей осуществляется в двух температурных вариантах при 680-740°C и 840-880°C. Второй вариант требует нанесения на исходные окатыши защитного покрытия, препятствующего образованию спеков. Высокотемпературный режим обеспечивает рост производительности печи на 15% и снижение удельного расхода природного газа с 294 до 277 м³. Окатыши ОЭМК, полученные при t > 840°C, имеют низкую склонность к вторичному окислению на воздухе (при увлажнении) и могут транспортироваться морскими судами [2].

Широкое распространение процесса мидрекс связано с его простотой и технологическими преимуществами. Удельный расход тепла в печах «Мидрекс» (модуль 600) - 2,57 Гкал. Для расширения топливной базы процесса мидрекс разработаны технологические схемы, позволяющие использовать для получения восстановителя богатым метаном газы, коксовый и синтезированные газы, жидкие углеводороды и некоксуемые угли (Рис. 1).

Для очистки от пыли и охлаждения колошникового газа применяется скруббер с трубой Вентури.

В скруббере газ разделяется на два потока (технологический и топливный), проходящие через отдельные секции с насадками, в которых он дополнительно охлаждается.

С целью регулирования газовых потоков для их охлаждения подается вода с различной температурой. Для охлаждения технологического газа - 67°C, а для охлаждения топливного газа - 32°C. Благодаря подаче горячей воды обеспечивается требуемое по условиям конверсии природного газа соотношение H₂O/CO₂ в технологическом газе. Колошниковый топливный газ с целью повышения его теплотварной способности охлаждается до более низкой температуры холодной водой.

Скруббер рассчитан на очистку и охлаждение максимального количества колошникового газа (380 тыс. нм³/ч).

Скруббер колошникового газа представляет собой цилиндрический сосуд с выпуклой верхней частью и коническим дном. Колошниковый газ попадает в трубу Вентури при температуре от 350 °С до 400 °С. После прохождения через трубу Вентури и слой насадки, температура технического газа падает примерно до 55 - 65°C, а температура топливного колошникового газа примерно до 40°C.

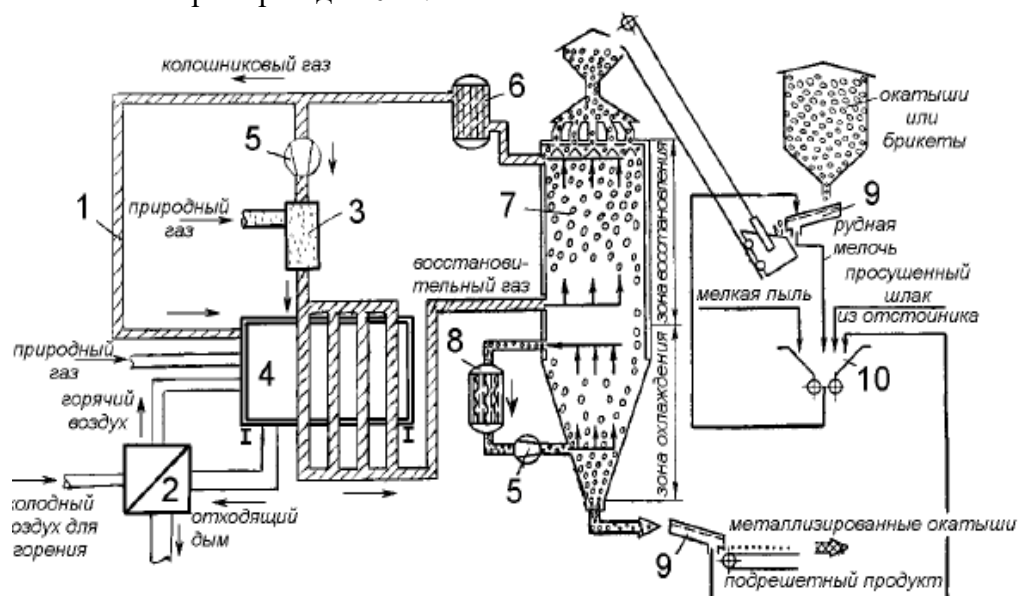


Рисунок 1 – Схема процесса «МИДРЕКС»

Для топливного колошникового и технического газа предусмотрены два внутренних каплеотделителя. Перегородка на насадке разделяет и направляет газ в два различных отделения, прежде, чем он попадает в один из двух каплеотделителей. Газ из внутреннего каплеотделителя топливного колошникового газа выходит из скруббера и поступает во внешний каплеотделитель топливного колошникового газа. Остальной газ из внутреннего каплеотделителя технологического газа проходит внешние каплеотделители компрессора технологического газа и направляется на 1 ступень компрессора технологического газа. Линия рециркуляции предусмотрена для рециркуляции обратного газа к скрубберу с нагнетания компрессора технологического газа второй ступени. На трубе Вентури в скруббере расположены 8 форсунок для закрученного потока (тангенциальный подвод) и 5 форсунок, расположенных радиально и по ходу газа.

Система сопел с насадками из 46 форсунок радиально расположена на выпуклой верхней части. Уровень воды в нижнем конусе скруббера поддерживается при помощи водослива. Поток воды отводится через перелив в сгуститель, водосброс из конуса осуществляется в классификаторе.

Система же рекуперации тепла состоит из двух параллельных линий (блоков), каждая из которых соединена с одним из двух коллекторов дымовых газов реформера.

Каждый блок представляет собой стальной футерованный корпус с трубными секциями. По ходу движения дымовых газов в каждом блоке рекуператора расположены:

- нагреватель воздуха для главных горелок с преимущественно радиационной теплопередачей (воздух нагревается до 650 °С);
- нагреватель питательного газа до температуры 560 °С;
- нагреватель технологического газа перед десульфурацией до температуры 370 °С;
- нагреватель природного газа до температуры 350 °С;
- нагреватель топливного газа до температуры 290 °С;
- нагреватель предварительного нагрева до примерно 270 °С холодного воздуха от главной воздуходувки [3].

Таким образом, технологический процесс «МИДРЕКС», его вспомогательное оборудование позволяют производить стали высокого качества.

Список литературы

1. Горбачев В.А., Майзель Г.М. Освоение производства горячеприкатированного железа на Лебединском ГОКе. Сгаль, 2002,4, с. 19-23
2. Гиммельфарб А.А., Пашков Н.Ф. Новые процессы получения металла, М., Металлургия, 1994, 319 с.
3. Нормативно - технологическая документация АО «Лебединский ГОК».

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛАХ

Деева С.Г., студент 4 курса

Научный руководитель – **Королькова Л.Н.**, к.т.н., доцент

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

Вопросы повышения эффективности работы установок промышленной теплотехники, увеличения съема продукции с единицы производственной площади и уменьшения удельных расходов тепла имеют важное значение, так как распространение таких установок повсеместное, а количество потребляемого ими топлива достаточно велико.

Широкое распространение в малой энергетике и ЖКХ получили водогрейные газотрубные котлы малой и средней мощности, обладающие достаточно простой конструкцией и не требующие больших материальных затрат на их монтаж и дальнейшее обслуживание при эксплуатации. Основными недостатками котлов этого типа является высокая температура уходящих газов на выходе из котла при использовании гладких труб, низкий коэффициент теплоотдачи и, как следствие, низкий коэффициент полезного действия котла.

В современных условиях и в перспективе один из важных путей повышения экономичности энерготехнологических установок – совершенствование теплообменного оборудования с помощью внедрения эффективных способов интенсификации теплообмена.

Посредством интенсификации теплообмена достигается более выгодное соотношение между передаваемым количеством тепла и мощностью, затрачиваемой на прокачивание теплоносителей. Высокое техническое качество интенсифицированного теплообменного оборудования улучшает общие характеристики энерготехнологических установок.

Перенос теплоты может осуществляться теплопроводностью, конвекцией и излучением. В котле присутствуют все три вида теплообмена. Передача теплоты в топке котла осуществляется следующим образом:

- 1) от факела горелки к внешней поверхности радиационных труб котла - излучением;
- 2) от образующихся дымовых газов к стенке - конвекцией;
- 3) от внешней поверхности стенки трубы к внутренней - теплопроводностью;
- 4) от внутренней поверхности стенки трубы к воде, циркулирующей вдоль поверхности - конвекцией.

Излучение играет главенствующую роль в передаче теплоты в топочной камере от топочных газов к внешней поверхности нагрева котла. В газоходе котла преобладает конвективный теплообмен.

Интенсивность процесса теплоотдачи определяется коэффициентом теплоотдачи, Вт/(м²·К):

$$\alpha = \frac{Q}{F(\tau_1 - \bar{t}_{ст})} \quad (1)$$

Коэффициент теплоотдачи излучением зависит от температуры продуктов сгорания, температуры стенки труб, воспринимающих теплоту, от содержания в продуктах сгорания трехатомных газов, толщины слоя излучающих трехатомных газов. Для увеличения этого коэффициента Н.И. Дунаевский и А.Г. Короневский предлагают в газовый поток вводить жидкость, испарение которой понизит температуру газа и несколько уменьшит температурный напор. На теплообменной стенке будут конденсироваться пары жидкости, которые приведут к образованию жидкой пленки из жидкости на поверхности нагрева с газовой стороны. Ожидаемый эффект: возрастание коэффициента теплоотдачи α_1 в 100-1000 раз, уменьшение температурного напора в 1,5-5 раз [1].

Методы интенсификации топочного теплообмена путём изменения геометрии топочного пространства получили широкое развитие. При сжигании природного газа в относительно небольших топочных объемах котлов с развитым экранированием стенок, с

точки зрения надежной стабилизации факела целесообразна установка вторичных излучателей - твердых нагретых до высоких температур тел, являющихся "тепловыми зеркалами", передающими излучение к поверхностям нагрева. Введение в зону факела вторичных излучателей позволяет снизить максимальные температуры в ядре зоны горения, за счет чего уменьшаются образование и, соответственно, выбросы токсичных веществ, в первую очередь оксидов азота. Установка вторичных излучателей позволяет:

- увеличить теплоотдачу в топке котла на 10...30%;
- уменьшить расход топлива (природного газа) в котлах:
 - производительностью до 1.0 Гкал на 3...5 %,
 - производительностью 1.0 – 6.0 Гкал на 1...3 %,
 - производительностью 6.0 – 30.0 Гкал на 0,6...1 %;
- снизить образование оксидов азота на 20...30 %;
- снизить температуру уходящих газов на 60 - 90 °С [2].

С целью интенсификации лучистого теплообмена и повышения эффективности теплотехнического оборудования компания ЗАО «ЦТК-ЕВРО» разработала технологию нанесения высокоизлучающих керамических покрытий (ВИП) на огнеупорные поверхности и металлические трубы. Степень черноты топочной камеры зависит как от излучающих поверхностей, так и от тепловоспринимающих труб, поэтому высокоизлучающие керамические покрытия (ВИП) с высокой степенью черноты должны наноситься на все поверхности в котлоагрегате. Увеличение степени черноты футеровки с $\varepsilon=0,4-0,7$ до $\varepsilon=0,95$ приводит к увеличению поглощения тепла от дымовых газов и излучению этой энергии в сплошном спектре, что в свою очередь приводит к увеличению поглощения трубами переизлученного тепла [3].

Наиболее доступным является покрытие, в котором в качестве связующего используется кремнеорганический лак КО. ОАО «УкрНИИинжпроект» совместно с АО «Черниговтеплоком-мунэнерго» предлагают наносить теплопоглощающее антикоррозионное покрытие на экранные поверхности отопительных котлов. В результате нанесения покрытия, температура уходящих газов снижается в среднем на 10 °С, КПД котла повышается на 1 %, удельный расход топлива на выработку 1 Гкал снижается на 1 м³ [4].

На коэффициент теплоотдачи конвекцией влияет ряд факторов: характер омывания трубного пучка продуктами сгорания, характер расположения труб в пучке, диаметр труб, скорость продуктов сгорания. Задачей интенсификации конвективного теплообмена является разрушение пограничного слоя. Разработано множество различных способов и средств, влияющих на пограничный слой.

Преимущественным методом интенсификации теплообмена в водогрейных котлах является оребрение конвективных элементов котла. Оребрение увеличивает не только теплообменную поверхность, но и коэффициент теплоотдачи от оребренной поверхности к теплоносителю вследствие турбулизации потока ребрами. Применяют трубы с продольным или поперечным оребрением разной геометрической формы (непрерывное, перфорированное, разрезное оребрение и т.д.). Увеличение коэффициента оребрения достигается либо уменьшением шага ребер, либо увеличением их высоты, либо тем и другим. Однако, имеются ограничения как шага оребрения, так и высоты ребер. Уменьшение шага ограничивается гидродинамическими условиями течения газов и теплообмена в межреберных каналах, увеличение высоты ребер – условиями технологии изготовления и теплоотдачи.

В НТУ «Харьковский политехнический институт» были проведены исследования конвективного теплообмена в шахматных пучках труб с просечным спирально-ленточным оребрением при поперечном омывании газовым потоком и предложены эмпирические зависимости с учетом характеристик компоновки пучка, коэффициента оребрения трубы и высоты просечной части ребра (см. таблица 1) [5].

Новая оребренная конвективная поверхность нагрева рекомендуется для работы как на природном газе, так и на мазуте. Она обеспечивает в одинаковых габаритных размерах следующие преимущества:

- увеличение коэффициента теплоотдачи на 1-2%;
- снижение температуры уходящих газов на 28 °С;
- экономия топлива до 2 %;
- увеличение ресурса работы поверхности в 2-3 раза [6].

Таблица 1 – Геометрические характеристики труб

Серия	Диаметр трубы, мм	Высота ребра, мм	Толщина ребра, мм	Шаг ребер, мм	Ширина лепестка, мм	Высота лепестка, мм	Коэффициент оребрения
1	28	14,5	1	5	4	9,5	9,012
2	28	14,5	1	6	4	9,5	7,677
3	28	14,5	1	8	4	9,5	6,010

Применение различных видов ребер должно значительно уменьшать радиационный тепловой поток, т.е. суммарное количество теплоты, передаваемое от области с высокой температурой к области с низкой температурой, должно быть максимально.

Выбор рациональных методов интенсификации теплообмена определяется прежде всего условиями эксплуатации водогрейных котлов. Также к этому необходимо добавить вопросы полноты сгорания и состав продуктов на выходе из топки. Дальнейшие исследования в этих направлениях позволят получить исчерпывающие ответы.

Список литературы

1. Пат. 48352 F 28 D 15/02. Способ увеличения передача тепла через стенку от газов к жидкости / Н. И. Дунаевский, А. Г. Короневский. - № 186807; Заявлено 13.02.1936; Оpubл. 31.08.1936. - 3с.
2. Демченко В.Г. Способы повышения эффективности конструкции котлов [Электронный ресурс] URL:<http://ir.nmu.org.ua/jspui/bitstream/123456789/731/1/37.pdf> (дата обращения 25.03.2018).
3. Технология высокоизлучающих покрытий [Электронный ресурс] / ЦТК Евро. URL: http://www.ctkeuro.ru/?p=technology_innov (дата обращения 27.03.2018).
4. А.В.Власюк, О.М. Менайлов, О.И. Гавриленко, Г.П. Кучин, В.Я. Скрипко, П.Ю. Зембицкий. "Теплопоглощающее антикоррозийное покрытие для теплообменных поверхностей отопительных котлов". Городское хозяйство Украины, № 3, 2000.
5. Галушак И.В. Теплоотдача поперечно-обтекаемых шахматных пучков труб с просечным спирально-ленточным оребрением / И.В. Галушак // Энергетика. - 2014. - №1. - С. 27-39.
6. Лисейкин И. Д., Коньшин Г. А. Элементы модернизации котлов. М.: МИРЭА, 2005. - 30 с.:ил.

ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АКОС

Жоров В.В., студент 4-го курса

Научные руководители – Гришина С.С., Степанова А.М., к.п.н., доцент
Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

Агрегаты комплексной обработки стали (АКОС) предназначены для доводки металла в сталеразливочных ковшах и устанавливаются в мартеновских, конвертерных и электросталеплавильных цехах.

При обработке стали на АКОС можно выделить две стадии нагрева. На первой стадии происходит выравнивание температуры металла по объему ковша, нагрев поверхностных слоев футеровки ковша и электродов, расплавление шлакообразующих и легирующих материалов; на второй стадии – собственно нагрев стали до заданной температуры.

Основными элементами установки являются: свод с приводом подъема; электрододержатели с приводами перемещения; шахта с системой направляющих роликов; вторичный токопровод; трансформатор установки «печь-ковш»; регулятор мощности; система газоудаления и очистки; бункера для шлакообразующих с системой взвешивания и дозирования; устройство для подачи алюминиевой проволоки (трайб-аппарат); устройство для вдувания в металл порошкообразных материалов; устройство для продувки металла инертным газом; устройство для взятия пробы и измерения температуры.

Изобретение относится к области металлургии и может быть использовано для внепечной обработки жидкой стали инертными газами и сыпучими порошкообразными материалами в агрегате ковш-печь, который снабжен закрепленной на корпусе ковша под его сводом футерованной фурмой для продувки жидкого металла инертным газом с установленным в верхней ее части защитным конусом, имеющим сопла для подачи инертного газа на шлак вокруг фурмы, при этом полые электроды установлены в отверстиях по центру свода ковша, а упомянутое устройство для продувки жидкого металла в днище ковша размещено со смещением от осей полых электродов. Изобретение обеспечивает интенсивное перемешивание жидкого металла газовыми потоками в трех горизонтах ковша, т.е. внизу у поверхности днища ковша, в середине объема ковша и сверху у поверхности металла, что позволяет достигнуть более высокой гомогенизации расплава по составу и температуре, интенсифицировать дегазацию металла и удаление неметаллических включений из него. На АКОС производятся следующие технологические операции:

- 1) Подогрев расплавленного металла на 30-40°C;
- 2) Вакуумную обработку металла;
- 3) Корректировку химического состава стали путём присадки ферросплавов и раскислителей;
- 4) Корректировку химического состава стали по углероду путём ввода углеродсодержащих добавок в струе аргона;
- 5) Корректировку химического состава стали по алюминию путём ввода алюминиевой проволоки трайб-аппаратом;
- 6) Обработку стали порошкообразными реагентами (силикокальцием, смесью извести с плавиковым шпатом);
- 7) Отбор проб металла, замер температуры, определение окисленности металла;
- 8) Укрытие поверхности металла теплоизолируемыми материалами.

Обработка металла производится в сталеразливочных ковшах вместимостью до 300т.[1]

Проба жидкого металла отбирается специальным пробоотборником со всеми предосторожностями, исключая попадание в нее шлака и других посторонних включений. Отобранный жидкий металл заливается в кокиль или изложницу особой конструкции, которая обеспечивает достаточно быстрое затвердевание пробы, ее однородность и необходимую кристаллическую структуру.

После использования пробоотборника получается проба в виде цилиндра с правильной геометрией: форма круг диаметром 35мм или овал 35х40мм (в зависимости от модели пробоотборника) и высотой 6, 8, 10 или 12мм (также в зависимости от модели). Причем у пробы отсутствуют внешние и внутренние дефекты (пор, раковины, трещины и т.п.) и обладают хорошей сходимостью для дальнейшего спектрального анализа. При необходимости в пробоотборниках может применяться раскислитель (алюминий, цирконий или титан). Химический состав металла и шлака по ходу плавки контролируется многократным отбором проб жидкого металла и шлака и их химическим анализом в экспресс-лаборатории сталеплавильного цеха.

Использование пробоотборников дает некоторое преимущество перед традиционным методом использования ложки и металлической изложницы:

1. В подготовке оснастки нет необходимости (пробоотборник готов к применению сразу);
2. Малое время, необходимое для отбора пробы – не более 10 секунд;
3. Трудозатраты и время на подготовку пробы к анализу практически отсутствуют.

Пробоотборник состоит из головки запрессованной в бумажную гильзу. Головка в свою очередь состоит из стальной изложницы закрепленной в песчаном теле и закрытой шлакозащитным колпачком. При погружении колпачок расплавляется и жидкая сталь по кварцевой трубки поступает в изложницу. В кварцевой трубке при необходимости может находиться раскислитель (алюминий, цирконий или титан).

Путем кратковременного погружения пробоотборника в расплав (5-10 секунд) при глубине погружения – ниже уровня шлака, но не более 2/3 длины пробоотборника, происходит расплавление защитного колпачка, который закрывает отверстие изложницы и предотвращает таким образом попадание шлаковых включений, находящихся на поверхности плавки. После извлечения пробоотборника из расплава изложница разбивается.

Используют зондовые пробоотборники трех типов: погружные, для отбора из струи, вакуумные. Погружной зонд предназначен для отбора проб из плавильных печей, конверторов, разливочных ковшей и т. д. Он представляет собой картонную трубу длиной от 425 до 1200 мм, в которой имеется блок, состоящий из приемника, огнеупорной трубки и двух стальных пробок. Блок защищен плавящейся капсулой из стали, поэтому шлак не может проникнуть в приемник. После того как зонд пройдет сквозь шлак, капсула расплавляется и жидкая сталь проходит в приемник. Через 4—7 с после погружения зонд извлекают из расплава. Вакуумный, или пневматический, зонд представляет собой картонную трубу, в которую впрессован блок, имеющий приемник и огнеупорную заполняемую трубку диаметром 3,5–12 мм. Этот зонд напрессовывается на конический конец стальной трубки малого сечения. Другой конец трубки присоединен к ручному насосу. Оператор, отбирающий пробу, тянет на себя рукоятку насоса и засасывает металл в приемник. Раскисление металла происходит при прохождении металла через алюминиевую проволоку на входе трубки. Раскисление жидкого металла имеет большое значение для качества охлажденной пробы, правильности и воспроизводимости результатов анализа. Недостаточная раскисленность проб может влиять на точность определения алюминия в низколегированной стали рентгеноспектральным методом.

При зондовых способах метода проб достигается решение трех основных задач:

- 1) преодолеваются трудности отбора представительных проб;
- 2) уменьшается в 2–2,5 раза суммарная длительность работ по пробоотбору и подготовке проб;
- 3) повышается качество проб и их выход (число) благодаря быстрой подбора, отсутствию доступа воздуха и других факторов.

Все это возможно потому, что зонд можно погрузить в расплавленный металл на определенную глубину и в нем созданы условия для кристаллизации пробы по возможности без контакта с воздухом и шлаком. Время пробоотбора сокращается, так как пробе в зонде уже придана форма, благодаря чему уменьшается число операций по подготовке пробы.

Таким образом, зондовый способ отбора проб обладает следующими достоинствами: быстрота и несложность; безопасность операций; отсутствие доступа воздуха; мгновенное раскисление стали под действием заранее введенных в зонд Al, Ti или Zr, быстрое формирование пробы; представительность пробы без потерь углерода; удобная форма и неизменные размеры пробы, которую можно использовать в горячем или холодном состоянии; возможность получения образцов для оптического или рентгено-спектрального анализа и одновременно калиброванного стержня для анализа на углерод, кислород и серу [2].

Список литературы

1. Агрегат Комплексной Обработки Стали <http://uas/su/glossary/eng/C/complexsteeltreatmentplant/php>
2. Виды пробоотборников aquagroup.ru/normdocs/10041

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ЦЕХА ОЭМК В ПРОГРАММЕ «ANYLOGIC 8» С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА ЕГО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Егорычев А. В., магистрант 2 курса направления «Металлургия»

Научный руководитель – Кожухов А.А., д.т.н., доцент

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

Сталеплавильное производство - сложный технологический объект, представляющий собой комплекс технологического оборудования для выплавки, внепечной обработки и разливки стали. На сегодняшний день металлургические процессы в каждом из агрегатов цеха достаточно быстротечны, что существенно повышает значение транспортных операций в обеспечении требуемой производительности цеха.

Проведение экспериментальных исследований по имитационному моделированию внутрицеховых транспортных потоков в электросталеплавильном цехе, складывающихся при совместной работе существующего технологического и подъемно-транспортного оборудования позволит оценить предел производительности цеха при применении мероприятий, направленных на повышение технико-экономических показателей работы дуговых сталеплавильных печей.

Для построения имитационной модели внутрицеховых транспортных потоков использовали графический план электросталеплавильного цеха ОЭМК (Рисунок 1), показывающий точное расположение технологического оборудования. Моделирование выполнили с помощью программы AnyLogic 8.

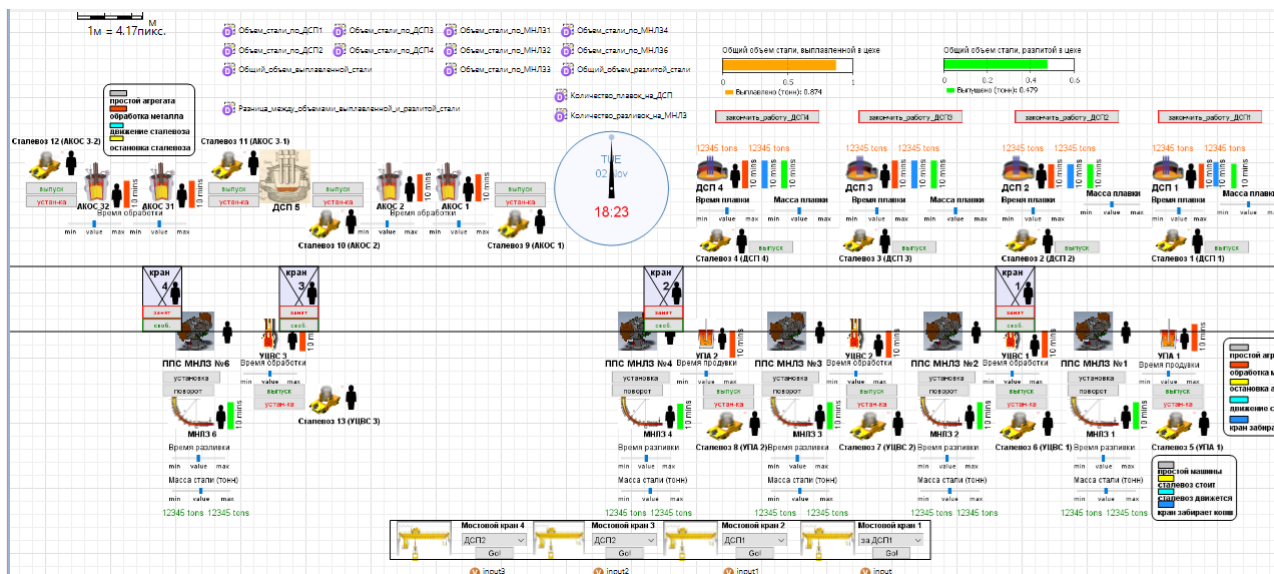


Рисунок 1 – Общий вид имитационной модели ЭСПЦ ОЭМК, выполненной в программе AnyLogic 8

С помощью данной модели был проведен эксперимент по моделированию процессов выплавки стали в ДСП, внепечной обработки металла на УПА, УЦВС, АКос и разливки стали на МНЛЗ в течение 34 часов модельного времени. Через каждые 15 минут модельного времени программа собирала данные по объемам выплавленной и разлитой стали в цехе. На основе этих значений в MS Excel был рассчитан и построен график, отображающий колебания разницы между выплавленной и разлитой сталью в каждый момент времени работы цеха (Рисунок 2).

С помощью модели исследовали возможность уменьшения средней длительности плавки в дуговых печах с 85 до 84 минут. Постепенно уменьшали длительность плавки на каждой из печей на 1 минуту. Время моделирования в каждом следующем опыте

увеличивали. Аналогично исследовали возможность уменьшения средней длительности плавки с 84 до 83 минут, а также с 83 до 82 минут.

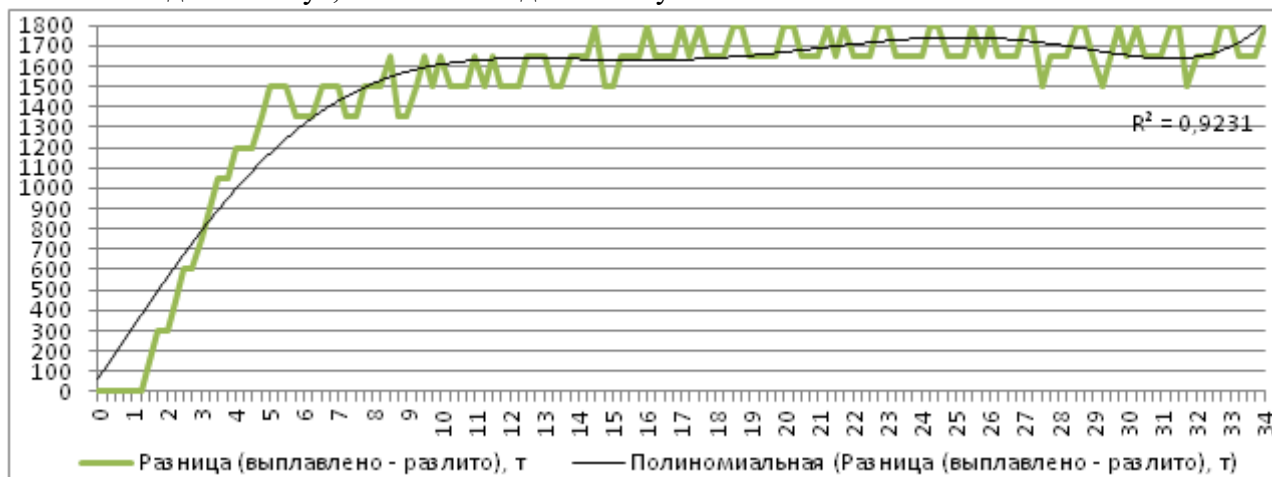


Рисунок 2 – Моделирование работы цеха при времени плавки в ДСП № 1-4 85 минут (время моделирования – 34 часа)

Результаты моделирования работы цеха позволяют предположить, что при уменьшении средней длительности плавки в ДСП с 85 до 84 минут весь выплавляемый в печах металл будет стабильно проходить внепечную обработку и разливку. В каждом моделируемом опыте разница между выплавленной и разлитой сталью, достигнув определенного предела, не нарастала, а колебалась в определенном интервале значений. Моделирование работы цеха при уменьшении средней длительности плавки в ДСП с 84 до 83 минут показало аналогичный результат.

Увеличение производительности дуговых печей в связи с изменением средней длительности плавки с 83 до 82 минут с течением времени создает проблемы в работе модели, так как разница между выплавленной и разлитой сталью постоянно увеличивается, не останавливаясь. В ходе моделирования хорошо видно, что образующееся дополнительное количество металла невозможно принять на внепечную обработку и разливку, т.к. существующие агрегаты для этих целей заняты предыдущими плавками. В итоге увеличения производительности цеха в этих условиях не произойдет.

Рассчитаем годовую производительность ЭСПЦ в модели при различном среднем времени плавки в дуговых печах и массе одной плавки 150 тонн (Таблица 1).

Таблица 1 – Годовое производство стали в ЭСПЦ при различной длительности плавки в ДСП

Средняя длительность плавки в ДСП, мин	Кол-во плавков на 1 печи в год, шт	Кол-во плавков на 4 печах в год, шт	Объем выплавленного металла, тонн
85	6 184	24 734	3 710 118
84	6 257	25 029	3 754 286
83	6 333	25 330	3 799 518

Таким образом, при уменьшении средней длительности плавки с 85 до 83 минут объем выплавленного металла в модели увеличится с 3,7 до уровня 3,8 млн. тонн.

С учетом проведенного моделирования работы сталеплавильного цеха можно предположить, что предел производительности цеха при существующем основном технологическом и подъемно-транспортном оборудовании находится на уровне 3,7-3,8 млн. тонн металла в год.

Список литературы

- Акинин С.С., Цуканов М.А. Алгоритм автоматизированного диспетчирования разливочных кранов сталеплавильного производства (ОАО "ОЭМК") // ОБРАЗОВАНИЕ,

- НАУКА, ПРОИЗВОДСТВО И УПРАВЛЕНИЕ - Издательство: Старооскольский технологический институт (филиал) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС" (Старый Оскол), 2011 - №1 – С. 201-205
2. Кудасов А.М. Компьютерное моделирование металлургических процессов в программе Anylogic // Наука и современность - Издательство: Общество с ограниченной ответственностью "Центр развития научного сотрудничества" (Новосибирск), 2012 - №19-2 – С. 60-67
3. Кудасов А.М., Еланский Д.Г. Определение параметров электросталеплавильного производства и компьютерное моделирование его логистики. Технология исследования информационных потоков на металлургическом предприятии // Достижения вузовской науки - Издательство: Общество с ограниченной ответственностью "Центр развития научного сотрудничества" (Новосибирск), 2013 - №7 – С. 219-223
4. Мезенцев К.Н. Моделирование систем в среде AnyLogic / МАДИ. – М., 2011. – Часть 1. – 109 с.; Часть 2. – 103 с.
5. Дюдкин Д.А., Кисиленко В.В. Производство стали. Том 1. Процессы выплавки, внепечной обработки и непрерывной разливки. - М.: Теплотехник, 2008. – 528 с.

МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ ОКАТЫШЕЙ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Ёкубжонов Ш.З. студент 3 курса,

Косьянова К.И. магистрант 1 курса,

Махмудов Д.Д., студент 3 курса,

Научный руководитель – **Тимофеева А.С.**, к.т.н., проф.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

Предлагаемая методика может применяться для изготовления сырых железорудных окатышей на лабораторном окомкователе – барабанном или дисковом.

Состав шихты определяется конкретными целями и задачами исследований.

В лабораторных условиях подготовка шихты к окомкованию включает в себя следующие операции:

- дозирование компонентов шихты в соответствии с принятой программой исследований;
- увлажнение шихты, при необходимости;
- перемешивание шихты с целью получения однородной смеси;
- выдержка перемешанной шихты 30 минут для контакта компонентов шихты и реализации связующих свойств бентонита (или полимера);

Дозирование компонентов шихты осуществляется путем взвешивания каждого компонента. Массы компонентов шихты определяются расчетным путем в соответствии с заданным составом по программе исследований. Для дозирования бентонита и флюсоупрочняющих добавок используются аналитические весы с погрешностью измерений не более 0,01г. Для определения массы концентрата применяются электронные весы с погрешностью измерения не более 0,05г.

Шихта для производства окатышей состоит из 99,3 % концентрата (с массовой долей влаги 9,8 %) от общей массы и бентонита (массу бентонита бентонита в количестве 0,7% соответственно (с влажностью 7,5%). Влажность компонентов шихты можно определить на лабораторной установке «Элвиз» (см. рисунок 1). Концентрат содержит 70% массовой доли железа.

Перемешивание шихты осуществляется в просторной емкости путем многократного перелопачивания и рыхления смешиваемых материалов. При необходимости шихту увлажняют методом мелкодисперсного распыления воды небольшими порциями, с последующим перемешиванием. Операция смешивания компонентов шихты является одной из наиболее важных. Только при однородной шихте возможно осуществить стабильный ход процесса окомкования и получить качественные сырые окатыши.

После увлажнения шихту оставляют на 30 минут.

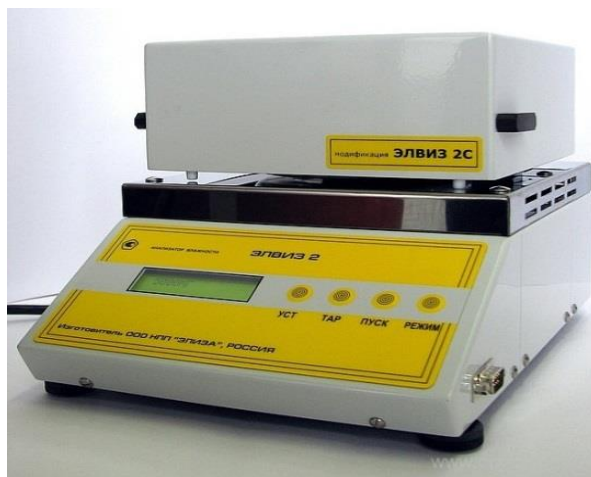


Рисунок 1 – Анализатор влажности «Элвиз - 2»

Формирование гранул производится из сформированной шихты в барабанноокомкователе (Рис. 2). Барабанный окомкователь включается в работу, начинается его вращение. На подготовленную поверхность барабана загружается небольшая порция шихты, в течение 1 -2 минут шихта формируется в «зародыши», при этом, в случае необходимости, возможно добавление воды небольшими порциями методом тонкодисперсного впрыскивания. После формирования «зародышей» равномерными порциями с помощью совка подается оставшаяся шихта для формирования окатышей.

Шихта засыпается в барабанный окомкователь и окомковывается в течение 20 мин. Выгрузку окатышей осуществляют после полной остановки барабанного окомкователя с помощью совка, осторожно перемещая барабан, чтобы не повредить сформированные гранулы.

После извлечения окатышей из гранулятора, их взвешивают и направляют на последующие операции:

- определение качественных характеристик сырых окатышей – гранулометрического состава, прочностных свойств, влагосодержания;
- термическую обработку окатышей.

Основная задача технологической операции приготовления шихты заключается в правильном и точном дозировании её компонентов, и тщательном смешивании. Шихта тщательно перемешивается шпателем ручным способом. Перемешанная проба выдерживается перед окомкованием в течение 30 минут для того, чтобы частицы бентонита начали взаимодействовать с влажным концентратом. Выстоявшаяся шихта засыпается в барабанный окомкователь (Рис. 2). Окомковывают лабораторную смесь в течение 20 минут об/мин, после чего окомкователь останавливают.



1 - станина барабанного окомкователя, 2 - колесики для свободного перемещения окомкователя, 3 - барабан, в который засыпается шихта и формируются окатыши, 4 - кнопка включения барабана, 5 - поддон для ссыпания сформированных окатышей, 6 - колесо-рычаг, с помощью которого можно управлять углом наклона барабана, 7 - лампа для подсветки

Рисунок 2 – Барабанный окомкователь

Для проведения данных опытов используется следующее оборудование:

- весы с точностью до 0,01;
- ёмкости для перемешивания шихты;
- шпатель;
- лабораторный барабанный окомкователь.

Комкуемость шихты определяется путем выхода годного класса крупности получаемых окатышей. Окомкование шихты протекает в два этапа. На первом этапе исходная шихта, загружаемая во вращающуюся чашу, за счет центробежных сил и сил сцепления поднимается на некоторую высоту.

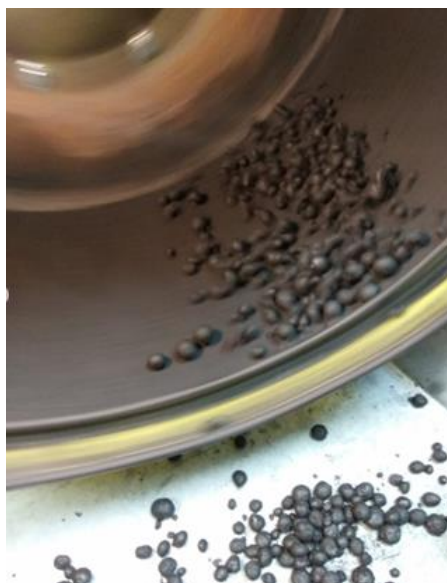


Рисунок 3 – Окатыши, полученные в барабане окомкователе

Скатываясь по наклонному днищу, под влиянием влаги, содержащейся в шихте, происходит образование небольших комочков шихты – зародышей окатышей. На втором этапе процесса происходит рост и упрочнение окатышей - зародыши накатывают на себя слой шихты, превращаясь в частицы шарообразной формы. После окомкования шихты, окатыши сыпаются на сита и путем отсева делятся на годные и не годные классы. Годным классом являются окатыши имеющие фракцию -16+5 мм. Наилучшая комкуемость будет считаться тогда, когда масса окатышей годного класса будет максимальной.

Для проведения данных опытов используется следующее оборудование:

- лабораторный барабанный окомкователь;
- весы с точностью до 0,01;
- сита с фракцией -16+5 мм;
- посуда для шихты.
- установка для проверки прочности на сбрасывание;
- установка для проверки прочности на раздавливание.

Исследования проводятся с целью определения прочностных свойств сырых окатышей и определения выхода годного класса окатышей после окомкования шихты.

Методика предназначена для испытания сырых окатышей с целью определения их прочности на раздавливание. Данный показатель характеризует способность сырых окатышей выдерживать давящую нагрузку, которая возникает при укладке окатышей на тележках обжиговой машины.

Сущность метода заключается в определении давящей нагрузки, при которой происходит разрушение сырого окатыша.

Для испытаний применяется установка, созданная на кафедре металлургии и металловедения СТИ НИТУ «МИСиС» (Рис. 4).



1 - электронные весы, 2 - прозрачная прижимающая окатыш пластина, 3 - винт для поднятия и плавного опускания пластины, 4 - окатыш, находящийся под пластиной

Рисунок 4 – Лабораторная установка для определения прочности сырых окатышей на сжатие

Для размещения окатышей готовятся две емкости: одна для целых окатышей, другая – для разрушенных.

После выполнения ситового анализа из пробы сырых окатышей отбирают окатыши размером от 10 до 14мм в количестве 10 штук.

Электронные весы устанавливаются на ровной поверхности рабочего стола, горизонтальное положение весов регулируется по уровню с помощью винтовых ножек. Весы установлены горизонтально, если пузырек воздуха находится в середине контрольного кольца на стекле уровня.

Поверхность весов должна быть очищена.

Окатыш помещается на платформу, которая расположена на электронных весах, показания весов обнуляются, т.е. показания не учитывают вес самого окатыша. Затем с помощью винта происходит медленное опускание платформы для раздавливания до появления первой трещины или разрушения сырого окатыша. Нагрузка, при которой окатыш раздавливается отобразится на электронном табло весов. Это и есть прочность окатыша на раздавливание, которая показывает какой силу может выдержать сырой окатыш без разрушений.

Прочность на раздавливание – $P_{сж}$, кг/ок, вычисляются по формуле:

$$P_{сж} = \frac{\sum p_i}{10}$$

где $P_{сж}$ – прочность на раздавливание, кг/ок;

P_i – масса нагрузки, при которой произошло разрушение единичного окатыша, кг/ок.

Подсчет результата испытаний производится с точностью до 0,1 г/ок.

Методика предназначена для испытания сырых окатышей с целью определения их ударной прочности. Данный показатель характеризует способность сырых окатышей выдерживать определенное количество падений, которые возникают при их транспортировке от окомкователей до обжиговой машины.

Сущность метода заключается в сбрасывании сырого окатыша с определенной высоты до появления первой трещины или разрушения. Высота, с которой производится сбрасывание сырых окатышей, была определена в соответствии с методиками заводских

лабораторий – 500мм, что в свою очередь соответствует перепадам на конвейерных перегрузках в условиях фабрик окомкования.

Сбрасывание производится с полочки на резиновую поверхность, имитирующую конвейерную ленту.

После выполнения ситового анализа из пробы сырых окатышей отбирают окатыши размером от 10 до 14мм в количестве 10 штук.

Окатыш помещается на полочку, находящуюся на высоте 500мм от поверхности резиновой плиты, легко, без усилий окатыш сталкивается с поверхности полочки, т.е. начальная скорость окатыша равна 0. Сбрасывание производится несколько раз до появления трещины, скола или полного разрушения окатыша. Количество сбросов, которое выдержал окатыш, сохраняя свою целостность, является результатом единичного испытания – n_i . Прочность на сброс – n , раз, вычисляют по формуле:

$$n = \frac{\sum n_i}{10},$$

где n_i – количество сбрасываний одного окатыша до нарушения целостности, раз;

Подсчет результата испытаний производится с точностью до целого значения.

Заключение

В данной работе разработаны методики получения офлюсованных окатышей в лабораторных условиях кафедры ММ. Данные методики являются основной теоретической частью дальнейших исследований всех работ по получению экспериментальных окатышей в лаборатории.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ КОЛОСНИКА ПАЛЛЕТЫ ОБЖИГОВОЙ МАШИНЫ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Князев И.С., студент 1 курса магистратуры

Научный руководитель – Скляр В.А., к.т.н., доц

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

Эксплуатация колосниковой обжиговой машины для обжига окисленных окатышей является довольно сложным процессом, связанным с необходимостью учета множества параметров и оперативного реагирования на их изменение.

Одной из проблемных ситуаций, которые возникают в процессе эксплуатации, является нарушение целостности колосниковой решетки за счет деформации отдельных колосников с последующим их разрушением и выпадением, что ведет к потери окатышей, которые просыпаются в образовавшуюся щель. Более того, разрушение одного колосника может привести к перекосу всего ряда колосниковой решетки и выпадению большего количества колосников, в этом случае потери окатышей существенно возрастут [1].

Контроль целостности колосниковой решетки в настоящее время осуществляется визуально и периодически, что не обеспечивает надлежащего качества контроля. В то же время все большее применение находят системы так называемого машинного зрения, которые позволяют автоматизировать процесс контроля с помощью получения и анализа изображений контролируемого объекта [2].

Таким образом разработка системы машинного зрения для контроля за состоянием колосниковой решетки является важной и актуальной задачей.

Автоматизированная система отслеживания состояния обжиговых тележек (АСУТП СОТ) предназначена для определения технического состояния паллет обжиговой машины. Схема конструкции паллеты для ОМ КР01-АР016 представлена на рисунке 1.

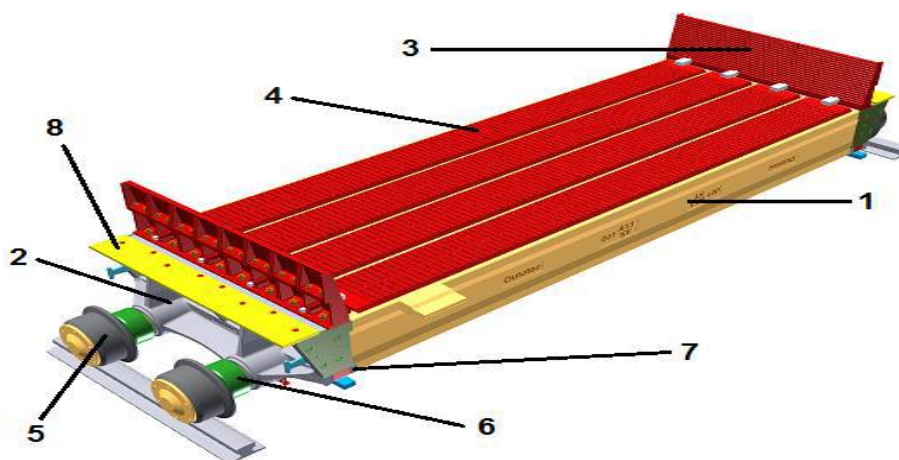


Рисунок 1 – Схема конструкции паллеты для обжиговой машины

Конструкция состоит из следующих основных узлов: центральная отливка (1); боковая отливка (2); комплект больших и малых бортиков(3); колосники (4); рабочие ролики (5); грузовые ролики (6); подпружиненные уплотняющие элементы (7); уплотнительная плита (8).

АСУТП СОТ представляет собой многоуровневую систему включающая полевой уровень, логического управления, серверный и операторскую станцию. Полевой уровень системы состоит из датчиков, сенсоров, видеокамер. Устройства уровня логического управления – элементы контроллерного управления объектов автоматизации (с сигнальными модулями децентрализованной периферии). Информационное, математическое и программное обеспечение системы по обработке видеоизображения, архивирования находится на серверном уровне. Вывод информации и взаимодействие с АСУТП СОТ оператором производится с помощью операторской станции.

Разработанная система должна иметь способность распознавания наличие комплекта колосников, их количество, отсутствие их прогара, коробления в вертикальной плоскости, наличие перекоса колосников и технологического зазора более 50 мм. Место установки камеры для фиксации изображения приведено на рисунке 2.



Рисунок 2 – Место установки камеры машинного зрения на обжировой машине

Для оценки критических деформаций, которые может выдержать колосник до коробления или разрушения, было проведено компьютерное моделирование в программе Z88 Aurora (Рисунок 3) с учетом теплового состояния колосника.

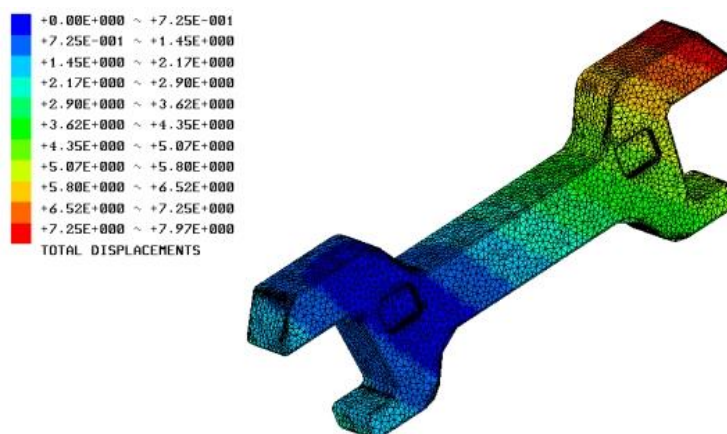


Рисунок 3 – Результаты моделирования деформации колосника

Заключение

На основе результатов исследования были определены деформации в продольной и поперечной плоскости, которые могут привести к его разрушению. Данные результаты будут использованы в системе машинного зрения для сигнализации о критическом уровне деформации колосника.

Список литературы

1. Иванов Д.И., Кожухов А.А., Уразова Л.Ф. Механизм высокотемпературной коррозии жаростойкой хромоникелевой стали. Известия Высших Учебных Заведений. Черная металлургия. 2016;59(3):180-184.
2. Потапов А.С. Системы компьютерного зрения. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 161 с

МЕЖКЛЕТЕВОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Комаров В.С., студент гр. М-ОД-17-1

Бельский С.М., д.т.н., профессор,

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Металлургический институт

Аннотация: в работе представлены результаты применения межклетевого охлаждения полосы в чистовой группе клеток стана 2000 ПАО «НЛМК».

Ключевые слова: межклетевое охлаждение, производительность, температура, скорость прокатки, коллектор, сопло.

Принудительное охлаждение полосы водой в межклетевых промежутках чистовой группы клеток широкополосного стана горячей прокатки расширяет возможности управления температурой металла, способствуя повышению производительности стана и качества горячекатаных полос. При прокатке толстых полос с межклетевым охлаждением за счет повышения заправочной скорости производительность повышается более чем на 6%, при прокатке тонких полос прирост составляет 2-3% [1-3].

В настоящее время на строящихся и модернизируемых широкополосных станах коллекторы охлаждения устанавливаются с соплами спрейерного типа, для подачи воды на прокатываемую полосу в виде мелкодисперсных капель. Общеизвестно, что эффективность охлаждения высокотемпературной поверхности металла при подаче воды в виде ламинарных струй выше, чем при подаче воды в виде распыленного факела. Однако применение ламинарных коллекторов в системе межклетевого охлаждения затруднено из-за особенностей технологии горячей прокатки полос. При подаче воды ламинарными коллекторами эффективность охлаждения зависит от скорости струи в момент контакта с металлом, которая в свою очередь зависит от высоты истечения струи. В процессе прокатки расстояние между коллектором охлаждения и полосой непрерывно изменяется вследствие работы петледержателя, что приводит к периодическому устранению взаимного пересечения пятен охлаждения при контакте струй воды и полосы и возникновению участков, не подверженных межклетевому охлаждению. Это может приводить к неравномерности поперечного теплового профиля полосы.

Система охлаждения полосы в межклетевых промежутках стана 2000 ПАО «НЛМК» предназначена для снижения температуры полосы, для достижения максимальной скорости прокатки (Рис. 1). Конструкция коллекторов межклетевого охлаждения одинаковая для всех клеток, на верхнем и нижнем коллекторах разное количество и различные типы сопел.

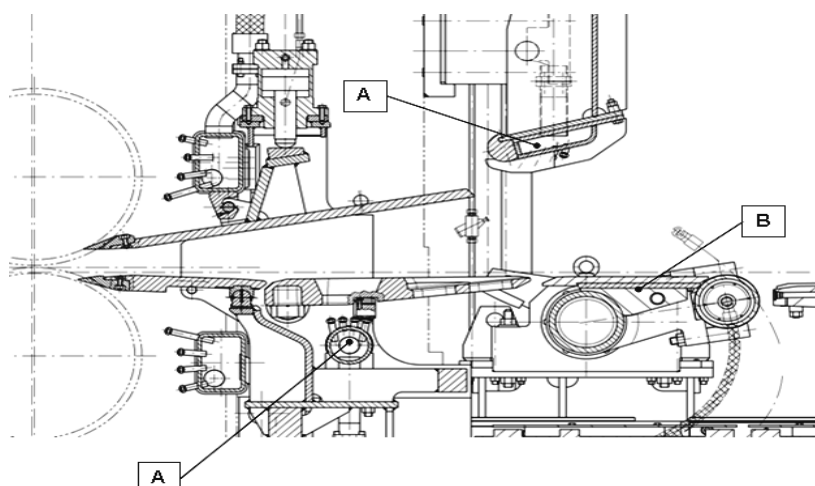


Рисунок 1 – Охлаждение межклетевых промежутков

Система охлаждения полосы в межклетевых промежутках (А) расположена на участке перед петледержателем (В). Над и под полосой за клетями № 6 -11 расположено по одному коллектору с 4 рядами сопел. Сопла системы охлаждения межклетевых промежутков расположены таким образом, что обеспечивается распыление воды между перегородками расположенного сверху направляющего стола. С помощью данной системы обеспечивается подача воды на верхнюю и нижнюю поверхность полосы в количестве, необходимом для процесса целенаправленного воздействия на температуру полосы и ее регулирования в соответствии с моделью охлаждения.

В ходе эксплуатации системы установлено, что применение межклетевого охлаждения позволяет повысить заправочную скорость на 1,5-2,0 м/с при прокатке полос толщиной свыше 3 мм. Например, при прокатке полосы типоразмером 3x1080 мм с ускорением 0,025 м/с² скорость прокатки увеличивается с 10 до 12 м/с и обеспечивает постоянную температуру прокатки 830°С. Применение межклетевого охлаждения с увеличением расхода воды по длине полосы от 0 до 1200 м³/ч обеспечивает стабилизацию температуры конца прокатки [4-5]. Например, при прокатке полосы на конечную толщину 3,5мм с ускорением 0,044м/с² и расходом воды 1200 м³/ч обеспечивается постоянная температура конца прокатки по длине полосы равная 840 °С, или при прокатке полосы на конечную толщину 9,76 мм с ускорением 0,015м/с² и расходом воды 1200 м³/ч обеспечивается постоянная температура конца прокатки по длине полосы равная 840 °С.

Список литературы

1. Макаров Е.В. Разработка технологических режимов горячей прокатки стальных полос с применением систем принудительного охлаждения: дис. на соиск. учен. степ. канд.тех.наук: 05.16.05/ Макаров Евгений Валерьевич; Бельский С.М; ЛГТУ. -Липецк, 2012. – 164 с.
2. Ю.А. Мухин, С.И. Мазур, Е.В. Макаров, С.М. Бельский, В.Б. Чупров. Математическая модель теплового состояния металла на отводящем рольганге широкополосного стана горячей прокатки. Сталь, №4. 2013. с. 34-37.
3. А.В. Шунин, П.П. Долгих, М.А. Усачев, Ю.А. Мухин. Совершенствование производства низкоуглеродистых горячекатаных полос за счет использования прокатки с обратным температурным клином. Труды десятого конгресса прокатчиков. – Липецк, 14-16 апр. 2015. Т.1. с. 60-62.
4. Ю.А. Мухин, С.М. Бельский, В.Б. Чупров, К.В. Бахаев, А.О. Стоякин. Особенности температурного поля стальных полос при горячей прокатке. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2015. Т. 58. № 6. С. 417-421.
5. Ю.А. Мухин, В.Н. Соловьёв, Т. Койнов, Е.Б. Бобков, К.В. Бахаев. Опробование режима горячей прокатки полос с обратным температурным клином. В сборнике: Современная металлургия начала нового тысячелетия к 80-летию НЛМК («Кадры для регионов»): сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Липецк, 2014. с. 59-64.

МЕТОД УЧЕТА ВЛИЯНИЯ МЕЖКЛЕТЬЕВОГО НАТЯЖЕНИЯ НА ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛЬ ПРОКАТЫВАЕМОЙ ПОЛОСЫ

Коняев А. А., магистрант 2 курса

Соловьев В. Н., к.т.н., доцент

Липецкий государственный технический университет

Для получения листов и полос, имеющих минимальную разнотолщинность, необходимо обеспечение постоянства разности вытяжек по ширине полосы во всех клетях стана [1, 2]. Иначе длина отдельных участков будет различна. Это приводит к образованию неплоскостности.

Непостоянство вытяжек по ширине полосы может быть связано с профилем активной образующей валков, который складывается из прогиба валков, их упругого сплющивания, станочной и тепловой профилировки валков [3]. Величина прогиба осей рабочих валков преимущественно зависит от их геометрических и физических параметров, усилия прокатки, ширины полосы и распределения межвалкового давления [4]. В разных клетях усилие различно, и величина прогиба также различается, что и приводит к разнице вытяжек.

Существенное влияние на плоскостность полосы оказывает натяжение между клетями. Известны работы [4, 5], в которых рассматривается явление самовыравнивания вытяжек по ширине полосы. Суть его заключается в следующем. Неравномерность деформации по ширине полосы, являющаяся результатом прогиба валков и неравномерностью их сплющивания, приводит к неравномерному распределению удельных натяжений: они больше на тех участках, которые имеют меньшую вытяжку. За счет меньшего упругого сплющивания рабочих валков на этом участке происходит дополнительное обжатие полосы и увеличение вытяжки. На участках ширины с большей вытяжкой за счет меньшей величины удельного натяжения погонная нагрузка и упругое сжатие рабочих валков больше, что приводит к уменьшению обжатия. Таким образом, натяжение выполняет роль стабилизирующего фактора, способствующего выравниванию вытяжек по ширине полосы [6].

Однако в литературе не рассмотрено изменение профиля в результате действия межклетьевого натяжения.

Рассмотрим влияние натяжения на самовыравнивание профиля при деформации. Вытяжка по ширине полосы различна, и погонное натяжение на отдельных участках будет различно.

Если бы всё усилие натяжения T было бы приложено ко всей ширине полосы, то растяжение было бы одинаково. Но, так как вытяжки различаются по ширине полосы, то погонное натяжение на отдельных участках будет разным. Поэтому необходим учет погонного натяжения σ на участках, соответствующих принятому разбиению, и определение их продольной деформации (удлинения). В результате упругого прогиба рабочего валка обжатие полосы по ширине не равномерно: оно больше на краевых участках. Следовательно, и вытяжка по краям больше, чем в середине. Таким образом, предположив, что вытяжка в средней части полосы наименьшая и пренебрегая разницей опережения и отставания по ширине полосы, начнем расчет от середины профиля поперечного сечения полосы. Примем, что условия прокатки симметричны и рассмотрим половину полосы.

Усилие натяжения в j -м межклетевом промежутке:

$$T_j = \sigma_{cpj} \cdot h_j \cdot \frac{B}{2}, \quad (1)$$

где σ_{cpj} – среднее натяжение, измеряемое тензороликом.

Изначально приложим все усилие натяжения T_j к среднему участку полосы и определим величину напряжений, возникающих на нем:

$$\sigma_{1j} = \frac{T_j}{F_{1j}}, \quad (2)$$

где F_1 – площадь поперечного сечения первого участка.

Если напряжения в рассматриваемом участке превысят предел текучести, то на этом участке происходит пластическая деформация, которая ограничена длиной соседнего участка из условия сплошности полосы. В этом случае принимаем длину первого участка равным длине второго (Рис. 1).

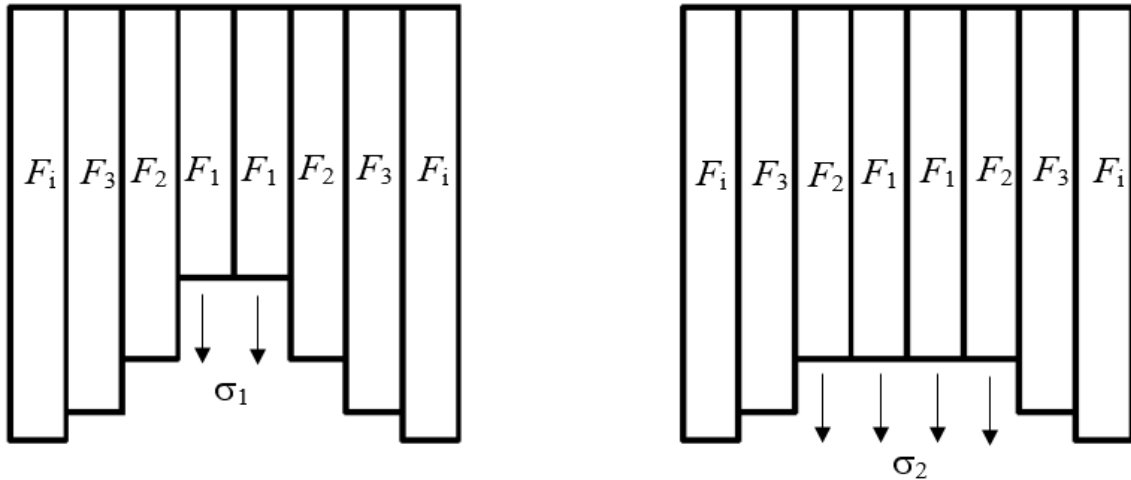


Рисунок 1 – Пластическая деформация середины полосы

Рассуждая таким образом, теперь к двум участкам полосы прикладываем натяжение и рассчитываем величину напряжений, возникающих в них:

$$\sigma_{2j} = \frac{T_j}{F_{1j} + F_{2j}}, \quad (3)$$

Расчет ведем до тех пор, пока на каком-то шаге напряжения σ_i не станут меньше предела текучести. В дальнейшем расчете распределения натяжения примем допущение, что длина тех участков, где предел текучести был превышен, одинакова. Эти участки можно рассматривать как один. А так как растяжение от действия натяжения упруго, то для его оценки можем использовать закон Гука.

Для определения зоны действия натяжения необходимо оценить удлинение каждого участка, которое складывается из растяжения участка от действия натяжения Δl_σ и вытяжки Δl_λ . Предположим, что полоса имела некую начальную толщину l_0 . Тогда удлинение Δl i -го участка полосы можно определить как сумму величины растяжения и удлинения в результате вытяжки:

$$\Delta l_{ij} = \Delta l_{\sigma ij} + \Delta l_{\lambda ij}, \quad (4)$$

$$\Delta l_{\lambda ij} = l_0 \cdot \lambda_{ij} - l_0, \quad (5)$$

$$\Delta l_{\sigma ij} = \varepsilon_{ij} \cdot l_0, \quad (6)$$

где i – номер участка полосы по ширине, ε_{ij} – упругая деформация в результате действия натяжения, определяемая при помощи закона Гука.

В случае если удлинение рассматриваемого участка не превысит удлинение соседнего, то на соседнем участке и далее до кромки полосы натяжения действовать не будут. При этом в зоне действия натяжения будет наблюдаться дополнительное уменьшение толщины полосы в результате ее продольного растяжения (утяжка), что приведет к изменению вытяжек по ширине полосы.

Разработанный метод позволяет учесть пластическую деформацию полосы в межклетьевых промежутках от действия натяжения.

Выше описанный подход был использован при создании математической модели формирования профиля полосы в линии непрерывного стана холодной прокатки с учетом неравномерности межклетьевого натяжения по ширине полосы. В настоящий момент математическая модель реализована в виде программы, написанной на языке программирования C#. Эта модель является дальнейшим развитием работы [7], в которой прогиб оси рабочего вала определяется при помощи матричного метода расчета упругих прогибов четырехвалковой системы В. И. Пыженкова. В качестве объекта моделирования использован пятиклетевой стан прокатки бесконечной полосы 2030 ПАО «НЛМК».

Разработанный метод дает возможность оценить влияние натяжения на профиль прокатываемой полосы и объяснить его несоответствие ожидаемым геометрическим параметрам.

Список литературы

1. Гарбер Э.А., Павлов С.И., Кузнецов В.В., Тимофеева М.А., Кожевникова И.А., Дилигенский Е.В. Влияние нестабильных технологических факторов прокатки на плоскостность холоднокатаных полос / Э.А. Гарбер, С.И. Павлов, В.В. Кузнецов и др. // Производство проката. – 2008. – №11. – С. 2-12.
2. Железнов Ю. Д. Прокатка ровных листов и полос / Ю. Д. Железнов. – М.: Металлургия, 1971. – 200 с.
3. Божков А. И., Настич В.П. Плоскостность тонколистового проката. – М.: СП ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ. – 1998. – 264 с.
4. Бельский С. М., Мухин Ю. А. Взаимосвязь упругих деформаций четырехвалковой системы при формировании профиля и плоскостности прокатываемых полос. // Известия московского государственного технического университета МАМИ. 2013, Т. 2. – № 2. – С. 105-110.
5. Черный В.А., Чабоненко А.А., Янкова С., Тамбовская С.В., Караваяев А.В. Самовыравнивание деформации по ширине полосы. // В сборнике: Современная металлургия нового тысячелетия сборник научных трудов международной научно-практической конференции. 2014. – С. 33-37.
6. Машеков, С.А. Расчет прогиба рабочих и опорных валков клеток прокатного стана / С.А. Машеков, С.А. Нуртазаев, Е.З. Нугман.// СИСТЕМЫ. МЕТОДЫ. ТЕХНОЛОГИИ – 2010. – №8. – С.114-125.
7. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГИБА ВАЛКОВ. Коняев А.А., Соловьев В.Н. В книге: Тенденции развития современной науки сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета: в 2 частях. – 2017. – С.151-155.

ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОЙ РАБОТЫ ШАХТНОЙ ПЕЧИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ

Кондратьев В.И., студент 2 курса (магистратура)

Научный руководитель – **Малахова О.И.**, к.т.н., доцент

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

Данная работа посвящена вопросу повышения эффективности тепловой работы шахтной печи металлизации [1, 2], работающей по технологии Мидрекс [1, 2], что позволяет обеспечить более отлаженную работу агрегата и уменьшить возможность образования настывей и спёков, уменьшить число ремонтов и других задач.

Шахтные печи широко применяют на заводах черной металлургии. Такие печи являются агрегатами непрерывного действия с режимом работы, характеризующимся неизменностью во времени основных параметров теплового и температурного режимов плавки. Конкретные значения параметров находятся в непосредственной зависимости [3] от вида протекающего в печи технологического процесса и состава перерабатываемого сырья.

Тепловой работой печи называется совокупность явлений, сопровождающих получение тепла, его преобразование и использование для осуществления технологического процесса [3]. Тепловая работа шахтных печей имеет ряд особенностей, обусловленных видом и параметрами протекающих в них технологических процессов.

Быстрые темпы развития процессов металлизации в шахтных печах обусловлены целым рядом их преимуществ перед другими агрегатами: непрерывность процесса [8]:

- 1) высокая удельная и агрегатная производительность (т.е. высокая единичная мощность установок)
- 2) относительно низкий удельный расход топлива (восстановителя) благодаря замкнутому газовому циклу;
- 3) возможность получения высококачественного продукта.

Наиболее отработанным и широко распространенным процессом производства является процесс Мидрекс, разработанный в 1966 г. фирмой Midland-Ross Corporation [1].

Совершенствование процесса Мидрекс шло по пути увеличения производительности шахтных печей и снижения себестоимости металлизированных окатышей (DRI, HDRI). За последние десятилетия произошло изменение шихтового состава, увеличилась температура восстановительного газа (с 780 °С до 900 °С), применено офлюсование окисленных окатышей и вдувание кислорода.

Для эффективной работы печи крайне важна температура в зоне восстановления. Повышенная температура слоя приводит к повышению производительности через улучшенную переработку газа [1, 4]. Тем не менее, слишком высокие температуры слоя могут привести к спеканию [7] материала в печи.

Неудовлетворительные температурные условия и их возможные причины: неверная температура восстановительного газа, проблемы либо с холодильником реформированного газа, температурой реформера, либо с термопарами восстановительного газа, падение температуры слоя, избыточный восходящий поток из переходной зоны и/или прямое добавление природного газа.

Снижающиеся температуры слоя в центре печи или конкретном квадранте могут быть результатом каналаобразования: общее охлаждение слоя, слишком высокий уровень CH_4 восстановительного газа или CO_2 в реформированном газе, неустойчивая температура верхней части слоя, большие перепады слоя могут вызвать ненормальные перепады температуры колошниковога газа. Большие перепады слоя могут ощущаться на конструкции печи и контролироваться наблюдением за весом загрузочного бункера.

Температура восстановительного газа в значительной мере определяет скорость восстановительных процессов. Так, повышение температуры на каждые 100 °С (в пределах от 500 до 900 °С) позволяет увеличить производительность [1] печей металлизации на 7-10%. В настоящее время на ЛебГОКе достигнута максимально возможная температура

восстановительного газа 880-910 °С. При этом часовая производительность увеличилась на 10-15% и снизился удельный расход природного газа на 15-20%.

Следует отметить также, что с повышением температуры восстановления увеличивается механическая прочность окатышей, прочность во вращающемся барабане, сопротивление истиранию, а выход мелочи уменьшается.

Некоторые вероятные причины отклонения температуры восстановительного газа:

- проблемы с холодильником конвертированного газа, температурой реформера или термопарами восстановительного газа;
- снижение температуры в шахте печи под действием восходящего потока и подаваемого в промежуточную зону природного газа. Падение температуры в центре печи или другой ограниченной области шахты может быть следствием образования устойчивых каналов в шихте [5]:
- слишком высокое содержание CH_4 или O_2 в конвертированном газе;
- подвисяние материала в шахте печи, которое можно обнаружить по возрастанию температуры колошникового газа и повышению уровня в загрузочном бункере. Также подвисяние можно определить, прослушивая движение материала в загрузочном устройстве.

Анализ научно-технической литературы показал большой интерес исследователей к математическому описанию [2, 3, 6] физико-химических процессов, протекающих в шахтной печи металлизации. Структуру моделей составляют дифференциальные уравнения переноса тепла, массы, изменение давления в рабочем пространстве агрегата с учетом температурной зависимости теплофизических характеристик материала и газа. Такие системы достаточно сложные и требуют применения численных методов для своего решения.

Для приблизительной оценки изменения параметров в печи, работающей по технологии Мидрекс, нами была проведена статистическая обработка данных (Таблица) зарубежным печам. Анализ уравнений показывает, что характер изменения параметров имеет мало отклонений для печей разной производительности и конкретных условий эксплуатации.

Таблица – Изменение параметров по высоте печи*

№ п/п	Величина	Уравнение	R ²
1	Давление газа вдоль зоны восстановления, бар	$y=0,0893x+0,5619$	0,975
2	Температура твердой фазы вдоль зоны восстановления, °С	$y = -16,51x^2 + 211,9x + 207,8$	0,861
3	Изменение доли компонентов H_2 , CO , H_2O , CO_2 по высоте зоны реакций, мольная доля	H_2 : $y = 1,297x + 39,36$ CO : $y = x + 20$ H_2O : $y = -1,521x + 18,94$ CO_2 : $y = -1,375x + 18,49$	0,980 1 0,989 0,975
4	Степень металлизации по высоте печи, %	$y = -1,093x^2 + 19,56x + 1,607$	0,995
5	Влияние потока охлаждающего газа на температуру твердой фазы, °С	$y = -0,018x + 278,7$	0,880

* По данным опытных и производственных исследований [2,3]

Анализ производственных данных по печи 1,8 млн. т/год показал, что характеристики исходных материалов и режимы работы печи имеют отклонения. Так, величина основности изменялась от 0,15 до 0,23, среднее значение основности равнялось 0,18; среднее производство горячебрикетированного железа за месяц составило 2325 т, минимальное 2310 т., а максимальное 2345 т.; доля мелочи при этом составила в среднем 60 т в месяц.

Изучив показания термопар (Рисунок), можно сделать вывод, что, несмотря на достаточно современное оснащение печи, и всей технологической цепочки, могут быть

значительные колебания многих факторов, таких как ремонтные работы, ошибки работы персонала, качество исходных материалов, поломки оборудования.

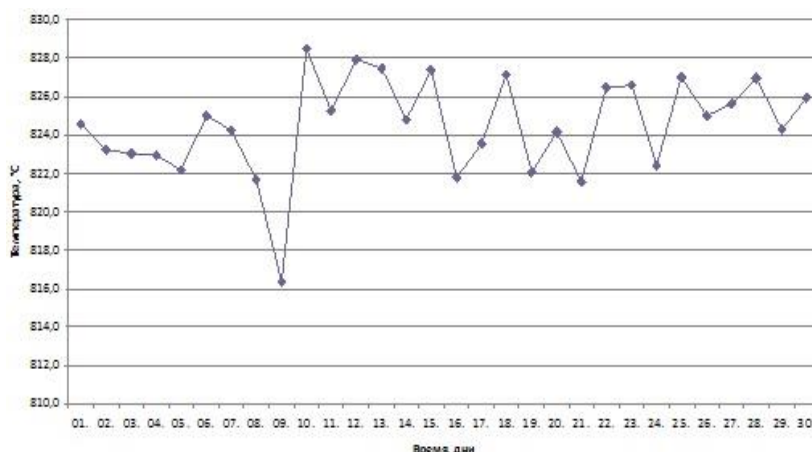


Рисунок – Температура в восстановительной зоне шахтной печи металлзации по показаниям термопары

Заключение

Совершенствование тепловой работы печи может быть осуществлено за счет обеспечения более стабильного качества исходных материалов, строгое выполнение требований технологической инструкции по управлению работой шахтной печи, более качественное обслуживание агрегата, включая своевременный ремонт и замену расходных материалов и т.п. Наибольшее внимание должно уделяться поддержанию стабильного температурного режима в печи, что позволит увеличить эффективность тепловой работы за счет более отлаженной работы агрегата, уменьшить возможность образования настывлей и спеков, уменьшить число ремонтов и других затрат [4].

Список литературы

1. Металлургия железа; учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. -464с., Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф.
2. Modeling and Simulation of the MIDREX Shaft Furnace: Reduction, Transition and Cooling Zones (English)Shams, A. / Moazeni, F. in JOM -WARRENDALE-; 67, 11; 2681-2689; JOM -WARRENDALE- Springer Science + Business Media ; 2015
3. Parisi, D.R., Laborde, M.A. Modeling of counter current moving bed gas-solid reactor used in direct reduction of iron ore (2004) Chemical Engineering Journal, 104 (1-3), pp. 35-43.
4. The Midrex Process / Официальный сайт компании «Midrex Technologies, Inc» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://midrex.com/process-technologies/the-midrex-process/>.
5. Общая теория тепловой работы печей. Глишков М.А., Глишков Г.М.: Учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Metallurgy, 1990. 232с.
6. Математическое описание работы шахтной печи Руднов И.А , Белик Н.П., Тимофеева А.С.// Современные наукоемкие технологии № 1 2005 с.25-26
7. Процессы спекообразования в шахтной печи металлзации. Руднов И.А., Белик Н.П.// Материалы научно-технической конференции ОАО «ОЭМК» 26 октября 2005г., Старый Оскол. 2005г. с. 95-98.
8. Боковиков, Б. А. Анализ шахтного восстановительного процесса с помощью математической модели / Б. А. Боковиков, В. Ю. Поволоцкий, А. И. Гиммельфарб. // Прямое получение железа и порошковая металлургия. – М.: Metallurgy. - 1974. - № 1. - С. 107-113.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ОКАТЫШЕЙ ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ БАРАБАНЕ

Косьянова К.И. - магистрант 1 курса,

Махмудов Д.Д., Ёкубжонов Ш.З. - студенты 3 курса,

Научный руководитель – Тимофеева А.С., к.т.н., проф.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

В настоящее время окатыши являются одним из основных компонентов железорудной части доменной шихты. Окатыши становятся основным видом железорудного сырья при удаленности металлургических заводов от рудоподготовительных фабрик. Высокая транспортабельность окатышей, их устойчивость на перегрузочных пунктах, усреднительных складах является основным достоинством этого вида сырья.

Обожженные окатыши должны сохранять свою прочность от момента схода с обжиговой машины до загрузки в доменную печь. Для окатышей важна не только нагрузка, при которой происходит их разрушение, но и крупность получаемых кусков.

Прочность окатышей обычно оценивается двумя показателями: прочностью при испытании на раздавливание и выходом мелкой фракции после испытания на истирание в барабане.

Испытание на истирание основано на механической обработке во вращающемся стальном барабане. Далее осуществляется определение изменения гранулометрического состава пробы, характеризующего способность руды сопротивляться удару и истиранию.

По стандартной методике ГОСТ 15137-77 [1] для проведения испытания применяют установку, изображенную на рис. 1.

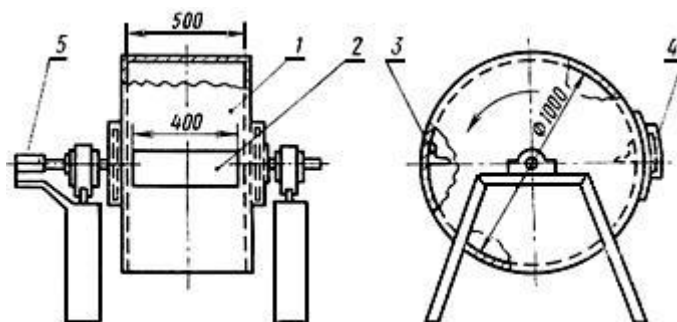


Рисунок – 1 Устройство для определения прочности окатышей во вращающемся барабане
1 - барабан; 2 - загрузочный люк; 3 - уголки; 4 - крышка люка; 5 - счетчик оборотов

Пробу для испытания загружают в барабан, закрывают крышкой и нажатием кнопки пуск приводят барабан в движение. Частота вращения барабана 25 об/мин, количество оборотов 200. После остановки барабана весь материал выгружают и просеивают сначала на сите с размером ячеек 5 мм, после чего продукт крупностью менее 5 мм просеивают на сите с размером сторон ячеек 0,5 мм. Полученные при расसेве массы взвешивают раздельно.

Прочность окатышей (X) в процентах вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m_1}{m_1 + m_2 + m_3} \times 100, \quad (1)$$

где m_1 - масса фракции свыше 5 мм после испытания в барабане, кг;

m_2 - масса фракции менее 5 мм и свыше 0,5 мм после испытания в барабане, кг;

m_3 - масса фракции менее 0,5 мм после испытания в барабане, кг.

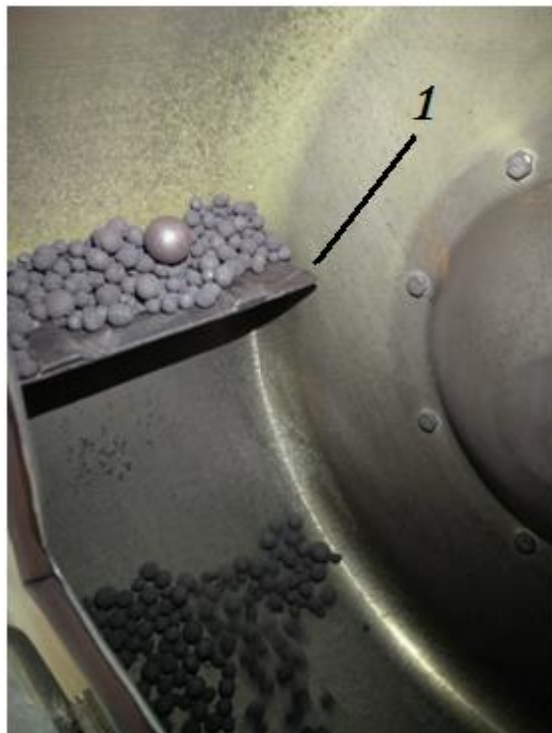
Истирание (X_1) в процентах вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m_3}{m_1 + m_2 + m_3} \times 100, \quad (2)$$

Полученные результаты округляют до первого десятичного знака. Определение прочности руды производят на одной пробе. При возникновении разногласий проводят параллельные определения на двух пробах. Допускаемые расхождения между результатами параллельных определений для прочности окатышей не должны превышать 3 %, а для сопротивление истиранию окатышей 2%.

В лаборатории экстракции черных металлов в СТИ НИТУ «МИСиС» прочность окатышей во вращающемся барабане определялась аналогичным образом.

Нами было изготовлено устройство, аналогичное ГОСТу 15137-77 [1]. Барабан изготовленный из стального листа. На внутренней поверхности барабана приварены два равноотстоящих стальных уголка размером 50x50x5 мм. Уголки крепятся против направления вращения барабана рис. 2.



1 - вид изнутри стальной уголок

Рисунок 2 – Устройство для определения прочности во вращающемся барабане

В барабане имеется загрузочный люк, закрывающийся крышкой с резиновой прокладкой. Один из уголков крепится к крышке барабана, чтобы облегчить удаление пробы. Барабан снабжен электроприводом, при помощи которого он вращается (Рис. 3).



Рисунок 3 – Устройство для определения прочности во вращающемся барабане
1 - загрузочный люк; 2 - электропривод; 3 - кнопки включения и выключения барабана

Для эксперимента было взято 2 пробы окатышей, полученных в лабораторных условиях, с разным составом шихты.

Проба 1 (концентрат + бентонит + известь).

В барабан было загружено 1 кг железорудных окатышей. После остановки барабана выгруженный материал взвесили (992г). Так как после испытания общая масса окатышей уменьшилась на 8 грамм, эта масса добавляется к фракции менее 0,5 мм. Далее производится просеивание сначала на сите с размером ячеек 5 мм, после чего продукт крупностью менее 5 мм просеивается на сите с размером ячеек 0,5 мм.

Масса фракции свыше 5 мм после испытания в барабане равна 962г., масса фракции менее 5 мм и свыше 0,5 мм после испытания в барабане равняется 12г., а масса фракции менее 0,5 мм после испытания в барабане равна 26г.

Прочность окатышей на удар в процентах вычисляется по формуле (1):

$$\frac{962}{962 + 12 + 26} \times 100 = 96.2\%, \quad (3)$$

Истирание в процентах вычисляется по формуле (2):

$$\frac{12}{962 + 12 + 26} \times 100 = 1.2\%, \quad (4)$$

Проба 2 (концентрат + бентонит + брусит).

Аналогичные измерения и действия были произведены с окатышами, где флюсующей добавкой являлся брусит.

Прочность окатышей на удар в процентах вычисляется по формуле (1):

$$\frac{956}{956 + 16 + 28} \times 100 = 95,6\%, \quad (5)$$

Истирание в процентах вычисляется по формуле (2):

$$\frac{16}{956 + 16 + 28} \times 100 = 1,6\%, \quad (6)$$

Данное устройство точно определяет прочность окатышей во вращающемся барабане и достаточно простое в использовании.

Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты эксперимента на прочность окатышей

Окатыши	Прочность на удар, % ,5мм	Прочность на истирание, <0,5мм
С известняком	96,2	1,2
С бруситом	95,6	1,6

Если сравнивать прочностные свойства окатышей с известняком и бруситом, то они практически одинаковы: на удар на 0,6% и на истирание на 0,4% меньше для брусита, чем для известняка.

Список литературы

1. ГОСТ 15137-77. Руды железные и марганцевые, агломераты и окатыши. Метод определения прочности во вращающемся барабане. Издательство Стандартов. Москва.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПОДУ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ

Краснов Ю.В., магистрант 2 курса

Научный руководитель – Кожухов А.А., д.т.н., доцент

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

Процесс нагрева заготовок под прокатку в методических нагревательных печах сопровождается активным окислением поверхности металла с образованием слоя окалина [1]. Образующаяся окалина активно взаимодействует с огнеупорными материалами и образует на поверхности футеровки пода настывли, которые мешают передвижению заготовок и могут травмировать их поверхность, а также проникая внутрь огнеупоров вызывает их набухание и разрушение.

На данный момент основным видом борьбы с отложениями окалины в настывли является выбор рационального материала футеровки пода нагревательных печей. Огнеупоры в порядке убывания окалиноустойчивости расположены следующим образом: дунитовые, хромамагнетитовые, хромитовые, корундовые, высокоглиноземистые [2].

Однако, подбор материалов для футеровки пода печи является довольно сложной задачей, требующей достаточно больших средств и времени, поскольку период испытания материалов в промышленных условиях должен составлять от нескольких месяцев до нескольких лет, и не гарантирует полного решения вышеописанных проблем.

Одним из способов решения данной проблемы также является нанесение покрытия на поверхность огнеупорной футеровки для уменьшения спекаемости окалины и ее контакта с подом. В связи с этим, было решено провести исследования по изучению влияния различных покрытий на процессы спекания окалины в настывли и ее взаимодействия с футеровкой пода печи. Исследования проводились на лабораторной печи в условиях лаборатории кафедры Metallургии и металловедения им. С.П. Угаровой.

Для изучения особенности процесса спекания окалины с другими материалами, изготавливались цилиндрические образцы из окалины с добавлением наполнителя в количестве 5% по весу. В качестве наполнителя использовался плавиковый шпат, алюминиевый порошок, гашеная известь, бентонит и их комбинация. Исследования проводились с целью изучить влияние введения дополнительных материалов на прочность спекания окалины в горячем состоянии.

Изготовление образцов происходило в следующей последовательности: окалина массой 18 гр смешивалась с дополнительным материалом массой 2 гр., после чего помещалась в контейнер, сверху устанавливался шток, к которому прикладывалось давление 3000 кгс на прессе для уплотнения окалины, после чего дно убиралось и образец выдавливался из контейнера. Извлеченный образец помещался в печь с температурой 1100 °С где нагревался и выдерживался также в течении двух часов. Нагрузку, которую выдерживает образец до разрушения приведена на рисунке 1.

Из приведенного рисунка видно, что введение в окалину бентонита повышает прочность спеченного образца по сравнению с образцом из чистой окалины, добавка остальных материалов – снижала. Максимальное снижения прочности замечено при введение алюминиевого порошка и гашеной извести. На основании полученных данных было решено изучить эффективность влияния гашеной извести в качестве покрытия на процессы спекания печной окалины с футеровкой печи.

Для изучения условий спекания были использованы легковесные огнеупоры, а также четыре металлических образца - куба, которые моделировали стальную заготовку в нагревательной печи. В первом случае на поверхность огнеупоров наносился слой извести и слой извести с порошком окалины сверху. Во втором материал наносился на саму заготовку – покрытие из извести и плавикового шпата. Огнеупоры с установленными на них образцами помещались в печь, где нагревались до температуры 1100 °С и выдерживались в течении 2 часов, после чего образцы остывали с печью до комнатной температуры.

Состояние поверхности огнеупоров после их разъединения приведено на рисунке 2. При использовании в качестве подсыпки извести, окалина с заготовки не приставала к огнеупору, но оставалась на поверхности самой заготовки, что говорит о стремлении извести спекаться с окалиной при продолжительной нагрузке.

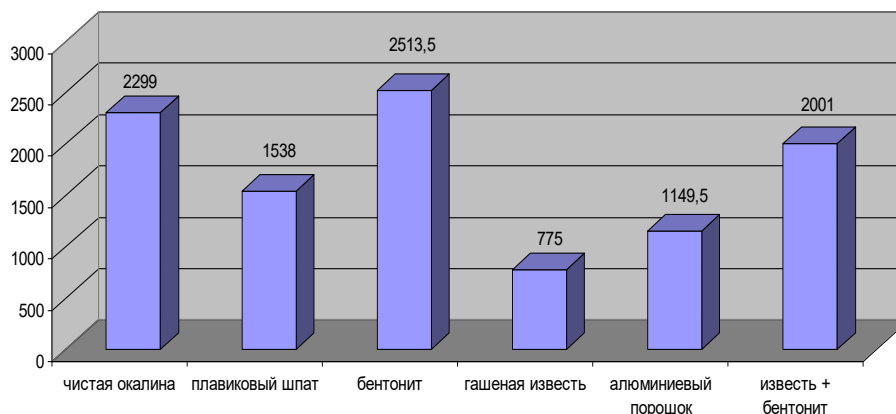


Рисунок 1 – Прочность образцов с различным наполнителем (кгс)



Рисунок 2 – Состояние поверхности огнеупоров

Использование извести в качестве покрытия не обеспечило достаточной защиты поверхности огнеупора. Связано это с тем, что в местах образования спеков окалины, на поверхности металлического образца образуется тонкий слой покрытия, который не препятствует процессу диффузии окалины в огнеупор.

Добавка измельченной окалины поверх слоя извести на огнеупоре привела к появлению небольшого количества порошка окалины, приставшего к огнеупору, аналогичный эффект дало и применение порошка плавикового шпата, при этом заметно его спекание с поверхностью металлического образца.

В печах окалина имеет свойство ссыпаться с заготовок и накапливаться на поверхности пода. Поэтому было решено исследовать сцепление окалины с поверхностью футеровки с использованием известкового покрытия при наращивании окалины в печи. Для исследования процессов спекания известковое покрытие наносилось на поверхность огнеупора и металлического образца.

Огнеупоры с установленными на них образцами помещались в печь, где нагревались до температуры 950 °С, после чего нагрев продолжался до 1100 °С. Приподнимая металлический образец, на место контакта заготовки с огнеупором насыпали слой окалины (Рисунок 3), после чего образец опускали обратно.

Засыпку слоя окалины на поверхность огнеупора проводили 3 раза с промежутком в 10 минут. После чего выдерживали образцы в печи в течении 30 минут и оставляли

охлаждаться с печью до комнатной температуры. Результаты эксперимента представлены на рисунке 4.

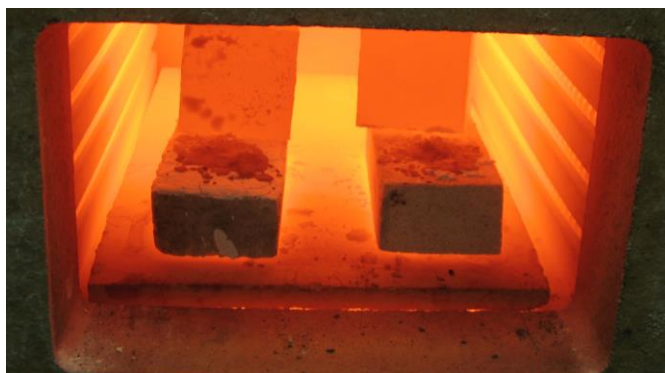


Рисунок 3 – Процесс наращивание окалины на поверхности огнеупора



Рисунок 4 – Поверхность огнеупора: а) с подсыпкой извести на огнеупор, б) с покрытием на металлическом образце

По полученным данным можно говорить о том, что окалина не спеклась и имеет рыхлую структуру. В месте где известь наносилась на поверхность огнеупора спеков окалины не замечено, нанесенный слой извести не дал окалине диффундировать внутрь огнеупора. На металлическом образце замечено прилипание насыпанной окалины, которая легко удаляется с поверхности.

Нанесение слоя извести на стальной образец не дало полной защиты от спекания окалины с поверхностью огнеупора. При этом часть окалины диффундировала внутрь огнеупора. Помимо этого на поверхности заготовки присутствует спекшийся слой извести и окалины, удалить который уже сложнее.

Заключение

Проведенный эксперимент по определению влияния различных покрытий на процессы спекания окалины в настыви показал, что использование гашеной извести в качестве подсыпки снижает прочность спекшейся окалины и ее взаимодействия с футеровкой пода печи. Данный материал может способствовать облегчению удаления спеков окалины с футеровки пода нагревательной печи и уменьшению травмируемости заготовок при нагреве.

Список литературы

1. Смирнов Е.Н., Белевитин В.А., Скляр В.А., Кисиль В.В. Технология конструкционных материалов: производство горячекатаных блюмов и сортовых заготовок. Челябинск, 2016. 188 с.

2. Аксельрод Л.М. и др.; Под ред. И.Д. Кашеева, Е.Е. Гришенкова. Служба огнеупоров: Справ, изд. / Л.М. Аксельрод— М.: Интернет Инжиниринг, 2002. - 656 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОДЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Куликова О.В., студентка 4 курса

Научный руководитель – Федина В.В., к.т.н., доцент

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

Система водоснабжения представляет собой комплекс сооружений для обеспечения определенной группы потребителей водой в требуемых количествах и требуемого качества. Кроме того, система водоснабжения должна обладать определенной степенью надежности, т.е. обеспечивать снабжение потребителей водой без недопустимого снижения установленных показателей своей работы в отношении количества или качества подаваемой воды (перерывы или снижение подачи воды или ухудшение ее качества в недопустимых пределах) [1].

Содержание в природных водах различных примесей, как растворенных, так и находящихся в виде взвеси, является причиной образования отложений накипи и шлама на поверхности теплообменной аппаратуры и парогенераторов, что приводит к их коррозии и ухудшению теплообмена. Например, периодический нагрев и охлаждение воды в теплообменной аппаратуре приводит к потерям диоксида углерода и отложению карбоната кальция.

Требования, предъявляемые к технической воде, связаны с особенностями проводимых процессов и указываются в технологических регламентах конкретных технологических производств. Очевидно, что качество воды, выполняющей роль реагента или абсорбента, показатели качества воды должны быть значительно выше, используемой, например, для получения пара.

Критерии воды определяется совокупностью физических и химических характеристик, к которым относятся: цвет, прозрачность, запах, общее солесодержание, жесткость, рН, окисляемость. Для промышленных вод важнейшими из этих характеристик являются солесодержание, жесткость, рН и содержание взвешенных веществ.

Жесткостью называется свойство воды, обусловленное присутствием в ней солей кальция и магния. В зависимости от природы анионов различают временную жесткость (устраняемую, карбонатную), удаляемую при кипячении – J_v и постоянную (некарбонатную) – $J_{п}$. Сумма J_v и $J_{п}$ называется общей жесткостью воды

$$J_o = J_v + J_{п} \quad (1)$$

Принята следующая классификация по жесткости: мягкая (Са и Mg до 3 мгэкв/л), умеренно-жесткая (3–6 мгэкв/л) и жесткая (более 6 мгэкв/л).

В зависимости от солесодержания природные воды делятся на пресные (с/с менее 1г/кг), солоноватые (с/с от 1 до 10 г/кг) и соленые (с/с более 10г/кг) [2].

В данной работе рассмотрены различные технологии очистки воды для последующего выбора фильтров с целью повышения эффективности водоснабжения.

В качестве примера рассмотрим технологию химической водоподготовки в условиях теплосилового цеха АО «ОЭМК».

Источником водоснабжения (исходная вода) химводоочистки является река Оскол. Результаты химического анализа воды: щёлочность – 4,8 мг/л, хлориды - 7 мг/л, жёсткость – 5300 мг/л.

Исходная вода от цеха водоснабжения по трубопроводу диаметром 300 мм при давлении в трубопроводе до 0,4 МПа подаётся на баки известково-коагулированной воды БИКВ-1,2. Оттуда насосами известково-коагулированной воды НИК-1,2,3 подаётся на

осветлительные (механические) фильтры МФ-1, 2, 3. Далее осветлённая вода поступает на Na-катионитовые фильтры первой ступени Ф-1,3,5. Из бака умягченная вода с помощью насосов НУВ-1,2,3 подаётся в вакуумный деаэратор ДСВ-100.

Часть воды через Na-катионитовые фильтры второй ступени Ф-2, 4, поступает в бак химочищенной воды БХВ. Взрыхление Na-катионитовых фильтров производится водой из бака осветленной воды БОВ с помощью насосов НОВ-1,2.

Взрыхление осветлительных (механических) фильтров производится речной водой из бака известково-коагулированной воды БИКВ-1,2 с помощью насосов НПВ-1,2. Грязная вода после отмывки осветлительных (механических) фильтров сбрасывается в бак вторичного использования и затем в канализацию.

Насосы НТВ-1,2 предназначены для поднятия давления речной воды при низком давлении в подающем трубопроводе от цеха водоснабжения.

Приготовление и подача регенерационного раствора соли из баков-мерников БС-1,2,3,4 на Na-катионитовые фильтры осуществляется с помощью водосоляного эжектора.

Na-катионитовые фильтры предназначены для умягчения воды. Блок Na-катионитовых фильтров предусматривает три фильтра первой ступени и два фильтра второй ступени.

Каждый фильтр состоит из следующих элементов: корпуса, нижнего и верхнего распределительных устройств, подводящих и отводящих трубопроводов, запорной арматуры, КИП, пробоотборных устройств и фильтрующей загрузки. Корпус фильтра цилиндрический, сварной из листовой стали, снабжен двумя лазами. Верхний лаз предназначен для загрузки фильтрующего материала, ревизии и ремонта верхнего распределительного устройства, а также для периодического осмотра состояния поверхности фильтрующего материала. Нижний лаз предназначен для монтажа нижних распределительных устройств, периодической их ревизии и ремонта. Корпус фильтра рассчитан на избыточное давление 0,6 МПа (6 кгс/см²) превышать которое запрещается.

Верхнее распределительное устройство представляет собой трубчатую систему типа «паук» с отверстиями и служит для подвода обрабатываемой воды и регенерационного раствора, а также для отвода воды при взрыхлении катионита.

Дренажные и распределительные устройства фильтров должны быть установлены горизонтально. Фильтра оборудованы системами водоснабжения.

Фильтры первой и второй ступени загружены катионитом КУ-2-8. Умягчение воды осуществляется в процессе фильтрования её через слой катионита, частицы которого содержат катион натрия, способный к обмену на накипеобразующие катионы кальция и магния. В результате этого в профильтрованной умягченной воде содержатся лишь натриевые соли, обладающие большой растворимостью и не образующие отложений на внутренней поверхности теплообменных аппаратов и котлах.

В результате обработки на Na-катионитовых фильтрах умягченная вода имеет жесткость от 0,003 до 0,3 мг-экв/дм³. В процессе работы ионообменный материал (катионит) Na-катионитовых фильтров истощается, т.е. теряет ионообменную способность катионита, которую восстанавливают при регенерации раствором поваренной соли. В процессе регенерации катионы Ca⁺² и Mg⁺², поглощенные катионитом, заменяются катионами Na⁺ [3].

Работает Na-катионитовый фильтр на умягчение лучше всех, но необходимость его постоянно приводить к первоначальному виду делает очень неудобным. Да и в практически забитом картридже, качество очистки разительно отличается от чистки свежим. Сам прибор по цене не очень дорогой, чем и соблазняет потребителей, но в дальнейшем многие разочаровываются, т.к. постоянные замены требуют значительных финансовых вложений.

Перспективные направления в решении задачи восстановления работоспособности и эффективности функционирования поверхностей нагрева и охлаждения теплоэнергетических установок является применение для этих целей инновационных технологий, технических средств и оборудования, предусматривающих комплексное использование новых физических явлений, процессов и эффектов.

Технический прогресс не стоит на месте и изобретаются современные технологии затрачивающие минимальное количество энергоресурсов с наибольшей производительностью.

К таким техническим решениям относится применение физико-химических способов очистки воды таких как:

1. Фильтры обратного осмоса.
2. Специальные умягчающие магнитные фильтры.
3. Смягчение воды посредством электромагнитной волны.

Рассмотрим процесс очистки в данных фильтрах.

Системы смягчения воды методом обратного осмоса считаются самыми передовыми. Очистка воды от включений солей кальция и магния здесь производится за счет плотной мембраны, через которую жёсткая вода прогоняется под большим давлением. На стенках обратноосмосной мембраны оседают все вредные примеси, а вода подаётся в систему водоснабжения уже умягченной и пригодной к бытовому и пищевому применению, но только после дополнительного насыщения жидкости полезными минералами.

Дополнительная минерализация происходит здесь же в корпусе осмосного фильтра благодаря специальным картриджам для минерализации.

Важной характеристикой обратносмосной мембраны такого фильтра является её способность пропускать молекулы жидкости, но задерживать кристаллы вредных примесей.

К недостаткам системы обратного осмоса можно отнести:

- необходимость постоянного давления в системе водоснабжения, равного 3 атм. и более;
- высокая цена на фильтры.

Работа специальных умягчающих магнитных фильтров основана на смягчении воды при помощи магнитов. Жёсткая вода проходит через систему фильтрования с магнитом, в результате чего соли магния и кальция нейтрализуются и выпадают в осадок.

Полученные кристаллы продвигаются дальше по системе и оседают в специальных резервуарах. Магнитные фильтры бывают как в виде цилиндров, которые монтируются на участке трубопровода, так и в виде специальных магнитных накладок.

Фильтры, смягчающие воду посредством электромагнитной волны, направляет электромагнитные волны на жёсткую воду, в результате чего соли магния и кальция разрушаются и находятся в воде во взвешенном состоянии. Такие примеси легко удаляются из воды в коллектор при помощи специальных устройств. Использовать электромагнитный фильтр можно как для системы водоснабжения, так и для системы отопления.

И плюсом очистки воды посредством электромагнитной волны и умягчающими магнитными фильтрами стал тот факт, что происходит все на ионном уровне, и значит, поверхности останутся чистыми и не поврежденными. Достать в неудобные места и проходы бывает очень сложно, а с такой обработкой проблема отпадет сама собой.

Большим минусом стал тот факт в работе, что положительный эффект от облучения полностью гасился простыми рабочими моментами. Давление воды в системе водоснабжения было не соответствующим, в результате чего температура нагрева воды была слишком высокой [4].

В условиях АО «ОЭМК» считаю оптимальным использовать системы смягчения воды методом обратного осмоса, так как при этом происходит максимальное очищение примесей и соединений в отличии от Na-катионитовых фильтров, которые больше направлены только на умягчение воды.

Список литературы

1. Абрамов Н. Н. Водоснабжение. Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М, Стройиздат, 2004. 480 с.
2. Бондарев В. П. Геология. Курс лекций: Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. - М.: Форум: Инфра-М. 2002. 224 с.

3. Производственная инструкция: ПИ ЭГ.Н- 0662 -2017 Эксплуатация оборудования химводоочиски промышленной [Текст]. – Старый Оскол: 2017. – 56 с.
4. Обзор фильтров для смягчения воды из скважин. [Электронный ресурс], URL: <http://vodakanazer.ru/vodosnabzhenie/skvazhiny/filtry-dlya-umyagcheniya-vody-iz-skvazhiny.html/> (дата обращения 27.03.2018)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКЕ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «DEFORM 3D»

Левыкина А.Г., студент 2 курса магистратуры
Фетисов А.А., студент 1 курса магистратуры
Мазур И.П., д.т.н., профессор
Липецкий государственный технический университет

На сегодняшний день одним из приоритетных направлений развития металлургической промышленности является получение готовой продукции высокого качества. При производстве горячего проката особое внимание уделяется температурному режиму прокатки, т.к. это является одной из основ достижения стабильности механических свойств по длине и ширине прокатываемых полос [1-2]. Данная задача особенно актуальна при компоновке нового прокатного оборудования, а также при реконструкции имеющегося.

Для оценки теплового состояния металла в линии стана горячей прокатки разработана модель с использованием вычислительного комплекса «Deform 3D».

Моделирование производили для черновой группы клетей непрерывного широкополосного стана 2000 ПАО «НЛМК». В ходе моделирования учитывали теплообмен излучением и конвекцией между поверхностью металла и окружающей средой в линии стана, влияние гидросбива окалины, теплообмен при контакте металла с валками, а также разогрев металла за счет пластической деформации [3-4]:

$$\rho(T)c(T)\frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda(T)\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right) + Q_v(x, y, z), \quad (1)$$

$$q = \alpha_k \cdot (T - T_{cp}), \quad (2)$$

$$q = \sigma \xi [T^4 - T_{cp}^4], \quad (3)$$

где ρ – плотность; c – теплоемкость; τ – время; λ – коэффициент теплопроводности; Q_v – повышение тепла за счет пластической деформации; q – плотность теплового потока; α_k – коэффициент теплоотдачи; T – температура поверхности; T_{cp} – температура окружающей среды; σ – постоянная Стефана-Больцмана; ξ – приведенная степень черноты.

Толщина сляба на входе в 1-ю клеть составляет 250 мм, толщина раската за 5-й клетью – 30 мм. Учитывая геометрическую симметричность процесса прокатки, для уменьшения времени расчета моделировали $\frac{1}{2}$ толщины заготовки. Температура заготовки на выдаче из печи принята равной 1250 °С по всему объему.

Расчет температурных режимов для стали 15 производили с учетом допустимых усилий прокатки по клетям:

- с реверсом – абсолютные обжатия по клетям приняты 32,0/33,3/34,9/29,9/41,8/29,6/18,5 мм и скорости прокатки – 1,0/1,0/1,0/1,5/2,0/ 2,5/3,2 м/с;
- без реверса – абсолютные обжатия по клетям составляют 60/65/51/29/15 мм и скорости прокатки – 1,0/1,5/2,0/2,5/3,2 м/с.

Результаты моделирования представлены графически на рисунках 1-2.

Расчеты, полученные в результате моделирования, показывают, что в обоих случаях (при прокатке с реверсом и без) расхождение температур не превышает 10 °С.

Заключение

Разработана математическая модель теплового состояния металла в черновой группе клеток НШСГП, учитывающая реверсивную прокатку в 1-й клетки. Модель может быть использована для анализа режимов прокатки новых марок сталей, в частности высокопрочных, для которых очень важным являются ограничения по распределению усилий по клетям.

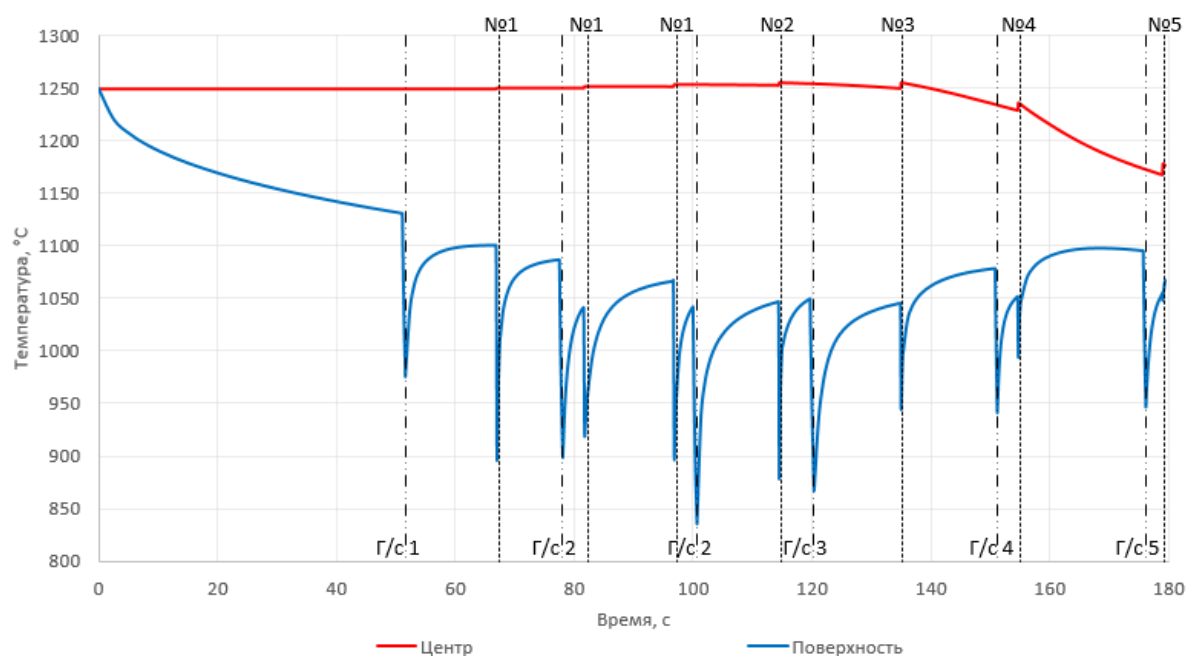


Рисунок 1 – График изменения температур центра и поверхности металла при прокатке в черновой группе клеток по режиму 1/1/1/2/3/4/5

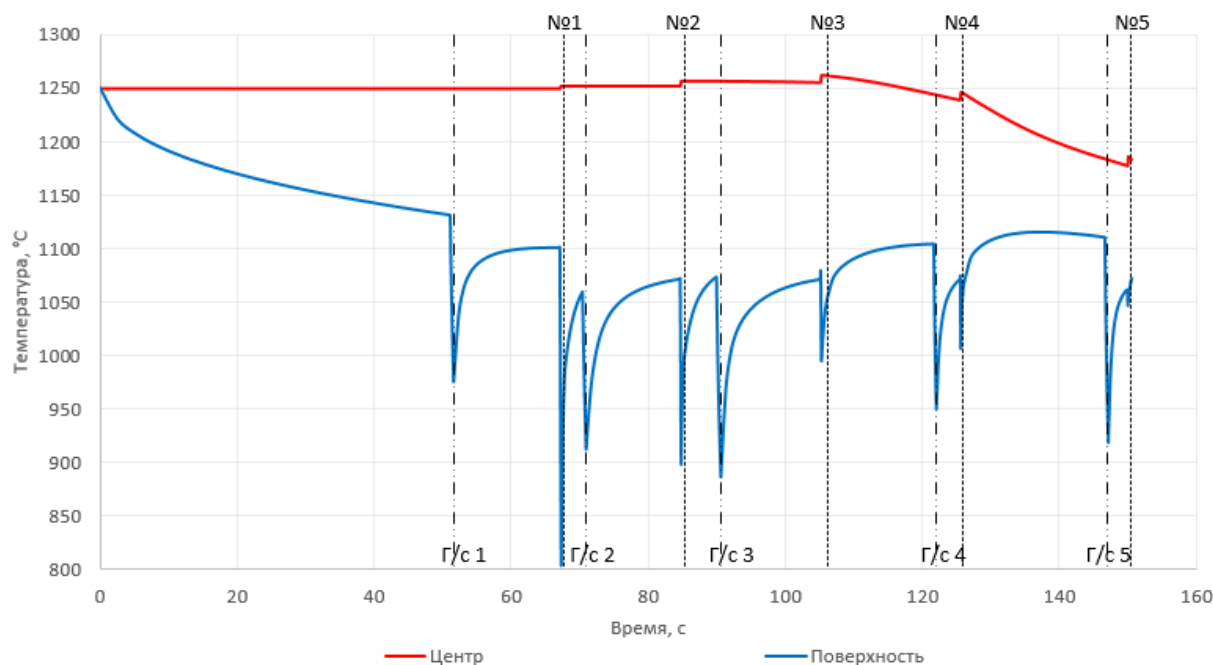


Рисунок 2 – График изменения температур центра и поверхности металла при прокатке в черновой группе клеток по режиму 1/2/3/4/5

Список литературы

1. Mazur I., Koinov T. Quality control system for a hot-rolled metal surface. // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. 2014. Т. 49. №1. С. 71-76.
2. Мухин Ю.А., Бельский С.М., Чупров В.Б., Бахаев К.В., Стоякин А.О. Особенности температурного поля стальных полос при горячей прокатке. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2015. Т. 58. №6. С. 417-421.
3. Мазур И.П. Развитие теории и совершенствование технологии производства листового проката на литейно-прокатных комплексах. // Дисс.докт.техн.наук. – Липецк: ЛГТУ, 2003.
4. Коновалов Ю.В. Расчет режимов прокатки. // Ю.В. Коновалов. – М.: Металлургия, 1987. – 354 с.

ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТНЯКА НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ОКАТЫШЕЙ

Махмудов Д.Д., Ёкубжонов Ш.З. - студенты 3 курса,

Косьянова К.И. - магистрант 1 курса,

Научный руководитель – Тимофеева А.С., к.т.н., проф.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

На производстве к готовым железорудным окатышам предъявляется ряд требований, так как при транспортировке окатыши истираются, дробятся — в результате чего выделяется пыль, которая нарушает экологическую обстановку и окатыши теряют свою массу, то есть уменьшается их суммарное количество. Большую роль в истирании и дроблении при транспортировке играет прочность окатышей на истирание [1].

Исследование свойств офлюсованных окатышей проводилось на кафедре металлургии и металловедения СТИ НИТУ «МИСиС» в лабораторных условиях.

Нами были разработаны методики определения свойств окатышей с подбором соответствующего оборудования.

Для получения окатышей брали шихту, состоящую из концентрата, бентонита хакасского и известняка, химический состав, которых представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав шихты для окатышей

Материал	Содержание			Химический состав, %									Массовая доля влаги, %
	%			Fe _{об} _щ	Fe ₂ O ₃	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	п.п.п.	
Концентр.	98,4	97,4	96,4	70,23	68,17	30,16	2,44	0,08	0,09	0,19	0,152	0,34	9,5
Бентонит	0,6	0,6	0,6	2,33	0,93		57,1	17,69	2,76	2,23	0,077	8,49	6,5
Известняк	1	2	3	1,11		0,27	4,45	3,48	49,25	0,55	0,041		2,3

Согласно методике получения окатышей была приготовлена шихта массой по 2 кг с различным содержанием известняка и были изготовлены окатыши на барабанном окомкователе. По количеству полученных окатышей более 5мм судили о комкуемости шихты (Таблица 2).

Таблица 2 – Результаты процесса окомкования шихты с различным содержанием известняка

№ пробы	Комкуемость, %	W, %	Гранулометрический состав, %						
			+16мм	-16 +14мм	-14 +12мм	-12 +10мм	-10 +8мм	-8 +5мм	-5мм
1	76,4	9,8	2,8	11,6	15,4	18,5	14,3	13,8	23,6
2	99	9,6	5,09	14,44	25,56	11,80	27,22	15,36	0,53
3	87	9,6	2,2	3,9	19,0	18,6	22,2	11,8	13

По результатам экспериментов оказалось, что при содержании известняка равном 2% комкуемость лучшая, так как окатышей менее 5мм было меньше всего.

Для определения прочностных свойств сырых окатышей от каждой пробы отбирались окатыши диаметром 10 – 12 мм, являющиеся надрешетным продуктом сита с ячейкой 10 мм, в количестве 20 штук для испытаний на сжатие и удар по 10 окатышей в соответствии с разработанными методиками. Затем результаты по 20 окатышам были усреднены. Результаты испытаний приведены в таблице 3.

После окомкования сырые окатыши укладывались на платформу (Рис. 1) и проводилась термическая обработка окатышей.

После обжига окатыши проверяли на прочностные свойства: на сжатие, истирание и дробление. На сжатие бралось по 30 окатышей, определялась прочность и усреднялась по каждому составу. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 3 – Результаты эксперимента сырых окатышей на прочностные свойства

№ испытания	Прочность сырых окатышей на сброс, раз			Прочность сырых окатышей на сжатие, кг/ок		
	Известняка					
	1%	2%	3%	1%	2%	3%
1	10	6	7	0,7906	0,886	0,948



Рисунок 1 – Платформа для обжига окатышей

Таблица 4 – Результаты испытаний обожженных окатышей на сжатие, кг/ок

	1%	2%	3%
Прочность на сжатие, кг/ок	276,4	335,6	326,9
Прочность на удар, кл.+5мм, %	86,1	91,26	89,26
Прочность на истирание-5мм, %	7,01	5,5	6,85

В результате экспериментов выяснено, что известняк влияет на комкуемость и прочностные свойства как сырых, так и обожженных окатышей. С точки зрения комкуемости наилучший результат показало содержание известняка 2% в шихте. Для обожженных окатышей содержание 2% известняка тоже является оптимальным с точки зрения прочностных свойств окатышей.

Список литературы

1. ГОСТ 15137-77. Руды железные и марганцевые, агломераты и окатыши. Метод определения прочности во вращающемся барабане. Государственный комитет СССР по стандартам. Москва

2. Ю.С. Юсфин. Обжиг железорудных окатышей/ Ю.С. Юсфин, Т.Н. Базилевич. - М.: Metallurgy, 1973. - 272 с.
3. Библиофонд: [Электронный ресурс]. М., 2003-2016. URL: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=728822#1>. (Дата обращения: 2.04.2018).

ФОРМИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ИЗОТРОПНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ

Окорокова О.В., аспирант 1 курса

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

Аннотация: в статье рассмотрены основные факторы, влияющие на свойства изотропной стали, представлены направления совершенствования магнитных свойств.

Ключевые слова: рекристаллизация, фосфор, кремний, величина зерна.

Высокие магнитные свойства в электротехнической стали зависят от получения определенной кристаллографической текстуры, формирование которой происходит на всех этапах производства [1]. Сталь с такой текстурой имеет повышенные свойства в продольном и поперечном направлении. Направлением исследования является получение **кубической текстуры** (100) [001], при которой направление легкого намагничивания лежит не только вдоль направления прокатки, но и в поперечном направлении в плоскости листа. Такую текстуру можно получить путем многократного чередования первичной рекристаллизации и холодной прокатки заготовки, в которой в исходном состоянии уже имеется ребровая текстура [2].

Для получения высокого уровня магнитных свойств в изотропной электротехнической стали необходимо формирование в металле оптимального размера зерна и определенной доли ориентировки {001} в текстуре горячекатаной или нормализованной полосы. Условия горячей прокатки и термической обработки сильно влияют на параметры готовой стали, так как присутствует механизм наследования текстурного и структурного состояния. Улучшение магнитных свойств готовой стали связано с увеличением в текстуре доли кубических ориентировок или с увеличением размера зерна, что достигается при повышении содержания кремния или путем увеличения температуры отжига.

На рисунке 1 показано влияние химического состава на степень рекристаллизации стали.

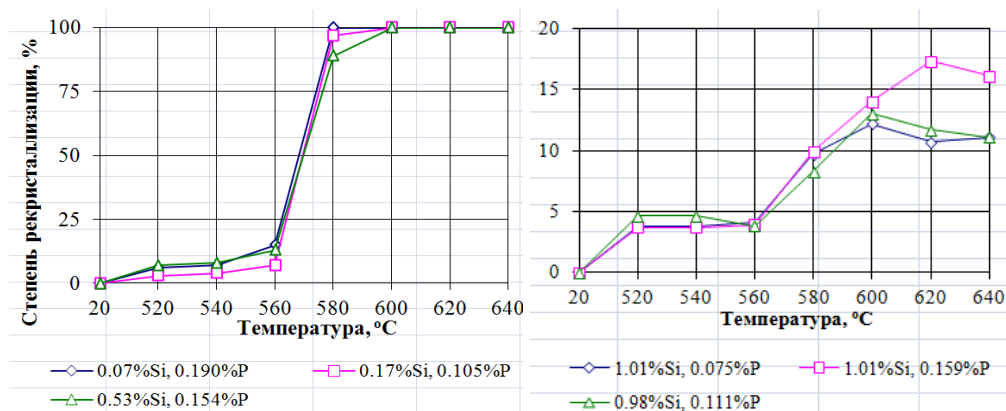


Рисунок 1 – Влияние температур и содержание фосфора на степень рекристаллизации

Нулевая и первая группы с содержанием кремния 0,07 – 0,53% характеризуются быстрым прохождением процесса рекристаллизации. Образование зародышей наблюдается в температурном интервале 520-560 °C, а при 580 °C степень рекристаллизации приближается к 100%. Прослеживается закономерность увеличения степени рекристаллизации при увеличении содержания фосфора. Сравнив два рисунка, нетрудно сделать вывод, что содержание фосфора в пределах 0,1 – 0,2 % и одновременное уменьшение содержание кремния в пределах, соответствующих 0 и 1 группам легирования, благоприятно сказываются на структурном состоянии изотропной стали.

Повышение содержания фосфора в стали приводит к уменьшению площади петли гистерезиса и снижению гистерезисных потерь. Фосфор повышает жесткость стали и это мешает прокатке, поэтому его содержание необходимо ограничивать до 0,20% [3]. Было

показано, что в нелегированной изотропной стали увеличение содержания фосфора с 0,09 до 0,33% усиливает рост зерен. Размер окончательный зерна увеличивается с 90 до 180 мкм [4].

В работе [4] установлено, что положительное влияние фосфора на уровень магнитных свойств, связано с его рафинирующим действием, из-за большого сродства к кислороду. Последнее объясняется уменьшением содержания мелкодисперсных частиц Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 и др. При содержании фосфора 0,22% в стали с 0,15% Si значение предела прочности соответствует уровню стали с 3% Si.

Структурное состояние изотропной стали зависит от режима обработки – времени нагрева, температуры обезуглероживающе-рекристаллизационного отжига, скорости нагрева [5]. Существует два механизма первичной рекристаллизации: один – образование зародышей зерен и их рост за счет деформированной матрицы, второй – образование полигональной структуры и объединение субзерен. Естественно, что параметры формируемой текстуры также изменяются. При быстром нагреве в большей степени должен действовать первый механизм, так как для развития полигонизации необходимо время. На рисунке 2 показано, что в нулевой группе зерна первичной рекристаллизации растут с большей скоростью и достигают больших размеров, чем во второй группе.

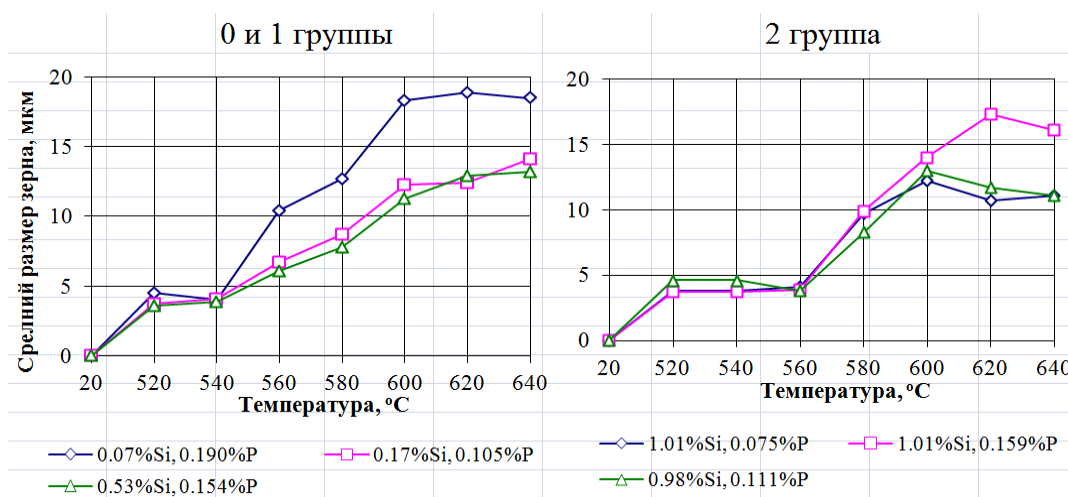


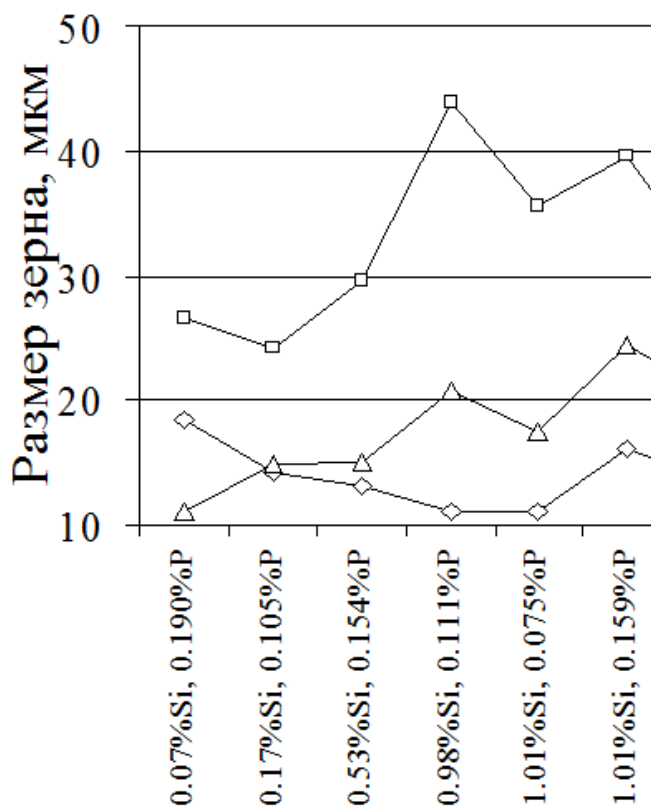
Рисунок 2 – Зависимость размера зерна от температуры нагрева при медленном нагреве (30°C/час)

Возможно здесь проявляется влияние фосфора, который ускоряет процессы протекающие при первичной рекристаллизации, в совокупности с низким содержанием кремния, который замедляет диффузию атомов, и следовательно, препятствует развитию первичной рекристаллизации. Исследование показало, что уже при 3 минутах отжига на 800 °C (0 и 1 группа) в стали любого химического состава первичная рекристаллизация закончилась и начинается собирательная рекристаллизация.

Сталь 0 и 1 групп существенно уступают в размере зерна, причем только в этих группах размер зерна при быстром нагреве даже в течение 12 минут меньше чем при медленном нагреве. Возможно, что здесь низкое содержание кремния и высокое фосфора способствуют прохождению первичной рекристаллизации путем развития полигонизации и объединения полигонов даже при быстром нагреве. Но при быстром нагреве, недостаточно времени на развитие этого процесса, что и приводит к получению меньшего размера зерна, что видно из рисунка 3. При медленном нагреве предпочтительнее образование полигональной структуры и появление зародышей первичной рекристаллизации за счет объединения субзерен.

Текстурное состояние изотропной стали зависит от содержания кремния и фосфора. Доля зерен с благоприятной ориентировкой в текстуре металла после рекристаллизационного отжига возрастает с увеличением суммарного содержания Si + P.

Формирование текстуры поверхностных слоев существенно отличается от центральных. Присутствие в поверхностном слое большого количества ориентировок $\{222\}\langle uvw \rangle$ связано с распространением ориентировок $\{220\}\langle uvw \rangle$ после горячей прокатки. С точки зрения получения наименьшего количества наиболее вредной для магнитных свойств стали компоненты $\{222\}\langle uvw \rangle$ предпочтительнее быстрый нагрев.



—◇— Медленный нагрев, 640 °C —□— Медленный нагрев, 850 °C —△— Быстрый нагрев, 850 °C

Рисунок 3 – Влияние содержания кремния и фосфора на размер зерна при нагреве со скоростью 30 °C/ч (медленный) до температур 640 °C и 850 °C и со скоростью 400 ÷ 600 °C до 850 °C и выдержки 3 мин

Развитие благоприятных компонент текстуры (200), (310) связано с ослаблением или подавлением компонент (222) и (220) путем легирования ЭИС фосфором.

Список литературы

1. Кононов А.А., Зотов О.Г., Шамшурин А.И. Распределение кристаллографических ориентировок в анизотропной электротехнической стали на прокатных переделах // *Металловедение и термическая обработка металлов*. 2014. № 8. С. 49-52.
2. Cui F., Yang P., Mao W-M/ Behaviors of different inhibitors during secondary recrystallization of a grain-orientated silicon steel // *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*. 2011. Vol. 18, № 3. P. 314 – 321.
3. Медведко Л.Л., Шестопалов А.В. Влияние легирующих элементов на электротехническую изотропную сталь // *Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам VI междунар. науч.-практ. конф.* — № 5(6). — М., Изд. «МЦНО», 2017. — С. 61-65.
4. Слюсарь, Н.Ю. Влияние кремния и фосфора, технологических операций на формирование структуры и свойства изотропной электротехнической стали : канд. Тех. Наук: 05.16.01 / Нелли Юрьевна Слюсарь; Липецк – ЛГТУ, 2006. – 229с.

5. Миндлин Б.И., Настич В.П., Чеглов А.Е. Изотропная электротехническая сталь [Текст] / Б.И. Миндлин, В.П. Настич, А.Е. Чеглов. – Москва: Интермет Инжиниринг, 2006. – 240 с.

РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ЭФФЕКТОВ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ ПРИ ОБЖИГЕ ОКАТЫШЕЙ

Паринова А.С., студентка 4 курса

Научный руководитель – Тимофеева А.С., к.т.н., проф.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

В настоящее время более 99 % промышленных окатышей получают путем высокотемпературной обработки в обжиговых агрегатах. В производственных условиях используют три типа агрегатов: конвейерные машины, шахтные печи и комбинированные установки.

При обжиге окатышей высокотемпературное спекание частиц в прочную гранулу может проходить в двух режимах: с отсутствием жидкой фазы (твердофазное спекание) и при наличии некоторого количества расплава (жидкофазное спекание). Температурная граница, разделяющая области твердофазного и жидкофазного спекания, зависит от окислительно-восстановительного потенциала газовой фазы, от количества и состава пустой породы. Для окисленных окатышей температурная граница колеблется в интервале 1150—1250 °С [1].

При нагреве окатышей проходит ряд процессов, оказывающих заметное влияние на упрочнение окатышей: разложение карбонатов, окисление магнетита до гематита, реакции в твердой фазе между окислами железа, пустой породой и флюсом. При разложении карбонатов из окатышей выделяется CO_2 , что несколько увеличивает их пористость. Образовавшиеся окислы кальция и магния реагируют с окислами железа и пустой породой, причем в качестве продуктов могут образоваться легкоплавкие соединения (например, феррит кальция). Подобные же соединения могут возникать при реакции магнетита с кремнеземом. Важным является завершение окисления магнетита до гематита в области умеренных температур (до 1100–1150 °С), ибо высокотемпературное окисление из-за образования расплава протекает с пониженной скоростью, а незавершенность окисления определяет неоднородность конечной структуры окатышей, что, в свою очередь, вызывает ухудшение качества окатышей [2].

Офлюсование окатышей может происходить различными элементами, такими как известняк, доломит, боксит и магнезит. В зависимости от добавляемого вещества реакции, проходящие при обжиге окатышей, будут различными.

В данной работе было рассчитаны тепловые эффекты реакций для элементов, входящих в состав шихты офлюсованных окатышей магнезитом и известняком.

Для получения офлюсованных окатышей применялся известняк и оксид магния. Возьмем различные реакции, проходящие во время обжига в окатышах с кальцием (CaO) и магнезитом (MgO) и далее сравним их тепловые эффекты при стандартных условиях.

Рассчитаем тепловые эффекты по формуле:

$$Q_{\text{эф}} = \Delta H_{\text{пр}}^{\circ} + \sum \Delta H_{\text{и.в}}^{\circ} \quad (1)$$

где $\Delta H_{\text{пр}}^{\circ}$ – энтальпия продуктов реакции при стандартных условиях

$\sum \Delta H_{\text{и.в}}^{\circ}$ – энтальпии исходных веществ при стандартных условиях [3].

Температуру начала реакций рассчитываем по формуле:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S \quad (2)$$

$\Delta G = 0$ из этого следует, что

$$T = \Delta H / \Delta S \quad (3)$$

Энтропию ΔS и рассчитываем по формуле[3]:

$$\Delta S = \Delta S_{\text{п.р}}^{\circ} + \sum \Delta S_{\text{и.в}}^{\circ} \quad (4)$$

где $\Delta S_{\text{п.р}}^{\circ}$ – энтропия продуктов реакции при стандартных условиях

$\sum \Delta S_{\text{и.в}}^{\circ}$ – энтропия исходных веществ при стандартных условиях.

Учитывая, что содержание известняка и оксида магния в окатышах составляет 2,2% от всей шихты, рассчитаем какой тепловой эффект будет при обжиге окатышей с известняком и с оксидом магния.

Результаты расчета представлены в таблице 1 и 2.

Таблица 1 – Реакции с кальцием при стандартных условиях

Химическая реакция	Энтальпия КДж/моль	Энтальпия МДж/кг(СаО)	Энтальпия МДж/тонн у окатышей	Температура начала реакции, °С
1. $2\text{CaO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$	-2061,24	-15,856	-156,182	900-1000 [4]
2. $2\text{CaO} + \text{SiO}_2 = \text{Ca}_2\text{SiO}_4$	-2003,185	-14,409	-141,929	1100-1200[4]
3. $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$	-178,19	-3,181	-31,333	840,538
4. $\text{CaO} + \text{SiO}_2 = \text{CaSiO}_3$	-1456,9208	-26,016	-256,258	550-650[4]
5. $2\text{CaSO}_4 = 2\text{CaO} + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2$	-815,38	-6,272	-61,779	1175,127
Суммарный тепловой эффект			-647,481	

Таблица 2 – Реакции с магнием при стандартных условиях

Химическая реакция	Энтальпия КДж/моль	Энтальпия МДж/кг(MgO)	Энтальпия МДж/тонн уокатышей	Температура начала реакции, °С
6. $2\text{MgO} + \text{SiO}_2 = \text{Mg}_2\text{SiO}_4$	58,06	0,726	8,587	680[5]
7. $\text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{MgFe}_2\text{O}_4$	-1413,04	-35,326	-417,836	1100-1700[4]
8. $\text{Mg}(\text{OH})_2 = \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$	-37,4	-0,935	-11,059	450-500[4]
9. $\text{MgCO}_3 = \text{MgO} + \text{CO}_2$	-100,84	-2,521	-29,818	303,078
10. $\text{MgSO}_4 = \text{MgO} + \text{SO}_2 + 0,5 \text{SO}_2$	-292,39	-7,309	-86,451	950-1100[4]
11. $\text{MgO} + \text{SO}_3 = \text{MgSO}_4$	290,1	7,252	85,777	1237,788
Суммарный тепловой эффект			-450,8	

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для окатышей с применением известняка при стандартных условиях тепловой эффект будет на 30,376 % больше, то есть энергии для обжига необходимо меньше.

Если рассмотреть обжиговую конвейерную машину, то реакции будут распределены по зонам следующим образом (Таблица 3).

Таблица 3 – Распределение реакций по зонам обжиговой машины ОК-306

Зона	Температура реакции, °С	Протекающие реакции
Сушка	300-500	9,8
Нагрев	800-1200	1,2,3,5,7,
Обжиг	1200-1350	11
Рекуперация	300-800	4,6
Охлаждение	160-300	-

Для расчета тепловых эффектов при температуре, при которой происходит реакция, необходимо сначала рассчитать теплоемкости реакций при соответствующих температурах. Методика расчета теплового эффекта реакции при температуре, отлична от стандартной.

$$\Delta C_p = \Delta a + \Delta bT + \Delta cT^{-2} \quad (5)$$

По закону Кирхгофа определяем тепловой эффект реакции при температуре:

$$\Delta H_t = \Delta H_{ст.учл}^{\circ} + \int_t^{\circ} \Delta C_p dT \quad (6)$$

Далее будут рассмотрены тепловые эффекты представленных реакций в обжиговой машине и просчитана разница в тепловом потреблении энергии в зависимости от флюсующей добавки.

Список литературы

1. Процессы получения металлов: сырые материалы доменной плавки, подготовка железных руд. Высокотемпературное упрочнение окатышей. [Электронный ресурс], URL: <http://mashmex.ru/metallurgi/82-process-poluchenia-metalla.html?start=18> (дата обращения 26.03.2018)
2. Metallurgy chuguna. /Вегман Е.Ф., Жеребин Б.Н., Похвиснев А.Н., Юсфин Ю.С. –М.: Metallurgy, 2004, с. 184-204
3. Стандартные энтальпии образования. [Электронный ресурс], URL: <http://onx.distant.ru/spravka.htm> (дата обращения 26.03.2018)
4. Химические реакции [Электронный ресурс], URL: <https://chemiday.com/reaction/> (дата обращения 28.03.2018)
5. Юсфин Ю.С., Базилевич Т.Н. Обжиг железорудных окатышей М.: Metallurgy, 1973. - 272 с., с 101
6. Тимофеева А.С., Федина В.В., Справочник теплофизика-металлурга: учеб.пособие.- Старый Оскол: Изд-во кпц «Роса»,2008.-280с., с 210

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МЕДНОЙ КАТАНКИ НА ЛИТЕЙНО-ПРОКАТНОМ АГРЕГАТЕ

Парпиев Д. Б., студент 2 курса бакалавриата

Научный руководитель – Скляр В.А., к.т.н., доц

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

Производство катанки из рафинированной меди имеет большой потенциал для развития как за счет роста внутреннего потребления (которое в настоящий момент находится ниже мирового уровня) так и за счет постоянно возрастающего экспорта. В связи с этим вопросы повышения качества катанки из рафинированной меди являются актуальными. Особенное внимание стоит обратить на вопросы управления качеством готовой продукции в условиях региональных производителей, поскольку имеется ряд особенностей [1].

Следует отметить что на российских предприятиях в настоящее время для производства медной катанки используются совмещенные способы непрерывного литья и прокатки такие как PROPERZI, SOUTHWIRE, CONTIROD, UP-CAST и др. (Рисунок 1).

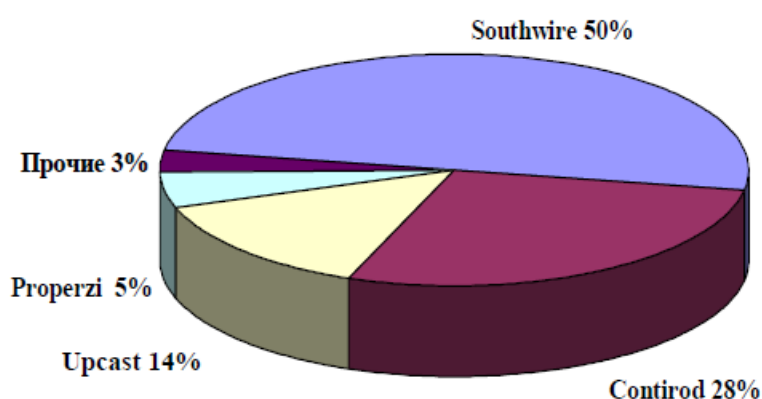


Рисунок 1 – Мировое производство медной катанки различными способами [2]

Поскольку данный процесс является непрерывным, то рассматривать вопросы повышения качества необходимо путем комплексных исследований всего процесса, с конкретизацией отдельных стадий, которые оказывают наибольшее влияние на показатели качества.

В связи с этим поиск причин появления дефектов в непрерывнолитой медной заготовке и изучение их поведения при прокатке является важной задачей имеющей практическую и научную ценность.

На установке PROPERZI кристаллизатор роторного типа совмещен с непрерывным прокатным станом, имеющим групповой провод. Такой прокатный стан имеет небольшие габариты. Рабочие клетки трехвалкового типа, в которых валки расположены под углом 120° друг к другу и небольшое межклетье расстояние (60 мм), обеспечивают надежную задачу заготовки в стан и порождение прокатываемой полосы через все клетки стана. Валки закреплены жестко, т.е. регулировка зазора между валками для настройки прокатного стана исключена. Агрегат рассчитан на выпуск катанки диаметром 8 – 24 мм [3].

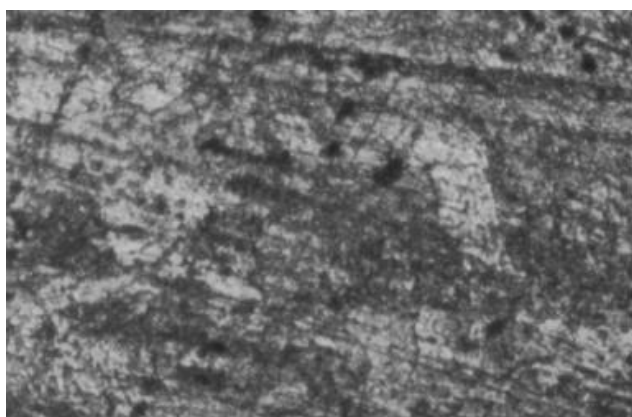
Для проведения исследования на литейно-прокатном агрегате PROPERZI во время его плановой остановки были отобраны образцы от непрерывнолитой заготовки перед входом в прокатный стан и на выходе из всех клеток прокатного стана (Рисунок 2) из которых на отрезном станке изготавливались темплеты толщиной 15 мм.

Данные темплеты подвергались абразивной обработке на наждачной бумаге с зернистостью 80, 120, 320, 400, 800, 1200. Затем образцы полировались на полировальном круге из фетра с добавлением раствора пасты ГОИ. Полученные шлифы травили в растворе FeCl₂ и соляной кислоты.

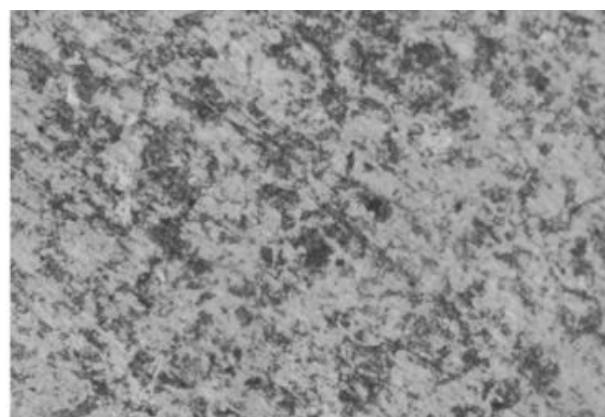
Анализ микроструктуры (Рисунок 3) производили на микроскопе Meiji Techno IM7210 с помощью программы Thixomet PRO.



Рисунок 2 – Темплеты для исследования



а)



б)

Рисунок 3 – Микроструктура исходной непрерывнолитой заготовки (а) и готовой катанки (б)

Полученные результаты позволят оценить процессы поведения дефектов макроструктуры (пор) и формирование микроструктуры катанки в процессе прокатки с точки зрения равномерности, что позволит произвести корректировку режима обжатий на стане с целью повышения показателей качества готовой катанки.

Список литературы

1. Сквозная оценка механических свойств полупродукта и прессованных алюминиевых профилей в условиях типового регионального производителя ООО «АЛТЕК» / Е.Н. Смирнов, В.А. Складар, М.В. Митрофанов, О.Е. Смирнов, В.А. Белевитин, А.Н. Смирнов // *Металлург*. 2017. -№ 10. -С. 49-53.
2. Miguel Garcia. CRU Semins Market Service. 2010. Sept. 1022 pp.
3. Постыляков А.Ю., Логинов Ю.Н. Особенности процессов производства медной катанки // *Инновационные технологии в металлургии и машиностроении*, 2014. - С. 320-324.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВА СРЕДНЕСОРТНОГО ГОРЯЧЕКАЛИБРОВАННОГО КРУГЛОГО ПРОКАТА

Пивоваров Р.Е., аспирант

Научный руководитель – Смирнов Е.Н., д.т.н., профессор

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

В последние 20-25 лет востребованность прокатных блоков с трехвалковыми клетями имеет тенденцию к росту. Это обусловлено тем, что наряду с традиционными их преимуществами (увеличение скорости прокатки, повышение точности профиля, сокращение поля допусков до $\pm 0,1$ мм, улучшение технико-экономических показателей работы станов) появилась возможность реализовывать процесс низкотемпературной прокатки.

Трехвалковая система калибров обеспечивает в очаге деформации схему всестороннего сжатия, благоприятно влияющую на качество, особенно при прокатке труднодеформируемых и легированных сталей и сплавов.

Основными преимуществами трехвалковых блоков являются:

- простота и компактность линии привода, представляющая собой горизонтальный редуктор с цилиндрическими зубчатыми передачами;
- значительно меньшая величина уширения в трехвалковых калибрах по сравнению с двухвалковыми, что позволяет прокатывать материалы с различной склонностью к уширению без изменения не только калибровки валков, но и настройки клетей в случае их достаточной жесткости;
- более благоприятная схема деформации, что положительно сказывается на качестве полосы, особенно при прокатке малопластичных материалов.

В России непрерывные сортовые станы стали оснащаться блоками калибрующих клетей (РКБ) после 2000 года. В частности, на АО ОЭМК в 2002 был введен РКБ в мелкосортной линии стана 350 фирмы KOKS (производство кругов $\varnothing 12-40$ мм), а в 2017 году на стане 350 ОАО «Тюменьсталь» (производство кругов $\varnothing 10-42$ мм), в 2017 году – среднесортная линия стана 350 АО ОЭМК (производство кругов $\varnothing 25-83$ мм).

Анализ применяемых в РКБ калибровок показал, что наиболее часто калибровка валков трехвалковых блоков представляет собой либо систему однородных треугольных калибров (треугольник-треугольник); либо систему чередующихся калибров («стрельчатый треугольник-круг»).

Систему «треугольник-треугольник» для прокатки стального круглого проката применяет фирма «Koks» (ФРГ) в трехвалковых РКБ.

В системе «треугольник-треугольник» (Рисунок 1) каждый валок имеет гладкую цилиндрическую поверхность. Три таких валка составляют треугольный калибр. Поперечное сечение полосы, прокатываемой в системе треугольных калибров, имеет обычно форму неправильного шестиугольника.

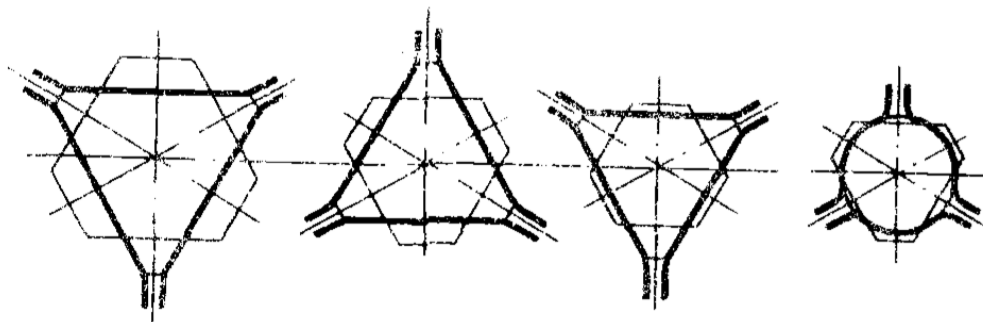


Рисунок 1 – Система калибров «треугольник-треугольник-круг»

Основные преимущества системы «треугольник-треугольник» следующие:

Более широкий возможный сортамент выпускаемого круглого проката, так как любой треугольный калибр при замене его на круглый рассматриваться в качестве чистового;

- возможность переточки валков на диаметр ближайшей предыдущей клетки, а не через одну клетку, как это необходимо в случае калибровки «стрельчатый треугольник – круг», что значительно (теоретически в два раза) уменьшает расход валков»;

- отсутствие ручьев на рабочих поверхностях упрощает изготовление валков и их переточки (перешлифовки), что кроме снижения трудозатрат позволяет применять валки с высокой твердостью поверхности и следовательно, повысить их стойкость;

- более равномерный износ валков, что также способствует увеличению срока их службы;

- более простая сборка валков в клетки, так как не требуется их осевая регулировка.

Основным недостатком системы «треугольник-треугольник» является плохая устойчивость прокатываемой полосы в калибрах. В связи с этим обжатия в клетях должны быть такими, чтобы не допускать заполнения металлом углов треугольника. В противном случае невозможно предотвратить сваливание полосы и прежде всего ее заднего конца в последующем калибре, что приводит к переполнению калибров и последующему застреванию полосы в стане. Требование обязательной незаполненности металлом треугольного калибра в значительной степени уменьшает вытяжные возможности системы треугольник-треугольник.

Использование РКБ для реализации процесса низкотемпературной прокатки создало предпосылки для дальнейшего усовершенствования данной системы. Дело в том, что снижение температуры прокатки приводит к росту величины уширения с одной стороны, а с другой, приводит к повышению неравномерности проработки структуры металла по сечению. Данное обстоятельство негативно сказывается на точности геометрии круга и равномерности балла зерна металла в сечении профиля.

Все вышеизложенное, в дальнейшем, находит свое отражение в гипотезе о возможном влиянии макроструктурного состояния раската на формируемую результирующую точность готового профиля. Смысл данной гипотезы сводится к тому, что наличие разных структурных составляющих, обладающих различными коэффициентами линейного расширения, будет приводить к возрастанию величины колебаний диаметра круга в одном сечении, а также в сечениях по длине прутка.

Использование на современных непрерывных сортовых станах исключительно непрерывнолитой заготовки, потребовало определения (в условиях каждого из станов) максимального сечения проката, в котором удастся достичь полной проработки металла. Не выполнения данного условия приводит к тому, что в сечении раската выявляются следы литой структуры.

Косвенным подтверждением правомерности подобной гипотезы может служить тот факт, что ряд предприятий Германии, для прокатки из качественной стали круглого проката сечением \varnothing 33-55 мм (исходное сечение заготовки 120x120 мм÷150x150 мм) использовали трехвалковые клетки с диаметром валков 500мм. Это оправдано, с точки зрения основных положений теории прокатки: чем больше диаметр валков, тем больше глубина проникновения деформации и выше качество проработки структуры металла.

Заключение

Выполненный анализ показывает, что, несмотря на широкое использование РКБ в прокатном производстве, дальнейшее расширение спектра выпускаемой продукции, в сторону увеличения сечений, требует проведения дополнительных исследований, особенно в плоскости «качество непрерывнолитой заготовки-качество (геометрия, структура, свойства) готового проката».

Список литературы

1. Минкин, А. В. Расчет систем вытяжных калибров [Text] / А.В. Минкин. - М. : Metallurgizdat, 2011. - 264 с.

УМЕНЬШЕНИЕ ПОТЕРЬ КИСЛОРОДА НА КИСЛОРОДНОЙ СТАНЦИИ ОАО «СГОК»

Полениа С. Г., студент 4 курса

Научный руководитель – Федина В.В., к.т.н., доцент

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

Продукты разделения воздуха (кислород, азот, аргон, криптон, ксенон, неон и гелий) широко применяются в таких важнейших отраслях промышленности, как химия, металлургия, машиностроение, энергетика. С развитием производства продуктов разделения воздуха возрастают требования к контролю технологического процесса, состава сырья, вспомогательных материалов и конечной продукции.

Продукты разделения воздуха от места их производства к потребителю могут транспортироваться в газообразном виде в баллонах и по трубопроводам, а также в жидком виде с газификацией на месте потребления [1].

Основной целью работы является снижение потерь жидкого кислорода при переливах и обеспечения непрерывности подачи газа потребителям на кислородной станции энергоцеха ОАО «Стойленский ГОК» за счет установки центробежного насоса, предназначенного для перекачки криогенной жидкости, обладающего высокой производительностью и минимальным уровнем технического обслуживания.

Центробежный насос – один из двух типов динамических лопастных насосов, перемещение рабочего тела в котором происходит непрерывным потоком за счёт взаимодействия этого потока с подвижными вращающимися лопастями ротора и неподвижными лопастями корпуса. Криогенные центробежные насосные агрегаты или агрегаты с центробежными насосами предназначены для перекачивания криогенных жидкостей - кислорода, азота, аргона, СПГ (метана), а также углекислоты из транспортных автоцистерн в стационарные резервуары [2].

На кислородной станции энергоцеха производится хранение жидкого кислорода в большой системе хранения – БСХ-63/0,6, вместимостью 71т и давлением до батм. При помощи газификатора ГХК-25/1,6 с давлением до 16 атм жидкий кислород газифицируют в газообразный и отправляют по трубопроводу потребителю.

Наполнение кислородных баллонов на станции производится при помощи установки СГУ-7К, вместимостью 2т.

На кислородную станцию доставка жидкого кислорода в основном осуществляется автомашинами. Чтобы происходил процесс перелива необходимо в большой системе хранения БСХ, сбросить давление до нуля открытием газосброса, при помощи металлорукава присоединить автоцистерну к БСХ и после поднятия давления в автоцистерне до 2,5атм жидкий кислород перетекает из автоцистерны в эту стационарную емкость. При этом происходят потери кислорода по причине испарения при подъеме и сбрасывании давления в автоцистерне, железнодорожной цистерне, БСХ, ГХК, необходимого для операции перелива; при передавливании испарением газа из емкости в трубопровод; при подаче жидкого кислорода по трубопроводу; при сливе остаточного количества кислорода из трубопровода по окончании операции перелива.

При заправке ГХК 25/1,6 необходимо остановить подачу газообразного кислорода в трубопровод потребителям, согласовать дату и время остановки газификатора с потребителями. Таким образом, остановка производится не менее чем на два часа. Возобновление подачи приводит к неизбежным потерям на поднятие давления в

трубопроводе [3].

За 2016 год было произведено 108 переливов из автоцистерны, приход жидкого кислорода составил 1056т, а потери при переливе 204т.

С установкой насоса сократиться время заправки кислорода и обеспечится непрерывная подача газообразного кислорода потребителям. Потери останутся только постоянные при подаче жидкого кислорода по трубопроводу и при сливе остаточного количества кислорода из трубопровода. Также будут постоянные потери при захолаживании центробежного насоса.

Выбор насосного оборудования – ответственный этап, от которого будут зависеть как технологические параметры, так и эксплуатационные качества установки. При выборе типа насоса можно выделить три группы критериев:

- 1) технологические и конструктивные требования;
- 2) характер перекачиваемой среды;
- 3) основные расчетные параметры.

Эксплуатационные показатели центробежного насоса, рекомендуемые к установке на ОАО «Стойленский ГОК», для перекачки жидкого кислорода приведены в Таблице 1:

Таблица 1 – Эксплуатационные показатели криогенного насоса

Криогенный насос итальянского производства Vanzetti Engineering	Серия SGM 185
MIN - MAX РАСХОД Q (л/мин)	85 ÷ 910
MIN - MAX НАПОР ΔH (м)	110 ÷ 420
Макс давление на всасывании (бар)	5
Макс разрешенное давление (бар)	35
Потребляемая энергия	20,29 кВт
Необходимый NPSH	0,58 м

Определим постоянные потери при переливе жидкого кислорода с установкой насоса:

Потери при подаче жидкого кислорода по трубопроводу:

$$Q_1 = 1,18 \cdot L \cdot T,$$

где 1,18 кг/час - потери при подаче на 1 м трубопровода;

L - длина трубопровода, м;

T - продолжительность слива, час.

При этом при переливе из БСХ в ГКХ теряется:

$$Q_1^1 = 1,18 \cdot 6 \cdot 2 = 14,16 \text{ кг};$$

при переливе из автоцистерны в БСХ

$$Q_1^2 = 1,18 \cdot 23 \cdot 1,5 = 40,71 \text{ кг};$$

Потери на захолаживание насоса

$$Q_2 = \rho \cdot 1,18 \cdot 0,1 = 135 \text{ кг};$$

где $\rho = 1142 \text{ кг/м}^3$ - плотность жидкого кислорода;

0,1-10 % потери при работе насоса.

Потери при сливе кислорода из трубопровода по окончании перелива

$$Q_3 = \rho \cdot \frac{\pi D^2}{4} L;$$

где D - диаметр трубопровода (40мм, 65мм).

Таким образом при переливе из БСХ в ГКХ теряется:

$$Q_3^1 = 1142 \cdot 6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,065^2}{4} = 7,24 \text{ кг};$$

при переливе из автоцистерны в БСХ

$$Q_3^2 = 1142 \cdot 3,14 \left(\frac{0,04^2}{4} \cdot 4 + \frac{0,065^2}{4} \cdot 9 + \frac{0,050^2}{4} \cdot 10 \right) = 62,23 \text{ кг};$$

Потери кислорода при подъеме давления в БСХ

$$Q_4 = V \cdot K \cdot 1,43$$

где V - объем емкости, дм³;

K - коэффициент сжимаемости газа м³/дм³;

1,43 - плотность газообразного кислорода кг/м³.

$$Q_4 = 31000 \cdot 0,00856 \cdot 1,43 = 380 \text{ кг.}$$

Постоянные потери при переливах с насосом за год:

Потери при переливе из БСХ в ГХК (за год осуществляется 36 переливов):

$$Q = 36 \cdot (14,16 + 135 + 7,24) = 5630,4 \text{ кг} = 5,6 \text{ т.}$$

Потери при переливе из автоцистерны в БСХ (за год осуществляется 72 перелива):

$$Q = 72 \cdot (44 + 224 + 135) = 17131,68 \text{ кг} = 17,13 \text{ т.}$$

Потери при подъеме давления в БСХ (за год производят 60 подъемов давления):

$$Q = 60 \cdot 380 = 23 \text{ т.}$$

Итого потери

$$Q = 45,73 \text{ т.}$$

Экономия при этом составит:

$$Q = 204 - 45,73 = 158,27 \text{ т.}$$

Таким образом, установка нового насоса позволяет уменьшить потери кислорода на 77,5 %.

Список литературы

1. Клименко А.В., Зорин В.М. Теплоэнергетика и теплотехника: Общие вопросы. Справочник / Под общ. ред. чл.- корр. РАН А.В. Клименко и проф. В.М. Зорина. - 3-е изд., перераб. М.: МЭИ, 1999 - 528 с.
2. Осевые и центробежные насосы тепловых электрических станций: учебное пособие / Г.А. Локалов, В.М. Марковский. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. - 140 с.
3. ТИ по эксплуатации газификационной установки и наполнению баллонов на кислородной станции энергоцеха ОАО «СГОК». ИЭ 00186826-23-104-2016.

ОПТИМИЗАЦИЯ КЛАССОВ ЖЕСТКОСТИ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ ПУТЕМ УТОЧНЕНИЯ ИХ СОСТАВА И ХАРАКТЕРИСТИК НА СТАНЕ 2030

Попов В.Н., студент гр. М-ОД-17-1

Чабоненко А.А., к.т.н., доцент,

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Металлургический институт

Аннотация: в работе рассматривается адаптация математической модели изменения предела текучести прокатываемых полос на стане 2030.

Ключевые слова: адаптация, кривые текучести, прокатка полос, стан 2030, математическая модель.

Согласно существующего принципа (алгоритма) управления 5-клетевым станом холодной прокатки ПАО «НЛМК», для построения алгоритма расчета энергосиловых параметров стана 2030 используются кривые упрочнения построенные для усредненного по механическим свойствам марочного состава обрабатываемых материалов.

В ходе расширения марочного состава материалов, обрабатываемых в линии 5-клетевого стана 2030 отнесение к классу жесткости производится на основе литературных данных, при этом существующее ограничение в 20 классов материалов приводит к необходимости группировки материалов по схожим механическим свойствам, для чего требуется производить процедуру усреднения кривой упрочнения класса материала, внося расхождения с фактической кривой упрочнения отдельных марок материалов. Это влечет за собой значительные отклонения в первоначальных расчетах, используемых для прокатки ряда марок стали.

Очевидно, что всякое усреднение вносит ошибки в расчёты, снижая тем самым качество управления станом и в конечном итоге, выпускаемой продукции. Использование в этих случаях адаптивных алгоритмов, хотя и сокращает количество прокатанного металла за границами допусков, но не устраняет его полностью. Кроме этого, расширение сортамента и марочного состава прокатываемых полос не исключает задачи распределения новых марок по существующим группам. Сегодня это выполняется в большинстве случаев с использованием литературных данных.

Предлагается для повышения точности расчёта начальной настройки стана, путем получения фактических параметров кривых упрочнения сталей в процессе холодной деформации, предложить новое разбиение существующего сортамента прокатываемых на стане полос на ограниченное число групп с оптимальными отклонениями реальных кривых упрочнения от усреднённых.

Мероприятия для решения данной проблемы:

- анализ существующего принципа деления на группы и их усреднения по характеристикам жесткости.
- получение фактических кривых упрочнения для существующего и перспективного сортамента полос для стана 2030.
- оценка максимальной величины отклонения жесткости полосы (порог нечувствительности), не влияющую на качество настройки стана
- получить оптимальное разбиение всего сортамента полос на группы с усреднёнными параметрами кривых наклепа по критерию порога нечувствительности.

Список литературы

1. Кузнецов Л.А. Применение УВМ для оптимизации тонколистовой прокатки [Текст]/Л.А. Кузнецов. - М. :Металлургия, 1988.-304с.
2. Кузнецов Л.А., Суханов В.Ф., Чабоненко А.А. Линейные модели для синтеза алгоритмов начальной настройки и динамической перестройки листового стана. // Автоматизация листовых станов :Тематический сборник научных тр. / ЦНИИТЭИ приборостроения, 1977, №13.

3. Кузнецов Л.А., Чабоненко А.А. Расчёт настройки непрерывного стана холодной прокатки. // Тонколистовая прокатка: Тематический сборник научных тр. ВПИ/. Воронеж, изд. ВПИ, 1977,- 13-18 с.

4. Чабоненко А.А. Исследование технологических параметров и разработка методики расчёта режимов холодной прокатки полос на непрерывном стане. Автореферат – Свердловск , 1979, 79 с.

АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА «МЯГКОГО» ОБЖАТИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ БЛЮМОВ И ЗАГОТОВОК

Постникова А. В., студентка1 курса магистратуры

Научный руководитель – Смирнов Е.Н., д.т.н., профессор

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

«Мягкое» обжатие является эффективным способом повышения качества внутренних слоёв непрерывнолитого слитка. Однако последние годы классическая схема «мягкого» обжатия подверглась значительному усовершенствованию. Основанием для таких усовершенствований служат результаты исследований, выполненных различными методами.

Одним из направлений совершенствования методов «мягкого» обжатия является разделение обжатия на несколько стадий и применение валков и клетей различной конструкции, это связано с наличием в заготовке неравномерного температурного поля, что приводит к неравномерному распределению сопротивления деформации, и неравномерному течению металла в зоне деформации.

Известен способ обжатия непрерывнолитых заготовок (НЛЗ), в правильно-тянущем узле сегментной конструкции, который оснащен 12-ю роликowymi цилиндрическими парами, которые расположены на 6-и сегментах (по две пары роликов на каждом), причем верхние входные ролики имеют привод.

Следующим способом является способ двухстадийного деформирования НЛЗ ступенчатыми валками. На первой стадии обжимают центральные участки НЛЗ профилированными валками на ширине, которая равна 80...90% от ширины жидкой фазы со степенью деформации $\varepsilon=0,6...1,2\%$. На второй стадии обжимают раньше недеформированные краевые участки гладкими валками второго ряда с перекрытием по ширине грани НЛЗ на величину, которая равняется не менее половины величины прежде недеформированного центрального участка со степенью деформации $\varepsilon=0,8...1,4\%$ [9, с. 294].

Третьим способом является способ двухстадийного деформирования НЛЗ в скрещенных цилиндрических валках. На первой стадии обжимают скрещенными в горизонтальной плоскости на угол 2-6° валками первого ряда, а на второй - обжимают цилиндрическими валками второго ряда [1].

Существует способ двухстадийного деформирования НЛЗ в скрещенных ступенчатых валках. На первой стадии обжимают смещенными один относительно второго в горизонтальной плоскости на угол 2-6° валками первого ряда, причем центральные участки на ширине, равной ширине жидкой фазы со степенью деформации 0,6-1,2% и концевые участки со степенью деформации не менее 50% центральных. На второй стадии обжимают ранее частично деформированные концевые участки цилиндрическими валками второго ряда со степенью деформации, которая равна разнице между деформацией центральных и конечных участков на первом этапе [2].

Известен также способ двухстадийного циклического деформирования НЛЗ. На первой стадии НЛЗ последовательно циклически обжимают со степенью относительной деформации $\varepsilon = 0,5-2,5\%$, верхним валком первой клетки (первый сегмент), установленным с эксцентриситетом e на уровне $e/h = - (0,0066-0,025)$, а затем, ликвидируют начальный гребень, высотой h_r – верхним валком второй клетки (первый сегмент), имеющим эксцентриситет противоположного знака на уровне $e/h = + (0,0066-0,025)$, на второй стадии - обжимают образованные окончательные циклические наплывы высотой h_n - валками третьей и четвертой клетки (второй сегмент), однако в этом случае возможно образование дефектов поверхности [2].

При оценке эффективности процесса «мягкого» обжатия очень важен вопрос выбора критерия эффективности процесса. Критерии подразделяются на две группы: критерии прямой оценки и критерии косвенной оценки.

К критериям прямой оценки относятся:

- Эффективность мягкого обжатия, определяемая как отношение степени внутреннего обжатия к суммарному поверхностному обжатию.
- Величина коэффициента эффективности процесса деформирования НЛЗ $K_{эф}$, определяемая с использованием выражения:

$$K_{эф} = \frac{\Delta b_{жс} / \Delta h_{ф}}{\Delta V_{деф} / V_{ед}} 100\%$$

где $\Delta b_{жс} / \Delta h_{ф}$ - отношение величины уширения внутренней моделирующей полости $\Delta b_{жс}$ к величине перемещения фронтов кристаллизации $\Delta h_{ф}$;

$\Delta V_{деф}$ - величина смещённого объёма НЛЗ на отрезке единичной длины;

$V_{ед}$ - объём бьюма единичной длины.

- Уточненный в ходе экспериментальных исследований коэффициент эффективности $K_{эф}$ определяется по следующей формуле:

$$K_{эф} = 100 - \frac{\Delta b_{жс} / \Delta h_{жс}}{\Delta V_{деф} / V_0}$$

Использование критерия позволяет оценить долю деформации, которая проникла в осевые слои НЛЗ [1].

Критериями косвенной оценки являются следующие:

- По зависимости объема выдавленного в процессе деформирования образца осевой моделирующей составляющей (желеобразное состояние) - V от значения эксцентриситета валка - e и величины обжатия - Δh :

$$V = a + b \cdot e + c / \Delta h$$

где $a = 5,37$; $b = 2,63$; $c = -6,83$ – регрессионные коэффициенты уравнения

Подобный подход использовали и в работе [2].

- По величине уменьшения площадей поперечных сечений дефекта с помощью коэффициента закрытия отверстия Ψ :

$$\Psi = \frac{F'_{отв}}{F^0_{отв}} \mu$$

где $F^0_{отв}$ и $F'_{отв}$ – площадь отверстия до и после суммарного обжатия; μ – коэффициент вытяжки [3].

- Изменение формы включений выражают в виде отношения длин большей и малой осей – коэффициент формы. Эффективность процесса оценивают через «коэффициент вытяжки», определяемый как отношение коэффициента формы включений после обжатия к коэффициенту формы включений до обжатия.

Заключение

Таким образом, прокатка качественных марок сталей должна производиться из заготовки прошедшей «мягкое» обжатие, в то же время сам процесс постоянно совершенствуется, а для его исследования необходим тщательный выбор критериев оценки эффективности.

Список литературы

1. Smirnov Y., Sklyar V. Features of deformation of partly crystallization blooms at their two-stage soft reduction // Materials Science Forum, 2012. - Т. 704-705. - С. 1-5.
2. Smyrnov Y.N., Belevitin V.A., Skliar V.A., Orlov G.A. Physical and computer modeling of new soft reduction process of continuously cast blooms // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. 2015. Т. 50. № 6. С. 12.

3. Канаев А. Т. и др. Моделирование процессов снижения центральной пористости непрерывнолитой заготовки за счет комплексного воздействия на процесс кристаллизации // Сталь. 2012. № 8. С. 13–16.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ОТ УВМ

Пятых А.В., студент 4 курса

Черный В.А., к.т.н., доцент

Липецкий государственный технический университет

Первое промышленное внедрение системы автоматического управления процессом прокатки с применением УВМ выполнено в Советском Союзе в конце 1970-х годов на непрерывном стане холодной прокатки (НСХП) 1700 Череповецкого металлургического комбината. В этой работе участвовали работники Института проблем управления (г. Москва), Липецкого политехнического института, Череповецкого филиала Северо-Западного политехнического института и Череповецкого металлургического комбината [1].

Система базировалась на УВМ М-6000, функциями которой были: сбор технологической информации, анализ качественных показателей, расчет оптимальной начальной настройки стана, расчет режимов охлаждения и управления тепловым профилем валков.

В настоящее время выработана четкая идеология построения систем автоматического управления технологическими и организационными процессами в прокатных цехах. Они строятся как многоуровневые иерархические комплексы с развитыми информационными и управляющими каналами связи с управляемым объектом.

При работе УВМ в режиме «советчика» выдаваемые ею решения являются рекомендацией для вальцовщиков и операторов прокатного стана. Они используют при этом УВМ как расчетчик режимов прокатки. Использование УВМ даже в режиме «советчика» позволяет получить существенный экономический выигрыш за счет выбора оптимальных режимов и устранения эффекта усталости и неопытности вальцовщиков. Этот режим использовали как за рубежом, так и в СССР на первом этапе автоматизации прокатных станов.

Наиболее совершенной и гибкой является структура замкнутого контура при наличии локальных систем автоматического регулирования (САР). В ней УВМ решает задачи настройки, коррекции и адаптации. Непосредственное регулирование основных технологических параметров (толщины, натяжений, плоскостности) осуществляется локальными системами. В такой системе УВМ воздействует на объект большей частью через локальные системы, уставки для которых она выдает, реге — прямо на стан через позиционирующие механизмы. Наличие возможности ручного задания уставок делает такую структуру весьма надежной, так как при отказе УВМ основные технологические параметры регулируются, как и раньше, локальными системами. С помощью коррекции и адаптации в этой структуре представляется возможным повысить надежность и точность функционирования локальных САР.

Мощным средством повышения стабильности и производительности процесса холодной прокатки является реализация принципа бесконечной прокатки путем сваривания встык концов полос на входе и их разрезания на выходе стана без его остановки. При этом практически устраняются операции заправки и выпуска полосы, которые тяжело поддаются автоматизации, существенно снижается доля нестационарных режимов, некондиции и брака за счет стабилизации процесса прокатки. Совмещение в единый комплекс непрерывно травильного агрегата (НТА) и стана холодной прокатки возникло в начале 80-х годов прошлого века. На конец 1999 года из действовавших в мире более чем 200 НСХП около 70 из них совмещены с НТА. Причем чаще всего совмещенные линии НТА – НСХП создают

на уже действующих НСХП путем их реконструкции. В результате создания объединенных комплексов НТА – НСХП достигнуто: повышение производительности на 20-50%; снижение обреза на концах полос; снижение брака по дефектам, возникающим при заправке и выходе полосы из валков НСХП с 1,4 до 0,45%; уменьшение числа перевалок и перешлифовок валков до 45%, а, следовательно, и парка валков; снижение численности обслуживающего персонала на участке травления и прокатки на 30-50%; уменьшение расходов на ремонты до 25%. Отмечено также улучшение качества продукции, условий труда и сокращение числа несчастных случаев [2].

Список литературы

1. Железнов Ю.Д. / Совершенствование производства холоднокатаной листовой стали // Железнов Ю.Д., Черный В.А., Кошка А.П., Кузнецов Л.А., Кляпицын В.А.- М.: Металлургия, 1982. 232 с.
2. УРАЛМАШ машиностроительная корпорация <http://www.uralmash.ru>.
3. Научное обоснование и создание систем автоматизации управления качеством продукции листопрокатных цехов предприятий черной металлургии. Сообщение 10. Подсистема анализа и выбора технологии холодной прокатки на многоклетевых станах / Божков А.И., Пименов В.А., Складчиков В.М., Ивлиев С.Н., Дегтев С.С. // Производство проката: 2015. № 11. С. 36-41.
4. Научное обоснование и создание систем автоматизации управления качеством продукции листопрокатных цехов предприятий черной металлургии. Сообщение 5. Подсистема управления плоскостностью тонколистового проката / Божков А.И., Пименов В.А., Складчиков В.М., Ивлиев С.Н., Дегтев С.С. // Производство проката : 2015. № 16. С. 30 - 37.
5. Научное обоснование и создание систем автоматизации управления качеством продукции листопрокатных цехов предприятий черной металлургии. Сообщение 6. Математическое обеспечение подсистемы управления плоскостностью тонколистового проката. / Божков А.И., Пименов В.А., Складчиков В.М., Ивлиев С.Н., Дегтев С.С. // Производство проката: 2015. № 7 С. 35 - 42.

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ В ОЧАГЕ ДЕФОРМАЦИИ НА ПРОЦЕСС ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ

Пятых А.В., студент 4 курса

Черный В.А., к.т.н., доцент

Липецкий государственный технический университет

Температурные условия процесса холодной прокатки определяют уровень рабочей скорости и, следовательно, производительность стана, режим работы валков, плоскостность, обрывность и качество поверхности полосы [1]. Основными источниками тепла при холодной прокатке является работа деформации и сил трения. При прокатке происходит разогрев полосы и рабочих валков (Рис. 1).

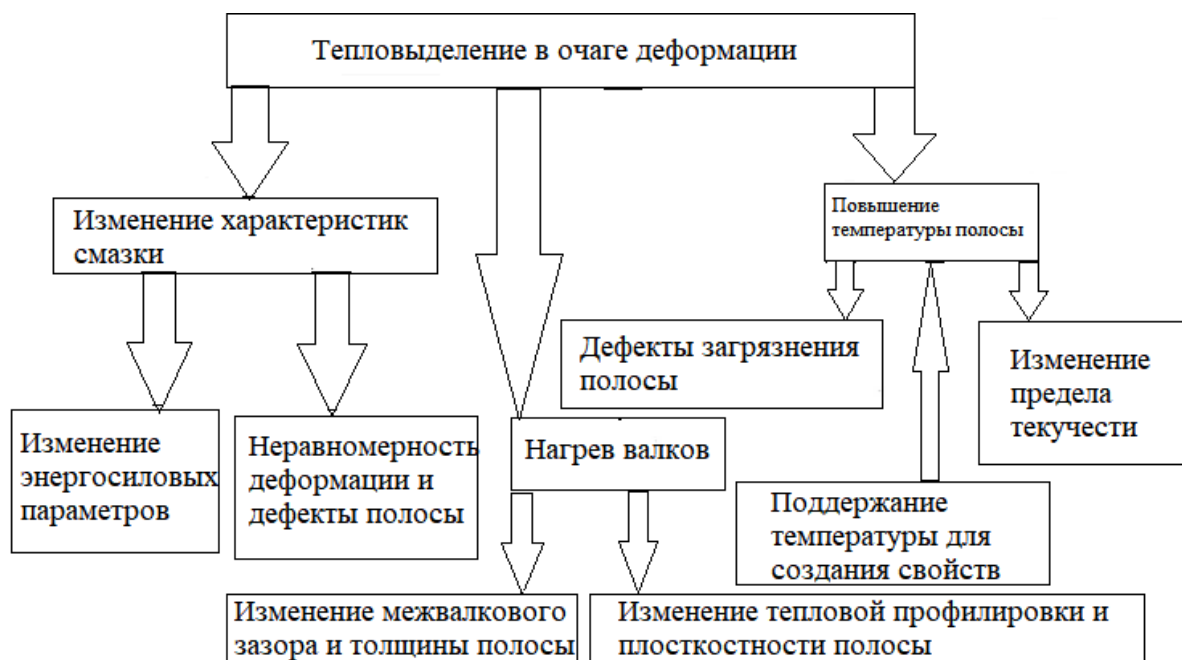


Рисунок 1 – Влияние теплового выделения на процесс холодной прокатки

При прокатке низкоуглеродистых сталей на непрерывном четырехвалковом стане 1400 ПАО «НЛМК» температура полосы на выходе стана в зависимости от скорости прокатки составляет 90 – 120 °С. Неравномерность температуры по ширине полосы может достигать 40 °С. При значительной неравномерности температуры по ширине полосы последняя имеет большие отклонения от плоскостности. При прокатке высококремнистых марок сталей температура полосы на выходе стана составляет 100 – 140 °С. [2,3,4].

Прокатка низколегированных высокопрочных сталей на стане 2030 сопровождается нагревом полосы в пятой клетки до температуры 150 °С. В результате динамического разупрочнения происходит снижение предела текучести материала полосы. Исследованиями было установлено, что при нагреве проката в диапазоне температур от 25 до 150 °С и суммарной степени деформации свыше 50% наблюдается снижение предела текучести сталей. НС260LA, НС300LA на 54 – 165 МПа, что составляет 20% относительно условного предела текучести, измеренной при температуре 25°С [5].

Для обеспечения высокого уровня свойств высокопроницаемой трансформаторной стали при прокатке на реверсивном стане 1400 температура полосы в последних проходах должна быть выше 200 °С, что достигается выбором режимов обжатий, натяжений, скорости прокатки и охлаждения полосы.

Одной из основных проблем повышения производительности непрерывных станов холодной прокатки являются температурные условия. Температура возрастает от первых клеток к последним и при увеличении скорости прокатки может достигать значений,

приводящих к таким изменениям свойств смазки, при которых происходит неравномерность деформации по ширине полосы и возможны дефекты термического характера на полосе.

Учет температурных условий процесса прокатки необходим для повышения производительности станов холодной прокатки и улучшения качества готовой продукции.

Список литературы

1. Черный В.А. Температурные условия процесса холодной прокатки / Черный В.А., Чабоненко А.А., Оленин А.И. // Сборник тезисов докладов II Международной научно – практической конференции «Современная металлургия нового тысячелетия». – Липецк: ЛГТУ, 2016, с. 236-238
2. Черный В.А. Влияние неравномерности температуры по ширине полосы на неравномерность удельного натяжения. / Черный В.А., Оленин А.И. // Сборник тезисов докладов научной конференции ЛГТУ, часть 1 – Липецк: ЛГТУ, 2016, с. 252-255
3. Черный В.А., Самовыравнивание деформации по ширине полосы / Черный В.А., Чабоненко А.А., Янков С.А., Тамбовская С.В., Караваев А.В. // Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Современная металлургия начала нового тысячелетия» к 80 – летию НЛМК. Часть 2. С. 33 – 37, Липецк, изд-во ЛГТУ, 2014
4. Черный В.А. Неравномерность температуры по ширине полосы / Черный В.А., Чабоненко А.А., Оленин А.И. // Материалы научной конференции по проблемам технических наук 2014. Липецк, из-во ЛГТУ, 2014, с 183 – 185
5. Борисов С.С. Исследование упрочнения труднодеформируемой стали HSLA при холодной прокатке / Борисов С.С., Мазур И.П., Кавалек А. // Сб. докладов межд. конф. «Инновационные технологии обработки металлов давлением». – М.: Изд. дом МИСиС, 2011. С. 212-220.

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСПЛАВОВ

Ракитянская В. И., студентка 4 курса

Научные руководители – Гришина С.С., Степанова А. М., к.п.н., доцент
Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

Ферросплавное производство является важной частью современной черной металлургии. Качество сталей определяется в первую очередь их химическим составом. Поэтому прогресс в создании новых сталей и других сплавов на основе железа базируется на введении в их состав различных легирующих элементов. Изначально перечень этих элементов был сравнительно ограниченным - кремний, марганец, хром, никель, ванадий. В процессе развития технологии внепечной обработки сталь начали легируют титаном, алюминием, молибденом, вольфрамом. В настоящее время этот круг расширен за счет более экзотических элементов — ниобия, циркония, тантала, редкоземельных металлов.

Следует отметить, что легирующие элементы обладают более высокой (иногда значительно более высокой) стоимостью, чем матричный элемент - железо. Поэтому перед металлургами стоят такие задачи, как высокоточное введение легирующего элемента в расплав без его перерасхода, а также максимально полезное усвоение (растворение) легирующего элемента жидким металлом. Практика показала, что наилучшим способом эти задачи решаются с помощью ферросплавов, которые представляют собой сплавы железа с одним или несколькими легирующими элементами. Параллельно со сталеплавильным производством появилось производство ферросплавов, часть которых была стандартизована и выпускается по стереотипным технологиям, а часть представляет собой инновационный блок ферросплавов для новых видов сталей и конструкционных материалов специального назначения.

Появление новых производителей, расширение номенклатуры поставляемых ферросплавов, повышение требований к качеству привели к необходимости совершенствования контроля химического состава ферросплавов. Особенность ферросплавов, как объекта анализа, состоит в первую очередь в необходимости сочетания высокоточного и экспрессного определения, как легирующих элементов, так и сопутствующих компонентов и примесей. Желательно, чтобы для этих целей был разработан универсальный метод.

В России производство ферросплавов в электрических печах развивалось достаточно медленно [1, 3].

В электрических печах успешно выплавляются углеродистые и преимущественно легированные стали широкого назначения, потребляемые во всех отраслях промышленности. Для выплавки углеродистых и легированных сталей разных марок необходимы легирующие материалы и раскислители.

Для этой цели служат ферросплавы, получаемые в специальных агрегатах высокотемпературным восстановлением требуемых элементов из соответствующих руд.

Ферросплавы – сплавы железа с другими элементами, применяемые главным образом для раскисления и легирования расплава (хромом, марганцем, титаном, ниобием и др.) при выплавке стали соответствующих марок. В этих сплавах железо не является основным компонентом, например, феррокремний содержит 9-95% Si, феррохром - до 70% Cr, ферромарганец - 70-80% Mn, ферровольфрам - 65-80% W, ферромolibден - до 55% Mo, феррованадий - 35-80% V, ферротитан - 27-40 Ti, феррониобий - 30-75% Nb, ферробор - 5-20% B, феррофосфор - 7-25% P (Рис. 1).

В последние десятилетия широкое распространение получила спецэлектрометаллургия, в том числе рафинирующие переплавы. Это металлургические процессы, применяемые для повышения качества сталей и других сплавов, получаемых в обычных плавильных агрегатах. Существует электрошлаковый переплав, вакуумный дуговой переплав, электронно-лучевой и плазменно-дуговой переплав.

Ферросплавы - это сплавы железа с кремнием, марганцем, хромом, вольфрамом и

другими элементами, применяемые в производстве стали для улучшения ее свойств и легирования. Вводить в сталь нужный элемент не в виде чистого металла, а в виде его сплава с железом удобнее вследствие более низкой температуры его плавления и выгоднее, так как стоимость ведущего элемента в сплаве с железом ниже по сравнению со стоимостью технически чистого металла.

Сплавы железа с другими элементами (Cr, Si, Mn и др.), применяемые для раскисления и легирования стали.



Рисунок 1 – Сплавы железа применяемые для раскисления и легитирования стали

Исходным сырьем для получения ферросплавов служат руды или концентраты. Для производства основных сплавов - ферросилиция, ферромарганца; силикомарганца и феррохрома - пользуются рудами, так как в них высоко содержание окислов элемента, подлежащего восстановлению. При производстве ферровольфрама, ферромolibдена, феррованадия, ферро-титана и других сплавов руду вследствие малой концентрации в ней полезного элемента обогащают, получая концентрат с достаточно высоким содержанием окислов основного элемента.

Ферросплавы получают восстановлением окислов соответствующих металлов. Для получения любого сплава необходимо выбрать подходящий восстановитель и создать условия, обеспечивающие высокое извлечение ценного (ведущего) элемента из перерабатываемого сырья [4].

Восстановителем может служить элемент, обладающий более высоким химическим средством к кислороду, чем элемент, который необходимо восстановить из оксида.

Иначе говоря, восстановителем может быть элемент, образующий более химически прочный оксид, чем восстанавливаемый элемент.

Восстановительные процессы облегчаются, если они проходят в присутствии железа или его оксидов. Растворяя восстановленный элемент или образуя с ним химическое соединение, железо уменьшает его активность, выводит его из зоны реакции, препятствует обратной реакции - окислению.

В настоящее время мировое производство ферросплавов составляет 16,5 миллиона тонн в год. Количество наименований исчисляется сотнями марок, что полностью соответствует потребностям производства всех видов стали (рядовых, специальных, конструкционных) [6].

Российская доля в мировом производстве составляет 12,7 %, лидирующие позиции занимают Китай, США, Япония. Ферросплав – это один из востребованных видов продукции, его производство является перспективным направлением развития промышленности. Основные виды ферросплавов: Ферросилиций. Силикокальций. Ферромарганец. Феррохром (среднеуглеродистый, малоуглеродистый, безуглеродистый). Силикохром. Ферровольфрам. Ферромolibден. Феррованадий. Ферротитан. Ферробор (Рис. 2).



Рисунок 2 – Metallургические базы России

Самым массовым среди производимых ферросплавов является феррохром, доля которого в мировом производстве ферросплавов составляет 24 %. На втором месте находится силикомарганец, доля которого составляет 21 %. Третье место занимает ферросилиций с долей 20 %, а на четвёртом – ферромарганец с долей 13 %. Вместе вышеперечисленные ферросплавы занимают более 78 % мирового производства [2].

Среди стран – основных производителей ферросплавов, необходимо отметить Китай, доля которого в мировом производстве составляет 46 % и ЮАР, производящую 14,2 %. Заметными продуцентами также являются Украина, Казахстан, Бразилия, Индия, Япония, Норвегия и Франция. Россия также является заметным производителем ферросплавов в мире, хотя и зависит от импорта некоторых из них [4].

Что касается перспектив производства ферросплавов, то здесь, как и вообще в металлургии, «первую скрипку» играет Китай. При этом рост объёмов производства стали имеет следствием соответствующий рост объёмов производства ферросплавов. Однако существуют возможные причины, по которым темпы роста производства ферросплавов могут замедлиться, а при определённых условиях объёмы производства могут даже сократиться. Во-первых, это связано с потенциальным замедлением темпов роста производства стали, возможность которого в ближайшие годы обсуждается правительством КНР (Рис. 3).



Рисунок 3 – Экспорт ферросплавов по странам назначения в 2016 г

В этом случае автоматически снизится и потребность в ферросплавах для раскисления и легирования стали. Второй причиной может стать изменение марочной структуры производимых сталей после завершения основного этапа индустриализации Китая. В этом

случае произойдёт снижение производства легированных сталей для машиностроения с соответствующим увеличением доли углеродистой стали для гражданского строительства[4].

Общий объём производства в этом случае также должен снизиться и стабилизироваться на определённом уровне, как это характерно в настоящее время для развитых стран. Ещё один фактор, в результате действия которого возможно снижение объёмов производства ферросплавов в мире, связан с изменением подхода к легированию стали в промышленно развитых странах.

Новый подход заключается в производстве высокочистых по примесям сталей с их последующим микролегированием ниобием или ванадием в количестве долей процента. Само собой, что при таком подходе потребность в ферросплавах резко снижается. Правда, применение этого подхода в значительных масштабах на ближайшую перспективу вряд ли возможно, поскольку требует высокой культуры производства, существенного технического перевооружения производства и, самое главное, организации осмысленного обращения с металлопродукцией на всех этапах её жизненного 84 цикла.

Однако использование передовых металлургических технологий, не столь сложных при внедрении как микролегирование, в промышленности развивающихся стран в перспективе будет способствовать увеличению эффективности использования ферросплавов и, следовательно – снижению их расхода и потребности в них.

Что же касается процессов производства ферросплавов, то здесь вряд ли возможны принципиальные изменения, поскольку единственным экономически эффективным восстановителем для выплавки массовых ферросплавов является углерод – все прочие восстановители сами требуют предварительного восстановления из соединений с затратами энергии. При этом электрическая дуга обеспечивает необходимый температурный уровень для процесса восстановления. Таким образом, развитие технологии производства ферросплавов возможно только в сторону совершенствования агрегатов (в первую очередь – увеличения их мощности), без изменения физико- химических основ процессов.

Список литературы

1. Жучков В.И., Мальцев Ю.Б. Физико-химические характеристики новых комплексных ферросплавов // Физическая химия и технология в металлургии: Сб.тр. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. С. 131-144.
2. Комплекс научных исследований по разработке новых технологических решений для ферросплавного производства / В.И. Жучков, В.Я. Дашевский, Ю.Б. Мальцев, В.И. Кашин // ЭлектрOMETаллургия. 1999. № 7. С. 22-29.
3. Скрыбин Н.П., Горячев В.Н. Состояние ферросплавного производства в России и за рубежом // Металлургия ферросплавов: Сб.науч.тр. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. С. 25-34.
4. Шешуков О.Ю., Жучков В.И. Ресурсосберегающая технология получения ванадийсодержащих ферросплавов // Экологическая безопасность Урала: Тез.науч.-техн. конф. Екатеринбург: Изд. Дом «Урал-принт», 2001. С. 43.
5. Смирнов Л.А. Перспективы применения ванадия для легирования сталей //Химия, технология и применение ванадия: Тез.докл. VIII Всерос. конф. Чусовой, 2000. С. 14.
6. Смирнов Л.А., Добужская А.Б., Сырейщикова В.И. Состояние и перспективы производства и применения ванадийсодержащих низколегированных сталей // Новые технологии и материалы в металлургии: Сб.науч.тр. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. С. 205.
7. Степанова С.А. Тенденции, проблемы и направления развития металлургического комплекса Российской Федерации // ЭлектрOMETаллургия. 2001. № 1.С. 2-7.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЕНТИЛЯТОРНОЙ ГРАДИРНИ СПЦ-1 АО «ОЭМК»

Самойлов А.С., студент 4 курса

Научный руководитель – Федина В.В., к.т.н., доцент

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

Гради́рня – это устройство для охлаждения большого количества воды направленным потоком атмосферного воздуха. Слово «гради́рня» происходит от немецкого *gradieren* – сгущать соляной раствор, так как исторически градирни использовались для получения соли путем выпаривания соленой воды. Доля испаряемой воды обычно не превышает 1,5 %.

Большая часть используемых градирен сооружены 30 - 50 лет назад. Практически все эти установки морально и физически устарели [1].

Эксплуатируемая градирня должна отвечать ряду требований - технических, эксплуатационных и экономических. В технологических циклах, где охлажденная вода используется для получения конечных продуктов, например, химическое и нефтехимическое производство, получение минеральных удобрений, молочная промышленность, неправильно подобранный способ охлаждения или неверно спроектированная градирня могут снизить выход конечного продукта в 1,5 - 2 раза при одновременном ухудшении качества продукции. Особенную остроту эта проблема приобретает в летнее время, так как эффективность производственного процесса напрямую зависит от температуры охлажденной воды [1].

Значительный вклад в разработку методов расчета градирен внесен Ф. Меркелем, Б.В. Проскуряковым, Л.Д. Берманом, И. Лихтенштейном и другими авторами. Монография Л. Д. Бермана до сегодняшнего дня является настольной книгой инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, эксплуатацией и исследованием охладительных установок [1].

Существует ошибочное мнение, что любая градирня окажется оптимальной или хотя бы обеспечивающей потребности конкретного производственного процесса. Известно, что эксплуатационные расходы за время существования системы охлаждения (обычно этот срок составляет 15 - 25 лет) во много раз превышают капитальные затраты на её создание.

Обычно высокая температура охлажденной воды связана либо с неправильным выбором градирни, либо с её плохим техническим состоянием.

Вопрос энергосбережения в системах оборотного водоснабжения можно рассматривать в рамках следующих разделов:

- рациональный выбор типа градирни;
- соответствие градирни охлаждаемому объекту;
- техническое обслуживание градирни;
- реконструкция градирни.

Рассмотрим основные критерии, которыми необходимо руководствоваться при выборе способа реконструкции градирен с целью повышения эффективности и рациональности их эксплуатации [1].

Гради́рня, выбираемая для охлаждения воды любого промышленного объекта, должна обеспечивать охлаждение при номинальной или даже максимальной тепловой нагрузке в самых неблагоприятных условиях окружающей среды, определяемых по климатическим данным данного региона.

Эффективная работа градирен и их правильная эксплуатация значительно уменьшает использование природных ресурсов, энергопотребление и ощутимо ограничивает отрицательное влияние на окружающую среду. С развитием научно-технического прогресса представляется целесообразным выявление новых методов оптимизации процесса теплообмена в градирни. Для решения поставленной задачи перспективным направлением является замена старого элемента на более совершенное.

Наиболее рациональным способом повышения эффективности градирни является модернизация таких элементов как водоуловители, оросители, форсунки и вентиляторы [2].

Суть перехода от оросительного метода охлаждения к эжекторному состоит в переводе на режим работы, предполагающий отсутствие вентилятора, оросителя и каплеуловителя. При этом охлаждаемая вода под давлением $0,8 \div 3,0 \text{ кгс/см}^2$ подается в распылители, установленные в воздухоходных окнах.

Мелкодисперсные капли воды равномерно заполняют освобожденное от оросителя пространство градирни. Тепломассообмен между водой и воздухом происходит на высокоразвитой поверхности капель. Теплый и влажный воздух поднимается вверх, а охлажденная вода собирается в водосборном бассейне. При этом скоростной поток капель эжектирует окружающий воздух внутрь градирни, создавая дополнительный расход охлаждающего воздуха.

Это позволяет охлаждать воду в соответствии с требованиями СНиП 2.04.02-84, повысить надежность конструкции, упростить ее обслуживание и сократить потребление электроэнергии [2].

Для трехсекционных вентиляторных градирен в условиях СПЦ 1 АО «ОЭМК» предлагается демонтировать ороситель, оставив вентиляторы и каплеуловитель и, модернизировать системы водораспределения, установив в нижней части градирни расчетное количество распылителей (Рис. 1).

Для расчета охлаждения воды необходимо знать номинальную подачу воздуха вентиляторами. Далее зная расходы воды и воздуха через градирню, начальную температуру воды, температуру и влажность окружающего воздуха можно определить максимальное количество тепла, которое сможет отвести воздух и температуру охлажденной воды. В результате модернизации по предлагаемому способу будет повышена эффективность градирни и обеспечена требуемая технологическим регламентом температура охлажденной воды [2].

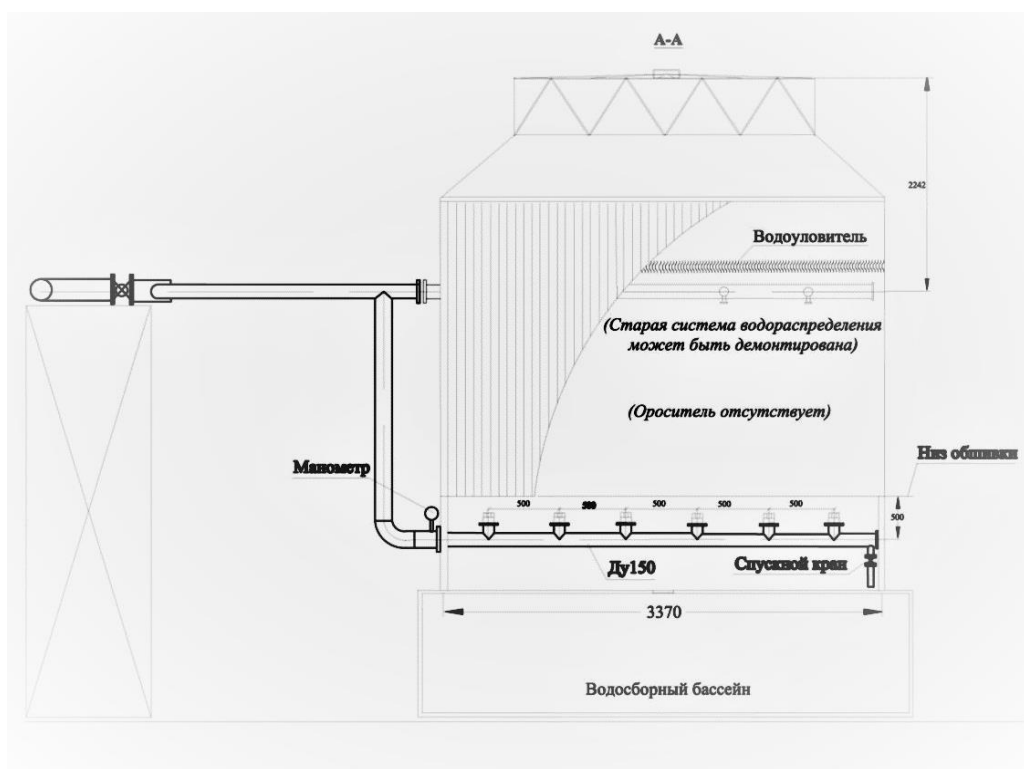


Рисунок 1 – План эжекторной градирни

Исходными данными для расчета градирни являются: расход воды $V_{Ж} = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$; тепловая нагрузка $Q = 3500 \text{ кВт}$; климатическая зона г. Старый Оскол-15 [3].

Принимаем обеспеченность метеорологических параметров при расчёте градирни 90 %. Температура сухого термометра $\Theta_1 = 24,9^\circ\text{C}$, температура влажного термометра $\tau_1 = 18,6^\circ\text{C}$, относительная влажность воздуха $\varphi_1 = 52\%$ [3].

Недоохлаждение воды на выходе из градирни до температуры воздуха по влажного термометру принимаем $\delta t = 4,4^\circ\text{C}$.

Тогда $t_{ж2} = \tau_1 + \delta t = 18,6 + 4,4 = 23^\circ\text{C}$ [3].

Из уравнения видно, что степень охлаждения воды $\Delta t_{ж}$ зависит от тепловой нагрузки и расхода воды на градирню.

$$\Delta t_{ж} = t_{ж1} - t_{ж2} = \frac{Q}{G_{ж} \cdot c_{рж}} = \frac{3500}{277,1 \cdot 4,18} = 3,02^\circ\text{C},$$

где $c_{рж} = 4,18 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot \text{K})$ - удельная теплоемкость воды при температуре $t_{ж2} = 23^\circ\text{C}$;

$\rho_{ж} = 997,5 \text{ кг} / \text{м}^3$ - плотность воды при температуре $t_{ж2} = 23^\circ\text{C}$;

$G_{ж} = 277,1 \text{ кг} / \text{с}$ - массовый расход воды

$$G_{ж} = \frac{1000 \cdot 997,5}{3600} = 277,1 \text{ кг} / \text{с}.$$

Максимально допустимая температура воды на входе в градирню:

$$\Delta t_{ж} = 23 + 3,02 = 26,02^\circ\text{C}.$$

Расход воды на одну секцию

$$G'_{ж} = \frac{G_{ж}}{N} = \frac{277,1}{3} = 92,37 \text{ кг} / \text{с}.$$

Тогда отношение массового расхода воздуха к расходу воды:

$$\lambda = \frac{G'_B}{G'_{ж}} = \frac{40}{92,37} = 0,43.$$

Расчетное значение плотности орошения:

$$g_{ж} = \frac{G_{ж}}{F'_{оп} \cdot N} = \frac{277,1}{25 \cdot 3} = 3,69 \text{ кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{с}).$$

Для использования в градирне предлагаются блочные пяти-факельные центробежно-струйные распылители (РЦС). Для обеспечения пропускной способности $1\,000 \text{ м}^3/\text{час}$ на градирню 1-го контура циркуляции потребуется установить 60 комплектов РЦС.

Исходя из компоновки, чистоты воды, размеров градирни и плотности орошения оптимальный диаметр выходного отверстия сопла для обеспечения наилучшей эжекции составляет 12 мм, при среднем давлении не менее $1,2 \text{ кг} / \text{см}^2$. Расчетное количество РЦС устанавливается в нижней части градирни. Диаметры трубопроводов системы водораспределения рассчитываются исходя из скорости воды не более $1,2\text{-}2 \text{ м} / \text{с}$. Старая система водораспределения градирни может быть сохранена и использоваться в зимний период.

Список литературы

1. Вентиляторная градирня и общая классификация охладительных систем. Режим доступа: http://gassystems.ru/article_25.html.
2. Новейшие технологии охлаждения воды компании SPIG // Нефтегазовые технологии. 2007. № 12
3. Расчеты вентиляторных градирен. / Сост. А.Г. Пересёлков, А.В. Круглякова. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2016. – 56 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДОЖИГАНИЯ СО В ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧАХ

Сафаров О.Э., студент 4 курса (бакалавриата)

Научный руководитель – Малахова О.И., к.т.н., доцент

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

В черной металлургии тепло отходящих газов при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах (ДСП) используется недостаточно эффективно [1]. Анализ имеющихся литературных [1-7] и производственных данных по использованию в ДСП методов и устройств по дожиганию горючих газов свидетельствует о возможности повышения энергетической эффективности плавки стали в ДСП при рациональном конструктивном выборе устройств системы дожигания и организации процесса дожигания. Таким образом, разработка методов контроля степени дожигания СО при выплавке стали в ДСП является актуальной задачей.

В настоящее время в мире имеются системы с контролем содержания кислорода в составе отходящих из печи газов. Например, усовершенствованная система EFSOP [8], которая с помощью пробоотборника непрерывно отбирает печные газы и с помощью анализатора измеряет содержание в газах СО, СО₂, Н₂ и О₂. Полученные данные позволяют усовершенствовать подачу кислорода, углеродсодержащих материалов, процесс дожигания СО и увеличит долю химической энергии отходящих газов.

В НИТУ МИСиС было разработана и усовершенствована технология дожигания СО ИВР - вихревым радиационным инжектором [3-4]. Предложенная методика расчета ИВР позволяет определять конструктивные и режимные параметры дожигательных аппаратов, совершенствовать автоматизированное управление этим процессом.

Проведенный патентный поиск позволил найти и другие способы дожигания СО в ДСП [5-7]. Так, возможно использовать сводовую фурму для подачи кислорода на дожигание. При взаимодействии горючих газов с закрученным потоком кислорода интенсифицируется массообмен, а дожигание газов концентрируется в объеме ДСП с образованием факела дожигания, т.е. процесс дожигания газов кислородом является более эффективным с точки зрения повышения производительности процесса дожигания и интенсификации теплообмена в системе факел дожигания, ванна, стены и свод дуговой печи [5]. Внедрение в практику производства электростали в ДСП с применением такого устройства для дожигания горючих газов в потоке закрученного кислорода обеспечивает длительности плавки на 10-15%, снижение расхода электроэнергии на 5-10% и увеличение производительности на 3-5%.

Анализ работы современных дуговых печей [1, 2] показывает, что существенную роль в дожигании СО над шлаком выполняют топливнокислородные горелки (ТКГ) или продувочные кислородные фурмы [2]. В работе [2] приведены основные формулы для расчета процесса дожигания:

- степень дожигания монооксида углерода оценивается по зависимости:

$$\eta_{CO} = \frac{CO_2}{CO+CO_2} \cdot 100\%, \quad (1)$$

- коэффициент использования тепла, поступающего в металл, по величине:

$$k_{эф} = \frac{Q_M^{дож}}{Q_{CO}^{дож}} \quad (2)$$

где СО₂ – содержание этого газа в отходящем из ДСП потоке, %; Q_М^{дож} и Q_{СО}^{дож} – соответственно доля прихода тепла в металл от дожигания СО кислородом и общий приход тепла при дожигании СО над шлаком в печи, кДж/ч;

- удельное количество тепла рассчитывается по выражению:

$$q_{\Sigma} = q_{эд} + q_T + q_{прим} + q_{дож}^{CO} - q_{ухг} - q_{пот}, \quad (3)$$

где $q_{эд}$ – тепло, вносимое электрическими дугами в ДСП; q_t – тепло отсжигания топлива в ТКГ; $q_{прим}$ – тепло от окисления примесей; $q_{дож}^{CO}$ – тепло от дожигания СО кислородом в струях ТКГ; $q_{ухг}$ – тепло уходящих из печи газов; $q_{пот}$ – остальные потери тепла.

При кипении сталеплавильной ванны [1, 3] во время плавления окатышей и обезуглероживания металла брызги металла и шлака попадают в струи кислорода от ТКГ, которые нагреваются от $q_{дож}^{CO}$, а возвращаясь в ванну вносят дополнительное тепло.

С учетом вышесказанного тепловой к.п.д для ДСП будет равен:

$$\eta_t = \left(1 - \frac{Q_{ух}}{Q_{\Sigma прих}} \right) \cdot 100\%, \quad (4)$$

где $Q_{ух} + Q_{ухг} + Q_{ухбр}$ – потери тепла с уходящими из печи газами и брызгами, кДж; $Q_{\Sigma прих} = Q_{прих}^{дож} + Q_{прих}^{бр}$ – приход тепла от дожигания СО и возвращаемых брызг в ванну, кДж.

При этом общий приход тепла от дожигания газов в печи равен:

$$Q_{прих}^{дож} = V_{CO} \cdot q_{CO}, \quad (5)$$

где V_{CO} – объем выделяемого газа СО из ванны за определенный период времени, м³/с; q_{CO} – тепловой эффект от сжигания м³газа, Дж/с.

Также известны патенты на дуговые сталеплавильные печи [5], содержащие устройство в виде фурмы для продувки металла кислородом в ванне печи с дожиганием горючих газов встречными потоками кислорода в рабочем пространстве агрегата. В результате дожигания горючих газов (СО и Н₂) над шлаком выделяется большое количество тепла, используемое для дополнительного нагрева металла в ДСП. Недостатком всех этих [1, 2] и других [3, 4] известных устройств для дожигания горючих газов в дуговой печи является то, что эти устройства имеют весьма сложное конструктивное исполнение, что не позволяет их эффективно использовать в практике производства, т.к. эти [5] устройства, используемые в ДСП, усложняют процессы дожигания газов и в целом эти устройства отличаются сложностью в эксплуатации. К недостатку всех перечисленных известных изобретений относится также то, что требуется в своде ДСП иметь специальное отверстие для установки этих устройств с целью обеспечения дожигания горючих газов в рабочем пространстве агрегата.

Заключение

Анализ научно – технической литературы и патентный поиск показали актуальность исследования процесса дожигания СО. Однако, отсутствуют данные по длине и диаметру возникающего факела в рабочем пространстве ДСП и влиянию его на графитированный электрод и элементы футеровки, что должно стать темой дальнейших исследований.

Список литературы

1. Кочнов, М. Ю. Повышение эффективности дожигания и охлаждения технологических газов крупнотоннажных дуговых сталеплавильных печей / М. Ю. Кочнов, Л. А. Шульц, Ю. М. Кочнов // Известия ВУЗов. Чёрная металлургия. — 2009. — № 11. — С. 49–55.
2. Разработка методов и алгоритмов системы оценки параметров режимов обезуглероживания и дожигания горючих газов в дуговой сталеплавильной печи [1] Меркер Э.Э., Степанов В.А., Крахт Л.Н., Кем А.Ю. Вестник Донского государственного технического университета. 2017. Т. 17. № 2 (89). С. 99-107.
3. Исследование эффективности электроплавки окатышей в дуговой печи при дожигании оксида углерода топливно-кислородными горелками Степанов В.А., Крахт Л.Н., Меркер Э.Э., Кем А.Ю., Харламов Д.А. Вестник Донского государственного технического университета. 2016. Т. 16. № 2 (85). С. 97-104.

4. Математическая модель рабочего процесса радиационного вихревого инжектора, установленного в своде печи Ибадуллаев Т.Б., Арутюнов В.А., Левицкий И.А., Лешинин С.В. Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. 2006. № 3. С. 68-75.
5. Дуговая сталеплавильная печь с дожиганием горючих газов: патент Рос. Федерация: Э. Э. Меркер, Г. А. Карпенко, И. В. Моисеев. — № 2520883; опубл. 27.06.14, Бюл. № 18. — 3 с.
6. Способ дожигания и обеспыливания отходящих газов электродуговых сталеплавильных печей: патент Рос. Федерация: В.И. Лисиенко, А. Л. Засухин. — №2451092; опубл. 01.09.10, Бюл. № 11. — 3 с.
7. Арутюнов В.А. и др. Фурма для дожигания горючих газов в полости металлургических агрегатов. // Патент РФ №2130082 от 10.05.1999 г.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КИСЛОРОДА

Сафонов А.А., студент 4 курса

Научный руководитель – Сазонов А.В., к.т.н.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

В настоящее время в металлургической промышленности получили широкое применение такие газы как технический кислород, аргон и азот. Кислород широко используется в сталеплавильных агрегатах с целью интенсификации технологического процесса, а аргон и, в меньшей степени азот, для продувки металла в сталеразливочном ковше [1].

В связи с этим, вопросы по совершенствованию процессов получения этих газов для промышленности являются актуальными.

На рисунке 1 представлена классификация различных способов получения кислорода [2], причем каждый способ имеет свои преимущества и недостатки, некоторые из них не применяются для промышленного способа производства в больших объемах.



Рисунок 1 – Классификация способов получения кислорода [2]

Анализ литературных данных [3 - 7] показывает, что в настоящее время разрабатываются большое количество технологических решений, направленных на снижение энергоемкости производства технических газов.

В работе [3] приводится информация по совершенствованию технологии получения кислорода методом короткоциклового безнагревной адсорбции (КБА). В основном этот метод используется для производства небольшого объема кислорода на мобильных станциях. Особенность этой технологии состоит в следующем:

- 1) процесс состоит не менее чем из двух стадий с временем цикла от 40 секунд до 3 - 5 минут;
- 2) на первой стадии процесса – адсорбции – происходит поглощение адсорбентом преимущественно одного из компонентов (азота) с получением продукционного потока (кислорода); на второй – десорбция – поглощенный компонент выделяется из адсорбента;
- 3) процесс протекает при температуре окружающей среды;
- 4) при разделении воздуха происходят колебания давления с амплитудой от 3 до 8 бар.

Генератор кислорода, в соответствии с данными [2] и представленный на рисунке 2, состоит в простейшем случае из двух адсорберов, заполненных гранулированным цеолитовым молекулярным ситом. Воздух под давлением 5–7 бар поступает в адсорбер 1, обычно цилиндрической формы. Цеолит поглощает преимущественно азот, а кислород

проходит через слой адсорбента и через обратный клапан поступает в ресивер. В это же время в адсорбере 2 происходит понижение давления и отвод поглощенного азота. Кроме того, часть кислорода из адсорбера 1 поступает в адсорбер 2 и дополнительно вытесняет из него азот. Через время полцикла адсорберы обмениваются своими функциями.

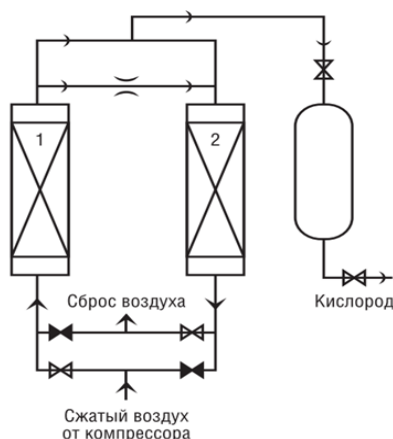


Рисунок 2 – Работа простейшего генератора кислорода [2]

Преимущества данной технологии заключается: в небольших капитальных затратах на строительство станции; высокая надежность оборудования; безопасность производства; срок службы неограничен.

Однако есть существенный недостаток: повышенная стоимость в виду больших энергетических затрат [3].

В работе [4] рассмотрен способ производства жидкого кислорода с помощью адсорбционной воздухоразделительной установки (ВРУ) для получения газообразного кислорода и криогенной газовой машины. Данная установка позволяет производить кислород с чистотой 98,5%. Предлагаемый способ получения жидкого кислорода может быть полезен при изготовлении установок малой производительности.

Для оценки остаточного содержания азота и аргона в кислороде, в работе [4] используется закон Рауля (при условии газового равновесия в слое):

$$P_i = x_i p_{si}, \quad (1)$$

где P_i – парциальное давление, i – компонента; x_i – мольная доля i компонента в жидкой фазе; p_{si} – давление насыщенного пара чистого i компонента над раствором.

В соответствии с данными [4] в таблице 1 предоставлен состав жидкой фазы в зависимости от давления ожижаемого обогащенного кислорода из адсорбционной воздухоразделительной установки.

Таблица 1 – Мольный состав жидкой фазы получаемого после КГМ продукта [4]

Параметры		Мольная доля компонентов, %					
$P_{пр}, \text{МПа}$	$T_x, \text{К}$	в газовой фазе			в жидкой фазе		
		y_{O_2}	y_{Ar}	y_{N_2}	x_{O_2}	x_{Ar}	x_{N_2}
0,1	90,2	92	4	4	94,93	3,94	1,13
0,2	97,8				97,48	1,87	0,65
0,3	102,5				98,33	1,24	0,43

Анализ предоставленных в таблице 1 данных показывает что, увеличение давления ожижаемого газа способствует повышению чистоты кислорода.

В работе [5] предлагается для снижения потребления энергии в качестве альтернативы существующей практике регулирования холодопроизводительности воздухоразделительных установок среднего давления использовать воздухоразделительную установку в режиме

максимальной эксергетической эффективности с аккумулярованием эксергии в виде кубовой жидкости. После накопления кубовой жидкости установка переводится в режим пониженной потребляемой мощности, при котором накопленная кубовая жидкость расходуется для компенсации потерь холода в установке. Такой способ эксплуатации воздухоразделительной установки позволит сократить потребление энергии при производстве газообразного кислорода примерно на 40 % по сравнению с существующими установками среднего давления [5].

В работе [6] показана эффективность применения жидкостнопаровых турбодетандеров (ЖПТ), в качестве замены дроссельных вентилях на последних ступенях охлаждения в криогенных воздухоразделительных установках.

Показано, что наиболее эффективно применять ЖПТ в ВРУ, реализующих циклы среднего давления. В рассмотренной работе [6] исследованы три варианта включения ЖПТ в схему ВРУ среднего давления: базовый с применением одного детандера вместо дроссельного вентиля на потоке жидкого воздуха в нижнюю колонну; с двумя детандерами, установленными на потоке в нижнюю колонну и на потоке кубовой жидкости в верхнюю колонну. На основе проведенных экспериментов [6] показано, что можно на 2,3 % снизить удельные затраты в ВРУ при замене дроссельных вентилях на ЖПТ.

Автор работы [7] в качестве повышения конкурентоспособности ВРУ малой производительности предлагает использовать газовые криогенные машины. В них отсутствуют самые дорогие элементы установок, работающих по циклу Клода, — компрессор среднего давления и детандер. В потоковом симуляторе «СОСО/ChemSep» проведено моделирование воздухоразделительной установки для получения кислорода под давлением 16 МПа, использующей газовую криогенную машину, работающую по циклу Стирлинга. Расход энергии на производство одного нм^3 продукционного кислорода в такой установке равен 1,2 кВт·ч. В режиме получения одного кг жидкого азота расходуется 1,32 кВт·ч электроэнергии.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что в настоящее время разрабатываются технические решения, позволяющие сократить энергопотребление при производстве кислорода, о чем свидетельствуют данные, представленные в рассмотренных литературных источниках.

Список литературы

1. Г.К. Лавренченко Продукты разделения воздуха: их производство и применение // Технические газы – 2016 - №5 – с.3-17.
2. Ю.В. Мирошниченко, Р.А. Еникеева, Е.М. Кассу Характеристика способов получения кислорода медицинского и перспективы их применения в военном здравоохранении // Экспериментальные исследования – 2016 [Электронный ресурс] URL: https://www.vmeda.org/wp-content/uploads/2016/pdf/2_157-163.pdf (дата обращения 10.03.2018).
3. Акулов А.К. Производство кислорода 95% и 99% из воздуха методом короткоциклового безнагревной адсорбции // Сфера Нефтегаз – 2014 [Электронный ресурс] URL: http://www.s-ng.ru/pdf/main_1558.pdf (дата обращения 10.03.2018).
4. Никифоров Ю.В., Глухов С.Д., Казакова А.А. Получение жидкого кислорода с помощью криогенной газовой машины и адсорбционной воздухоразделительной установки // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана – 2014 - №6 – с.129-133.
5. Кравченко М.Б. Воздухоразделительная установка с избыточным обратным потоком // Технические газы – 2015 - №6 – с.65-70.
6. Кухаркин В.В., Кравченко А.П. Жидкостные турбины как средство повышения эффективности вру// Технические газы – 2015 - №5 – с.30-35.
7. Кравченко М.Б. Совершенствование криогенных воздухоразделительных установок малой производительности // Технические газы – 2017 – №6 – с.32-42.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ НАПРЯЖЕНИЕ-ДЕФОРМАЦИЯ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЕФОРМАЦИИ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ СТАЛИ НА GLEEBLE 3800

Сафронов А.А., студент гр. М-ОД-17-1

Бельский С.М., д.т.н., профессор

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Металлургический институт

Аннотация: представлены результаты экспериментов, проведенных на установке GLEEBLE 3800, на определение влияния температуры деформации на диаграмму напряжение-деформация.

Ключевые слова: кривая напряжение-деформация, GLEEBLE 3800, трансформаторная сталь, микроструктура, фазовые превращения.

На пластические свойства металлов и их сплавов большое влияние оказывает температура. Температура деформации влияет на структуру металла, его фазовый состав. Значения напряжений на кривых напряжение-деформация при горячей деформации примерно в 5÷7 раз меньше, чем при холодной деформации [1]. Основным легирующим элементом трансформаторной стали является кремний. Он, растворяясь в железе, влияет на положения точек A_3 и A_4 , определяющих температурную область существования α - и γ -железа. Он понижает точку A_4 и повышает точку A_3 . При определенной концентрации кремния, хрома, вольфрама, молибдена и других легирующих элементов можно добиться слияния точек A_3 и A_4 , а точнее их интервала, и тогда область γ -фазы полностью замкнется. Также при увеличении содержания кремния стали можно добиться того, что при всех температурах сталь будет состоять из твердого раствора внедрения Si в α -железе [2].

Исследования влияния температуры горячей деформации на кривую напряжение-деформация, проведенные на GLEEBLE 3800, для трансформаторной стали с химическим составом, указанным в таблице 1, приведены на рисунке 1.

Таблица 1 – Химический состав электротехнической трансформаторной стали

Содержание элементов, %									
C	Si	Mn	P	S	Cr	Fe	Ni	Al	Co
0.021	0.436	0.204	0.013	0.010	0.048	99.04	0.008	0.003	0.011
Cu	Nb	V	W	Pb	Sn	As	B	N	
0.041	0.001	0.001	0.012	0.002	0.002	0.003	0.001	0.144	

Параметры процесса деформации при горячем физическом моделировании и размеры до и после деформации сведены в таблицу 2. Перед деформацией была проведена выдержка при температуре 1150 °С в течение 10 минут.

Таблица 2 – Параметры процесса деформации образцов из электротехнической трансформаторной стали

№ образца	Диаметр		Длина		Температура деформации T_d , °С	Скорость деформации $\dot{\epsilon}$, с ⁻¹
	начал. d_0 , мм	конеч. d_1 , мм	начал. l_0 , мм	конеч. l_1 , мм		
1	6,90	12,50	10,40	3,40	1100	50
2	6,85	12,20	10,20	3,45	1000	50
3	7,00	12,75	10,40	3,40	900	50
4	6,80	12,40	10,40	3,25	850	50
5	6,90	13,00	10,00	3,00	850	50

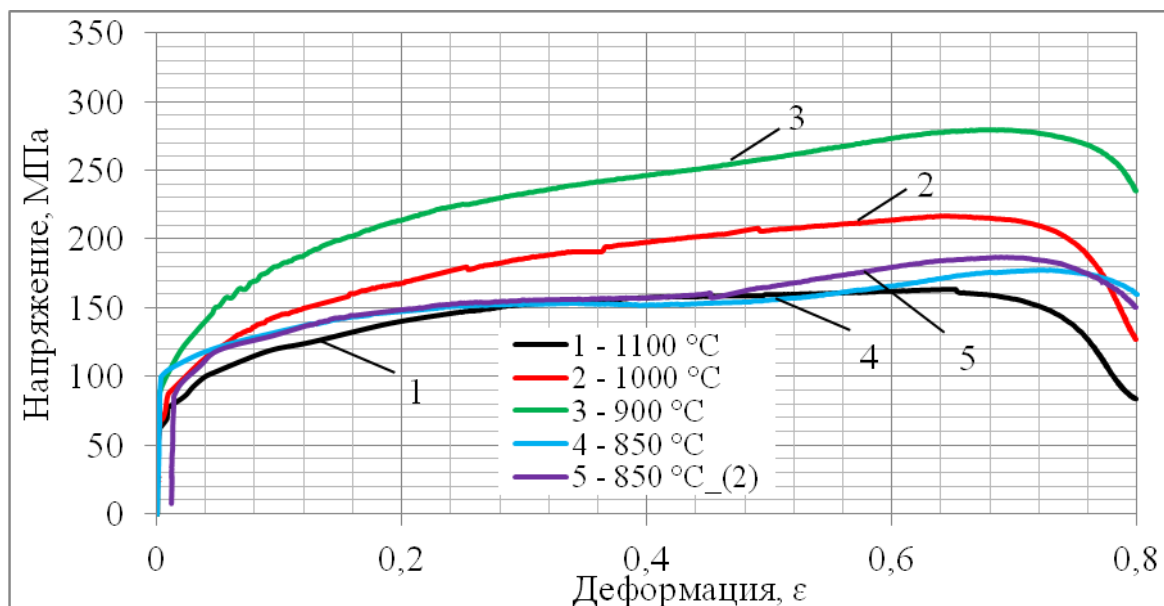


Рисунок 1 – Графики изменения напряжения от деформации для образцов из трансформаторной стали при скорости деформации 50 с⁻¹, при различных температурах

Как видно из графиков, при температуре 850 °C деформация проходит в условиях, схожих с условиями деформации при температуре 1100 °C. Отличается только предел текучести. Как показал анализ фазовых превращений, изображенный на рисунке 2, на Дилатометре, при охлаждении происходят фазовые превращения, начиная с температуры 1001 °C. Однако точку окончания превращений зафиксировать не удалось. Возможно, явление увеличения пластичности, вследствие фазовых превращения, которые не закончились при температуре 850 °C.

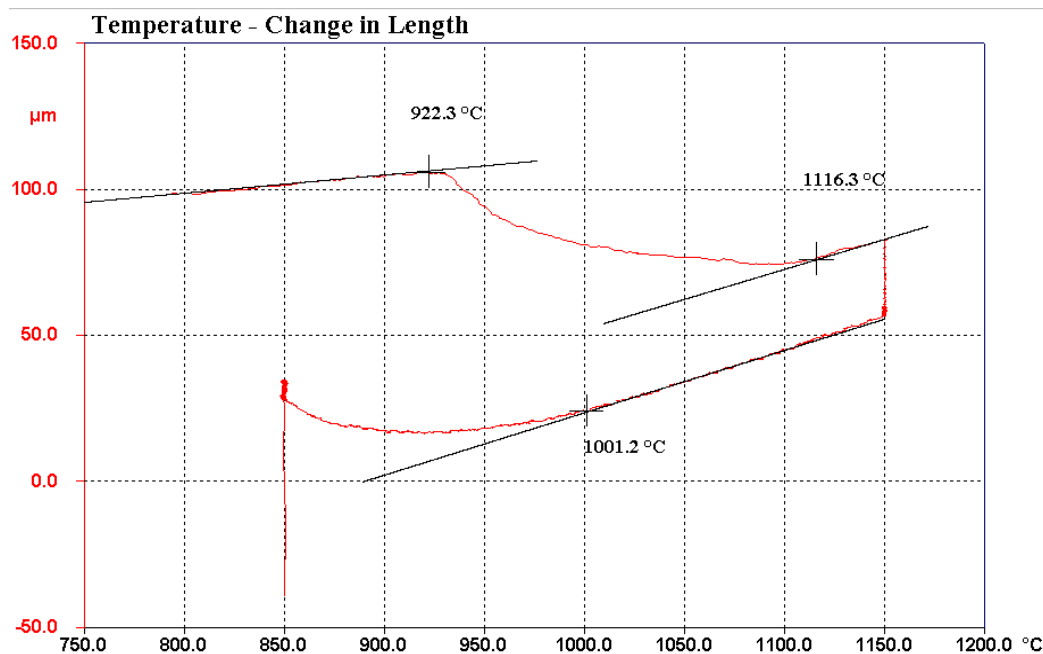


Рисунок 2 – Температуры фазовых превращений в трансформаторной стали при деформации при температуре 850 °C

На диаграмме Fe-Si переход из аустенитной структуры к ферритной происходит при температуре 900 °C. Из источника [2] известно, что увеличение пластичности может быть обусловлено полиморфными превращениями в металлах и сплавах, в двухфазных эвтектоидных сплавах, а также в однофазных сплавах и чистых металлах с особенно мелким

зерном (несколько мкм). Факторами, влияющими на пластичность, являются фазовый и химический состав деформируемого металла, его температура, скорость деформации, размер зерен, структура. Поэтому увеличение пластичности можно объяснить структурными особенностями и физической природой в условиях структурных и фазовых превращений [3-4]. Для дальнейшего изучения явления необходимо исследовать микроструктуру деформированной стали.

Список литературы

1. Профессия: вальцовщик стана горячей прокатки [Текст]: учебное пособие / Ю. А. Мухин, С. М. Бельский; ЛГТУ - Липецк., 2014. - 156 с.
2. Основы материаловедения: Учебник для техникумов. Лахтин Ю. М. – М.: Металлургия, 1988. 320с.
3. Шкатов, М. И. Закономерности процессов структурообразования аустенита углеродистых и низколегированных сталей при горячей деформации: диссертация кандидата технических наук : 05.16.01 / Шкатов Максим Игоревич; [Место защиты: Юго-Зап. гос. ун-т].- Курск, 2013.- 122 с.: ил. РГБ ОД, 61 14-5/948
4. Dyja H., Gałkin A., Knapieński M. Reologia metali odkształcanych plastycznie. Seria Monografie, no. 190. Częstochowa: Wydawnictwo politechniki Częstochowskiej, 2010, pp. 193-194. (In Polish).

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЧНОСТИ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МЕЛА ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Сивков А.С., студент 4 курса группы ТЭ-14д

Научный руководитель – Тимофеева А.С., к.т.н., проф.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

Для производства металла необходима известь, которая производится в шахтных и вращающихся печах. Сырьем для получения извести могут быть известняки, доломиты, мел.

При добыче железной руды в условиях АО «ЛГОК» сопутствующим элементом является мел, который добывается в больших объемах. Чтобы использовать этот мел для производства извести, необходимо сначала увеличить его прочность. Поэтому на кафедре металлургии и металловедения была подобрана методика увеличения прочности мела путем термической обработки

Таблица 1 – Прочность мела до термической обработки

Размер фракции, мм	Нагрузка, Н	Предел прочности, МПа
30	285	0,297
40	460	0,366

Методика проведения испытания:

В предварительно разогретую печь (Рис. 1) до температуры 850 °С были положены выпиленные образцы размером 20,30 и 40 мм.



Рисунок 1 – Печь лабораторная

Образец 40мм был подключен к термопаре, с помощью которой отслеживалась температура внутри мела. При достижении заданной температуры в центре мела, образец извлекался из печи и помещался в эксикатор. После охлаждения образцы помещали в гидравлический пресс (Рис. 2) и определяли нагрузку

В результате выполненного эксперимента выявлено, что в процессе термической обработки мела, прочность его кусков размеров 30-40 мм возрастает, а прочность мелких кусков недостаточна, поэтому для производства извести следует использование фракции 30-50 мм.

Химический состав – это совокупность компонентов, из которых состоит вещество (или смесь веществ).

После проведения термической обработки, мел был отправлен в лабораторию ОЭМК, где был проведен анализ химического состава.



Рисунок 2 – Гидравлический пресс

Таблица 2 – Прочность мела после термической обработки

Температура, °С	Размер фракции, мм	Нагрузка, Н	Предел прочности, МПа
750	20	300	0,63
	30	1000	1,32
	40	2400	1,5
800	20	650	1,44
	30	1200	1,59
	40	3700	2,43
850	20	700	1,73
	30	1300	1,82
	40	5300	3,4

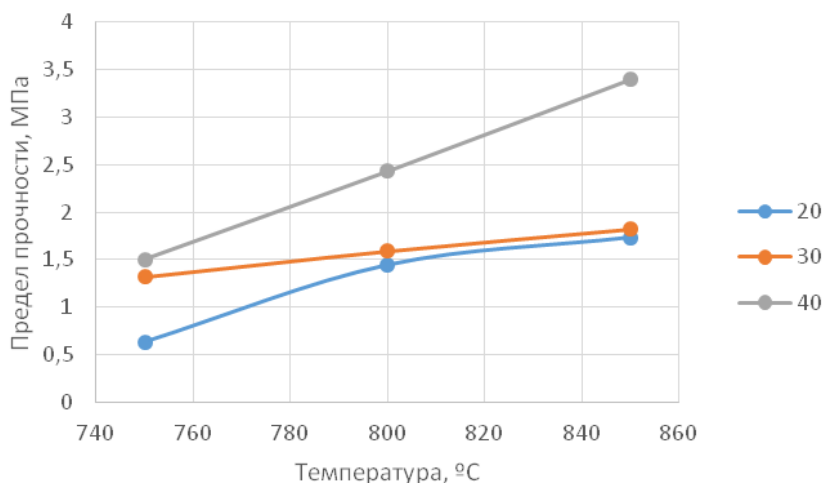


Рисунок 3 – График изменения прочности фракции в зависимости от температуры

Таблица 3 – Химический состав мела до термической обработки

Наименование	Массовая доля компонентов, %					
	Fe _{общ}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S
Мел	0,10	0,46	0,29	55,45	0,17	0,012

Таблица 4 – Химический состав мела после термической обработки

Наименование	Массовая доля компонентов, %				
	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	SiO ₂	H ₂ O _г	CaO _{ак}	MgO
Мел	0,30	0,70	0,17	91,18	0,66

Результаты исследований показывают, что подогревая мел до температуры 850⁰С, увеличивается его прочность и тогда можно уже подавать его на обжиг во вращающиеся печи для производства извести.

Список литературы

1. Домокеев А.Г. Учебник для строительных вузов, 2-е изд. перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1989. - 495 с.: ил.
2. Производство извести [Текст]: учебник для подготовки рабочих на производстве / А. В. Монастырев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. школа, 1975. - 223 с.
3. Сивков А.С., Шумаков В.В., Мамонов Р.И. Исследование свойств мела АО «Лебединский ГОК» // Научное сообщество студентов XXI столетия. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: сб. ст. по мат. XLVIII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 11(47). URL: [https://sibac.info/archive/technic/11\(47\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/11(47).pdf) (дата обращения: 04.01.2018)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА НОВОЙ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАРШРУТОВ ВОЛОЧЕНИЯ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ ПРОВОЛОКИ

Сметнёва Н.Ю., магистрант 2 курса

Научный руководитель – Харитонов В.А., к.т.н., профессор

Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова

Непрерывный рост и развитие «пружинного» рынка в России вызывает необходимость обеспечения качественной проволокой предприятия, выпускающие различные виды пружин (как из холодноотянутой, так и из термически обработанной проволоки). Качество проволоки во многом зависит от неравномерности распределения деформации по сечению металла, напрямую зависящей от маршрутов волочения (числа протяжек и диаметров волок). Применение режимов деформации, способных обеспечить высокие потребительские свойства проволоки наряду с приемлемой себестоимостью, повышает конкурентоспособность продукции на метизном рынке.

Для проектирования маршрутов волочения существует множество методик, сущность которых состоит в определении степени суммарных и единичных обжатий, числа протяжек и проведении проверочных расчетов (например, определение устойчивости процесса через усилие волочения или степени неравномерности деформации – дельта-параметра). Дельта-параметр представляет собой отношение средних характерных размеров клиновидной зоны деформации [1] и определяется по формуле:

$$\Delta = \frac{\alpha}{q} \cdot (1 + \sqrt{1 - q})^2, \quad (1)$$

где α – полуугол рабочего конуса волоки, в радианах;

q – степень единичного обжатия.

В работе [2] предложена методика, позволяющая проектировать маршруты волочения с учетом закономерностей распределения напряжений по сечению проволоки и оценки усилия волочения (Рисунок 1). С помощью данной методики выполнена оценка действующего маршрута волочения высокоуглеродистой пружинной проволоки и предложены два варианта его совершенствования. Для реализации новой методики разработана и зарегистрирована программа [3].

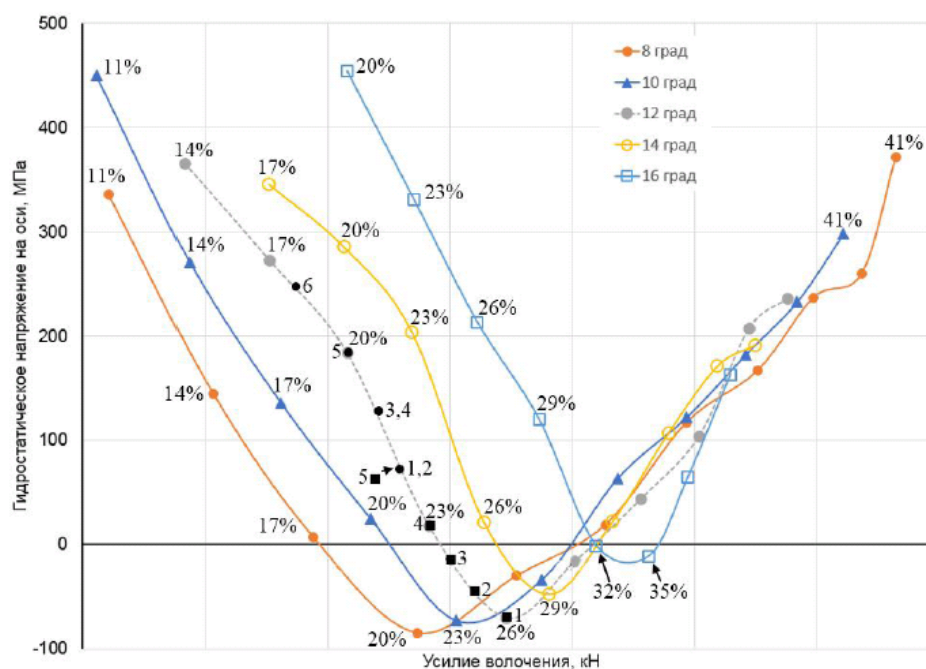


Рисунок 1 – Зависимость гидростатического напряжения и усилия волочения от угла волоки и обжатия

Целью настоящей работы является оценка эффективности методики проектирования маршрутов волочения, предложенной в работе [2], и выбор рационального режима волочения пружинной проволоки.

В рамках настоящей работы проведен анализ действующего маршрута волочения высокоуглеродистой пружинной проволоки диаметром 4,00 мм по ГОСТ 9389-75. В качестве заготовки использована сорбитизированная катанка диаметром 8,00 мм из стали марки 70. Волочение проволоки осуществлялось с применением твердосплавных монокристаллических волокон на волочильном стане UDZSA 5000/6, скорость волочения – 100 м/мин, подмазочный слой – бура, смазка – СВС-У.

Волочение проволоки по традиционному маршруту 8,00 – 7,12 – 6,29 – 5,59 – 4,98 – 4,45 – 4,00 мм предполагает использование волокон с полууглом рабочего конуса $\alpha=6$ градусов. На основе предложенной в работе [2] методики повышение эффективности волочения проволоки возможно двумя способами: использованием волокон с полууглом рабочей зоны 5 градусов, либо сокращением маршрута на одну протяжку при использовании волокон с рабочим полууглом 6 градусов: 8,00 – 6,87 – 5,94 – 5,17 – 4,54 – 4,00 мм. Для выбора наиболее рационального режима волочения проволоки осуществлялось по трем перечисленным вариантам.

Для каждого варианта определены расчетные значения суммарного усилия волочения P и величина дельта-параметра Δ : в первом случае (полуугол $\alpha=6$ градусов, число протяжек – 6) $P=76,5$ кН, $\Delta=1,69-1,97$; во втором случае (полуугол $\alpha=5$ градусов, число протяжек – 6) – $P=80,5$ кН, $\Delta=1,41-1,64$; в третьем (полуугол $\alpha=6$ градусов, число протяжек – 5) – $P=72,0$ кН, $\Delta=1,38-1,66$.

По результатам испытаний механические свойства проволоки диаметром 4,00 мм (временное сопротивление разрыву, число скручиваний – рисунок 2) полностью удовлетворяют требованиям ГОСТ 9389-75. После волочения по трем предложенным вариантам временное сопротивление разрыву осталось практически без изменений (Рисунок 2а). Изменение рабочего полуугла волокон с 6 градусов на 5 градусов привело к повышению средних значений условного предела текучести на 5,8 %, относительного сужения – на 7,2 %, числа перегибов – на 22,6 % и числа скручиваний – на 3,4 % (Рисунок 2б). Для проволоки, протянутой через волокна с полууглом 6 градусов, характерно более высокое (на 19,4 %) значение относительного удлинения.

Сокращение маршрута волочения до 5 протяжек способствует повышению средней величины относительного сужения на 5,5 %, числа перегибов – на 45,2 %, числа скручиваний – на 5,3 % (Рисунок 2б). При этом наблюдается некоторое снижение условного предела текучести (на 1,1 %), а также относительного удлинения (на 3,3 %).

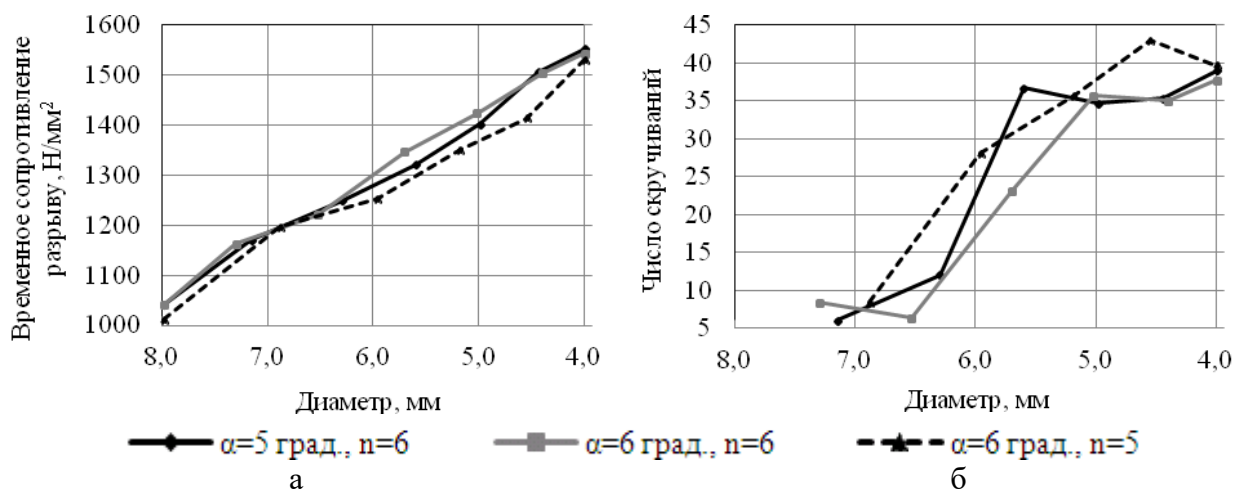


Рисунок 2 – Изменение механических свойств проволоки по маршруту волочения

В процессе волочения проведен замер токовых нагрузок на двигателях волочильного стана. При уменьшении полуугла рабочего конуса волокна с 6 градусов до 5 градусов суммарная нагрузка снизилась на 13 %, а при сокращении числа протяжек – снизилась на 10,3 %. Уменьшение кратности волочения способствует снижению себестоимости проволоки.

Таким образом, экспериментальная проверка предложенных маршрутов волочения подтвердила целесообразность использования новой методики их проектирования. При аналогичных значениях прочности проволока, протянутая по новым маршрутам, обладает более высокими пластическими свойствами. Уменьшение кратности волочения также способствует снижению себестоимости продукции, что делает данный вариант наиболее рациональным.

Список литературы

1. Харитонов, В.А. Производство пружинной проволоки / В.А. Харитонов, Д.Э. Галлямов. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. 151 с.
2. Харитонов, В.А. Совершенствование методики расчета маршрутов волочения для высокоуглеродистых сталей / В.А. Харитонов, М.Ю. Усанов. // Бюллетень научно-технической и экономической информации "Черная металлургия". – 2017. – № 8. – С. 92-95.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017660119. Расчет режимов волочения углеродистой проволоки / В.А. Харитонов, М.Ю. Усанов // Заявка № 2017617125. Дата поступления 18 июля 2017 г. Дата гос. регистрации в Реестре программ для ЭВМ 14 сентября 2017 г.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Федонов А.И.

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

Федонов Р.А.

*Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования «Строительный
Институт Технологий и Инноваций «Столица»*

Увеличение эффективности применения топливных энергетических ресурсов на металлургических предприятиях в современных условиях считается одним из самых главных направлений выживания. Металлургическая отрасль - это одна из наиболее энергетически емких отраслей производства. Процент затрат на топливные энергетические ресурсы в общезаводских затратах на производство продукции составляет свыше 30 %. Максимально крупными потребителями энергоресурсов в металлургическом производстве считаются прокатные и доменные цеха. К электроемким производствам относят - электросталеплавильные цехи и кислородные производства, а к главным потребителям тепловой энергии – коксохимическое производство [2, с. 126].

Высокая энергетическая емкость металлургического производства при постоянном повышении цен на топливные энергетические ресурсы ставит на одно из главных мест проблемы в энергоресурсосбережении. Потенциал энергетического сбережения в данной сфере составляет 30 %. Максимально полное решение проблем, которые связаны с оптимизацией структур энергетических хозяйств металлургических объектов, дает системный подход в их классическом понимании. Рассмотрение энергетического хозяйства в качестве очень сложной системы, оптимизация в работе каждого из его элементов и учет их влияния на работу в целом объекта могут принести значимые результаты, особенно на проектируемых и реконструируемых объектах. Однако данные этапы в решении задачи по оптимизации как получение исходной корректной информации в целях составления моделей для всех элементов систем, разработка программ для электронно-вычислительных машин, а также увязка частных решений часто требуют очень значительных временных затрат. Сами модели зачастую теряют смысл при изменениях внешних факторов, а особенно, в экономической современной ситуации. Особенность потенциала по энергетическому сбережению в металлургических производствах заключается в том, что на текущий момент времени существует очень значительный физический и моральный износ основного энергетического оборудования, а также наблюдается отсутствие существенной ритмичности в работе металлургических производств, которая связана с особенностями современных рынков продукции. Два данных фактора вместе с проблемами в системах контроля и учета за расходами топливных энергетических ресурсов, которые требуют радикального улучшения во всех уровнях производств, в основном определяют наибольшую часть нерациональных потерь топливных энергетических ресурсов в металлургических производствах (до 60 % от потенциалов энергетического сбережения). Кроме этого, в металлургических производствах вопросы по энергосбережению считаются одними из главных направлений в снижении издержек производства продукции и в повышении конкурентной способности продукции на рынках сбыта. В целях решения данных задач следует иметь стратегии в развитии предприятий, связанную неразрывно с главными направлениями по ресурсо- и энергосбережению. Вышеперечисленные факторы считаются основой для формирования концептуальных положений в энергосбережении на металлургических предприятиях, которые соответствуют современному состоянию отрасли.

Ниже перечислены материалы энергетического обследования Новолипецкого металлургического комбината, на примере которого изложены всевозможные варианты в снижении издержек на топливно-энергетические ресурсы. Высококачественное энергетическое обследование производства, которое помогает получить очень полную информацию о всевозможных путях повышения эффективности применения топливно-

энергетических ресурсов нацелено на обеспечение руководства предприятия объективной информацией по фактическому применению энергии [4, с. 113].

Кроме этого, данное обследование помогает получить дополнительную информацию, которая на производстве не анализируется (составить структуру энергетического потребления в подразделениях; выявить главные факторы, которые влияют на потребление энергии; определить потери топливных энергетических ресурсов; оценить эффективность в работе наиболее энергетически емких установок и т. п.). Причем данная информация собирается не только при помощи показаний приборов, но и по результатам собеседования с ведущими специалистами, рабочими и инженерами технологических служб, а также служб главного энергетика. Применение данной информации помогает получить объективную картину по расходам топливных энергетических ресурсов и разработать эффективные программы по энергосбережению. Metallургическое производство имеет нижеследующую технологическую структуру: производство чугуна (коксохимическое производство, агломерационное производство, доменные цехи); производство стали: (кислородные конвертерные цехи, мартеновские цехи, электросталеплавильные цехи); производство проката (обжимные цехи, толстолистовые станы, крупносортовые станы, универсальные станы). Кроме этого, главными структурными подразделениями считаются: теплоэлектроцентрали, кислородные компрессорные производства. Процент затрат на топливные энергетические ресурсы в стоимости продукции составляет около 40 % (при учете стоимости коксующихся углей). Энергетические затраты в аналогичных металлургических производствах стран Европейского союза составляет 20 %. Единым показателем в энергопотреблении для металлургических предприятий установлен расход топливных энергетических ресурсов в Гкал на тонну стали, который для обследуемого производства составил 9 Гкал/тн. К примеру, энергоемкость ММК составляет 7 Гкал/тн, а для одного из металлургических заводов в Японии 5.5 Гкал/тн. Размер энергетической емкости для современных зарубежных предприятий составляет 5 Гкал/тн [1, с. 58].

Выявленный при энергетическом обследовании потенциал в энергосбережении для ПАО «НЛМК» составил: по электроэнергии - 22 %; по топливу - 5 %; по теплоэнергии - 11 %. Данные резервы в экономии топливных энергетических ресурсов составляют около 30 % от стоимости ежегодного потребления энергетических ресурсов. Реализация вышеуказанного потенциала считается возможной в рамках комплексной разработанной программы по энергосбережению.

Главными концептуальными положениями по повышению энергетической эффективности и рационального применения материальных и энергетических ресурсов в металлургических производствах на переходный период следует считать [3, с. 148]:

- Осуществление комплекса организационных технических мероприятий, совершенствование управления (наведение порядка) - коренное улучшение системы по учету и контролю расходов топливных энергетических ресурсов на всех уровнях предприятия (наиболее полный мониторинг энергетического потребления), координация действий различных производств и служб, высокая частота профилактических ремонтов оборудования, увеличение уровня в подготовке специалистов и т. д. Реализация вышеуказанных мер считается малозатратной и окупается очень быстро, поэтому их осуществление считается первоочередной задачей.

- Наладка, ремонт и замена оборудования. В первую очередь необходимо осуществить работы по изоляции трубопроводов, автоматизации процессов по сжиганию топлива, реконструкции и модернизации главного энергетически емкого оборудования, достижению максимальной производительности и т. д.

- Повышение степени утилизации вторичных энергетических ресурсов.

- Внедрение и использование нового высокоэффективного ресурсосберегающего оборудования и технологий. Это наиболее дорогостоящая часть проектов, которая связана с очень значительными инвестициями.

Для реализации мероприятий данного направления следует предусмотреть создание центров по энергосбережению на производствах, главная цель которого - это целевой энергетический мониторинг и энергетический менеджмент, которые направлены на сокращение нерациональных потерь топливных энергетических ресурсов, а также повышение энергетической эффективности производств. В настоящий момент большинство из предприятий имеют только службы главного энергетика, которые занимаются главным образом текущими вопросами по надежному функционированию энергетических хозяйств. Наличие очень большого количества вторичных неиспользуемых энергетических ресурсов, сложнейшего энерготехнологического комплекса требуют централизованной системы в учете оптимизации и управления энергетических потоков с постоянным анализом и контролем энергетической эффективности в работе предприятия в целом, а также его отдельных подразделений. В металлургическом производстве с полным циклом следует выделить нижеследующую структуру возможного использования и выработки вторичных энергетических ресурсов. Эффективное применение вторичных энергетических ресурсов позволяет замещать покупные топливные энергетические ресурсы, что очень значительно снижает энергетическую емкость, а также себестоимость продукции. Так, к примеру [5]:

- применение доменного и коксового газов на собственной теплоэлектростанции помогает значительно понизить (в 2 - 3 раза) себестоимость пара и электроэнергии;
- утилизация теплоты при сухом тушении кокса в котлах-утилизаторах с использованием паровых турбин для целей производства электроэнергии;
- предварительный нагрев угольной шихты отходящими дымовыми газами позволяет понизить расход топлива на 70 МКал на одну тонну кокса;
- в доменном производстве утилизация вторичных энергетических ресурсов помогает очень значительно понизить затраты топливных энергетических ресурсов на одну тонну чугуна (до 4 Гкал/тн), уровень утилизации на текущий момент составляет около 30 %;
- в электросталеплавильном производстве удельный расход электроэнергии на 20 % выше, чем в странах Европейского Союза, что связано с реализацией старой технологии и неиспользованными значительными возможностями в энергосбережении;
- применение коксового и доменного газов в нагревательных печах прокатных производств помогает очень существенно понизить расходы природного газа и на 20 % понизить себестоимость продукции.

Перечень проектов, которые требуют серьёзных инвестиций: создание автоматизированной системы контроля и учёта энергии; модернизация систем обеспечения продуктами разделения воздуха с заменой устаревших разделительных установок; модернизация собственных источников энергии для целей повышения выработки электроэнергии; применение турбогенераторных установок вместо быстродействующих редукционных установок, внедрение их в схемах утилизационных котлов; применение энергии сжатого природного газа; модернизация газовых утилизационных бескомпрессорных установок; применение газовых турбин с котлами-утилизаторами; применение пылеугольного топлива в доменных печах; повышение объемов разлива стали на машинах непрерывного литья заготовок.

Список литературы

1. Арутюнян А. А. Основы энергосбережения. Монография. - М.: Энергосервис, 2014. - 600 с.
2. Меркер Э. Э., Карпенко Г. А., Тынников И. М. Энергосбережение в промышленности и энергетический анализ технологических процессов. - М.: ООО «ТНТ», 2013. - 316 с.
3. Самарин О. Д. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность. - М.: Издательство Ассоциации строительных ВУЗов, 2015. - 296 с.
4. Сибикин Ю. Д. Технология энергосбережения. - М.: Форум, 2014. - 352 с.
5. Смагин В. Н., Ойленбах Р. П. Энергосбережение – условие эффективной работы предприятия черной металлургии. Cyberleninka.ru, 2017. – 8 с.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ

Федонов А.И.

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

Федонов Р.А.

Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования «Строительный Институт Технологий и Инноваций «Столица»

Источниками загрязнений атмосферного воздуха, подземных вод и прилегающих земель считаются складированные в отвалы отходы потребления и производства.

Для целей снижения нагрузок на земельные участки и объёмов складированных отходов необходимо повышать объёмы переработки отвальных шлаков. Для этих целей применяют малоотходные технологии, приводящие к увеличению объёмов товарной продукции.

Шлаки считаются побочным неизбежным продуктом основных производств, выход которых обычно составляет от 20 до 50 % от объёма произведенного металла. Главными источниками образования отвальных шлаков считаются продукты реакций окисления примесей металлического лома и чугуна (марганца, кремния, фосфора и т. п.) [2, с. 4]:

- продукты разрушений футеровок сталеплавильных агрегатов;
- загрязнения, которые вносятся металлической шихтой (миксерный шлак, песок и т. п.);
- ржавчина, которая покрывает металлический лом;
- твердые окислители и флюсы (известь, известняк, плавиковый шпат, боксит, железная руда и т. п.).

Нами были проанализированы главные характеристики шлаков, которые позволяют классифицировать их по способам образования [5, с. 4]:

- шлаки чёрной металлургии (сталеплавильные – мартеновские, конвертерные, электросталеплавильные – основные и кислые; доменные – основные, нейтральные и кислые; ваграночные; шлаки ферросплавов);
- шлаки цветной металлургии (медеплавильные; никелевые).

Накопленные отходы считаются очень ценным материалом и уже успешно применяются в производстве строительных нерудных материалов, металлургии, дорожном строительстве, а также в сельском хозяйстве.

Так как значительные объёмы промышленных отходов в нашей стране и странах Содружества Независимых Государств приходится на металлургические шлаки, то для поисков способов их переработки нами был изучен химический состав шлаков, данные по которому были организованы в таблицу 1 [3, с. 30].

Целый ряд крупнейших металлургических комбинатов уже накопил определенный опыт по переработке шлаков. Стимулом для этого служит как ужесточение законодательных актов в области хранения отходов, так и экономические факторы.

В целях снижения воздействия на окружающую природную среду применяют нижеследующие способы по обращению с отходами потребления и производства: утилизация, переработка, захоронение, складирование.

В ПАО «НЛМК» в 1967 году был создан цех для переработки шлаков (ЦПМШ). Сегодня он объединяет 30 производственных участков, которые расположены на территории 190 гектаров. Ежегодно там перерабатывают более 5 миллионов тонн шлаков. Этот гигантский объём работ выполняют 480 человек.

Переработку металлургических шлаков проводят в несколько этапов [1, с. 120]:

- предварительная сортировка и разборка;
- дробление металлосодержащих шлаков;
- отделение образовавшегося металла;
- окончательная и промежуточная сортировка;
- транспортировка.

Для целей повышения производительности установок для переработки шлаков были произведены поиски усовершенствованного нового оборудования.

Таблица 1 – Химический состав сталеплавильных и доменных шлаков

Процесс		Период плавки	Содержание компонентов							
			FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	MnO	CaO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	MgO
Сталеплавильные шлаки	Основной мартеновский скрап-рудный	После плавки	10 - 16	3 - 8	18 - 22	5 - 12	35 - 42	6 - 10	0.5 – 1.5	5 - 8
		Перед раскислением	8 - 18	3 - 6	15 - 20	3 - 6	40 - 47	5 - 12	0.5 – 1.0	7 - 10
	Основной в двухвалновой печи	Перед раскислением	21 - 25	5 - 8	12 - 18	3 - 5	38 - 41	3 - 5	0.5 – 1.0	4 - 7
		Кислородно-конвертерный	Среди напрудувки	6 - 8	1 - 3	15 - 25	9 - 15	36 - 40	1.5 – 2.0	1.9 – 2.0
Сталеплавильные шлаки	Кислородно-конвертерный	Конец продувки	9 - 16	3 - 5	8 - 17	9 - 12	42 - 51	2.5 – 4.0	2.0 – 3.5	6 - 9
		Основная дуговая электроплавильная печь	Окислительный	8 - 15	2 - 4	12 - 20	5 - 19	45 - 50	3 - 5	0.5 – 1.5
	Восстановительный		1	8 - 10	15 - 18	0.5	50 - 55	6 - 7	-	6 - 10
	Кислый мартеновский	После плавки	19 - 27	2 - 4	45 - 49	12 - 20	1 - 3	2 - 4	-	-
		Перед раскислением	13 - 22	0.5 – 1.5	51 - 60	15 - 22	1 - 13	1 - 3	-	-
Ваграночные шлаки			-	-	36	-	45	10	-	-
Доменные шлаки			0.2 – 0.6	30 - 40	0.3 – 1.0	29 - 30	-	-	0 - 18	0.2 – 0.6

Утилизация доменных шлаков в странах Америки, Азии и Африки также развивается в направлении их применения при производстве строительных материалов. Свыше 65 % доменных шлаков измельчается и гранулируется до высоких удельных поверхностей (4000 - 4500 см²/г) для целей последующего их применения при приготовлении пемзы, бетонов, керамики.

В нашей стране очень значительный процент доменных шлаков (порядка 20 %) направляют в отвалы, в то время как в заграничной практике широко применяются импортные поставки гранулированных шлаков, в том числе и размолотых. К примеру, в Евросоюзе импортируется порядка 10 % доменных шлаков, а в США - порядка 20 %.

Утилизация сталеплавильных шлаков в европейских странах, так же как и в нашей стране, затруднена по причине очень значительных колебаний их физических и химических свойств. В соответствии с плавильным оборудованием и технологическими процессами данные шлаки подразделяют на две главные группы: конвертерные шлаки - порядка 65 % от общего объема, и электроплавильные шлаки - порядка 25 %. Оставшиеся 10 % шлаков - это шлаки от вторичных металлургических процессов.

В 2017 году металлургическими предприятиями нашей страны всего отгружено для строительных комплексов 9 миллионов тонн шлакового щебня, который применяется в основном для устройства дорожного полотна и асфальтобетонных покрытий.

Возможные направления с использования шлаков металлургического производства [4, с. 132]:

- доменные шлаки: гипсобетон, бетон, шлаковая пемза (утеплитель, шумопоглотитель), цемент, шлаковая вата (войлок, жёсткие плиты, жидкое стекло, бетонитовая глина), минеральные добавки для сельского хозяйства;

- сталеплавильные шлаки цемент, силикатные бетоны, силикатный кирпич, стеновые блоки, минеральный порошок асфальтобетон, битумно-минеральные смеси, минеральные удобрения, известкование почв, раскислители почв;

- ваграночные шлаки: жаростойкий бетон, декоративный бетон (мозаичный пол), цемент, шлаковая вата, фасадная керамика, раскислители почв, минеральные удобрения.

Исходя из химических составов формирующихся в ПАО «НЛМК» отходов, следует рекомендовать расширение ассортимента товарной продукции, производство фасадной керамики, декоративного бетона, сорбентов для очистки от тяжелых ионов, раскислителей почв, минеральных удобрений. Для этих целей необходимо приобретение модернизированного современного оборудования и размещение его на территориях действующих цехов без занятия дополнительных земельных площадей, что поможет снизить затраты по передаче отходов специализированным организациям по переработке и по транспортировке.

Список литературы

1. Боброва З. М., Ильина О. Ю. Природоохранная деятельность предприятий. Учебное пособие. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2017. – 390 с.
2. Гусева Ю. О., Сычева Т. С., Моторина О. С., Сериченко Ю. С., Боброва З. М. Формирование шлаков металлургического передела и основные направления их применения. Cyberleninka.ru, 2017. – 4 с.
3. Зборщик А. М. Конспект лекций по дисциплине «Металлургия стали». – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2018. – 238 с.
4. Коробкин В. И., Передельский Л. В. Экология. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. – 602 с.
5. Шаповалов Н. А., Загороднюк Л. Х., Тикунова И. В., Щекина А. Ю. Рациональные пути использования сталеплавильных шлаков. Фундаментальные исследования №1, 2013. – 4 с.

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Федонов А.И.

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

Федонов Р.А.

Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования «Строительный Институт Технологий и Инноваций «Столица»

В настоящее время при нормировании загрязнения воздушного бассейна уславливаются предельно допустимые концентрации пыли и ядовитых газов в атмосферном воздухе населенных пунктов и предельно допустимые выбросы этих веществ от источников загрязнения исходя из условия предотвращения отрицательного их действия на организм человека. Предприятия обязаны обеспечивать установленные показатели.

Известно, что повышение содержания углекислого газа в атмосферном воздухе, зависящее от деятельности человека, определяет изменения в функционировании составляющих системы углеродного цикла и климата в определенных регионах и на планете. Первое проявляется в полезном влиянии повышения содержания углекислого газа на интенсивный рост растений, обусловленный ускорением фотосинтеза; второе - в отрицательном влиянии повышения содержания углекислого газа на изменение климата. Углекислый газ атмосферы пропускает коротковолновые тепловые излучения Солнца и задерживает длинноволновые, излучаемые Землей, создавая парниковый эффект [1, с. 109].

Известно, что выделение вредных веществ в атмосферу от сжигания топлива и технологических процессов возрастает в 2 раза через каждые 12 - 14 лет. Исходя из этого, можно считать, что в 2000 году выделение углекислого газа в атмосферу составляло около 60 млрд. тонн, а в 2006 году будет около 80 млрд. тонн. Количество углекислого газа в воздухе атмосферы находится в пределах 1530×10^9 - 2500×10^9 тонн. Таким образом, в 2000 году поступление углекислого газа в атмосферу от техногенных источников составляло 3 % от количества углекислого газа, содержащегося в атмосфере. Это должно приводить к увеличению концентрации углекислого газа в атмосферном воздухе. И хотя имеющиеся в литературе сведения об ожидаемом значительном повышении концентрации углекислого газа в атмосферном воздухе, например, в несколько раз в 2000 году по сравнению с 1980 годом не подтверждаются из-за недостаточной изученности процессов поглощения углекислого газа на Земле, многие ученые отмечают, что экспоненциальный рост сжигания энергетического топлива неизбежно будет сопровождаться парниковым эффектом, в результате которого средняя температура на нашей планете будет расти. При содержании углекислого газа в атмосфере 0.1 % температура Земли увеличится на 6 °С [3, с. 52].

Кроме этого, возрастающие количества углекислого газа, выбрасываемого в атмосферу различными техногенными источниками, в смеси с другими газами и пылью, содержащимися в выбросах и в атмосфере, образуют в атмосферном воздухе аэрозоли, изменяющие пропускание теплового излучения, влияющего на локальный и глобальный нагрев атмосферы и изменение климата.

Для предотвращения надвигающихся нежелательных для людей последствий необходимо обеспечить локальное и глобальное регулирование выбросов углекислого газа в атмосферу различными предприятиями на основе [2, с. 44]:

- определения массы выбросов углекислого газа в атмосферу различными техногенными источниками;
- изучения распределении и накоплении углекислого газа в атмосферном воздухе регионов и глобально;
- выявлении последствий локального и глобального повышения содержания углекислого газа в атмосферном воздухе;
- нормирования загрязнения воздуха углекислым газом и его выбросов предприятиями.

В основном углекислый газ, выделяемый в атмосферу металлургическими предприятиями, образуется при производстве извести, агломерата, чугуна, стали, проката, электрической энергии в результате сжигания топлива и при осуществлении технологических процессов. Оценку выбросов углекислого газа в атмосферу в этом случае наиболее удобно производить, используя выделения углекислого газа на 1 тонну выпускаемой продукции. В настоящей работе расчетным и экспериментальным путем определены удельные выделения углекислого газа при производстве единицы указанной продукции металлургического предприятия. В работе учитывались основные характеристики процессов и показатели, определяющие выделение углекислого газа в атмосферу при производстве продукции на металлургических предприятиях [6, с. 108].

Принято, что известь получают в известково-обжиговых печах путем обжига известняка, содержащего 41.5 % углекислого газа, с использованием в качестве топлива природного газа, расход которого на 1 тонну извести составляет 144 кг.

Так как оставшийся из-за недожога в извести углекислый газ выделится при использовании извести на предприятии, считаем, что весь углекислый газ известняка выделяется при производстве извести. Тогда выделение углекислого газа на 1 тонну извести составит 722 кг от диссоциации карбонатов и 396 кг от сжигания природного газа.

Агломерат получают на агломашинах путем спекания шихты, состоящей из железистого концентрата, известняка, коксика и угля. Расход известняка составляет 225 кг/т, коксика и угля - 50 кг/т. Содержание золы в смеси коксика и угля - 13 %, углекислого газа в известняке - 41.5 %. Удельное выделение углекислого газа в атмосферу при производстве 1 т агломерата составляет 254 кг. Определялось суммированием 160 кг углекислого газа, выделяющегося при сжигании углерода коксика и угля, расходуемых на 1 т агломерата, а также 94 кг углекислого газа, выделяющегося при диссоциации известняка, расходуемого на 1 т агломерата.

Чугун получают в доменных печах с использованием агломерата, известняка, кокса и природного газа. Удельный расход кокса 600 кг на тонну чугуна, известняка - 20 кг/т, природного газа 57 кг/т. Зольность кокса 10 %. Нагрев воздуха, вдуваемого в доменную печь, осуществляется в воздухонагревателях за счет тепла сжигания смеси доменного и природного газов. Расход природного газа при этом составляет 7 кг на 1 тонну чугуна. Весь углерод кокса (за минусом 4 % массы кокса, остающейся в чугуне) окисляется до углекислого газа (частично в доменных исчах, частично при сжигании доменного газа в воздухонагревателях, нагревательных исчах прокатных цехов, на ТЭЦ, в известково-обжиговых исчах и на свечах), который выбрасывается в атмосферу. Поэтому удельное выделение углекислого газа в атмосферу при производстве 1 тонны чугуна определялось суммированием 1901 кг углекислого газа, образующегося при окислении углерода кокса (за минусом 4% его массы), 8 кг выделяющегося при диссоциации известняка и 176 кг образующегося при окислении углерода природного газа, которые расходуются на производство 1 тонны чугуна. А углекислый газ, образующийся при сжигании доменного газа в различных цехах предприятия, в дальнейших расчетах не учитывается. Общие выделения углекислого газа при производстве 1 тонны чугуна составляют 2085 кг.

Сталь на металлургических комбинатах получают в основном в кислородных конвертерах и мартеновских печах. В кислородных конвертерах окисляется 3,8 % углерода, вносимого чугуном. Расход чугуна 830 кг на 1 тонну стали. При полном дожигании оксида углерода в атмосферу выделяется 116 кг углекислого газа на 1 тонну конвертерной стали.

Выделение углекислого газа в атмосферу при производстве стали в мартеновских печах, работающих с использованием природного газа и мазута, определялось суммированием углекислого газа, образующегося от сжигания топлива (природного газа и мазута), диссоциации в печи известняка и окисления углерода чугуна. На 1 тонну стали расход природного газа составляет 45 кг, мазута 30 кг, известняка 59 кг, чугуна - 685 кг, В мартеновских печах окисляется 3.8 % углерода чугуна. Расчет показывает, что на 1 тонну

стали, выплавленной в мартеновских печах, в атмосферу выделяется 217 кг углекислого газа от сжигания топлива. 25 кг - от диссоциации известняка, 95 кг от окисления углерода чугуна.

При производстве проката в качестве топлива для нагревательных печей наиболее часто используют смесь природного и доменного газов. На 1 тонну проката в среднем расходуется 45 кг природного газа получено делением годового расхода природного газа на вес проката, выпущенного за тот же период на комбинатах. От сгорания природного газа в атмосферу выделяется 125 кг углекислого газа.

При производстве электроэнергии на теплоэлектростанциях металлургических предприятий наиболее часто используют смесь природного и доменного газов. На выработку 1 кВт час электроэнергии расходуется 0.08 кг природного газа, от сгорания которого в атмосферу выделяется 0.22 кг углекислого газа. Углекислый газ, выделяющийся в атмосферу при сгорании доменного газа также уже учтен.

Таким образом, удельные выбросы углекислого газа в атмосферу по каждому виду продукции, произведенной металлургическим предприятием, составляют: 1118 кг на 1 тонну извести, 254 кг на 1 тонну агломерата, 2085 кг - на 1 тонну чугуна, 116 кг - на 1 тонну конвертерной стали, 341 кг на 1 тонну мартеновской стали, 125 кг на 1 тонну проката, 0.22 кг на 1 кВт час электроэнергии [5, с. 3].

Полученные результаты позволяют оценить или прогнозировать загрязнение атмосферного воздуха углекислым газом предприятиями черной металлургии. Так, в 2000 году выбросы углекислого газа в атмосферный воздух Приазовья металлургическими комбинатами г. Мариуполя, рассчитанные с использованием результатов настоящей работы, при производстве произведенной предприятиями основной продукции (извести, агломерата, стали, проката, электроэнергии) составили 21×10^6 тонн или 0.001 % всей массы углекислого газа атмосферы. Даже при отсутствии изменений в процессе поглощения углекислого газа природными системами его концентрация в воздухе в глобальном масштабе в этом случае увеличилась бы на 0.00003 % и имела бы значение, практически не отличающееся от существующей (0.2 – 0.4 %). Таким образом, отдельное металлургическое предприятие не представляет угрозы, связанной с глобальным загрязнением атмосферного воздуха углекислым газом. Но такая угроза создается мировым металлургическим производством., выбрасывающим за год 0.2 % массы углекислого газа, содержащегося в атмосфере, примерно 7 % общих выбросов углекислого газа техногенных источников. Поэтому уменьшение выбросов углекислого газа в атмосферу должно обеспечиваться на каждом металлургическом предприятии. Огромные выбросы углекислого газа в атмосферу отдельными металлургическими предприятиями должны оказывать влияние на содержание углекислого газа в атмосферном воздухе регионов, в которых они располагаются [4, с. 33].

Список литературы

1. Дмитриев Н. Г., Китросский Н. А., Попов В. А Механизм фотохимического загрязнения атмосферы городов. – М.: Энергоиздат, 2013. – 309 с.
2. Моисеев Н. И. Модели экологии и эволюции. - М.: Знание, 2013. - 64 с.
3. Наценка И. И. Воздушная среда и здоровье человека.- Львов: Высшая школа, 2013. - 104 с.
4. Сигал И. Л. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. – С.-Пб: Недра. 2017. - 240 с.
5. Филантропова В. А., Шам П. И. О загрязнении атмосферного воздуха предприятиями чёрной металлургии. Cyberleninka.ru, 2017. – 4 с.
6. Шицкова А. П., Новиков К. В., Коимкина Н. В., Гильденскиольд Р. С., Шаприцкий В. Л. Охрана окружающей среды от загрязнения предприятиями черной металлургии. – М.: Металлургия, 2015. - 208 с.

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Федонов А.И.

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

Федонов Р.А.

Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования «Строительный Институт Технологий и Инноваций «Столица»

Склады, на которых хранятся горюче-смазочные материалы, оснащаются местными нефтеловушками, улавливающими технические масла и продукты нефтепереработки. На наиболее загрязняемых площадках предусмотрена установка локальных отстойников для предварительной очистки.

Изготовление агломерата сопряжено с образованием условно-чистых и сточных вод, имеющих значительное загрязнение. На металлургических заводах сточная вода имеет щелочную среду, рН прошедшей осветление воды, составляет 9 – 12, концентрация в ней взвешенных веществ не превышает 15 мг/л. В состав стоков входят преимущественно частицы извести и руды, их концентрация составляет 13 – 20 г/л [1, с. 106].

Очистка стоков должна включать 2 этапа: осветление и последующую стабилизирующую обработку. Воды на очистку направляются двумя потоками. В первом имеются вещества более крупного размера во взвешенном состоянии. Сначала поток проходит начальную очистку песколовкой, затем поступает на обработку в очистные сооружения.

Во втором течении содержится мелкодисперсная смесь, оно сразу подводится к очистному оборудованию, где воды обоих потоков смешиваются. Оптимальным способом очистки считается отстаивание. Для ускорения процесса отстаивания могут использоваться специальные реагенты, их распределение на дозы осуществляется специальными аппаратами «ЭВИ-УДР» [2, с. 198].

Образование стоков на выпускающих сталь агломерационных заводах происходит при использовании воды в процессах снижения температуры сталеплавильных печей, а также при влажном удалении примесей из газов.

В стоках содержатся твердые и растворимые вещества, временная жесткость воды значительно увеличена – превышает исходную жесткость в 2.0 – 2.5 раза.

Максимальное количество взвешенных веществ – 17 г/л. Обычно в отработанных водах отмечается нарушение нормального соотношения щелочных и кислотных элементов, а также повышенное содержание какой-либо группы загрязнений.

Получаемые при заливании стали в кристаллизатор стоки загрязняют масло и окалина. Среднее количество взвешенных частиц достигает 500 мг/л, технического масла – 50 мг/л. Этот вид сточных вод должен подвергаться трехэтапной очистке. На ее первом этапе используют отстаивание тонкими слоями. На следующем – флотационную обработку аппаратами «ЭВИ-УФ», допустимо добавление реагентов. Окончательная очистка выполняется фильтрами из песка и гравия [4, с. 101].

В жидкости, получаемой при горячем прокате, находится удаляемое с поверхности приборов масло. Его содержание составляет 30 – 50 мг/л. В системах охлаждения следует применять сточную воду, очищенную двухэтапным отстаиванием: в аппарате «ЭВИ-Н», а затем – в оборудованном тонкими мембранами отстойнике. На третьем этапе сток очищается фильтрами «ЭВИ», состоящими из песка и гравия. Они задерживают окалину и снижают количество содержащихся во взвешенном состоянии веществ.

Сточные воды, получаемые при холодном прокате металла, загрязняются металлическими заготовками и системой смазки валков. Технологической смазкой служат маслосодержащие эмульсии. При прокатке происходит загрязнение эмульсий мелкими примесями, химическими веществами. Эти стоки проходят очистку в нефтеловушке, отстаиваются, затем проходят обработку аппаратами «ЭВИ-УФ». Флотация с добавлением реагентов способствует нейтрализации воды, рН на выходе составляет 7.0 – 7.5 [5, с. 134].

Используемую в системах водоснабжения жидкость дополнительно обеззараживают гипохлоритом натрия, в этих целях применяется контактный резервуар и прибор «ЭВИ-УДР», выполняющий дозирование реагента.

На металлургических производствах очищенные сточные воды задействованы в оборотном водоснабжении (сбрасывание их в водоем не производится). Качество обработки применяемой предприятиями технической воды должно соответствовать требованиям МУ 2.1.5.1183-03 [3].

Список литературы

1. Защита водоемов от загрязнений сточными водами предприятий черной металлургии. Левин Г. М., Пантелют Г. С., Вайнштейн И. А., Супрун Ю. М. - М.: Металлургия, 2017. - 216 с.
2. Методы очистки производственных сточных вод: справочное пособие. Жуков А. И., Монгайт И. Л., Родзиллер И. Д. - М.: Стройиздат, 2017. - 204 с.
3. МУ 2.1.5.1183-03. Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием воды в системах технического водоснабжения промышленных предприятий.
4. Очистка производственных сточных вод. Учебное пособие для студентов ВУЗов, обучающихся по специальности «Водоснабжение и канализация» и «Очистка природных и сточных вод». Яковлев С. В., Карелин Я. А., Ласков Ю. М., Воронов Ю. В.. - М.: Стройиздат, 2016. - 320 с.
5. Очистка сточных вод в процессах обработки металлов. Смирнов А. Н., Генкин В. Е. - М.: Металлургия, 2015. - 224 с.

ИСТОЧНИКИ ОБРАЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ И СПОСОБЫ ИХ УТИЛИЗАЦИИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Федонов А.И.

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

Федонов Р.А.

Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования «Строительный Институт Технологий и Инноваций «Столица»

Данная отрасль промышленности в нашей стране занимает первое место по использованию вторичных энергетических ресурсов. Их общий выход в пересчете на условное топливо приблизительно равен 40 – 50 миллионов тонн в год при максимально возможном показателе в утилизации порядка 20 миллионов тонн.

На долю металлургии промышленности приходится порядка 50 % тепловых и около 90 % топливных вторичных энергетических ресурсов, которые применяются в промышленности. Потребности производств с полным металлургическим циклом в топливе (без учёта угля на коксование) только на 40 – 45 % покрываются с помощью его привоза и на 55 – 60 % с помощью вторичных энергетических ресурсов. К топливным вторичным энергетическим ресурсам предприятий черной металлургии относятся ферросплавный, доменный и конвертерный газы. Побочными топливными продуктами металлургических производств считаются также коксовый газ, промежуточные продукты углеобогащения, а также коксовые отсеvy [3, с. 33].

Коксовый газ, который образуется в процессе коксования угольной шихты, называется прямым. Его выход составляет около 400 – 450 м³/тн кокса. После удаления из него воды, смолы, извлечения бензольных углеводородов и аммиака его называют обратным. Обратный коксовый газ применяется в качестве топлива.

Доменный газ получают при выплавке чугуна. Из-за очень значительного содержания балласта (СО₂ и N₂) он имеет очень низкую теплоту сгорания. Главным горючим компонентом этого газа считается СО, что делает газ взрывоопасным и токсичным. Выход газа составляет в среднем 2000 м³/тн чугуна.

Ферросплавный газ получают в процессе выплавки ферросплавов в электрических печах закрытых типов. Данный газ содержит 80 – 85 % СО и около 10 % прочих горючих компонентов, что определяет относительно высокую теплоту его сгорания, около 10 МДж/м³. Выход данного газа составляет от 400 до 1400 м³/тн сплава. Из-за своей токсичности ферросплавный газ очень опасно транспортировать на значительные расстояния. В настоящее время данный газ применяется не полностью. Его используют для целей обжига известки и как топливо в котельных.

Конвертерный газ считается побочным продуктом кислородного конвертерного производства стали. Выход конвертерных газов является периодичным, он зависит от емкости конвертера и интенсивности продувки кислородом. Он содержит около 90 % СО, его теплота сгорания 9 МДж/м³. Однако в настоящий момент из-за цикличности выхода в нашей стране конвертерный газ не применяется.

Несколько по другому обстоят дела с применением тепловых отходов. Не всякие и не все потери тепла в металлургических агрегатах экономически целесообразно и возможно применять. Наиболее ценными для целей утилизации тепла считаются те теплоносители, которые обладают нижеследующими особенностями [1, с. 125]:

- непрерывностью в поступлении;
- высокими температурными потенциалами;
- большими количественными концентрированностями.

К ним можно отнести: теплоту готовых продуктов, теплоту отходящих дымовых газов, теплоту, отводимую в процессах охлаждения элементов печей.

Готовая продукция переделов металлургических предприятий (чугун, кокс, прокат, сталь), а также шлаки сталеплавильного и доменного процессов обладают двумя из вышеуказанных особенностей: их температура составляет 1300 – 1600 °С, а доля уносимого

физического тепла в балансе агрегатов составляет от 10 до 45 %. Уходящие дымовые газы металлургических печей по возможности утилизации являются самыми ценными тепловыми вторичными энергетическими ресурсами. Теплота уходящих дымовых газов может быть использована для целей нагрева воздуха, шихты, топлива, а также для получения электроэнергии и пара. Большинство из металлургических печей оборудовано тепловыми утилизационными установками: котлами-утилизаторами, рекуператорами и прочими установками [5, с. 88].

Для целей повышения сроков службы отдельные детали печей подвергают принудительному охлаждению. Потери теплоты с охлаждением составляют в ряде случаев 15 – 25 %. Эта теплота может быть применена в системах испарительного охлаждения, которыми оборудуют доменные, мартеновские и нагревательные печи. В системах испарительного охлаждения вырабатывают насыщенный пар с давлением около 4 МПа.

Потери теплоты с готовым продуктом в металлургической промышленности характеризуются нижеследующими показателями в ГДж на 1 тн продукции: с агломератом - 0.6, с коксом – 1.3, с жидким чугуном - 1.1, с жидкой сталью - 1.3, с жидким шлаком - 0.8, с прокатом - 0.5.

Физическая теплота горячих дымовых газов в общем случае может быть использована в одном из нижеследующих вариантов [2, с. 198]:

- регенерация теплоты с её возвратом в данные процессы;
- технологическое применение теплоты в последующих процессах;
- энергетическое применение теплоты.

Для металлургических производств наиболее характерно нижеследующее технологическое использование теплоты. К примеру, жидкий чугун, который получен в доменных печах, поступает в конвертеры или мартеновские печи. В данном случае физическая теплота чугуна из доменных печей входит в тепловые балансы последующих переделов в качестве одной из приходных статей. Применение теплоты жидкой стали возможно в установках прокатных цехов либо в машинах непрерывного литья заготовок.

В металлургическом производстве с полным циклом следует выделить нижеследующую структуру по выработке и возможному применению вторичных энергетических ресурсов.

Эффективное применение вторичных энергетических ресурсов позволяет замещать покупные топливные энергетические ресурсы, что очень значительно понижает себестоимость и энергоёмкость продукции.

Так, к примеру [4, с. 138]:

- применение доменного и коксового газов на собственной теплоэлектроцентрали позволяет сильно понизить (до 2 – 3 раз) себестоимость пара и электроэнергии;
- утилизация теплоты при сухом тушении кокса в котлах-утилизаторах с использованием паровых турбин для целей производства электроэнергии;
- предварительный нагрев угольной шихты отходящими дымовыми газами позволяет понизить расход топлива на 80 МКал на 1 тн кокса;
- в доменном производстве утилизация вторичных энергетических ресурсов позволяет значительно понизить затраты топливных энергетических ресурсов на 1 тн чугуна (до 4 Гкал/тн), уровень утилизации в настоящий момент составляет около 30 %;
- в электросталеплавильных цехах удельный расход электроэнергии на 20 – 30 больше, чем в странах Европейского Союза, что связано с реализацией устаревших технологий и неиспользованными значительными возможностями в энергосбережении;
- применение коксового и доменного газов в нагревательных печах прокатных производств помогает существенно понизить расходы природного газа и на 20 % понизить себестоимость готовой продукции.

Ежегодно за счет применения тепловых вторичных энергетических ресурсов экономится около 15 % покупного топлива (мазута, природного газа и угля). Количество тепловой энергии, которая выработана за счет утилизации вторичных энергетических

ресурсов, в общем балансе потребления металлургических производств составляет около 30 %, а на некоторых предприятиях до 75 %.

Список литературы

1. Данилов Н. И., Щелоков Я. М. Основы энергосбережения. Учебное пособие. - Екатеринбург: Издательский дом «Автограф», 2014. - 528 с.
2. Старк С. Б. Теплоэнергетическое хозяйство металлургических заводов. - М.: Металлургия, 2016. - 311 с.
3. Черноусов П. И. Инженерная экология. Metalspace.ru, 2017. – 50 с.
4. Чиркунов Э. В., Кузнецова И. М., Харлампиди Х. Е., Воробьев Е. С., Гайфуллин А. А. Теоретические основы энерго- и ресурсосбережения в металлургической технологии. Учебное пособие. - Казань: Казанский государственный технологический университет, 2014. - 244 с.
5. Щелоков Я. М. Энергетический анализ хозяйственной деятельности. Учебно-методическое пособие. - Екатеринбург: УрФУ, 2015. - 390 с.

ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ОКАТЫШЕЙ НА КОЭФФИЦИЕНТ СОПРОТИВЛЕНИЯ В ПЛОТНОМ СЛОЕ

Фирсовская Е.В., студент 4 курса группы ТЭ-14д

Научный руководитель – Тимофеева А.С., к.т.н., проф.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

Исследование процессов переноса при фильтрации в зернистых средах относится к числу наиболее сложных фундаментальных задач теплофизики. Это связано с наличием дополнительных масштабов длины, структурой расположения элементов зернистого слоя в канале, отличием теплофизических свойств частиц и фильтрующей жидкости, необходимостью введения эффективных коэффициентов переноса и т.д. К настоящему времени накоплен экспериментальный материал о среднем гидравлическом сопротивлении зернистого слоя, о процессах тепло- и массообмена частиц с фильтрующей жидкостью в зернистом слое [1, с.32].

Для определения влияния грансостава окатышей на коэффициент сопротивления гзу в плотном слое, были проведены эксперименты в лаборатории кафедры ММ.

Оборудование для определения коэффициента газодинамического сопротивления слоя окатышей: емкость с сыпучим материалом (1), нагнетатель газа(2), ротаметр(3), соединительная муфта емкости и ротаметра(4), манометр(5), показывающий разность давлений в слое окатышей, подставка(7), шпильки(6), поддерживающие емкость в вертикальном положении нагнетатель.

Схема лабораторной установки представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Установка для исследования скорости материала от гранулометрического состава сыпучего материала

Емкость заполняется окатышами одного размера (5-8мм, 11-12мм, 16мм), продувается сверху газом из нагнетателя через расходомер (250л/мин, 500л/мин), с помощью соединения с муфтой и регистрируется перепад давления по высоте слоя окатышей с помощью манометра на высоте (0,1;0,2;0,3;0,4м).

Экспериментальные данные приведены в таблице 1

Таблица 1 – Перепад давления по высоте слоя

Расход, л/мин	Перепад давления, в Па на высоте											
	0,4м			0,3м			0,2м			0,1м		
	5- 8мм	11,2- 12мм	+16мм	5-8мм	11,2- 12мм	+16мм	5- 8мм	11,2- 12мм	+16мм	5- 8мм	11,2- 12мм	+16мм
250	14	9	10	11	8	8	9	7	6	6	3	4
500	36	26	25	30	20	19	22	12	13	13	6	10

По полученным данным рассчитывали скорость движения газа в зависимости от гранулометрического состава сыпучего материала и способа распределения гранул, а также коэффициент сопротивления слоя дисперсного материала. Скорость газа определяли по формуле:

$$\omega_o = \frac{Q}{\pi r^2 \cdot \varepsilon},$$

где Q - объёмный расход, м³/с; π =3,14; r –внутренний радиус емкости, в который помещают окатыши, м²; ε- порозность слоя

Затем, зная скорость фильтрации и используя экспериментальные данные по перепаду давления по высоте слоя , определим коэффициент сопротивления окатышей по формуле:

$$K = \left(\frac{\Delta P}{H}\right) \cdot \left(\frac{2d}{\rho \cdot \omega^2}\right)$$

где ΔP – перепад давления в слое; H – высота слоя, м; d- средний диаметр окатышей, м; ρ- плотность фильтрующей среды , кг/м³; ω- скорость фильтрации, м/с [2.с.1].

Результаты расчета сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Коэффициент гидравлического сопротивления плотного слоя окатышей

Расход, л/мин	Коэффициент гидравлического сопротивления											
	0,4м			0,3м			0,2м			0,1м		
	5- 8мм	11,2- 12мм	+16мм	5-8мм	11,2- 12мм	+16мм	5- 8мм	11,2- 12мм	+16мм	5- 8мм	11,2- 12мм	+16мм
250	11,24	16,77	27,03	11,77	19,88	28,87	14,45	26,09	32,48	19,27	22,36	43,30
500	7,22	12,11	16,91	8,03	12,42	17,14	8,83	11,18	17,59	10,44	11,18	27,06

Результаты полученных экспериментов после обработки представлены на рисунках 2-4. Если рассматривать влияние гранулометрического состава на потери давления слое, то самые маленькие будут в окатышах класса 12мм. С увеличением диаметра потери увеличиваются незначительно, а с уменьшение они растут и чем больше расход, тем больше потери

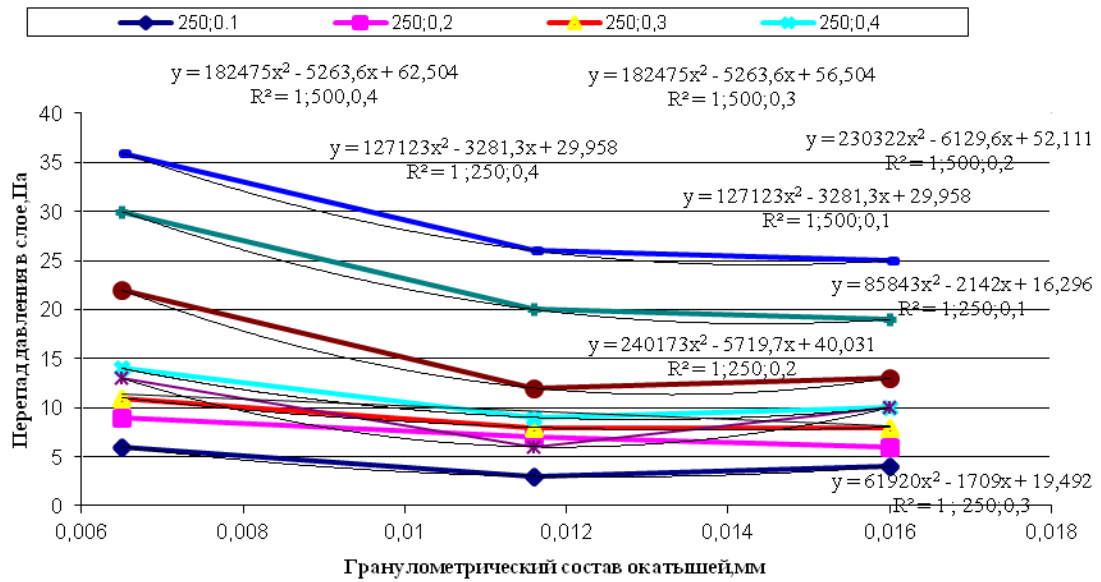


Рисунок 2 – Влияние гранулометрического состава окатышей на перепад давления в слое

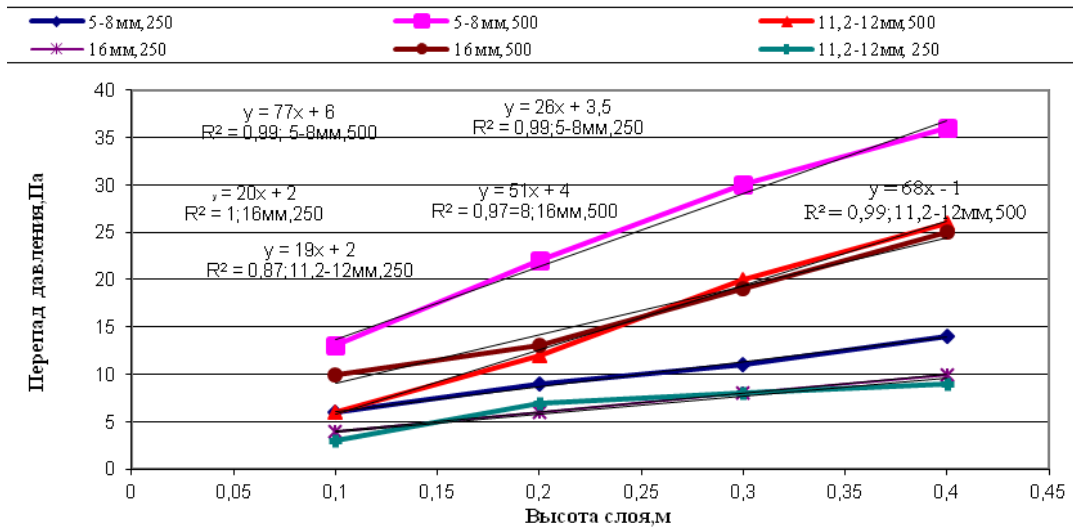


Рисунок 3 – Влияние высоты слоя окатышей на перепад давления в слое

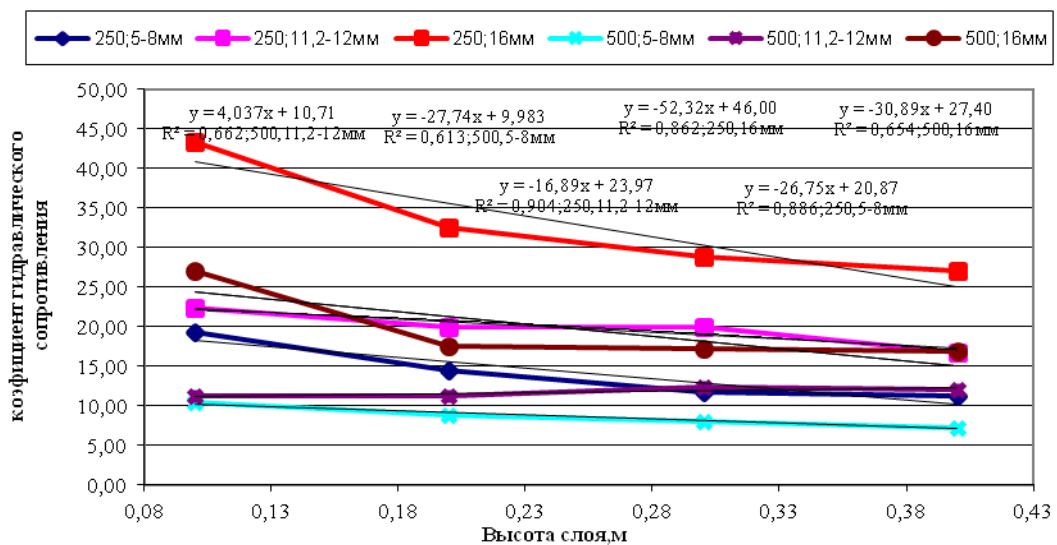


Рисунок 4 – Влияние высоты слоя на коэффициент сопротивления слоя окатышей

Потери давления по высоте слоя увеличиваются, практически линейно, для каждого класса окатышей и чем больше расход, тем больше потери, так как турбулентность потока увеличивается при увеличении скорости, соответственно потери растут.

Анализируя данные экспериментов можно сказать что, чем выше класс окатышей тем коэффициент сопротивления их больше. С изменением высоты слоя коэффициент тоже изменяется, особенно для окатышей большего класса.

Список литературы

1. Дехтярь Р.А, «Теплообмен при фильтрации жидкости в круглых и кольцевых каналах,заполненныхзернистой средой», Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук., Новосибирск, 2000. [1,с.32]
2. Фирсовская Е.В., Паринова А.С., Русанов П.С. [и др.] Исследование влияния гранулометрического состава железорудных окатышей на скорость движения газа в слое и его сопротивление. // Научное сообщество студентов XXI столетия. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: сб. ст. по мат. I междунар. студ. науч.-практ. конф. № 2(49). URL: [https://sibac.info/archive/technic/2\(49\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/2(49).pdf) (дата обращения: 30.03.2018)

ВЛИЯНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ МЕТАЛЛОШИХТЫ НА КАЧЕСТВО СТАЛИ

Шевчик Н.А. студент 1 курса (магистратура)

Научный руководитель – Малахова О.И., к.т.н., доцент

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

Для производства электростали в высокомоощных дуговых печах (ДСП) используется большое количество различных материалов. Расход шихтовых материалов наряду с затратами на потреблённую электроэнергию существенно влияет на себестоимость стали. Более чем на 80 % себестоимость стали определяется стоимостью используемого сырья, прежде всего - металлошихты [1, 2].

В условиях электроплавки в ДСП применяют следующие компоненты металлошихты [3, 4]: металлолом, металлизированные окатыши и горячбрикетированные железорудные брикеты, твёрдый или жидкий чугун, а также добавочные материалы, флюсы (известь, плавиковый шпат, коксик), окислители (воздух, кислород, окисленные железорудные окатыши, окалина и др.), топливо (чаще всего природного газа), электроэнергия, вода, инертные газы (аргон), огнеупорные материалы, электроды. Стоимость тонны компонентов шихты варьируется от 85 (железная руда, известь) до 250 долларов (металлизированные железорудные брикеты) и существенно зависит от конъюнктуры рынка [3, 4].

Применением различных компонентов металлошихты повлияет на химический состав стали (Таблица 1), её механические, технологические, эксплуатационные свойства, т.е. на качество металла в целом.

Таблица 1 – Средний химический состав металла в ДСП

Металлошихта	Доля	C%	Mn%	Si%	O%	Ce%	Cr%
Лом А	0,14	0,05	0,12	0,17	0,06	0,003	0,26
Лом Б	0,11	0,05	0,12	0,17	0,06	0,003	0,26
Металлиз. окатыши	0,60	2	0,3	3,9			
Стальная стружка	0,05	0,45	0,78	0,31	1,73		0,15
Чугун твердый	0,03	4,5	0,5	0,4			
ГБЖ	0,05	1,7	0,3	4,1			
Средний состав		1,4505	3,723	2,8826	0,5567	0,0004	0,0016

Таблица 1 (продолжение) – Средний состав металла в ДСП

Cu%	Mo%	Nb%	Ni%	Sn%	Ti%	V%	W%	S%	P%
0,02	0,14	0,001	0,4	0,001	0,015	0,005	0,009	0,015	0,015
0,02	0,14	0,001	0,4	0,001	0,015	0,005	0,009	0,015	0,015
0,006				0,001	0,02			0,005	0,015
								0,013	0,014
								0,08	0,02
0,005				0,001	0,02			0,004	0,011
0,0104	0,0056	0,0003	0,0008	0,0008	7E-05	0,0002	9E-05	0,0003	0,0024

Металлолом (металлический лом) — общее, собирательное название [2] различного металлических отходов (пришедших в негодность металлических изделий), утилизируемого или не утилизируемого во вторичном металлургическом цикле. Сбор и последующее использование металлолома различных категорий (Таблица 2) для металлургической отрасли помогает решать задачу энерго- и ресурсосбережения в чёрной металлургии. В настоящее время особо актуальна проблема качества лома отходов черных металлов.

Ферросплавы - сплавы железа с кремнием, марганцем, хромом, титаном, ванадием и другими элементами [2, 4]. Кроме ведущих элементов (кремний, марганец, хром, титан, ванадий и др.) ферросплавы содержат также и вредные примеси (углерод, сера, фосфор и др.), концентрация которых строго лимитируется. Производятся ферросплавы, в которых

содержится два или несколько ведущих элементов, так называемые комплексные ферросплавы. Железо в таких ферросплавах содержится в незначительных количествах. К ферросплавам относят также некоторые металлы и неметаллы в технически чистом виде - металлический марганец, металлический хром, кристаллический кремний и др.

Таблица 2 – Категории металлолома

Категории	Описание металлолома
3А	Стальной кусковой лом — габаритные размеры не более 800*500*500 мм (ГОСТ 2787-75), вес куска не менее 2 кг, трубы диаметром более 200 мм должны быть сплющены или разрезаны по образующей. Толщина металла не менее 6 мм.
5А	Стальной негабаритный лом, толщиной от 4 мм, трубы длиной до 1,5 м и диаметром более 200 мм, не сплющенные или не разрезанные по образующей, вес конструкции до 5 т.
12А	Стальной лом — толщина металла менее 4 мм. Стальные, листовые, полосовые и сортовые отходы, кровля, легковесный промышленный и бытовой лом, проволока и изделия из неё, металлоконструкции, трубы.
17А	Лом чугуна промышленного — размер не более 1500*500*500 мм.
19А	Лом чугуна — размер 1500*500*500 мм с повышенным содержанием фосфора, сантехнические изделия (батареи, ванны и т. п.).
20А	Негабаритный чугунный лом и отходы промышленного производства в виде чугунных отливок, изложниц и поддонов, вес куска не более 5 т.
22А	Негабаритный чугунный лом и отходы сантехнического производства и т. д. с повышенным и высоким содержанием фосфора.

В современном электросталеплавильном производстве (в плавильной печи, на АКОСе, в вакууматоре) используются (Таблица 3) разнообразные ферросплавы.

Таблица 3 – Применения ферросплавов в электросталеплавильном цехе

Агрегат	Ферросплавы, лигатуры, цветные металлы
ДСП	Alч. АВ87, Ni мет., FeCr25, FeMn78, FCr8-9Т<, MoO бркт.
АКОС	Al пр. АВ97, FCr8-9Т<, MnC17350, FeSi 65<, Al ктн. 11,5, Ni мет., FeMo60, FeMn78, SiCa 40п
Вакууматор	Al ктн. 11,5, SiCa 40п, Spr.d15

Негативное влияние компонентов металлошихты на состав стали может проявляться в повышенном содержании в ней серы, фосфора, неметаллических включений, газов и следов цветных металлов. Ферросплавы в настоящее время используют на различных стадиях сталеплавильного производства (Таблица 3). Их применяют не только для легирования, а также для раскисления и модифицирования [6-10]. Таким образом, на качество стали повлияет не только химический состав, но и цель применения ферросплавов, а также метод и способ их введения.

Заключение

Анализ научно-технической литературы и производственных данных показал, что различные составляющие металлошихты (лом, металлизированные окатыши, ферросплавы и др.) существенно влияют на качество готовой продукции. Химический состав, фракция, компоновка и множество других факторов компонентов металлошихты оказывают влияние на комплекс свойств готовой продукции. Таким образом, актуальной задачей является

необходимо углубленное изучение указанных факторов и разработка концепции уменьшения их влияния на качество стали.

Список литературы

1. Шевчик Д.А. Минимизация себестоимости металлошихты в сталеплавильном производстве с использованием симплекс-метода. В сборнике «Четырнадцатая Всероссийская научно-практическая конференция студентов и аспирантов» (сборник научных и научно-практических докладов Всероссийской научно-практической конференции студентов и аспирантов). Старый Оскол: СТИ НИТУ «МИСиС», 2017 г. С. 172-174.
2. Кудрин В. А. Теория и технология производства стали: Учебник для вузов. – М.: «Мир», ООО «Издательство АСТ», 2003. – 528с.
3. <https://steeluniversity.org/product/basic-oxygen-steelmaking-simulation/> точка доступа 12.04.2017 г.
4. Курунов, И. Ф. Металлошихта сталеплавильных процессов / И. Ф. Курунов, Н. А. Савчук. – М.: Черметинформация, 2002. – 160 с.
5. Шевелев Л.Н., Метушевская В.И., Качество стали и влияние на него использования лома, М.: Машиностроение, 1995. – 176 с.
6. Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Роор А.В., Влияние углеродфторсодержащей флюс-добавки на уровень загрязненности металла сварного шва оксидными неметаллическими включениями, Вестник Сибирского государственного индустриального университета. №4 (6), 2013. С 20-24.
7. Голубцов В.А., Рябчиков И.В., Яровой К.И., Эффективность применения барийсодержащих комплексных ферросплавов при выплавке стали/ Сталь. 2013. № 8. С. 32-35.
8. Мельник С.Г., Троцан А.И., Онищенко А.А., О применении Al-содержащих ферросплавов для раскисления стали/Литьё и металлургия, №3 (72), 2013. С. 204-206.
9. Лапин М.В., Шешуков О.Ю., Некрасов И.В., Особенности модифицирования расплава смесевыми и чипсовыми ферросплавами // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. - 2014. - V. 1, 1. 1. - P. 128-131.
10. Кудрин, В. А. Современные условия обеспечения сталеплавильных цехов металлошихтой и роль ломоперерабатывающих предприятий / В. А. Кудрин, Г. А. Исаев, В. Е. Рощин. – Челябинск: Изд-во Южно-Урал, 2007. – 345 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ОБЖИГОВОЙ ПЕЧИ

Шумаков В.В., студент 4 курса

Научный руководитель – Сазонов А.В., к.т.н.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) НИТУ «МИСиС»

Известь представляет собой экологически чистый, безопасный, вяжущий материал, который получают в результате обжига и дальнейшей обработки мела, известняка и прочих известково-магнезиальных горных пород.

Материал состоит из смеси оксида кальция (CaO) и магнезия (MgO). Гашеная и негашеная известь (гидроксид и оксид кальция) широко используется в разных отраслях производства. Основной объем использования извести приходится на металлургическую промышленность, поэтому именно производители металлургии являются одними из главных производителей этого материала (для собственных нужд). Другие заметные потребители негашеной извести – строительная, целлюлозно-бумажная и химическая промышленности, а также сельское хозяйство [1].

Известковая промышленность является энергоемкой отраслью с потреблением энергии до 60 % от расходов на производство. В среднем удельный расход тепла на производство 1 т, во вращающейся печи с запечным теплообменником, составляет 6,8 ГДж/т, а электроэнергии 40 кВт · ч/т. Таким образом в себестоимости производства извести более половины расходов составляют затраты на электроэнергию и топливо. Схема энергопотребления при производстве извести, в соответствии с данными [2], представлена на рисунке 1.

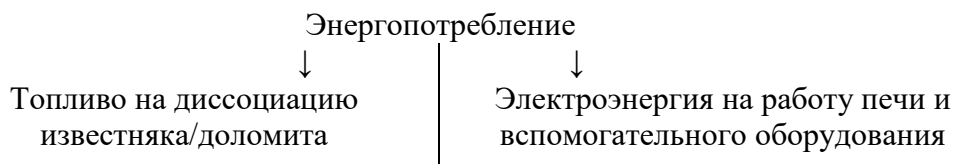


Рисунок 1 – Схема энергопотребления [2]

В условиях быстрого роста цен на органическое топливо энергосбережение во всех отраслях промышленности является важнейшим фактором снижения себестоимости производства продукции и повышения её конкурентоспособности. Внедрение энергосберегающих технологий, снижение общего расхода тепла на единицу продукции, рациональная организация расхода топлива являются актуальными задачами отрасли [2].

В ходе повседневной деятельности промышленных предприятий с различными теплоносителями сбрасывается огромное количество тепла, возможность использования которого в рабочем цикле предприятия или объекта в данное время не реализована в достаточной степени. Теплоносителями могут являться как сточные воды с температурой в несколько градусов, так и газы, образующиеся при коксовании угля с температурой, достигающей 400 °С. В качестве других источников тепловой энергии может использоваться тепло, сбрасываемое различными агрегатами и системами в процессе их работы. Некоторые источники тепла и их температуры, в соответствии с данными представленными в [3], приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Теплоносители

Вид теплоносителя	Температура, °С
Сточные воды	15-19
Производственные выбросы газа	250-300
Температура от оборудования	30-100
Температура газа при коксовании угля	400-430
Масло из двигателя ТВЗ-117	80-150
Масло из редуктора ВР-14	70-80

Вторичные энергоресурсы (ВЭР), большие резервы которых имеются в промышленности производства строительных материалов в обжиговых печах - большая поверхность барабанов вращающихся печей, способствующая росту потерь теплоты в окружающую среду. Согласно имеющимся данным [4] эти потери составляют от 14 до 41 % всех потерь. Использование ВЭР позволяет значительно повысить энергоэкономические, экологические и технологические характеристики промышленного и коммунально-бытового теплоснабжения и электроснабжения.

Энергию источников ВЭР можно собрать при помощи тепловых насосов, но они не позволяют преобразовывать тепловую энергию в другие виды. Из данного тепла желательно получить энергию, удобную для транспортирования на большие расстояния, т. е. электрическую.

Низкие температуры большинства источников тепла и их негазообразное состояние, например, тепло компрессорных станций, масло в системах вертолета, тепло промышленных процессов, а также отсутствие высокого давления в газообразных источниках, не дают возможности использовать их тепловую энергию напрямую. Энергию источников необходимо снимать при помощи низкокипящих рабочих тел (НРТ). После снятия тепла с источника производится преобразование тепловой энергии в механическую, происходящее на лопаточной машине (паровой турбине) [3].

Перспективным решением проблемы является применение энергетической установки с модулем ORC (Organic Rankine Cycle) (если в цикле в качестве рабочего тела используется не пар, а НРТ, то установка будет работать по органическому циклу Ренкина [5], представленного на рисунке 2.

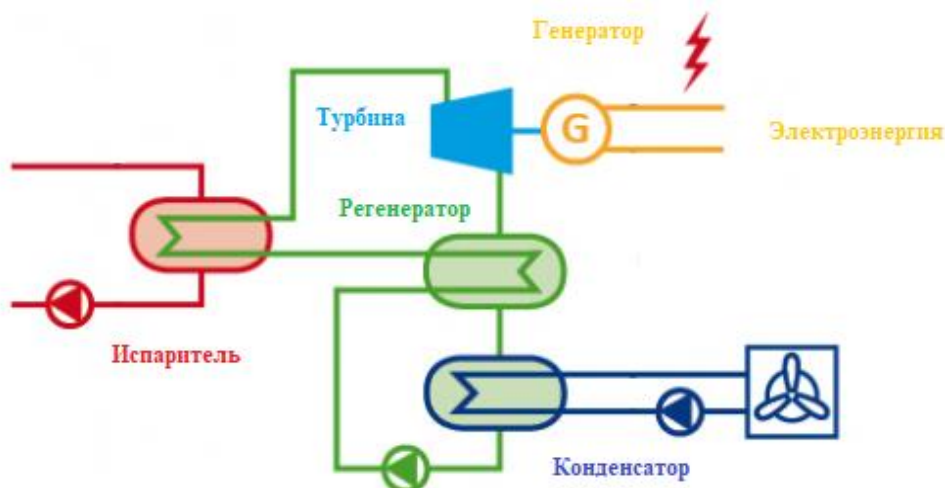


Рисунок 2 – Схема ORC [5]

Принцип работы цикла чрезвычайно прост: при нагреве внешним источником тепла с помощью теплообменника разделяющего среды, происходит кипение и превращение в газ жидкого хладагента. Газ расширяется и устремляется в турбину. Проходя через турбину и отдав свою тепловую энергию, газ поступает в конденсатор (охладитель), где конденсируется, превращаясь в жидкость. Насосом жидкость подается обратно в зону нагрева. Газ, проходящий через турбину, раскручивает её и энергия вращения турбины преобразуется в электрическую энергию с помощью электрогенератора [5].

Выбор оптимального НРТ для ORC-модуля зависит от исходной температуры источника тепла. Например, при температуре источника тепла 85 – 120 °С используются, как правило, фреоновые смеси, при температуре 150 – 200 °С – углеводороды типа пентана, бутана.

На данный момент в известковой и цементной промышленности есть опыт применения искусственного охлаждения корпуса печи — воздушного (обдувку) или водяное

(орошение). По данным опытных испытаний Южгипроцемента [6] установка на вращающейся печи системы теплообменников, смонтированных с небольшим зазором на корпусе. Внутри труб теплообменника циркулирует вода, расход которой можно регулировать в определенных пределах и тем самым регулировать температуру корпуса печи на этом участке и толщину обмазки на футеровке, которая одновременно позволяет полезно утилизировать тепло. Количество утилизированной теплоты на печи размером 3,6 на 70 м составило 32000 ГДж/год при рабочей температуре воды 80 - 90 °С. Установки этого типа успешно эксплуатировались с 1975 г. на Балаклейском цементном комбинате и позволяли полезно утилизировать теплоту, эквивалентную 2,5 тыс. т.у.т в год [6].

При постоянно растущих ценах на органическое топливо и электроэнергию для промышленных предприятий, целесообразно использовать органический цикл Ренкина для конвертации в электроэнергию тепла, излучаемого вращающейся печью. Это позволит не только следовать энергетической стратегии РФ, но и снизить себестоимость продукции, тепловую нагрузку на окружающую среду, истощение природных ресурсов.

Список литературы

1. Рынок строительной извести [Электронный ресурс]/ГРУППА КОМПАНИЙ ВИРА. URL: <https://www.vira.ru/exp/news/detail.php?ID=46340> (дата обращения 30.03.2018).
2. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Производство извести: информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. – Москва.: Бюро НТД, 2015.
3. Морозов Н.В. Паровые турбины на низкокипящем рабочем теле// Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. – 2010. - № 2. – С.102-106.
4. Петраш В.Д. Зависимость эффективности преобразования энергетических потоков от удельного расхода воздуха в системе стабилизирующего охлаждения вращающейся печи для промышленного теплоснабжения / В.Д. Петраш, И.В. Чернышева// Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2013. –№ 4. – С.72-78.
5. Технология ORC [Электронный ресурс]/Altenergy URL: <http://altenergy.lv/na-pravleniya-i-produkty/vozobnovlyаемая-energiya/tekhnologiya-orc/> (дата обращения 30.03.2018).
6. Болдырев А.С. Пути экономии топлива в цементной промышленности/А.С. Болдырев, В.К. Хохлов. — М.:Стройиздат,1983. — 26 с.

СЕКЦИЯ « НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИИ »

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРОЕНИЯ ОКИСЛЕННЫХ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КМА

Е.В. Глоба, Е.В. Гришкина, студенты 4 курса

*Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский технологический институт «МИСиС»,
г. Старый Оскол*

Проблема обогащения окисленных железистых кварцитов является весьма актуальной, т.к. в процессе добычи и переработки магнетитовых руд на железорудных предприятиях доля окисленных руд достигает 10-30%. Вовлечение в переработку окисленных железистых кварцитов попутной добычи является наиболее перспективным и экономичным источником роста производства концентратов без увеличения объемов добычи магнетитовых руд. Для балансовых запасов: к неокисленным отнесены железистые кварциты с массовой долей железа магнитного более 16, к окисленным – менее 16 при массовой доле железа общего не менее 30%. В России практически все балансовые запасы окисленных железистых кварцитов сосредоточены на КМА (3,6 млрд.т) (Михайловское месторождение и группа месторождений Старооскольского рудного узла), кроме того, для открытых горных работ имеются большие забалансовые запасы в пределах действующих карьеров КМА. Окисленные кварциты в промышленном масштабе не перерабатываются, а попутно добываются с неокисленными и складировются с образованием техногенных месторождений.

Минералы окисленных кварцитов характеризуются широким разнообразием конституции, морфологии размеров минеральных индивидов и агрегатов и определяются, в первую очередь, составом исходных неокисленных кварцитов, а во-вторых, изменчивостью минералов в зоне окисления; что сказывается на их свойствах и составе и, в конечном счете, на технологических свойствах. Особенно четко это просматривается у гематита, который встречается в виде нескольких морфолого-генетических разновидностей: сингенетического и эпигенетического собственно гематита (пластинчатые, призматические, ромбоэдрические, радиально-лучистые, эмульсоидные) и псевдоморфного гематита, развитого по магнетиту – мартита.

На Михайловском месторождении окисленные кварциты залегают на неокисленных, перекрывая их полностью по всей площади месторождения. На месторождении развита зона окисления линейно-площадного типа, которая прослеживается на глубине свыше 600 м, с непостоянной мощностью их распространения. Окисленные кварциты в виде "языков" и "карманов" заходят в толщу неокисленных и по степени окисления проявляют четыре подзоны: мало- (МО), полу- (ПО), существенно (СО) и весьма (ВО) окисленные с массовой долей железа магнитного соответственно в интервале 16-12, 8-12, 4-8 и 0-4%. Главные минералы – железная слюдка (гематит) и мартит. Магнетит присутствует преимущественно в виде реликтов в мартитовых зернах, изредка – в виде отдельных частиц. Из нерудных минералов преобладает кварц, в меньших количествах присутствуют силикаты и карбонаты.

Окисленные кварциты месторождений Старооскольского рудного района по геолого-технологическим свойствам близки между собой и представляют зону полного окисления железистых кварцитов площадного типа, в которых главный рудный минерал – магнетит преобразуется в мартит, а кварц частично претерпевает растворение с краев зерен. Мощность окисленных кварцитов колеблется от 0,2 до 56 м. Главные породообразующие минералы: мартит, железная слюдка (гематит), магнетит в виде реликтов в мартите, лимонит и кварц;

второстепенные (эпигенетические)– сидерит, кальцит, хлорит, пирит.

Разделение минеральных частиц в магнитном поле сепараторов определяется в основном величиной их удельной магнитной восприимчивости. В отличие от сильномагнитных минералов магнитные свойства слабомагнитных не зависят от формы частиц и напряженности намагничивающего поля. Но на практике слабомагнитные минералы по физическим свойствам весьма разнообразны и их удельная магнитная восприимчивость зависит от многих факторов и может значительно изменяться. Кроме того, многие сопутствующие нерудные минералы обладают магнитными свойствами и имеют удельную магнитную восприимчивость близкую к некоторым рудным. Это обстоятельство, в конечном счете, приводит к извлечению их при обогащении в магнитном поле в магнитный продукт. Наличие в окисленных кварцитах кварца, силикатов и других нерудных минералов с дисперсным включением рудных с удельной магнитной восприимчивостью близкой к рудным минералам способствует загрязнению ими концентрата при их совместном обогащении.

В настоящее время вновь активно прорабатываются технические решения для получения железорудной продукции из окисленных железистых кварцитов, на базе которых в перспективе сырьевая база чёрной металлургии может быть значительно расширена. Совершенно очевидно, что поставленная задача может быть успешно решена только на основе детального изучения состава и свойств исходного минерального сырья.

Список литературы

1. Гзогян Т.Н., Булгакова А.П., Гзогян С.Р. Особенности состава и строения окисленных железистых кварцитов Старооскольского района КМА.
2. Гзогян Т.Н. Особенности состава и строения окисленных железистых кварцитов Михайловского месторождения КМА.
3. Гзогян Т.Н., Гзогян С.Р. Минерально-технологические свойства силикатных минералов с позиции их воздействия на обогащение железистых кварцитов//Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, №6, 2010.
4. Железные руды КМА (под ред. Орлова В.П., Шевырева И.А., Соколова Н.А.). – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001.

МОБИЛЬНЫЕ ДРОБИЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.

В.К. Дородный, студент 4 курса

Научный руководитель: ст. пр. В.Н. Климов

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
г. Старый Оскол.

Цель исследования. Изучить предлагаемую технологию получения заполнителей с помощью мобильных дробильных установок компании Metso Minerals серии Lokotrack, описать технологию работы данных комплексов и рекомендовать их использование для строительства автомагистрального дорожного полотна.

Постановка задачи. Основные натуральные наполнители дорожных смесей - это песок, щебень и гравий, являющиеся каменными породами. Правильно выбранный наполнитель, его фракция помогут снизить ценообразующий фактор дорожного полотна путем сокращения расходов на такой дорогостоящий компонент, как битум. Таким образом, необходимо правильно выбирать оборудование для производства щебня, песка или гравия, а так же для их последующей переработки для получения нужной фракции.

Иновации и модернизация. В настоящее время мобильные дробильные комплексы для производства щебня выполняют практически все операции, необходимые для строительства автодорожного полотна, начиная от добычи основного материала (песка, щебня или гравия) и заканчивая их транспортировкой к месту строительства.

Объект исследования. Одним из фаворитов в данной области выступает компания Metso Minerals. Данная компания выполняет строительство дорожного полотна, состоящего из нескольких слоев (рис. 1). Как видно из рисунка, слои, находящиеся ниже изнашивающегося, повышают срок эксплуатации всего дорожного покрытия, вследствие чего окупаются затраты на дорогостоящие компоненты.

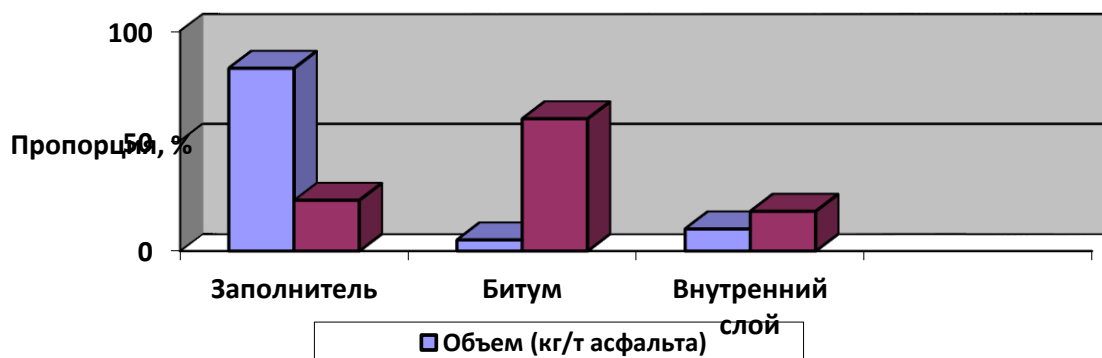


Диаграмма 1. Стоимость и объемные пропорции компонентов дорожного покрытия

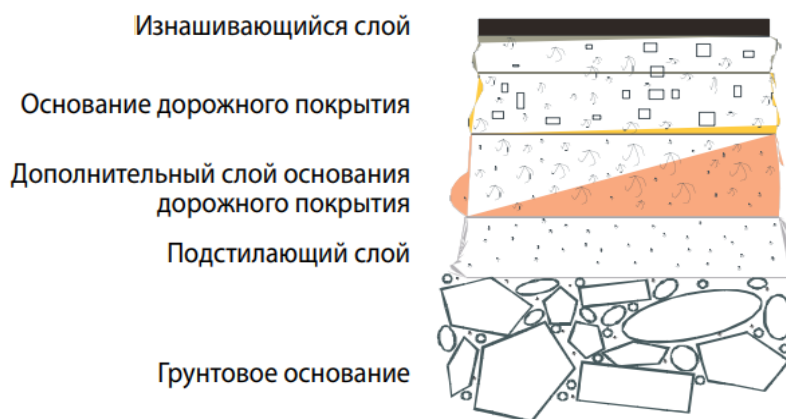


Рисунок 1. Составные слои автодорожного полотна.

Чтобы осуществить данную технологию строительства, кампания предлагает свою схему технологического комплекса по добыче каменных ископаемых (рис. 2).

Каждый слой автодороги имеет свою мощность (рис. 3). При разработке месторождения, с каждого участка добычи и переработки берется материал определенной фракции для строительства. Транспортирование осуществляется мобильными конвейерами, соединяющими перегрузочные площадки и место ведения работ по строительству. Таким образом не только осуществляется механизация и практически полная автоматизация всего производственного процесса, но и снижаются эксплуатационные затраты путем отсутствия из технологической цепи автотранспорта: мобильные конвейера содержат меньшее количество деталей, чем карьерные самосвалы, то есть требуют меньшую потребность в запчастях. [1, С. 8]. Кроме того, снижаются общие затраты на тонну добытой продукции за счет внедрения мобильных МДСУ (табл. 1).

Применяемое в технологической цепи оборудование (табл. 2) модернизировано согласно последним требованиям потребителей данных типов машин. Они выполняют этапы производства автоматизированно, обладают всеми необходимыми наборами дополнительного мобильного оборудования в виде грохотов, конвейеров и систем автоконтроля. [2, 3].

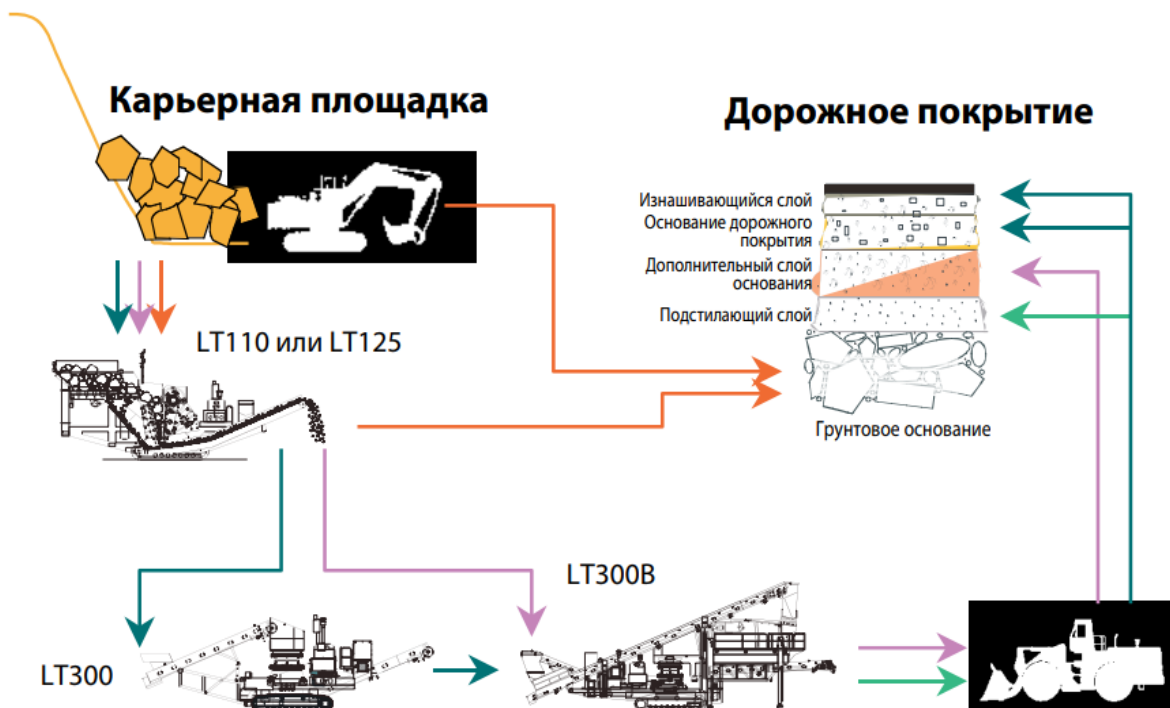


Рисунок 2. Технологическая схема добычи и переработки каменных ископаемых

Таблица 1. Мощности слоев автодорожного покрытия

Слой	Толщина (мм)	Вес (т/км)
Изнашивающийся слой	20-200	320-3200
	100-250	1600-4000
Доп. слой	300	4800
Подстилающий слой	150-300	2400-4800
Грунтовое основание	-1000	16000

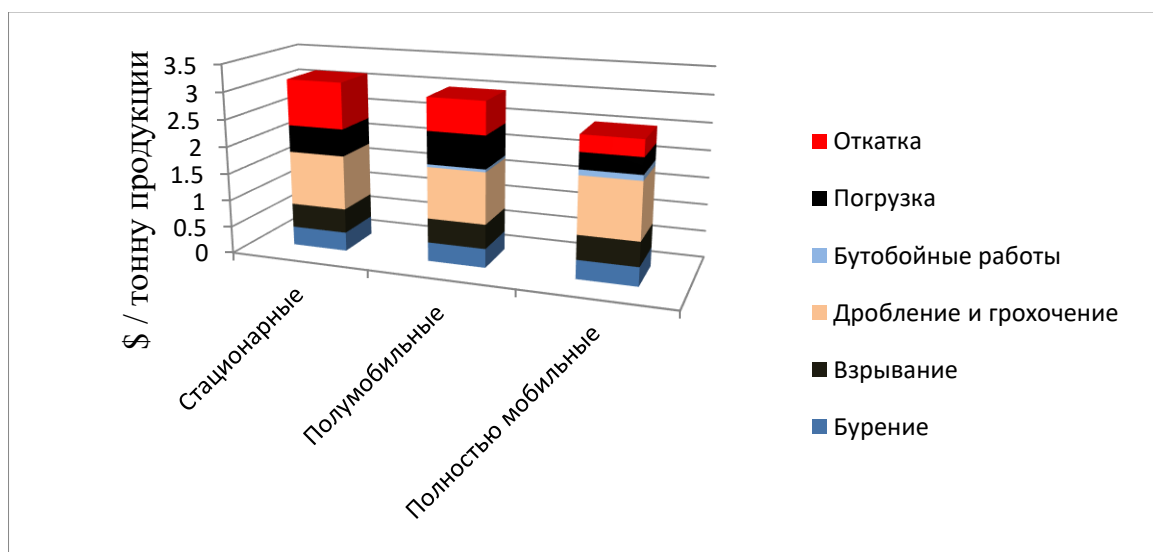


Диаграмма 2. Общие затраты на тонну продукции

Таблица 2. Применяемое оборудование

	Metso Lokotrack LT110	Metso Lokotrack LT125	Metso Lokotrack LT300	Metso Lokotrack LT300B
Производительность, т/ч	≤700	≤540	≤530	≤390
Дробилка: Размер питания, мм	Nordberg C110 ≤670	Nordberg C125	Nordberg GP300S ≤260	Nordberg GP300 ≤280
Высота разгрузки конвейера, мм: Основной Боковой	3500 3650	3900 3000	3700 2000	° °
Грохот: Габариты, мм	° °	° °	TK13-30S 3000×1300	B380T 5 450×1640

Закключение. Исходя из всех перечисленных достоинств, можно сказать, что применение данных технологии и оборудования для производства заполнителей для дорожного полотна и само строительство автодороги рационально. Такая технология строительства обеспечит долгий срок эксплуатации дорожного покрытия, улучшит качество изнашиваемого слоя дороги, а так же сведет к минимуму количество ремонтов как используемого оборудования, так и автодороги. Кроме того, для поддержания в рабочем состоянии данного технологического комплекса нужен меньший по составу персонал, так как многие этапы производства автоматизированы.

Список литературы

1. Брошюра Metso Expect results. Дробление и сортировка. Шестое издание
2. URL: <http://grokhot.ru/metso/lt110.html>
3. URL: <https://www.turbotext.ru/uploads/pja4xw8qv09ecs1ky3o52bt7fld6hmrzingu.pdf>

ПЕРСПЕКТИВЫ МОКРОГО ТОНКОГО ГРОХОЧЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ

С.А. Ледовских, студент 4 курса

П.В. Клименков, студент 1 курса

Научный руководитель: канд. техн. наук, ст. преподаватель, Терехин Е.П.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

г. Старый Оскол

Современным направлением повышения эффективности схем обогащения при переработке железистых кварцитов является стадияльное выделение готового концентрата, которое позволяет снизить затраты на последующее измельчение, а также несколько повысить выход концентрата и извлечение железа в концентрат.

Широко распространенные механические (спиральные) и гидравлические (гидроциклоны различных типов) классификаторы показывают низкую эффективность работы по готовому классу, что приводит к увеличению фронта измельчения и как следствие к переизмельчению зерен полезных минералов при низкой степени раскрытия сростков и, в конечном итоге, снижает извлечение ценных компонентов в концентрат.

С появлением грохотов нового поколения [1, С. 258] стало возможным существенное улучшение эффективности классификации путем применения операции тонкого мокрого грохочения за счет уменьшения погрешности классификации и максимального выхода расчетного класса в подрешетный продукт.

Положительный опыт от применения операции тонкого грохочения на ряде предприятий (ОАО «Карельский окатыш», ОАО «Соколовско-Сорбайское ГПО, ОАО «Ковдорский ГОК», ОАО «Олкон» и других) инициировал в 2008 г. использование грохотов *STACK SIZER* американской фирмы DERRICK в замкнутом цикле измельчения на дробильно-обогатительной фабрике АО «Комбинат КМАруда» [2, С. 4].

Десятилетняя эффективная эксплуатация таких грохотов позволила распространить операции тонкого грохочения концентратов на все три стадии обогащения. Для этого понадобилось большее количества новых машин, поэтому специалисты комбината, в свете реализации программы импортозамещения, разработали собственную конструкцию грохота тонкой классификации из материалов отечественного производства, полностью адаптированного к условиям ДОФ.

Авторами статьи были произведены расчеты производительности самобалансного виброгрохота мокрого грохочения с фазовым уравниванием дебалансов. Для создания прямолинейных колебаний и одностороннего направленного движения материала определены параметры вибромоторов, работающих по схеме встречного вращения дебалансов (см. рис. 1)

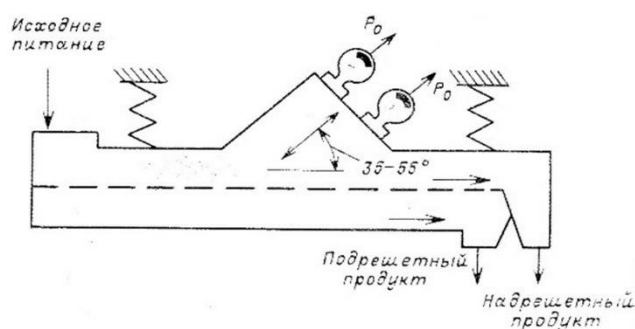


Рисунок 1. Кинематическая схема самобалансного грохота

Масса дебалансного груза, рассчитанная с учетом массы колеблющихся частей грохота, амплитуды его колебаний и радиуса центра масс дебалансного груза составила 48 кг, а суммарная возбуждающая сила от двух дебалансов - 47 кН.

Система уравновешена относительно оси вращения дебалансов, но учитывая возможную неуравновешенность и пренебрегая другими потерями в вибрационном грохоте в виду их малости, потребляемая мощность вибромотора с двумя дебалансами должна быть не менее 2,5 кВт.

Производительность вибрационных грохотов точному расчету не поддается и является величиной опытной, однако можно указать, что она пропорциональна ширине грохота, высоте слоя материала на грохоте и скорости его движения вдоль сита. С учетом рассчитанных конструктивных и режимных параметров расчетная производительность грохота по питанию составила 80 т/час.

Грохот тонкой классификации – это самобалансный, высокочастотный, односитный виброгрохот мокрого грохочения, предназначенный для классификации частиц по крупности при обогащении минерального сырья. Внутренние поверхности грохота имеют антиабразивное и антикоррозионное покрытие.

Для увеличения площади просеивающей поверхности грохот комплектуется 5-ью деками с собственными питателями. Грохот тонкой классификации (см. рис. 2) состоит из несущей рамы 1, одной верхней деки 2 и четырех нижних дек 3, бункера подрешётного 4 и надрешётного 5 продукта, вибродвигателей 6, пяти питателей 7 и приёмных патрубков 8.

Рама сварной конструкции из стального профиля, является несущей для всего грохота и определяет угол наклона крепления рам ситовых панелей (верхней и нижней). Бункеры подрешётного и надрешётного продукта тоже крепятся к несущей раме.

Деки соединены продольными балками, передающими инерционные силы вибрации двух вибродвигателей, установленных на верхней деке. Амортизирующие шайбы, соединяющие раму и деки в сборе с балками, поглощают вибрацию ситовых дек от несущей рамы.

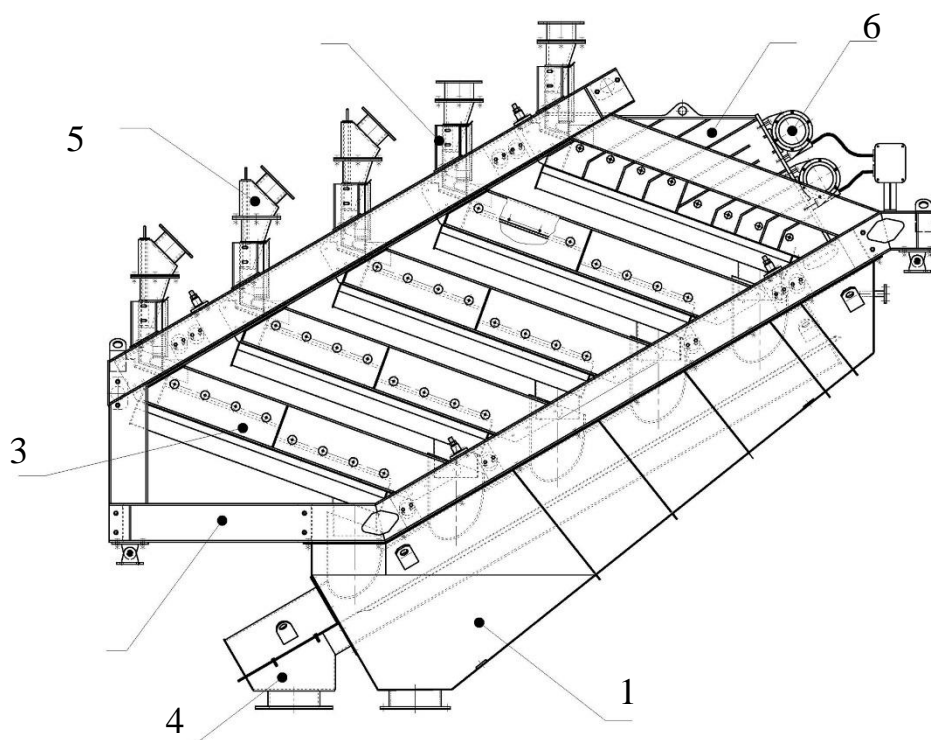


Рисунок 2. Грохот тонкой классификации.

1 – рама; 2 – дека верхняя; 3 – дека нижняя; 4 – бункер подрешётного продукта; 5 – бункер надрешётного продукта; 6 – вибратор; 7 – питатель; 8 – патрубок приёмный

На каждой деке установлены два сита, предназначенные для отсева частиц. Они являются сменными (периодичность замены сит зависит от производительности и

абразивности потока). Размеры ячейки сита 100 или 75 микрон определяются исходя из стадии обогащения. Угол наклона сит грохота определяется исходя из общей производительности и фракционного содержания материала. Все поверхности грохота, имеющие контакт с продуктом, покрыты износостойким полиуретаном для увеличения срока службы.

Питатель устанавливается с входного конца каждой деки. Он оборудован рассекателем для равномерного распределения потока пульпы по поверхности сита. Питатель имеет разборную конструкцию, что необходимо для его обслуживания.

Пульпа, проходящая сквозь сита, попадает в коллектор подрешётного продукта, далее в отводящий жёлоб и в сборный узел бункера подрешётного продукта. Бункеры подрешётного продукта и надрешётного продукта собираются в одну сборку для улавливания материала. Сборка бункера подрешётного продукта представляет собой коллектор, собирающий подрешётный материал (вода и обрабатываемый материал), прошедший через ячейки сита на деках. Верхняя часть бункера имеет входные каналы, соответствующие дренажным выходным каналам сборников подрешётного продукта на каждой деке.

Работает грохот следующим образом. Пульпа, состоящая из воды и технологического материала, подаётся в пульподелитель, равномерно распределяющий пульпу на питатели дек. Питатели равномерно распределяют пульпу по всей ширине сита. Минусовой класс продукта проходит сквозь сито в ванну дек и далее – в бункер подрешётного продукта. Плюсовой класс продукта транспортируется по поверхности сита и попадает в бункер надрешётного продукта, после чего смывается водой. Оба продукта грохочения через фланцевые соединения попадают в соответствующие трубопроводы.

Рассчитанные параметры грохота тонкой классификации показали хорошую сходимость результатов с фактическими при его опытной эксплуатации на ДОФ комбината КМАруда.

Список использованной литературы:

1. Опалев А.С., Бирюков В.В., Щербаков А.В. Стадиальное выделение магнетитового концентрата при обогащении железистых кварцитов на ОАО «ОЛЖОН» Международное совещание «Плаксинские чтения 2013». С. 258-261
2. Пелевин А. Е., Лазебная М. В. Применение грохотов «Деррик» в замкнутом цикле измельчения на обогатительной фабрике ОАО «Комбинат КМАруда» // Обогащение руд. 2009. № 2. С. 4–8.

СОВРЕМЕННЫЕ СХЕМЫ РУДОПОДГОТОВКИ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ

Д.Г. Петров, Е.В. Гришкина, студенты 4 курса

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»,
г. Старый Оскол

На подготовку рудной шихты к обогащению обычно приходится 50 - 60% эксплуатационных расходов и до 70% энергозатрат, что указывает на то, что основное внимание должно быть направлено на совершенствование процессов и оборудования рудоподготовки и, в частности, на снижение крупности дробленого продукта [1]. Поскольку в процессе дробления удельные энергозатраты обычно ниже, чем при измельчении, то для повышения эффективности рудоподготовки необходимо стремиться к максимальному переносу работы по разрушению руды на дробление и направлять на измельчение как можно более мелкий по крупности продукт.

Характерной чертой горной промышленности является опережающий рост энергопотребления по отношению к темпам роста промышленной продукции. Этот факт отражен при анализе динамики прироста объемов производства товаров отрасли, добычи полезных ископаемых на фоне потребления электроэнергии в целом по стране (рис.).

Сравнительно недавно (1986 г.) был разработан способ разрушения руд в валковых прессах высокого давления. Область их применения ограничивалась легкодробимым минеральным сырьем (клинкер, шлаки, уголь, известняк и т.д.), испытания на рудах высокой прочности и абразивности впервые (1991 г.) были проведены на ПАО «Михайловский ГОК».

По физическим свойствам железистые кварциты Михайловского месторождения представляют собой весьма тонковкрапленную, трудноизмельчаемую, вязкую, крепкую и высокоабразивную горную породу (табл.) [2].

На ОАО «Стойленский ГОК», крупнейшем предприятии по добыче и переработке железистых кварцитов КМА, стратегия технологического совершенствования производства была разработана с учетом реализации проекта развития дробильно-обоганительного комплекса. С целью повышения энергоэффективности производства были определены позиции:

- непрерывный мониторинг энергопотребления;
- обеспечение рационального использования энергоресурсов на всех этапах производства;
- максимальное использование вторичных энергоресурсов;
- внедрение энергоэффективных технологий, оборудования, и инжиниринга - повышение эффективности закупки энергоресурсов;
- выявление потенциала повышения энергоэффективности и т.д.

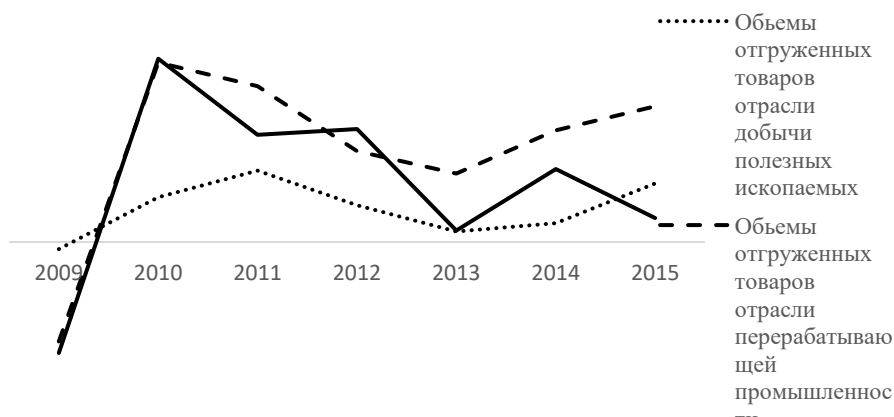


Рис. Сравнительная динамика по показателям годового прироста объемов отгруженных товаров отраслей на фоне общего потребления электроэнергии РФ

С целью достижения поставленной цели в технологическую цепь дробильно-обоганительного комплекса ОАО «Стойленский ГОК» были установлены валки высокого давления фирмы *Koerpern* (Германия). Данная технология подготовки минерального сырья основана на измельчении под высоким давлением, и ранее уже зарекомендовала себя преимуществами:

- низкое удельное энергопотребление;
- достижение более высокой производительности;
- короткое время обработки материала;
- однородность формы фракции на выходе;
- сокращение расхода мелющих тел;
- короткие сроки эксплуатационной готовности и т.д.

Таблица - Физическая характеристика железистых кварцитов

Месторождение	Плотность, т/м ³	Дробимость, %	Абразивность, г/т
Михайловское	3,58	30 - 32	1920
Стойленское	3,37 – 3,55	26 - 38	1440 - 2130

Валки высокого давления установлены после третьей стадии дробления перед первой стадией шарового измельчения. Применение технологии HPGR (High-Pressure Grinding Rolls) позволит:

- уменьшить удельный расход электроэнергии;
- увеличить степень дробления руды;
- увеличить объемы переработки руды.

Внедрение новой технологии позволило достичь следующее:

- удельная энергия на валу $0,93 \div 1,15$ кВт ч/т при нормативе 1,3 кВт ч/т;
- удельная производительность более 400 тс/ч м³ при нормативе 327 тс/ч м³.

В результате дальнейших испытаний, производительность секций увеличилась более чем на 13%.

В результате внедрения проекта по совершенствованию рудоподготовки позволило увеличить производство железорудного концентрата с 15 до 17,2 млн тонн в год и обеспечить собственным недорогим железорудным сырьем высокого качества фабрику окомкования мощностью 6 млн тонн окатышей в год.

Ресурсосбережение – один из приоритетных векторов развития промышленности, значимость которого определена на государственном уровне в стратегии развития нашей страны наряду с импортозамещением, модернизацией и экологическим развитием. Для горного производства, ресурсосбережение за счет достижения энергоэффективности – носит приоритетный характер и обеспечивает экономическое развитие предприятий по пути наименьшего сопротивления при внедрении наукоемких и энергосберегающих технологий.

Список литературы:

1. Кармазин В.В., Синельникова Н.В. Совершенствование технологии обогащения железных руд КМА / Горный информационно-аналитический бюллетень. - №12. – 2009.
2. Гзогян Т.Н., Губин С.Л. Валковый пресс – измельчитель – опыт применения на Михайловском ГОКе/Горный информационно-аналитический бюллетень. - №5. – 2001.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАБОТЫ ГИДРОЦИКЛОНОВ И ТОНКОГО ГРОХОЧЕНИЯ

Д.А. Помельников, студент 4 курса

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО
«Национальный исследовательский технологический институт «МИСис»,
г. Старый Оскол

Для чёрной металлургии России характерно постоянное увеличение объёмов добычи и обогащения магнетитовых руд. При этом с одной стороны, массовая доля железа в добываемых рудах постоянно снижается, но с другой стороны повышаются требования к качеству железных концентратов.

К настоящему времени действующие ОФ достигли предела увеличения производительности. Увеличение производительности достигнуто в основном за счёт усовершенствования цехов дробления и внедрения сухой магнитной сепарации. При этом повысилась нагрузка на оборудование цехов обогащения.

Одним из перспективных способов увеличения процентного содержания железа в руде, является тонкое грохочение. С использованием новых технологий в конструктивных решениях современных грохотов, а также разработка износостойчивых, не забивающихся сеток сделали применение тонкого грохочения в технологических схемах обогатительных фабрик экономически целесообразным. В общем случае, мы говорим о тонком расसेве в диапазоне от 10 мм до 38 мкм (400 меш). Тонкое грохочение, как правило, осуществляется с использованием высокочастотной, низкоамплитудной вибрации сетки по линейной (возвратно-поступательной) или эллиптической траекториям.

На данный момент в России основным разработчиком оборудования для тонкого грохочения является ОАО НПК «Механобр-Техника». Первый ударный грохот 269-Гр с периодическим встряхиванием просеивающей поверхности для очистки её от застрявших зёрен минералов усовершенствован и получил наименование 299 ГрА. Эти грохоты используются на Костомукшском ГОКе. Для достижения равномерного износа кромок колосниковой сетки (из нержавеющей стали), её периодически поворачивают на 180°.

Для увеличения эффективности процесса тонкого грохочения необходимы сита с повышенным коэффициентом живого сечения и с повышенной самоочисткой от трудных зёрен. Этому условию удовлетворяют сита (панели) корпорации «Derrick» (США). Сита выпускаются двух типов (рис. 1.): 1 - типа сандвич (например, SVG48-30 DFU 200); 2 - полиуретановые панели (например, TH48x30-0,10MT

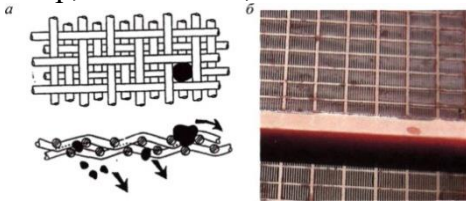


Рис. 1. Сита корпорации «Derrick»:

а - типа сандвич (SVG); б - полиуретановые панели (TH)

Сита типа сандвич состоят из двух мелкоячеистых сеток - ячейки верхней сетки перекрываются ячейками нижней, что предотвращает забивание верхней сетки в процессе работы. Минимальный размер отверстия сита составляет 0,079 мм. Полиуретановая панель грохота имеет прямоугольные отверстия с продольным по отношению к направлению движения потока пульпы расположением меньшего размера отверстия.

По сравнению с плоскими ударными грохотами более эффективными и производительными являются гидравлические вибрационные грохота. Применяются на ОФ с высокой производительностью.

Технологии обогащения магнетитовых руд с использованием тонкого грохочения принципиально можно разделить на три группы.

1. Применение тонкого грохочения для повышения качества готового концентрата.

2.Использование тонкого грохочения для стадийного вывода готового продукта по крупности (концентрата) перед последней стадией измельчения

3.Применение тонкого грохочения в замкнутом цикле измельчения вместо ГЦ.

Применение тонкого грохочения (или другого метода обогащения) с целью стадийного выделения концентрата для схем с двухстадийным шаровым измельчением возможно только на магнитном продукте мокрой магнитной сепарации или на продуктах замкнутого цикла измельчения второй стадии.

Установить грохот можно на сливе мельницы, тем более что из слива мельницы на Высокогорском ГОКе выделяли готовый концентрат с помощью винтовой сепарации. Использование дополнительной операции тонкого грохочения в замкнутом цикле измельчения с целью вывода готового концентрата или обогащенного продукта приводит к усложнению схемы. Можно заменить гидроциклоны грохотами и использовать магнитную сепарацию на сливе мельницы. При этом будет получен более богатый по железу готовый продукт (подрешётный) цикла измельчения и более богатый концентрат последующей операции ММС. Поэтому одним из возможных путей повышения эффективности схемы обогащения железных руд следует считать использование операции тонкого грохочения в замкнутом цикле измельчения совместно с операцией мокрой магнитной сепарации.

Как показывают результаты, при измельчении и магнетитовых руд по используемым схемам происходит избирательное изменение размеров магнетита и вмещающих пород. Это проявляется в более высокой массовой доле железа в мелких классах крупности. Поэтому *тонкое грохочение магнетитсодержащих продуктов* следует отнести к избирательному грохочению, позволяющему повысить качество готового продукта (подрешётного). В стадиях измельчения магнетитовых руд (в отличие от других руд) широко применяется обогатительная операция, в замкнутом цикле для вывода отвальных хвостов. Использование в замкнутом цикле измельчения тонкого грохочения и магнитной сепарации позволяет не только получить готовый продукт по крупности, но и, по сравнению с гидроциклонами, повысить массовую долю железа в готовом продукте и снизить циркулирующую нагрузку.

В зависимости от вида операции с помощью тонкого грохочения могут решаться следующие технологические задачи

1. Повышение эффективности работы замкнутого цикла измельчения путём улучшения как технологических показателей готового продукта цикла, так и путём улучшения экономических показателей (сокращение удельных затрат на измельчение и обогащение 1 т руды).

2. Подготовка продукта для стадийного выделения концентрата или стадийное выделение концентрата.

3. Разделение измельчённой в I-II стадиях руды на два сорта: легкообогатимый (подрешётный) и труднообогатимый (надрешётный).

4. Повышение качества готового концентрата (увеличение массовой доли железа и снижение массовой доли кремнезёма и других вредных примесей).

Также смежным способом увеличение процентного содержания концентрата является гидроциклон.

Принцип действия гидроциклонов основан на сепарации частиц твёрдой фазы во вращающемся потоке жидкости. В последнее время все чаще в технологии обогащения применяют кластер гидроциклонов, что позволяет существенно повысить производительность по потоку, при сохранении тонкости классификации, а также снизить давление пульпы в питании кластера и соответственно уменьшить потребляемую мощность питающих пульповых насосов.

Возможность получать конечный продукт при большей его крупности наглядно демонстрируют результаты работы технологической секции ОФ АО «Комбинат КМАруда» с установленными грохотами во второй стадии измельчения. Массовая доля класса -71 мкм в концентрате при использовании тонкого грохочения составляет 80,4-84,0 %, а при использовании классификации в гидроциклонах - 92,5 %.

С точки зрения обеспечения полного раскрытия минералов использование гидроциклонов в замкнутом цикле предпочтительнее. В «Технологической инструкции» АО «Комбинат КМАруда» указано, что вкрапленность магнетита весьма тонкая (0,02-0,5 мм) и для получения концентрата с $PFe=66\%$ необходимо обеспечить тонину помола от 92-95 % до 97-99 % (для труднообогатимых руд) класса -71 мкм. Однако требования к необходимой тонине помола руд и промпродуктов для получения готовых концентратов в зависимости от вкрапленности минералов сформулированы в результате многолетнего опыта и исследований для замкнутых циклов «мельница-гидроциклон». Применение замкнутого цикла «мельница-грохот» изменяет соотношение «вкрапленность - тонина помола», причём в сторону увеличения крупности конечных продуктов, что проявляется в возможности уменьшения объёма измельчительного оборудования или повышения удельной производительности мельниц на переработку 1 т исходной руды (повышение производительности технологической секции)

Сравнение грохота и гидроциклона

Выполнять прямое сравнение грохота и гидроциклона даже в условиях одной секции ОФ сложно, так как в этих аппаратах реализованы различные принципы разделения. Поэтому предварительное сравнение двух различных аппаратов можно проводить по показателям эффективности и (или) по достигаемым показателям продуктов разделения.

Сравнение грохота с $a=0_{и}l$ мм и гидроциклонов CAVEX (400CVX)

При испытаниях грохоты обеспечили больший выход подрешётного продукта (58,90 против 47,23 %) и большее извлечение класса -71 мкм в него (82,39 % против 61,88 %). Это основное преимущество грохота над гидроциклоном. Благодаря этому во второй стадии измельчения ОФ АО «Комбинат КМАруда» снизилась циркулирующая нагрузка с 110-120 % до 30-60 %, что позволило сократить объём измельчительного оборудования.

Грохот «Деррик» извлекает в подрешётный продукт только 69,75 % класса -0,071 мм (в связи с высокой нагрузкой), но гидроциклон извлекает в слив ещё меньше этого класса (57,14 %). Извлечение классов $-0^{+}28+0,14$ мм, наоборот выше для гидроциклона. Массовая доля класса -71 мкм в надрешётном продукте грохота ниже, чем в песках гидроциклона (8,6 % против 9,67%). Это и предопределило лучшие показатели разделения по крупности на грохоте;

Эффективность классификации грохота выше, чем гидроциклона в среднем на 9,57 % (58,31 против 48,74 %). Более высокая эффективность классификации грохота достигается за счёт большего извлечения в подрешётный продукт (в слив) класса -71 мкм, несмотря на также большее извлечение в подрешётный продукт (в слив) и класса +71 мкм. Для грохота величина ϵ на 12,89 % выше, чем для гидроциклонов (70,18 против 57,29 %), а величина ϵ^{+71} выше только на 3,33 % (11,88 против 8,55 %).

Выход подрешётного продукта, грохота выше на 6,93 % (24,56 против; 17,63 %), что снижает циркулирующую нагрузку со 170-180 % до 120-140 %.

Готовый продукт замкнутого цикла измельчения при использовании грохота (подрешётный) на 11,9 % богаче, чем при использовании гидроциклонов (52,71 против 40,81 % Fe)

Для гидроциклона массовая доля железа во всех классах крупности песков больше, чем массовая железа в тех же классах крупности слива. Для грохота наоборот - массовая доля железа во всех классах крупности надрешётного продукта меньше, чем массовая железа в тех же классах крупности подрешётного продукта.

Вывод:

1) При стадийном выделении концентрата лучшие результаты обеспечивает применение операции тонкого грохочения с выводом подрешётного продукта перед последней стадией измельчения

2) Для повышения качества железного концентрата можно применять операцию разделения по крупности с использованием как грохочения, так и классификации в гидроциклоне.

3) Применение грохота в замкнутом цикле измельчения по сравнению с использованием гидроциклона позволяет получить более богатый по железу продукт стадии и более богатый

магнитный продукт (концентрат) последующей операции ММС.

РАСЧЕТ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ОТ ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСА ПО УПРОЩЕННОЙ МЕТОДИКЕ

Е.А. Попов, студент 2 курса

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Г.Е. Афанасьева
*Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
г. Старый Оскол*

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) - это территория, отделяющая предприятия, их отдельные здания и сооружения с технологическими процессами, являющимися источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, от жилой застройки, ландшафтно-рекреационной зоны, зоны отдыха, курорта. Санитарно-защитная зона является обязательным элементом любого объекта, который является источником воздействия на среду обитания и здоровье человека.

СЗЗ является защитным барьером, обеспечивающим уровень безопасности населения при эксплуатации объекта в штатном режиме. Ориентировочный размер СЗЗ определяется санитарными правилами и нормами на время проектирования и ввода в эксплуатацию объекта в зависимости от класса опасности предприятия [4].

Размеры СЗЗ устанавливаются с учетом санитарной классификации предприятий, расчетов загрязнения атмосферы и других факторов и обеспечивают уменьшение воздействия загрязняющих веществ на атмосферный воздух до значений, установленных гигиеническими нормативами. Таким образом, на границе санитарно-защитной зоны концентрация вредных веществ не должна превышать предельно допустимой концентрации (ПДК) загрязняющих веществ.

В зависимости от степени вредности выделяемых в атмосферу выбросов, совершенства технологических процессов, наличия очистных сооружений все промышленные предприятия подразделяют на 5 классов и соответственно 5 размеров нормативных СЗЗ:

- промышленные объекты и производства первого класса — 1000 м;
- промышленные объекты и производства второго класса — 500 м;
- промышленные объекты и производства третьего класса — 300 м;
- промышленные объекты и производства четвертого класса — 100 м;
- промышленные объекты и производства пятого класса — 50 м.

Расчеты СЗЗ должны проверяться расчетом загрязнения атмосферы с учетом перспективы развития предприятия и фактического загрязнения атмосферного воздуха. Полученные таким образом размеры расчетной СЗЗ должны уточняться отдельно для различных направлений ветра в зависимости от результатов расчета и среднегодовой розы ветров района.

В данной работе на базе известных технических решений [1,2] предлагается упрощенная методика расчета СЗЗ от точечных источников.

В соответствии с существующей методикой по расчету концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ [2] определяем:

1. Максимальное значение приземной концентрация всех загрязняющих веществ газовой смеси, выбрасываемых из источника при благоприятных метеоусловиях (НМУ) для рассеивания вредных веществ
2. Опасность воздействия всех загрязняющих веществ, т. е. превышение ПДК.

3. Расстояние от источника выброса, на котором приземная концентрация всех загрязняющих веществ достигает максимального значения (X_m).

4. Выбираем вещество с наибольшим превышением ПДК и наибольшим расстоянием от источника выброса, где эта концентрация наблюдается. Дальнейшие расчеты выполняются по этому веществу.

5. В связи с тем, что критерием для определения размера санитарно-защитной зоны является не превышение на ее внешней границе и за ее пределами ПДК загрязняющих веществ для атмосферного воздуха населенных мест [3,5], руководствуемся зависимостью определения приземной концентрации вредного вещества при опасной скорости ветра по оси факела выброса на различных расстояниях от источника [2]:

$$C_{\text{ПДК}} = C_m S, \text{ мг/м}^3 \quad (1)$$

где C_m – максимальное значение приземной концентрации вредного вещества при НМУ выбрасываемой газо-воздушной смеси из одиночного точечного источника, мг/м^3 ;

S – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от соотношения определяемого расстояния и расстояния, где концентрация достигает максимального значения (X/X_m), и коэффициента, учитывающего скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе.

6. Из формулы (1) находим значение безразмерного коэффициента S , соответствующего концентрации вредного вещества на уровне ПДК.

$$S = C_{\text{ПДК}} / C_m \quad (2)$$

7. Анализируя предложенные в методике [2] зависимости для определения коэффициента S , выбираем зависимость, при которой отношение X/X_m находится в пределах от 1 до 8, так как меньше 1 по требованиям к СЗЗ оно быть не может, а больше 8 – маловероятно:

$$S = 1,13 / (0,13(X_{\text{ПДК}}/X_m)^2 + 1) \quad (3)$$

где $X_{\text{ПДК}}$ – расстояние от источника выброса до границы санитарно-защитной зоны, м;
 X_m – расстояние от источника выброса, на котором приземная концентрация достигает максимального значения, м.

8. Из формулы (3) определяем расстояние $X_{\text{ПДК}}$, на котором концентрация загрязняющего вещества будет соответствовать ПДК:

$$X_{\text{ПДК}} = [X_m (1,13 - S) / 0,13 S]^{0,5}, \text{ м} \quad (4)$$

По формуле (4) находим расчетный (предварительный) размер СЗЗ при неблагоприятных метеоусловиях для рассеивания вредных веществ.

9. Уточняем размер санитарно-защитной зоны по всем румбам розы ветров, в соответствии с климатическим паспортом местности расположения источника выброса. Окончательные размеры СЗЗ для различных направлений ветра в зависимости от среднегодовой розы ветров района расположения источника выброса определяем по формуле:

$$L = X_{\text{ПДК}} (P/P_0), \text{ м} \quad (5)$$

где L – уточненный размер СЗЗ в направлении розы ветров, м;

$X_{\text{ПДК}}$ – размер санитарно-защитной зоны, полученный на основании проведенных расчетов, м;

P – среднегодовая повторяемость рассматриваемого направления ветра, %;

P_0 – повторяемость направлений ветров при круговой розе ветров, %.

Для группы близко расположенных точечных источников выброса для упрощения расчетов целесообразно объединить их в один условный объект и СЗЗ определять на основе графического моделирования в соответствии с рекомендациями [1].

Как показали исследования, результаты расчетов санитарно-защитной зоны по предлагаемой упрощенной методике полностью соответствуют всем требованиям нормативных документов.

Практическая значимость данной работы заключается в том, что материалы выполненных исследований могут быть использованы на стадии предпроектных и проектных разработок, а также в учебном процессе при изучении дисциплин, касающихся экологических вопросов и окружающей природной среды.

Список литературы:

1. Афанасьева Г.Е. Графическое моделирование санитарно-защитной зоны от близко расположенных отвалов и хвостохранилищ // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: матер. XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 2 т. - Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2017. - Т.1. - С. 114-117.

2. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД – 86. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 95 с.

3. Постановление Правительства Российской Федерации от 24 июля 2000 г. №554 «Положение о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании».

4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов», 2008.

5. Федеральный закон от 30 марта 1999 г. №52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

СЕКЦИЯ « МАШИНОСТРОЕНИЕ И ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА»

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЕФОРМАЦИИ ОТ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ТЕКСТОЛИТА ПРИ ИСПЫТАНИИ НА ПЛОСКИЙ ПРЯМОЙ ИЗГИБ

Беркін Л.М., магистрант 2 курса,

КазНПУ им. Абая

Руководители: **Ефимов А.К.**, доцент, к.ф.-м.н.,

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «НИТУ «МИСиС»,

Ниязов М.Н. магистр, МНС

Казахский национальный педагогический университет им. Абая

Купчишин А.И. проф., д.ф.-м.н.

Казахский национальный педагогический университет им. Абая

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, пр. аль-Фараби

Как известно, различные материалы и сплавы имеют отличные друг от друга механические и технологические свойства, которые определяют качество деталей, сделанных из этих материалов, а также их обрабатываемость. Эти свойства выявляют соответствующими испытаниями на растяжение, сжатие, изгиб, твердость и т.д. Испытание на растяжение – это относительно простой для понимания и объяснения метод исследования материала. Плоским прямым изгибом называется такой вид испытания, когда все внешние силы, приложенные к материалу действуют в одной из плоскостей симметрии. При этом изогнутая ось образца располагается в той же плоскости, что и внешние силы. На изгиб испытываются как пластичные, так и хрупкие материалы [1 – 3]. Характер деформации твердых веществ сильно отличается от деформации пластичных материалов. Если испытанию на изгиб подвергается образец из пластичного материала (низкоуглеродистая сталь, медь, композиты), то из-за больших пластических деформаций его не удастся разрушить и определить предел прочности на изгиб. Другие механические характеристики, как, например, предел пропорциональности, предел текучести, легко определяются из опыта на изгиб. Испытание на изгиб приобретает особо-важное значение при проверке прочности и жесткости хрупких материалов (серый чугун, дерево, высокоуглеродистые стали и др.), так как разрушение их при работе чаще всего происходит от изгиба при небольших остаточных деформациях. При этом находят максимальную нагрузку и максимальную стрелу прогиба, предшествующие моменту разрушения [4, 5]. При максимальной нагрузке вычисляют предел прочности при изгибе. Испытание на изгиб можно проводить двумя способами: одной сосредоточенной силой, приложенной посередине образца между опорами и двумя силами, приложенными симметрично относительно опор [6]. Результаты испытания на изгиб в значительной мере зависят от условий нагрузки, формы и размеров образцов. Данная работа посвящена исследованию зависимости деформации от напряжения текстолита при испытании на плоский прямой изгиб одной сосредоточенной силой [7, 8].

Для исследования зависимости деформации ε от напряжения σ нами была разработана и изготовлена соответствующая экспериментальная установка, схема которой показана на рисунке 1. Она состоит из следующих частей: наконечник напряжения (датчик силы), индикатор часового типа (для измерения деформации), устройство для крепления образца (левая и правая опоры), соединительные провода и интерфейс, на который выводятся данные

о силе. Все это устанавливается на нижней части разрывной машины РУ-50, которая служит источником напряжения образцов материала при проведении экспериментов.

В качестве исследуемого материала был взят текстолит, толщина которого $h=2 \text{ мм} \pm 0,10$, ширина $b=5,00 \text{ мм} \pm 0,25$ и с рабочей длиной $L=40 \text{ мм}$. Испытание проводилось при температуре $23 \text{ }^\circ\text{C}$ и относительной влажности 50% .

Эксперименты были осуществлены на испытательной машине, обеспечивающей равномерную скорость $v=10 \text{ мм/мин}$ относительного движения нагружающего наконечника и опор и позволяющей производить измерение нагрузки с погрешностью $\pm 1 \%$, а прогиба – с погрешностью $\pm 2 \%$. На испытательной машине размещено устройство с нагружающим наконечником и опорами. Сближение их проходило с постоянной скоростью. Образцы нагружались одной сосредоточенной силой, приложенной посередине образца между опорами.

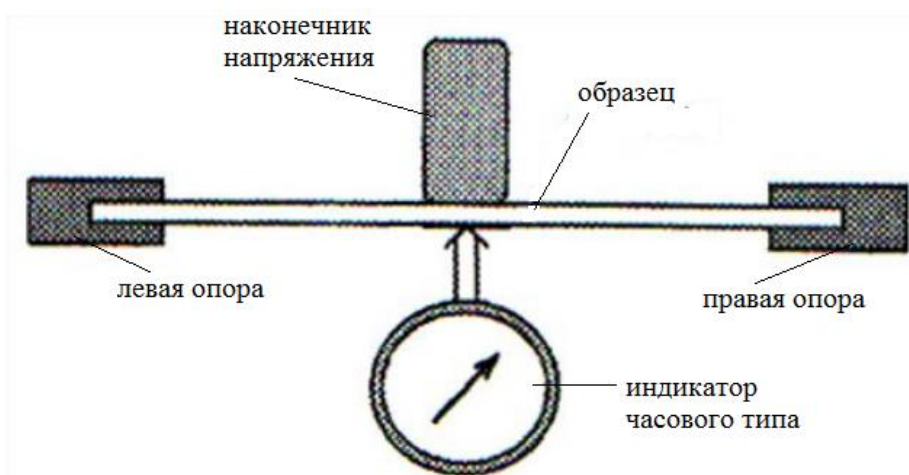


Рисунок 1. Схема установки для испытания материалов на плоский прямой изгиб

Напряжение (σ) при котором происходит изгиб вычислялось по формуле [2]:

$$\sigma = \frac{M}{W}, \quad (1)$$

где M – изгибающий момент; W – момент сопротивления сечения образца.

Изгибающий момент (M) находится из выражения:

$$M = \frac{FL}{4}, \quad (2)$$

где F – нагрузка; L – расстояние между опорами.

Значение момента сопротивления сечения образца (W) можно вычислить из соотношения:

$$W = \frac{bh^2}{6}, \quad (3)$$

где b – ширина образца, мм; h – толщина образца, мм.

Отсюда

$$\sigma = \frac{3FL}{2bh^2}. \quad (4)$$

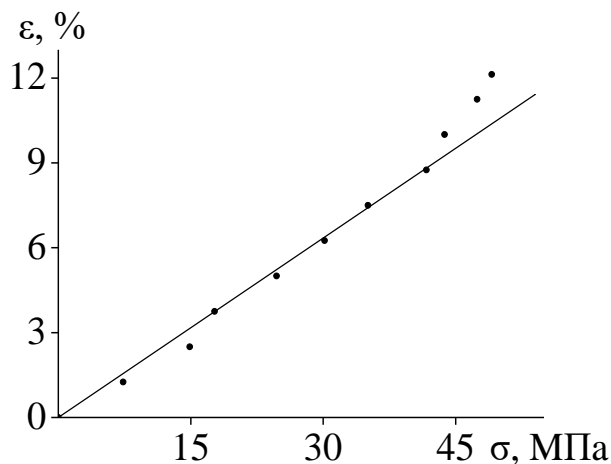
Изгибающее напряжение (σ_f) с учетом горизонтальной составляющей изгибающего момента при изгибе, вычислялось по формуле:

$$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^2} \left(1 + \frac{4z^2}{L^2} \right),$$

где z – прогиб образца в середине между опорами.

В результате проведенных исследований получены зависимости деформации от напряжения текстолита, при котором происходит изгиб. Результаты показаны на

рисунке 2. Были вычислены максимальная нагрузка (предел прочности) и максимальная стрела прогиба, предшествующие моменту разрушения. Для образцов текстолита $\sigma_{\max} = 48 - 50$ МПа, а $\varepsilon_{\max} = 14\%$.



точки – эксперимент; линии – расчет

Рисунок 2. Зависимость деформации от напряжения для образцов текстолита, при котором происходил изгиб

Из рисунка следует, что экспериментальные данные (точки) удовлетворительно описываются в рамках линейной модели (линии) и объясняются законом Гука. Расчет зависимости ε от σ производился в рамках линейной модели по формулам: $\varepsilon = \alpha \sigma$. Для данного эксперимента $\alpha = 0,25$ (тангенс угла наклона прямой).

По результатам можно сделать следующие выводы:

1. Проведены эксперименты по зависимости деформации от напряжения при испытании на плоский прямой изгиб образцов текстолита.
2. Полученные экспериментальные кривые удовлетворительно описываются линейной моделью и могут быть объяснены, в частности в рамках закона Гука.

Список литературы

1. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1976. – 608 с.
2. Афанасьев А.М., Марьин В.А. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов. – М.: Наука, 1975. – 288 с.
3. Рубашкин А.Г., Чернилевский Д.В. Лабораторно-практические работы по технической механике.
4. Lappan U., Fuchs B., Geißler U., Scheler U., Lunkwitz K. //Polymer. – 2002. – Vol. 43, No 13. – P. 4325–4330.
5. Komarov F.F., Kupchishin A.I., Pivovarov S.P., Tlebaev K. B., Kusainov A.T., Rukhin A.B., Pozdeeva T.V. Influence of γ -irradiation on the conformation of free radicals in polytetrafluoroethylene // J. of engineering physics and Thermophysics. – 2012. – Vol.85, No.2. – PP.455–458.
6. Ivchenko V.A. Atomic structure of cascades of atomic displacements in metals and alloys after different types of radiation // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 110012003. – 2016. – P.1 – 5.
7. Surzhikov A.P., Galtseva O.V., Vasendina E.A., Vlasov V.A., Nikolaev E.V. Processing line for industrial radiation-thermal synthesis of doped lithium ferrite powders // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 110 012002. – 2016. – P. 1 – 4.

8. Kupchishin A.I., Niyazov M.N., Voronova N.A., Kirdiashkin V.I., Abdukhairova A.T. The effect of temperature, static load and electron beam irradiation on the deformation of linear polymers// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 168012017. – P. 1 – 4.

ОСОБЕННОСТИ ТИПА НАПРАВЛЕНИЯ НЕРОВНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ ТОЧЕНИИ

Владимиров А.А., аспирант

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «НИТУ «МИСиС»

Вибрационное резание с наложением на вершину резца тангенциальных гармонических колебаний маятникового типа включает в себя две составляющие: нормальную A_n и тангенциальную A_t , а траектория колебаний вершины резца поясняется условной схемой, представленной на рисунке 1.

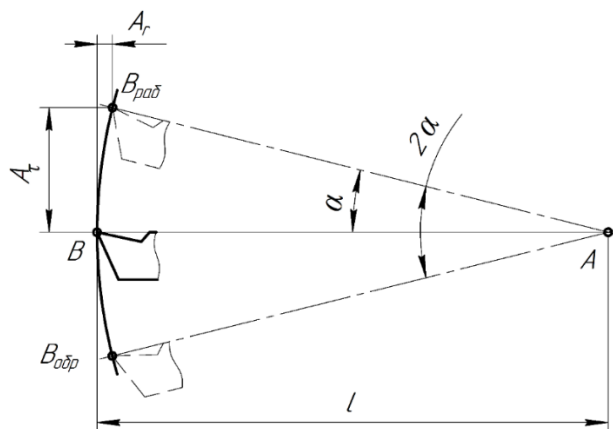


Рис. 1. Траектория колебаний вершины резца

Представленная схема изменения траектории вершины резца за один период колебаний показала, что преобладающее основное воздействие происходит по тангенциальной составляющей, а вспомогательное по нормальной составляющей. Исходя из того, что тангенциальная составляющая равна амплитуде колебаний и известен вылет резца, то нормальная составляющая амплитуды колебаний была найдена из прямоугольного треугольника, схема расчета которого представлена на рисунке 2.

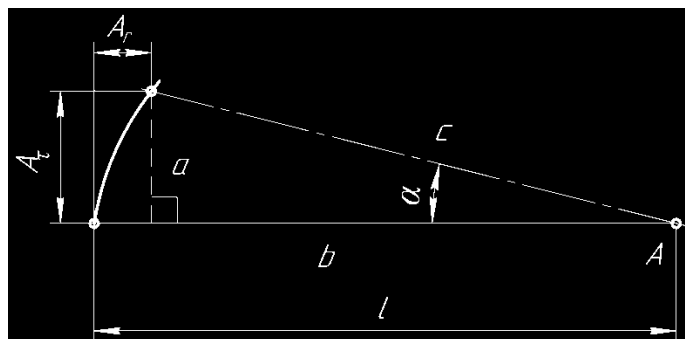


Рис. 2. Условная схема расчета нормальной составляющей

Также стоит отметить, что величины амплитуд колебаний не оказывали значительного влияния на изменение статических углов резания. Это поясняется расчетами и

схемами колебаний вершины резца, которые также были найдены из условной схемы расчета, представленной на рисунке 2.

Результаты расчетов нормальной составляющей и углов колебаний резца представлены на рисунке 3.

Несмотря на значительную разницу между тангенциальной и нормальной составляющими вибрационного резания, на обработанной поверхности наблюдались следы воздействия этих составляющих, которые представляли собой радиусные выемки, соответствующие амплитуде колебаний (рис. 4).

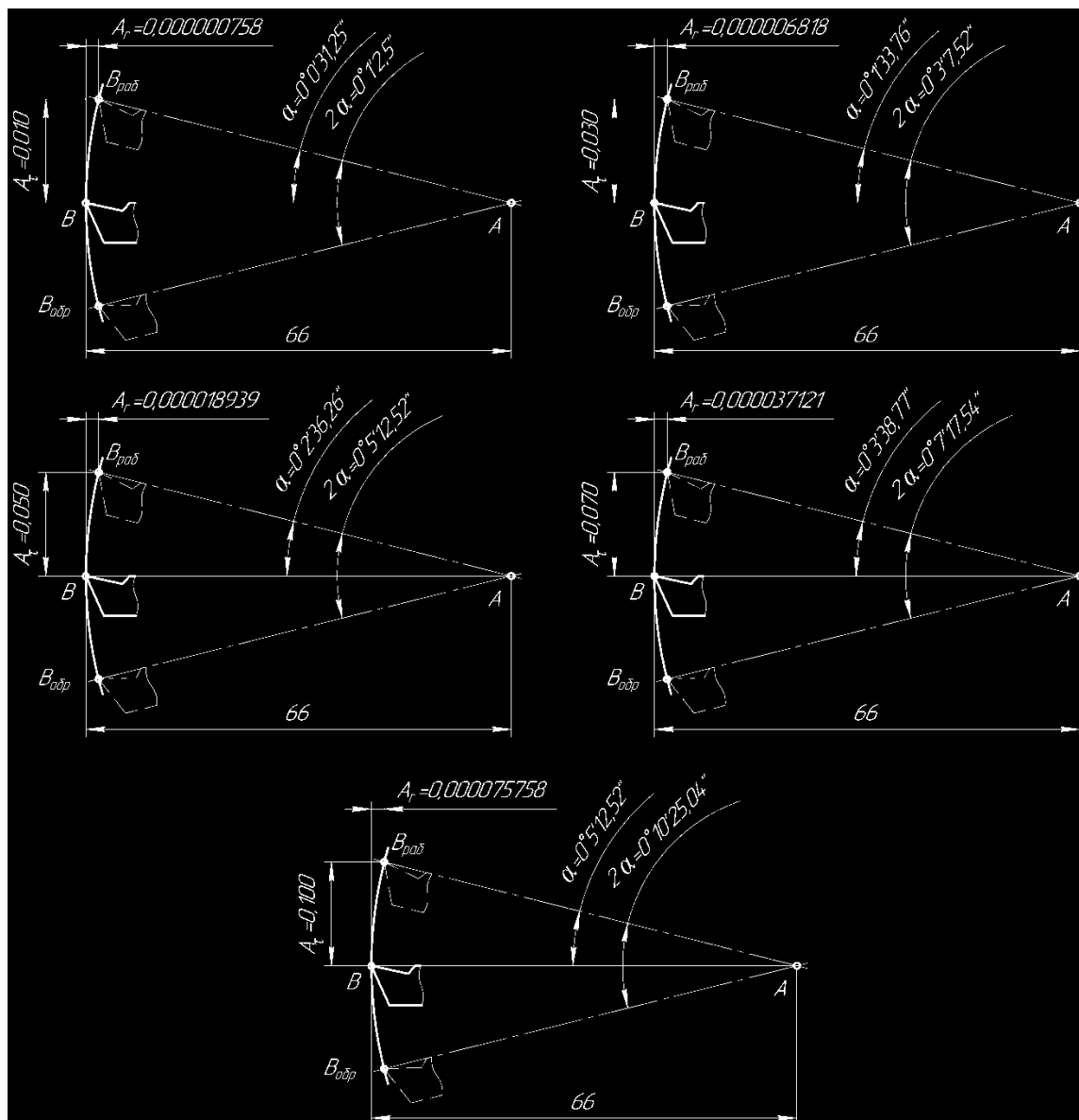


Рис. 3. Результаты расчетов нормальной составляющей и углов колебаний резца



а) $A = 50$ мкм, $f = 80$ и 50 Гц

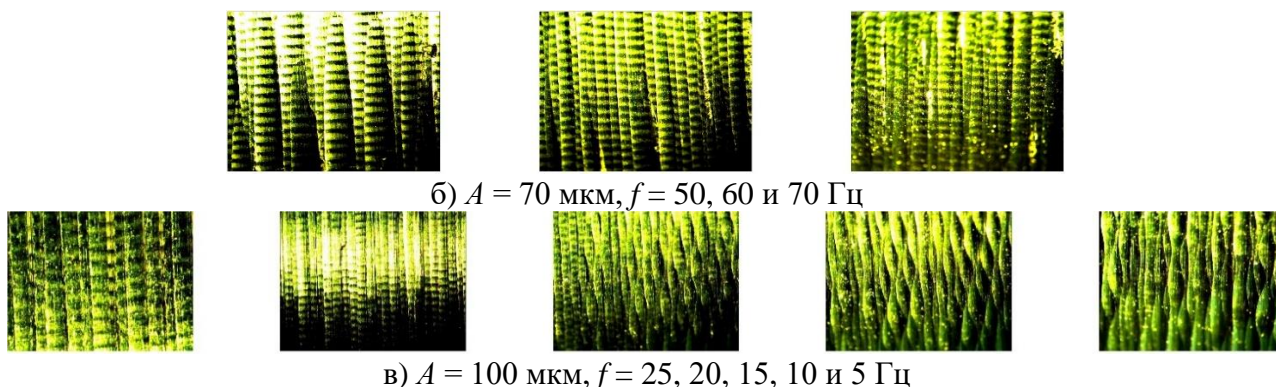


Рис. 4. Следы воздействия нормальной и тангенциальной составляющих на различных режимах вибрационного резания: а – образец №1; б – образец №2; в – образец №3

В книге В. Ф. Боброва [1] описывается качество обработанной поверхности, которое определяют шероховатостью и состоянием материала поверхностного слоя. Высота и форма микронеровностей характеризуют шероховатость обработанной поверхности. При исследовании микронеровностей шероховатости поверхности с точки зрения методики изучения целесообразно разделять на расчетные и действительные неровности. Расчетными неровностями считают неровности, геометрические характеристики которых определяются при условии, что обрабатываемый материал является абсолютно недеформируемым, система СПИД является абсолютно жесткой и лезвие инструмента представляет геометрические линии. Действительные неровности являются микронеровностями, возникающими на обработанной поверхности после прохода режущего инструмента.

Исходя из предложенного разделения микронеровностей, в работе [1] представлены две расчетные схемы микропрофиля шероховатости обработанной поверхности для точения и фрезерования цилиндрической фрезой (рис. 5).

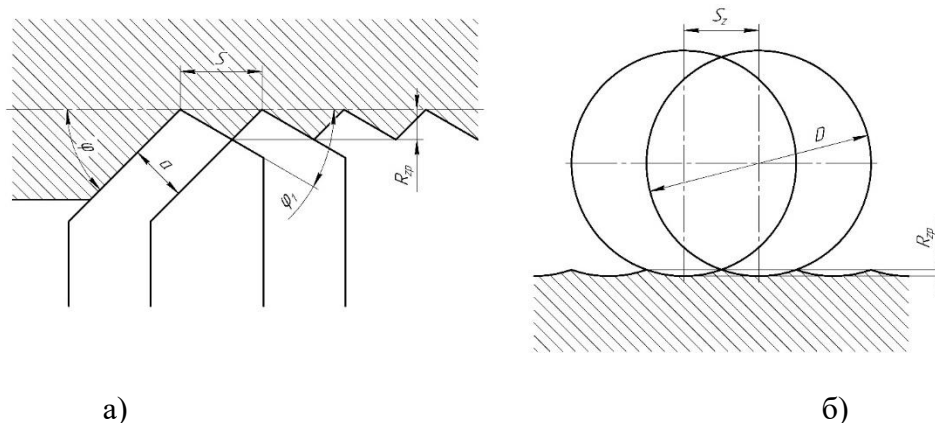


Рис. 5. Схема расчета микропрофиля обработанной поверхности: а – при точении; б – при фрезеровании

Таким образом, в соответствии с приведенной расчетной схемой микронеровностей, правомерно предположить, что механизм формирования шероховатости поверхности при вибрационном резании аналогичен механизму формирования шероховатости поверхности при фрезеровании, при условии ее измерения по направлению вращения обрабатываемой заготовки. Данное явление подтверждается фотографиями поверхностей экспериментальных образцов, представленных на рисунке 4. Помимо этого, стоит отметить, что такой характер формирования возможен при определенных сочетаниях режимов резания и амплитудно-частотных характеристик тангенциальных маятниковых колебаний.

Список литературы

1. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. – М.: Изд. Машиностроение, 1975. – 344 с.
2. Сергиев А.П., Владимиров А.А., Швачкин Е.Г. Исследование влияния амплитудно-частотных характеристик вибрационного точения на параметры шероховатости // Вибрационные технологии, мехатроника и управляемые машины: сб. науч. ст.: в 2 ч. – Ч. 2 / редкол.: С.Ф. Яцун (отв. ред.) [и др.]; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2016. – С. 15 – 17.
3. Сергиев, А.П. Владимиров, А.А. Швачкин, Е.Г. К вопросу о физических явлениях в зоне резания. RussianScientist, [S. 1.], v. 1, n. 1, p. 20-30, апр. 2017. Доступнона: <<https://russianscientist.ru/index.php/RS/article/view/RusSci1.1.3>>. Дата доступа: 05 апр. 2017.
4. Сергиев А.П., Владимиров А.А., Макаров А.В., Швачкин Е.Г. Физические основы процесса вибрационного резания при точении // Научно-теоретический журнал Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 3. – С. 94 – 102.
5. Сергиев А. П., Владимиров А. А., Макаров А. В., Швачкин Е. Г. Особенности стружкообразования при чистовом вибрационном точении стали 12Х18Н10Т // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: Сб. ст. по материалам XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, (Старый Оскол, 23-25 ноя. 2016 г.), Старый Оскол: Изд-во СТИ НИТУ МИСиС, 2016. Т. 1. С. 285 – 288.

ВЛИЯНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ И ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ ВАЛА ВОДОЛАЗКИНА О.Е., СТУДЕНТКА 2 КУРСА

Научные руководители: **В.И. Авдеев** к.т.н., доцент; **И.Е. Подгорный** к.т.н., доцент
Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «НИТУ «МИСиС»

В металлургических, транспортных и грузоподъемных машинах широко распространены сборочные узлы: вал с барабаном. Среди ряда причин, приводящих к выходу из строя сборочного узла, наиболее часто встречается такой вид повреждений, как поломка вала от усталости. Поломки обычно происходят в сечениях, где присутствуют концентраторы напряжений (шпоночный паз, галтель, шлицевая поверхность и др.).

Объект исследования в данной работе является цилиндрический четырехступенчатый вал (рис. 1), выполненный из углеродистой стали Ст5пс, на котором установлен барабан. Исследуемый вал установлен на шариковых радиальных сферических двухрядных подшипниках №1209[1], наибольший диаметр – 50 мм. Общая длина вала составляет 1075 мм. От привода на рассматриваемый вал передается крутящий момент $T = 498,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Усилие на ступице от барабана $F_{\text{бар}} = 5695 \text{ Н}$.

Предмет исследования – зависимость коэффициента запаса усталостной прочности S от величины параметра шероховатости Ra и от вида упрочнения поверхности вала. Цель работы – подобрать оптимальный способ повышения коэффициента запаса усталостной прочности вала, не прибегая к изменению его материала или конструкции. Для достижения поставленной цели были реализованы следующие этапы исследования.

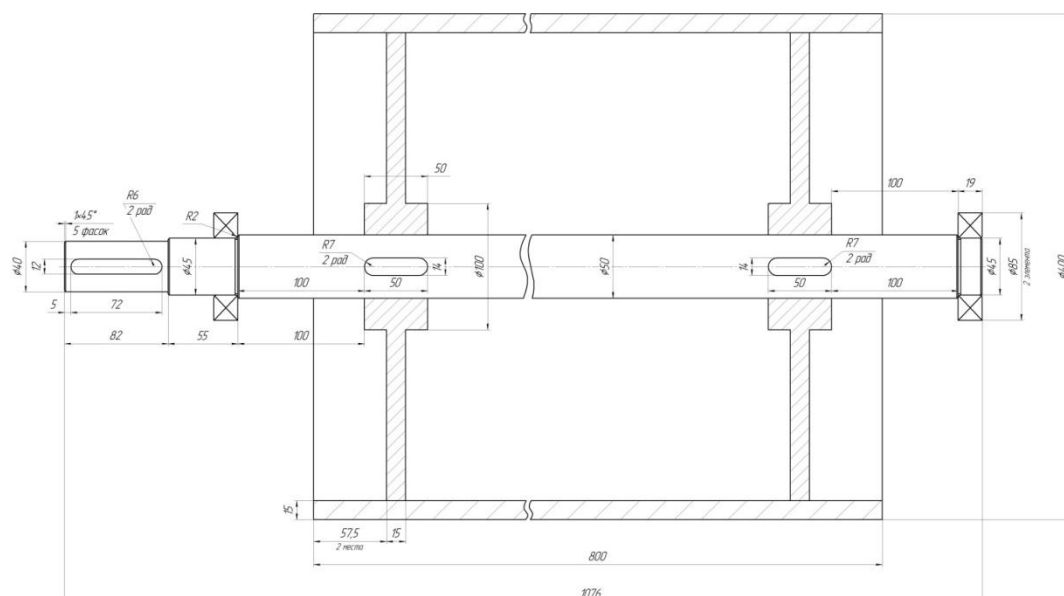


Рис. 1. - Сборочный чертёж вала с барабаном.

В программном продукте APMWinMachine[2] была составлена расчетная модель и выполнен расчет, по результатам которого выбрали опасное сечение. Опасным сечением является сечение вала под левой ступицей барабана (рис.1), так как там выявлено наименьшее значение коэффициент запаса прочности. Данное сечение находится на участке вала диаметром 50 мм.

Из уравнений равновесия статики определены реакции в опорах и внутренние силовые факторы, действующие в сечениях вала. В опасном сечении действует максимальный изгибающий момент ($M_{из} = 590 \text{ Н*м}$), крутящий момент ($M_{кр} = 498,7 \text{ Н*м}$), присутствует концентратор напряжений – шпоночный паз шириной 14 мм и глубиной 5,5 мм [3]. Амплитудные значения нормальных и касательных напряжений, действующих в опасном сечении составляют: $\sigma_a = \sigma_{из} = 53,83 \text{ МПа}$, $\tau_a = \tau_{кр} = 10,74 \text{ МПа}$. По таблицам[4] определены значения пределов выносливости и коэффициентов, необходимых при расчёте коэффициента запаса усталостной прочности S , для четырёх видов механической обработки, обеспечивающих различную шероховатость поверхности неупрочнённого вала, и для четырёх видов поверхностного упрочнения и химико-термической обработки вала. Значения всех использованных при расчёте величин и результаты вычислений показаны в таблице 1.

Таблица 1 - Расчёт коэффициентов запаса усталостной прочности

Значения коэф-в и пр	$\sigma(-1)$	$\tau(-1)$	$\psi(\tau)$	$K(\sigma)$	$K(\tau)$	$K(d\sigma)$	$K(d\tau)$	$K(f\sigma)$	$K(f\tau)$	$K(V)$	S
Вид мех. обработки											
Шлифование тонкое ($Ra < 0,2$)	220	130	0,06	2,2	2,05	0,81	0,81	1	1	1	1,427
Обтачивание тонкое ($0,2 < Ra < 0,8$)	220	130	0,06	2,2	2,05	0,81	0,81	0,96	0,975	1	1,407
Шлифование чистовое ($0,8 < Ra < 1,6$)	220	130	0,06	2,2	2,05	0,81	0,81	0,91	0,95	1	1,379
Обтачивание чистовое ($1,6 < Ra < 3,2$)	220	130	0,06	2,2	2,05	0,81	0,81	0,875	0,93	1	1,359
Вид упрочнения	Для упрочнённого вала принимаем шероховатость $Ra = 0,8 \dots 1,6$ (шлифование чистовое)										
Закалка ТВЧ	220	130	0,06	2,2	2,05	0,81	0,81	0,91	0,95	2,6	3,586
Азотирование	220	130	0,06	2,2	2,05	0,81	0,81	0,91	0,95	2,5	3,448
Накатка роликом	220	130	0,06	2,2	2,05	0,81	0,81	0,91	0,95	2	2,759
Дробеструйный наклеп	220	130	0,06	2,2	2,05	0,81	0,81	0,91	0,95	2,05	2,828

В результате вычислений выявлено, что расчётные значения коэффициента запаса усталостной прочности для неупрочнённого вала не превышают 1,5 и не удовлетворяют условию прочности. В случае упрочнения поверхности вала различными способами

расчётные значения коэффициента запаса прочности значительно возрастают и находятся в пределах 2,7 – 3,6.

Таким образом, на основе результатов исследования можно сделать вывод, что наиболее значимым фактором, влияющим на усталостную прочность, является поверхностное упрочнение. Из рассмотренных видов упрочнения поверхности вала предпочтительна накатка роликом. Накатка роликом позволяет повысить коэффициент запаса усталостной прочности до 2,7 – 2,8, не требует дополнительного оборудования и значительных затрат времени на обработку, повышает износостойкость и твердость обработанной поверхности (глубина упрочнённого слоя составляет 1,0...1,8 мм и более).

Список литературы

1. ГОСТ 28428-90 Подшипники радиальные шариковые сферические двухрядные. Технические условия;
2. Программный продукт APMWinMachine;
3. ГОСТ 23360-78 Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки;
4. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 496 с.

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ КРУПНО МОДУЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ БАРАБАННЫХ МЕЛЬНИЦ БОЛЬШОЙ ЕДИНИЧНОЙ МОЩНОСТИ

Джумаев А.Б., студент 3 курса; Белов Н.В., аспирант

Научный руководитель: **Бойко П.Ф.**, к. т. н., доцент

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «НИТУ «МИСиС»

Измельчение основной массы минерального сырья производится в барабанных мельницах, под воздействием измельчающих тел или самоизмельчением внутри вращающегося пустотелого корпуса. В качестве измельчающих тел применяют стержни (в стержневых мельницах), шары (в шаровых мельницах), крупнодробленую руду (мельницы самоизмельчения) и рудную гальку (рудногалечные мельницы). При вращении барабана измельчающие тела поднимаются на некоторую высоту и свободно или перекатываясь падают вниз, через цапфы барабана непрерывно подается и загружается соответственно измельчаемый и измельченный материал. Измельчение может производиться мокрым (материал удаляется потоком воды) и сухим (материал транспортируется воздушным потоком) способами [1].

По форме корпуса различают цилиндрические и цилиндроконические мельницы. Цилиндрические мельницы в зависимости от длины разделяют на короткие, длинные и трубные. У коротких мельниц длина меньше диаметра. У длинных она достигает 2-диаметров, а у трубных длина барабана больше диаметра больше, чем в 3 раза. В зависимости от способа разгрузки различают мельницы центральной разгрузкой и с разгрузкой через решетку разгрузка измельченного материала, происходит в результате ее слива через решетку оснащения подъемным устройством, принудительно разгружающим измельченный продукт. Основные геометрические параметры барабанной мельницы Длина и диаметр [3].

Основной элемент всех конструкций мельниц - цилиндрический барабан, закрытый с торцов крышками с полыми цапфами (рис. 1), на которых мельница вращается на

подшипниках. Подшипники установлены на сферические опоры, что обеспечивает самоостановку вкладыша. Венцовая шестерня в зависимости от схемы сборки устанавливается на разгрузочной и реже на загрузочной крышке. Через нее от приводной вал-шестерни передается вращение барабану. Для подачи исходного питания в барабан предназначен питатель, крепящийся к фланцу цапфы загрузочной крышки. Для защиты от износа и создания более эффективного движения измельчающей среды внутренняя поверхность барабана футеруется специальными плитами. Смазка опорных подшипников осуществляется от групповой или индивидуальной системы жидкой смазки, смазка открыты для зубчатых передач - от централизованной системы густой смазки. Для жидкой циркуляционной смазки используется масло индустриальное 50, для густой смазки ИП1-Л ИП1-3.

По статистике до 38% отказов мельниц, эксплуатирующихся в горно-металлургической промышленности, происходят по причине нарушения работы зубчатых передач, чаще всего это связано с изнашиванием и разрушением зубьев, что приводит к динамической неустойчивости работы оборудования. Выход из строя зубчатых венцов и вал-шестерен при нормальных условиях эксплуатации является следствием различных видов износа: изнашивание вследствие пластической деформации, абразивный износ, усталостное разрушение (рис. 2). В связи с этим проблема повышения рабочих характеристик и ресурса работы из-за поломки зубьев является важной и актуальной [2].

Анализ традиционно применяемой технологии восстановления зубьев зубчатых передач при ремонте мельниц показывает ее отсталость, не технологичность и высокую затратность.

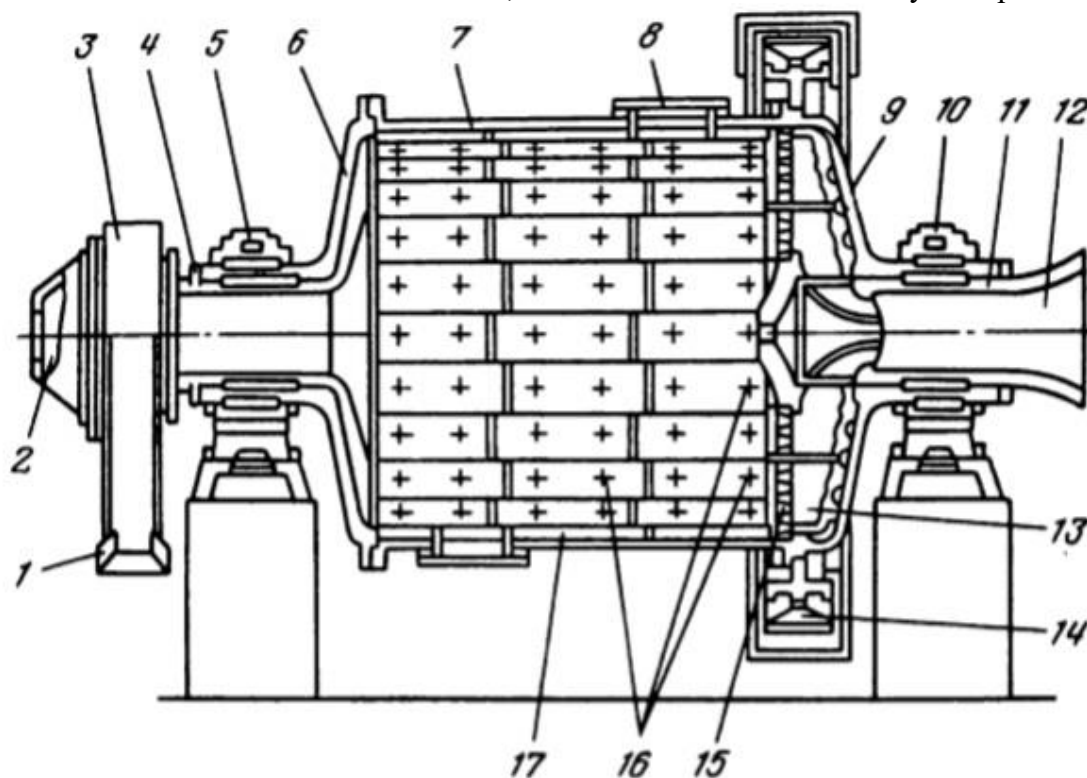


Рис. 1 Шаровая мельница с разгрузкой через решетку:

1 - козырек улиткового черепка: 2 - центральное отверстие: 3 - питатель: 4 - загрузочная цапфа: 10 - подшипники: 6,9 - опорные крышки: 7 - барабан: 8 - люк: 11 - разгрузочная цапфа: 12 - горлоразручной цапфы: 13 - перегородки лифтеры: 14 - зубчатый венец: 15 - решетка: 16 - болты: 17 - боровые плиты



Рис 2. Вышедшая из строя вал-шестерня

Технология применения метода электроискрового легирования малоизвестна для решения этой проблемы, хотя этот метод давно эффективно используется на отдельных предприятиях. Технологией предусматривается непосредственное нанесение электроискрового легирования покрытий на изношенные поверхности, причем материал электрода, электрические режимы и удельное время обработки подбираются таким образом, чтобы получить необходимую толщину и качество нанесенного слоя покрытия, исключая или минимизируя последующую обработку. Наряду с указанными примерами эффективного использования метода электроискрового легирования для ремонтных целей, он обладает также высокой универсальностью применения для нанесения упрочняющих покрытий на различные объекты (режущие инструменты, штамповая оснастка, пресс-формы, детали машин), способствуя значительному увеличению их ресурса, а также для нанесения покрытий со специальными свойствами.

Приведенные материалы на примере восстановления отечественных и импортных деталей показывают эффективность применения электроискрового легирования технологий. Для восстановления зубьев и снижения их интенсивного изнашивания рекомендуется провести обработку методом электроискрового легирования поверхности зубьев зубчатого венца и вал-шестерни твердосплавным электродом ВК8 с дополнительным последующим науглероживанием поверхности зубьев графитовым электродом. Для этого можно использовать установку «БИГ-4», выбрав режим с энергией импульсов 5 Дж [5]. Обработку зубьев можно выполнять как непосредственно на агрегате без его демонтажа, так и в ремонтном пункте. После нанесения ЭИ-покрытия интенсивный процесс изнашивания и смятия поверхности зубьев значительно уменьшится. Смазывание зубчатой передачи необходимо производить графитной смазкой (GREACENLGI 2, СИ - 180). После восстановления зубьев вал-шестерней и зубчатого венца необходимо исключить попадание воды, пыли и рудной гальки зубчатое зацепление, а также установить контроль за работой привода.

Методом электроискрового легирования возможно повысить срок службы зубьев зубчатых передач барабанных мельниц в 1,5 - 2 раза. Если учитывать, что стоимость комплекта крупно модульной (25 мм) зубчатой передачи барабанной мельницы с большой единичной мощности составляет около 10 млн. рублей, то экономический эффект от внедрения предлагаемого мероприятия будет значительной [4].

Список литературы

1. Бойко П.Ф., Инновационные технологии ремонта дробильно-измельчительного оборудования. Старый Оскол: Изд.-во РОСА, ISBN 978-5-905922-83-1. 2016 г.
2. Бойко П.Ф., Тимирязев В.А., Схиртладзе А.Г., Восстановление точности отверстий крупногабаритной венцовой шестерни. Ж «Ремонт восстановление модернизации». №8. 2011г.
3. Эксплуатация дробильных и измельчительных установок. Вайсберг В.М. Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 125047, Москва, пл. Белорусского вокзала, 3 – 203с.
4. Иванов В. И. Классификация объектов, методологические и технологические особенности электроискрового упрочнения и увеличения ресурса/Труды ГОСНИТИ. Том 106. — Москва. — 2010. С. 31–41.
5. Иванов В. И., Костюков А. Ю., Денисов В. А., Задорожний Р. Н., Донской Д. В., Назаров А. А. Восстановление деталей импортных двигателей во втором автобусном парке Москвы. Ремонт, восстановление, модернизация. 2013. № 5. С. 3–10.

ПОВЫШЕНИЕ СРОКОВ СЛУЖБЫ ЭКСЦЕНТРИКОВ КОНУСНЫХ ДРОБИЛОК

Исмоилова.С.Г., студентка 3 курса; **Белов Н.В.**, аспирант

Научный руководитель: **Бойко П.Ф.**, к. т. н., доцент

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «НИТУ «МИСиС»

В дробилку (рис. 1) исходный материал через приемное отверстие поступает в камеру дробления криволинейного типа, образованную внутренней поверхностью броней неподвижного конуса дробильной чаши и наружной поверхностью броней подвижного дробящего конуса. При вращении эксцентрика ось дробящего конуса совершает гирационное движение относительно точки верхней опоры, расположенной на пересечении осей дробилки и дробящего конуса. В результате этого в каждый момент времени происходят сближение конуса с чашей с одной стороны и удаление — с противоположной. При сближении идет процесс дробления, а при удалении — процесс разгрузки раздробленного материала. Оба процесса протекают одновременно и непрерывно, смещаясь по окружности.

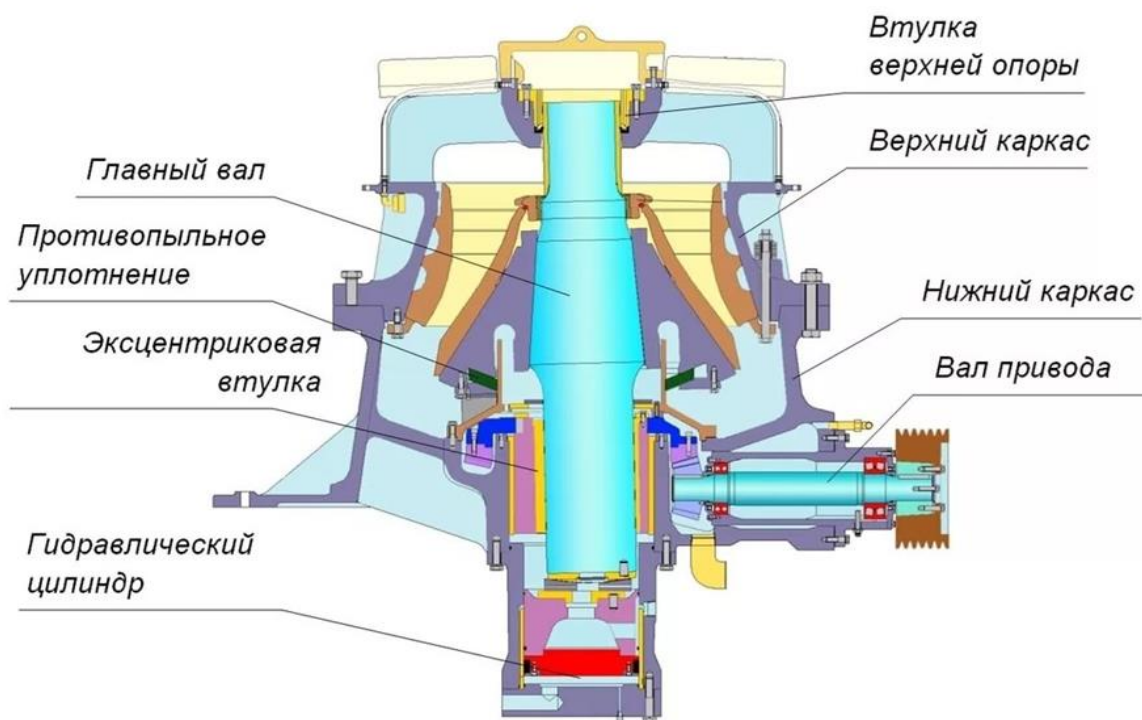


Рис.1 Конусная дробилка

Криволинейный профиль камеры дробления обеспечивает высокую производительность, однородный по крупности продукт, возможность эффективного регулирования разгрузочной щели при износе нижних броней конуса и чаши, и повышение ресурса этих броней [3].

Корпусные детали дробилки: станина, нижнее и верхнее кольца дробильной чаши (в дробилках меньших размеров корпус чаши выполняют в виде одной монолитной детали) изготовлены из стальных отливок. Необходимая их жесткость достигается благодаря мощным фланцам и размещенным между ними периферическим литым ребрам [4].

Введение нижней разгрузки позволило выполнить станину компактной конструкции, более технологичной и прочной в сравнении с аналогом, имевшим боковую разгрузку. Кроме того, новая конструкция исключила под прессовку дробящего конуса при переработке влажного и глинистого материала и обеспечила возможность создания в фундаменте под дробилкой буферного бункера-накопителя с целью более равномерной загрузки транспортных средств.

Корпус траверсы из условий обеспечения транспортабельности имеет обод с двумя съемными секторными балками (у дробилок меньших размеров обод цельнолитой). Центральный стакан траверсы соединен с наружным ободом двумя ребрами коробчатой конструкции и сверху закрыт колпаком из стального литья.

Внутренняя поверхность обечайки, патрубки и ребра станины, ребра и обод траверсы защищены от износа специальными бронями из высокомарганцовистой стали.

В центральной расточке станины дробилки (рис. 1) установлен эксцентрик (рис. 2) с зубчатым колесом.



Рис. 2 Эксцентрики

Эксцентрик опирается на подпятник, состоящий из трех колец (нижнее и верхнее кольца изготовлены из стали, а среднее — из оловянной бронзы). На наружную и внутреннюю поверхности эксцентрика нанесен антифрикционный баббитовый слой, и на обеих поверхностях предусмотрены продольные каналы-холодильники для прохода масла.

Внутренняя расточка эксцентрика, выполненная наклонно и эксцентрично относительно оси наружной поверхности, является подшипником для хвостовика вала дробящего конуса. В горизонтальном патрубке станины установлен приводной вал, шестерня которого входит в зацепление с зубчатым колесом эксцентрика. Шестерня и зубчатое колесо сделаны из легированной стали, галтели зубьев шестерни упрочнены методом пластического деформирования, что увеличивает сопротивление усталости зубьев. С приводным валом посредством втулочно-пальцевой муфты соединен вал ведомого шкива привода дробилки.

По статистике до 32% отказов дробилок крупного дробления, эксплуатирующихся в металлургической промышленности, происходят по причине нарушения работы эксцентрика с зубчатым колесом, чаще всего это связано с разрушением и изнашиванием антифрикционного слоя вкладышей эксцентрика, что приводит к динамической неустойчивости работы оборудования. Выход из строя при нормальных условиях эксплуатации является следствием различных видов износа: кавитация, абразивный износ, изнашивание вследствие пластической деформации, усталостное изнашивание. В связи с этим проблема повышения рабочих характеристик и ресурса работы из-заотслоение баббитного слоя от корпуса является важной и актуальной [1, 2, 5].

Известно [6], что применение переходных слоев из меди, наносимой электроискровым методом в защитной среде аргона, улучшает теплоотвод из зоны контакта и повышает прочность соединения стальной подложки с антифрикционным баббитовым слоем по сравнению с традиционной технологией на 35%. Электроискровое легирование поверхности

баббита Б83 индием и оловом позволило сформировать приработочные покрытия без твердых включений толщиной соответственно до 130 и 100 мкм. Новые технологические решения предоставили возможность понизить температуру в зоне трения, повысить толщину масляного слоя и таким образом создать эксцентрик, обладающий большей несущей способностью, надежностью.

Таким образом, цель работы – повышение качества эксцентрика путем формирования электроискровым методом переходных слоев, увеличивающих теплоотвод и прочность сцепления антифрикционного баббитового слоя с основой, а также приработанных покрытий, повышающих работоспособность и способность выдерживать большие нагрузки более продолжительное время [5]. Применение этих технологий обеспечит увеличение в 1,5 - 2 раза срок службы эксцентрика. Эксцентрик, обладая высокой демпфирующей способностью, успешно справится с пусковыми режимами, при этом уровень вибрации значительно снизится. Несущая способность эксцентрика с электроискровыми покрытиями более чем в 2 раза выше штатных [1].

Список литературы

6. Технологические особенности эксплуатации, ремонта, восстановления и модернизации конусных дробилок большой единичной мощности. Ж. Горных №4-2017. Бойко П.Ф., Титиевский Е.М., Тимирязев В.А.
7. Обеспечение эффективности работы конусных дробилок большой единичной мощности. "Scientific Light (Wroclaw, Poland). ISSN 0548-7110 The journal is registered and published in Poland. Бойко П.Ф., Титиевский Е.М.
8. Руководство по эксплуатации дробилок ККД и КРД.
9. Эксплуатация дробильных и измельчительных установок. Вайсберг В.М. Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 125047, Москва, пл. Белорусского вокзала, 3 – 203с.
10. Марцинковский В.С., Тарельник В.Б. Способ обработки вкладышей подшипников. RU пат. 2404378 МПК В23Н9/00. 2010, Бюл. № 32. 3 с.
11. В.Б. Тарельник, А.В. Паустовский, Ю.Г. Ткаченко, В.С. Марцинковский, Е.В. Коноплянченко, К. Антошевский. Ж. Электронная обработка материалов, 2017, 53(1), 37–46.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОРЕЗАНИЯ НА ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУР ПРИ ТОЧЕНИИ СТАЛИ 12Х18Н10Т

Келлер А.В., студент 3 курса

Научный руководитель: **Владимиров А.А.**, аспирант

Оскольский политехнический колледж СТИ НИТУ «МИСиС»

Вибрационное резание – процесс точения заготовок, при котором на вершину резца накладываются гармонические колебания маятникового типа.

Для определения влияния параметров виброрезания на поля температур были смоделированы процессы точения и виброточения. Компьютерное моделирование процессов осуществлялось методом конечных элементов с помощью программного комплекса Deform.

Для всех моделей были приняты следующие режимы резания: скорость резания – $V = 60$ м/мин, глубина резания – $t = 1$ мм. В качестве материала заготовки была принята сталь марки 12Х18Н10Т, а материал инструмента – карбид вольфрама.

Основное внимание в работе было уделено температуре режущей кромки инструмента и распределению тепла в зоне резания при изменении амплитуды колебаний.

Первая модель виброточения имеет величины частоты и амплитуды колебаний $f = 100$ Гц и $A=90$ мкм. При сравнении температур в зоне резания, на протяжении всего процесса точения и виброточения, значительных отличий не наблюдалось. Из рис. 1 очевидно, что характер распределения теплота поверхности и глубина его проникновения в тело режущего инструмента идентичны в обеих моделях. Однако, температура в зоне резания при виброточении выше, что связано с периодическим вибрационным воздействием, при котором в момент рабочего хода режущего инструмента происходит увеличение скорости резания.

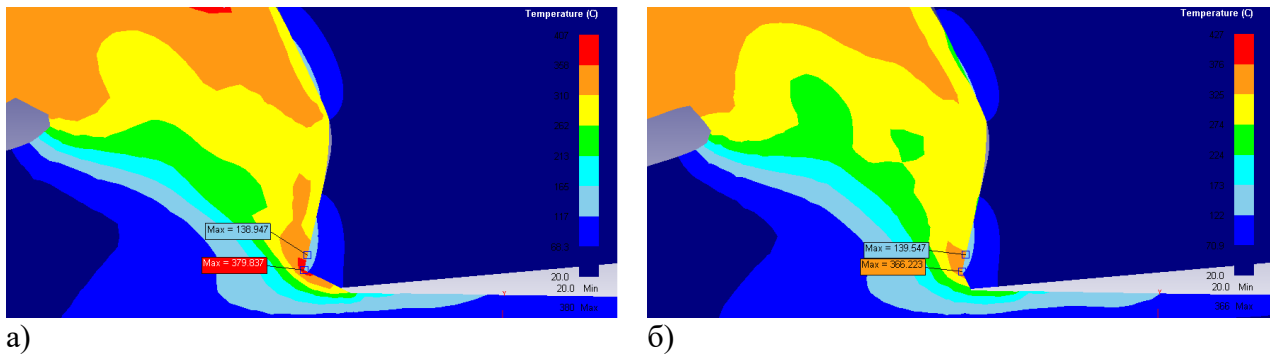


Рис. 1 Распределение температуры в зоне резания:
а – при точении; б – при виброточении ($A=90$ мкм, $f=100$ Гц)

Дальнейшее увеличение амплитуды колебаний до 180 мкм способствовало увеличению температуры до 432°C , но при этом изменило характер ее распределения (рис. 2).

Из рис. 2 очевидно, что максимальное значение температуры 359°C сместилось от прирезочной зоны в тело стружки, а максимальная температура на поверхности резца снизилась до значения 128°C . Снижение температуры на поверхности резца также объясняется периодическим вибрационным воздействием.

Отвод тепла от зоны резания связан с прерыванием процесса резания при вибрационном точении, вследствие чего вершина резца, а также ее область контакта с обрабатываемой поверхностью остывает. Уменьшение средней температуры режущей кромки приводит к увеличению величины стойкости инструмента, что несомненно является преимуществом применения данного метода в сравнении с традиционным точением, в особенности при обработке труднообрабатываемых материалов.

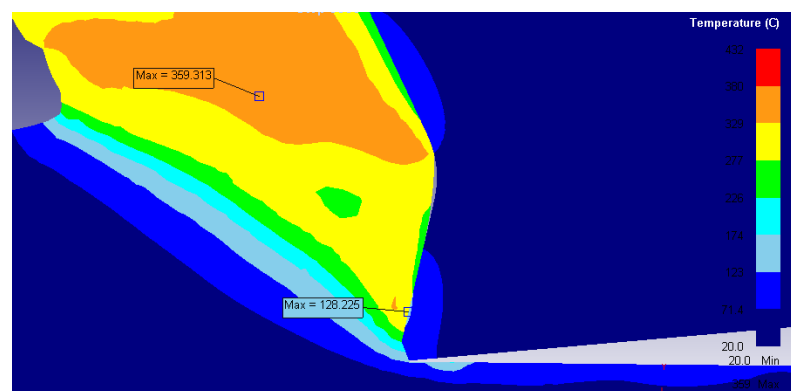


Рис. 2 Распределение температур в зоне резания
при виброточении $A = 180$ мкм, $f=100$ Гц

В результате исследования полей температур можно сделать вывод, что наложение колебаний на режущий инструмент способствует увеличению температуры в зоне резания, изменяет характер распределения тепла и позволяет снизить температуру вершины резца, что положительно сказывается на периоде стойкости режущего инструмента.

Список литературы

1. Подураев, В. Н. Обработка резанием с вибрациями [Текст] / В. Н. Подураев. – М.: Машиностроение, 1970. – 350 с.
2. Кумабэ Д. Вибрационное резание: Пер. с яп. С. Л. Масленникова / Под ред. И.И. Портнова, В.В. Белова. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с, ил.
3. Сергиев А. П., Владимиров А. А. Исследование зависимости шероховатости от виброскорости при чистовом точении стали 12Х18Н10Т // «Четырнадцатая Всероссийская научно-практическая конференция студентов и аспирантов» (сборник научных и научно-практических докладов Всероссийской научно-практической конференции студентов и аспирантов) / СТИ НИТУ «МИСиС». – Старый Оскол, 26-27 апреля 2016. – С. 186 – 187.
4. Сергиев А. П., Владимиров А. А., Макаров А. В., Швачкин Е. Г. Особенности стружкообразования при чистовом вибрационном точении стали 12Х18Н10Т // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: Сб. ст. по материалам XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, (Старый Оскол, 23-25 ноя. 2016 г.), Старый Оскол: Изд-во СТИ НИТУ МИСиС, 2016. Т. 1. С. 285 – 288.

ВЛИЯНИЕ РАДИУСА ГАЛТЕЛИ НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ ВАЛА

Коваленко А.В., студентка 2 курса

Научные руководители: В.И. Авдеев, к.т.н., доцент; И.Е. Подгорный, к.т.н., доцент

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «НИТУ «МИСиС»

Для большинства валов быстроходных машин решающее значение имеет сопротивление усталости. Усталостные разрушения составляют до 40...50% случаев выхода валов из строя [1]. Поэтому основным критерием работоспособности и расчета валов является усталостная прочность.

На усталостную прочность влияют такие факторы как: характер изменения напряжений, характеристики сопротивления усталости материалов, концентрация напряжений, величина абсолютных размеров, шероховатость поверхности, поверхностное упрочнение. При решении задач на усталостную прочность обычно определяют коэффициент запаса усталостной прочности S .

Нами проведены расчеты коэффициента запаса усталостной прочности вала в программном продукте ARWinMachine[2]. Объектом исследования является четырёхступенчатый вал, выполненный из углеродистой стали Ст5пс. Расчетная схема вала представлена на рис. 1. Общая длина вала составляет 905 мм, диаметр цапф 40 мм, наибольший диаметр – 50 мм. Вал установлен на шариковых радиальных сферических двухрядных подшипниках №1308 [3], имеющих радиус скругления 2,5 мм. Вал передаёт крутящий момент $T=320 \text{ Н*м}$, нагружен усилием на консоли от цепной передачи $F_{ц}=2,24 \text{ кН}$ и усилием от барабана $F_{бар}=4,55 \text{ кН}$.

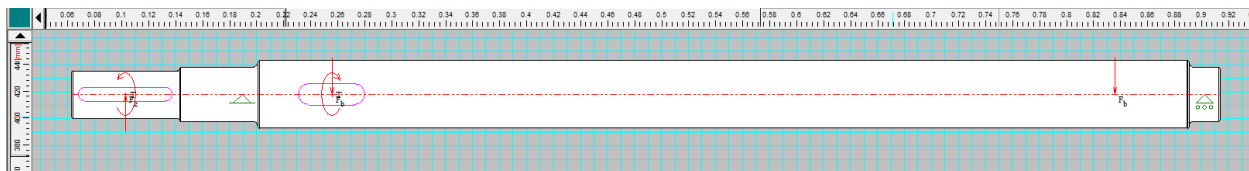


Рисунок 1. Расчетная схема вала

В результате расчета получили значения коэффициента запаса прочности по длине вала (рис. 2). Из графика видно, что опасным сечением (имеет наименьший коэффициент запаса прочности) является сечение вала под левой опорой в месте перехода диаметра вала с 40 мм на диаметр 50 мм.

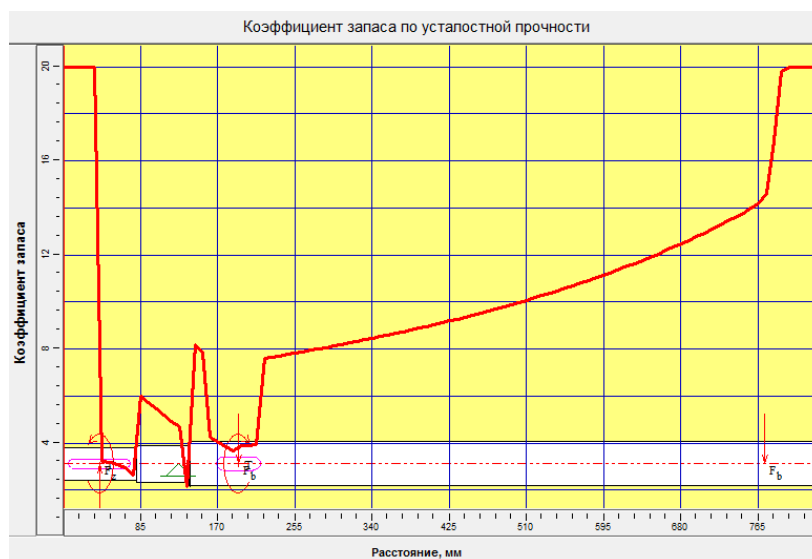


Рисунок 2. - Коэффициента запаса усталостной прочности при радиусе галтели $r=0$

С целью повысить сопротивление усталости вала в опасном сечении нами просчитаны значения коэффициента запаса усталостной прочности при различных радиусах галтелей r от 0 до 2,5 мм с шагом 0,5 мм (предельный радиус галтели 2,5 мм ограничен радиусом скругления на подшипнике).

Так при радиусе галтели 0 мм коэффициент запаса прочности $S_{min} = 2,1$, а при радиусе 2,5 мм (рис. 3) $S_{min} = 2,7$.

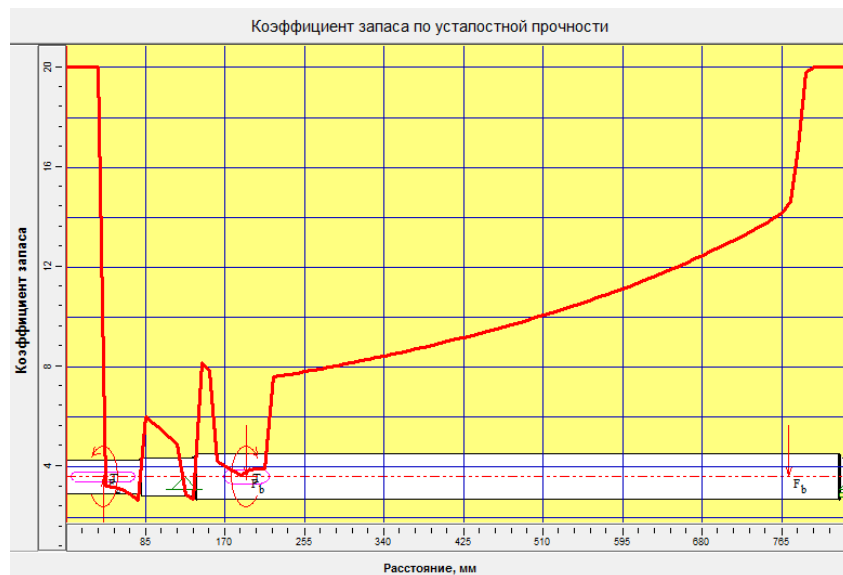


Рисунок 3. - Коэффициента запаса усталостной прочности при радиусе галтели $r=2,5$

По найденным значениям коэффициента в сечении вала при переходе с диаметра 40 мм на диаметр 50 мм (концентратор напряжений - галтель) получили график зависимости коэффициента запаса прочности S_{ot} радиуса галтели r .

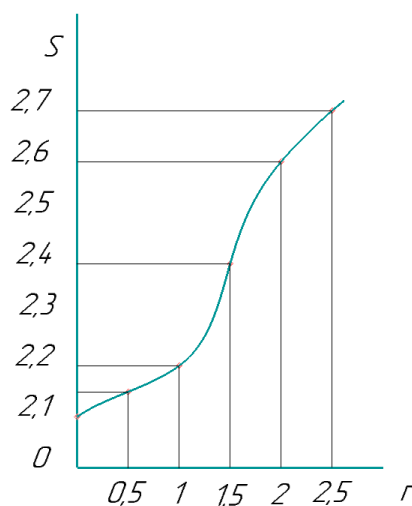


Рисунок 4. - Зависимость коэффициента запаса прочности от радиуса галтели.

Из рис.4 видно, что при увеличении радиуса галтели с 0 мм до 2,5 мм коэффициент запаса прочности вала растет, что является благоприятным фактором.

Список литературы

1. Решетов Д.Н. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов. – 4-е изд., перераб и доп. – м.: Машиностроение, 1989. -496 с.: ил.
2. Программный продукт APM Win Machine
3. ГОСТ 28428-90 Подшипники радиальные шариковые сферические двухрядные. Технические условия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННОГО РЕЗАНИЯ ПРИ ТОРЦЕВОМ ТОЧЕНИИ

Кудинов Е.А., студент 3 курса

Научный руководитель: **Владимиров А.А.**, аспирант
Оскольский политехнический колледж СТИ НИТУ МИСиС

Одним из способов обработки деталей на токарном станке является виброточение. Процесс виброточения заключается в наложении на общепринятую кинематическую схему обработки дополнительного вибрационного движения инструмента, которое характеризуется направлением, формой, амплитудой и частотой колебаний. Наложение вибраций на инструмент дает ощутимый физический эффект снижения усилий резания, уменьшения сил трения, облегчает протекание пластических деформаций, увеличивает стойкость инструмента и повышает качество обработки.

Для определения влияния наложения колебаний режущего инструмента на процесс торцевого точения было применено моделирование процесса резания методом конечных элементов с помощью программного комплекса DEFORM.

В качестве обрабатываемого материала была принята Сталь 10. Режимы резания были следующими: скорость резания $v = 150$ м/мин; глубина резания $t = 1$ мм.

Режимы вибрационного резания: амплитуда колебаний $A = 50$ и 150 мкм; частота колебаний $f = 100$ Гц.

Было смоделировано 3 процесса резания:

1. Без колебаний;
2. Колебания с амплитудой 50 мкм и частотой колебаний 100 Гц;
3. Колебания с амплитудой 150 мкм и частотой колебаний 100 Гц.

Объектом исследования в данной работе был принят характер распределения температур в зоне резания.

При моделировании процесса поперечного точения были получены следующие результаты (рис. 1).

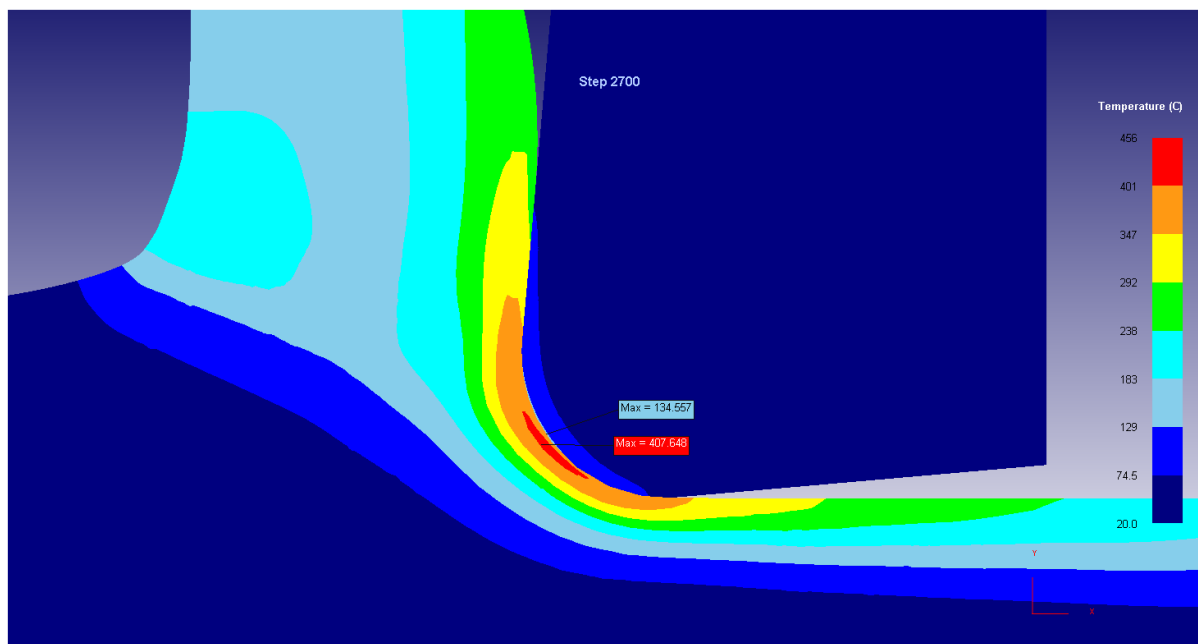


Рис. 1. Торцевое точение: $v = 150$ м/мин; $t = 1$ мм

Из рис. 1 очевидно, что максимальная температура в процессе резания составляет 407°C , а температура вершины реза 134°C .

При моделировании процесса виброточения, представленного на рисунке 2, с амплитудой $A = 50$ мкм и частотой колебаний $f=100$ Гц существенных изменений не наблюдалось. Из рисунка очевидно, что максимальная температура в зоне резания значительно не изменилась, но изменилось распределение температуры в прирезцовой зоне и снизилось до 400°C . При этом температура в теле стружки несколько увеличилась.

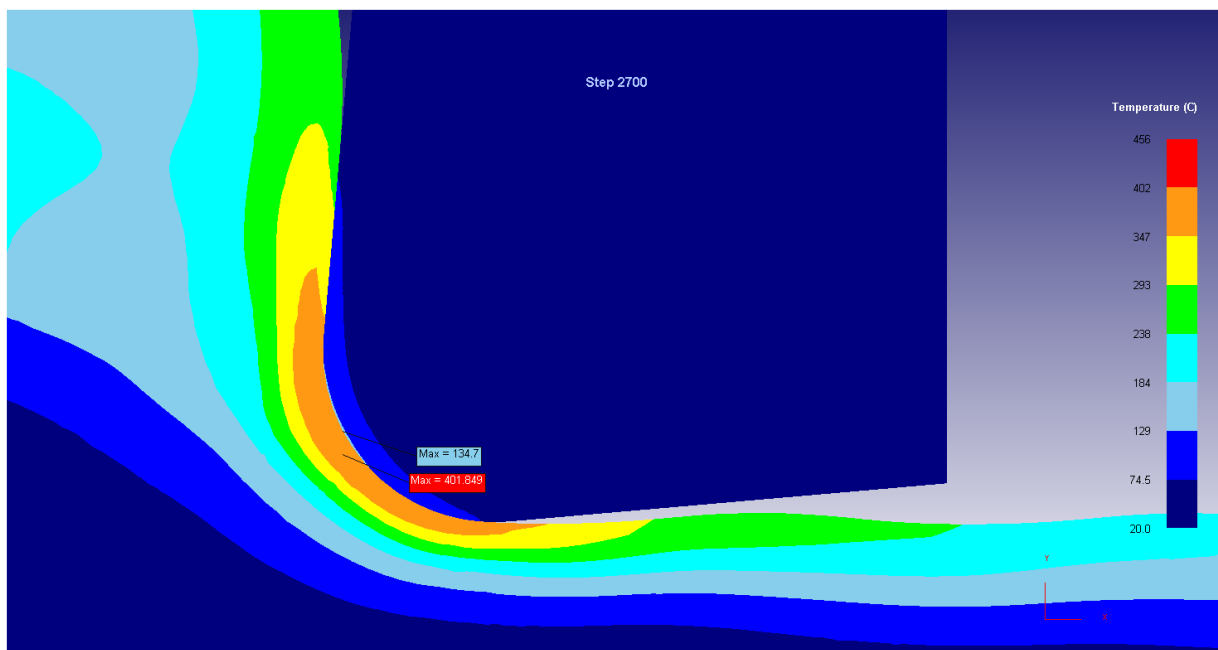


Рис.2. Торцевоевиброточение: $v = 150$ м/мин; $t = 1$ мм; $A = 50$ мкм; $f = 100$ Гц

При дальнейшем увеличении амплитуды колебаний до 150 мкм при той же частоте произошли изменения, представленныена рис. 3.

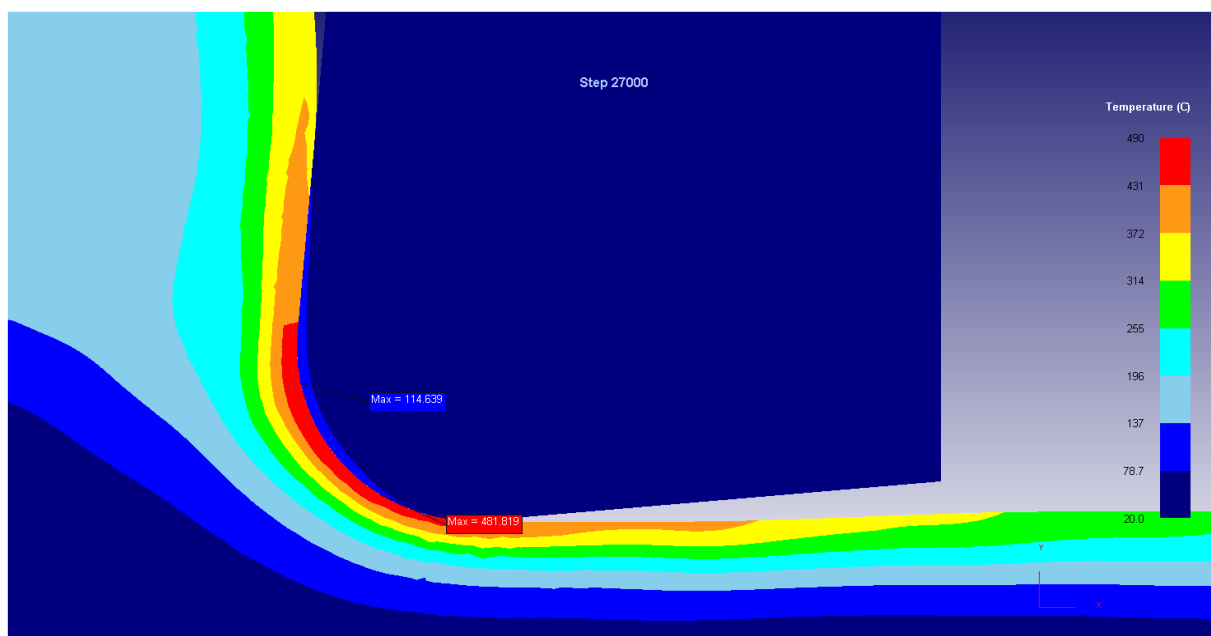


Рис.3. Торцевое точение: $v = 150$ м/мин; $t = 1$ мм; $A = 150$ мкм; $f = 100$ Гц

Как очевидно из рисунка 3, с увеличением амплитуды увеличилась температура в зоне резания до 480°C и в образуемой стружке, при этом область распределения тепла на вершине резца уменьшилась, а температура снизилась до 115°C.

Так как в процессе вибрационного резания на вершину резца накладываются колебания, то в момент обратного хода происходит прерывание процесса резания, в результате чего вершина режущего инструмента охлаждается, тем самым способствуя увеличению периода стойкости инструмента.

Наложении колебаний на режущий инструмент способствует росту температуры в зоне резания, в отличие от резания без колебаний, при этом изменяется характер распределения тепла в образуемой стружке таким образом, что большая его часть отводится из зоны резания вместе со стружкой, это также способствует уменьшению температуры режущего инструмента и увеличению его периода стойкости.

Таким образом, в процессе моделирования было установлено, что наложение колебаний на процесс резания способствует улучшению процесса резания.

Список литературы

1. Подураев, В. Н. Обработка резанием с вибрациями [Текст] / В. Н. Подураев. – М.: Машиностроение, 1970. – 350 с.
2. Кумабэ Д. Вибрационное резание: Пер. с яп. С. Л. Масленникова / Под ред. И.И. Портнова, В.В. Белова. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с, ил.
3. Сергиев А. П., Владимиров А. А., Швачкин Е. Г. Определение направлений исследования вибрационного резания // Технические науки – от теории к практике / Сб. ст. по материалам XLVIII-XLIX междунар. науч.-практ. конф. № 7-8 (44). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2015. С. 47 – 53.
4. Сергиев А. П., Владимиров А. А., Макаров А. В., Швачкин Е. Г. Физические основы процесса вибрационного резания при точении // Научно-теоретический журнал Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2017. – № 3. – С. 94 – 102.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ В ЗОНЕ СЧАЛКИ СТАЛЬНОГО КАНАТА ПОДВЕСНЫХ ПАССАЖИРСКИХ КАНАТНЫХ ДОРОГ

Марченко Э.В., аспирант

Донской государственный технический университет

Для подвесных пассажирских канатных дорог (ППДК) стальной несуще-тяговый канат является одним из ответственных элементов канатной дороги и относится к сложным видам проволочных изделий.

Стальной канат представляет собой сложную механическую систему, у которой при изгибе на шкивах, происходит взаимное перемещение прядей и проволок путем их относительного скольжения и перекатывания. Отсутствие смазки приводит к ограничению подвижности проволок и прядей, и как следствие, изменению тангенциального зазора между прядями, последующему силовому перераспределению растягивающей нагрузки между ними (рис.). Силовое перераспределение растягивающей нагрузки между прядями при эксплуатации характеризуется дефектом в виде волнистости, механизмом образования которого является «закусывания» одной из прядей или проволоки другими смежными прядями в процессе изгиба на шкиве.

Механизм образования дефекта в виде обрыва проволок на участке волнистости состоит в следующем: напряжения в поперечном сечении проволоки при изгибе каната на шкиве возрастает за счет дополнительных изгибающих и растягивающих напряжений от

волнистости, суммарное значение которых превышает расчетные (рис 1). Следовательно, проволоки наиболее нагруженной пряди, начинают разрушаться при меньшем числе циклов нагружения (сроке службы), чем расчетные.

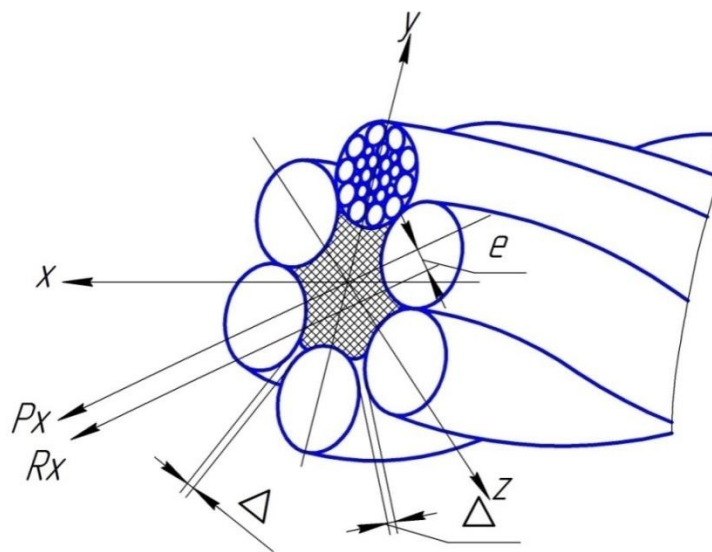


Рис. 1. Модель каната конструкции 6х26(1+5+5/5+10) WS-SPC 1600 В zZ, у которого дефект волнистости присутствует

▲ - тангенциальный зазор между прядями стального каната;

P_x – равнодействующая нагрузка в поперечном сечении стального каната.

R_x - равнодействующая нагрузка в поперечном сечении стального каната с дефектом волнистость;

e – величина эксцентриситета приложения равнодействующей нагрузки R_x .

Процесс образования дефекта волнистости характеризуется относительным кручением стального каната вокруг своей оси. Для мониторинга качества стального каната, связанного с выявлением признака образования волнистости, мировыми лидерами - производителями несуще-тяговых канатов для кольцевых ППКД, в процессе изготовления, на его поверхность по всей длине, краской (как правило, синего цвета) наносится непрерывная полоса. В процессе монтажа каната и при счалке его концов, непрерывная полоса должна быть прямолинейной (не закрученной вокруг оси стального каната). В процессе эксплуатации, положение полосы является одним из критериев визуального контроля стального несуще-тягового каната на предмет возникновения волнистости.

Причиной изменения диаметра несуще-тягового каната в месте счалки является дефект в виде волнистости, возникающий вследствие неравномерного распределения растягивающей нагрузки между прядями каната.

Как показывает опыт эксплуатации и проведенные исследования повреждение пряди несуще-тягового каната является следствием неправильной эксплуатации канатной дороги, в части не проведения ревизии несуще-тягового каната, выразившегося в не выполнении периодического нанесения специальных смазочных материалов на канат в целом и на место счалки.

Список литературы:

1. Ivanov V.V., Popov S.I., Kirichek A.V. Investigation of optimal chemical composition of cast aluminum alloys for vibrational mechanical-chemical polishing and deposition of protective and decorative coatings // XI International Conference on Mechanical Engineering, Automation and

- Control Systems (MEACS 2017): IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 327, 2018. doi:10.1088/1757-899X/327/3/032026
2. Ivanov V.V., Dontsov N.S., Kirichek A.V. Technological features of metallic zinc coatings obtained during mechanochemical synthesis, implemented in conditions of vibro-wave technological systems // XI International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS 2017): IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 327, 2018. doi:10.1088/1757-899X/327/3/032025
 3. Попов С.И., Донцов Н.С., Марченко Ю.В., Иванов В.В., Гальченко Г.А., Марченко Э.В. Электрооборудование автомобилей: учеб.пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2018. – 235 с.
 4. Попов С.И., Донцов Н.С., Марченко Ю.В., Иванов В.В., Марченко Э.В., Скудина А.А. Техническая эксплуатация силовых агрегатов и трансмиссий: учеб.пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2018. – 149 с.
 5. Марченко Ю.В., Попов С.И., Марченко Э.В., Донцов Н.С. Характерные повреждения деталей в процессе эксплуатации транспортных машин // Перспективные направления развития отделочно-упрочняющей технологии и виброволновых технологий: Сборник трудов международной научно-технической конференции, 27-28 февраля.- Ростов-на-Дону, 2018. – С. 204-207.
 6. Бабичев А.П., Иванов В.В., Попов С.И., Донцов Н.С. Особенности механизма формирования вибрационного химико-механического цинкового покрытия // Упрочняющие технологии и покрытия.- 2018.- Том 14, № 2(158).- С. 51-54.
 7. Иванов В.В., Попов С.И., Донцов Н.С. Механическое цинковое покрытие, сформированное в условиях виброволновой технологической системы // Мир гальваники.- 2017.- № 4(38).- С. 80-84.
 8. Лебедев В.А., Марченко Ю.В., Попов С.И., Марченко Э.В., Донцов Н.С. Методы обеспечения показателей качества реновизделий в авторемонтном производстве // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: Материалы Четырнадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 23-24 ноября, Том I.– Старый Оскол, 2017.- С. 227-235.
 9. Марченко Ю.В., Лебедев В.А., Попов С.И., Марченко Э.В. Факторы ремонтпригодности изделий в авторемонтном производстве // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: Материалы Четырнадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 23-24 ноября, Том I.– Старый Оскол, 2017.- С. 240-244.
 10. Апальков А.Ф. Профилирование и укатка русел каналов с противотриационным покрытием: монография / А.Ф. Апальков, В.В. Великородный, С.А. Апальков, А.Г. Кондратьев, С.А. Тарасьянц. – Новочеркасск: НГМА, 2008.- 91с.
 11. Апальков А.Ф. Теплотехника: учебное пособие. - Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 186с. (Сер.Высшее образование).

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ВИБРАЦИОННОГО МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО ТВЕРДОСМАЗОЧНОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ДИСУЛЬФИДА МОЛИБДЕНА НА ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЬНОГО КАНАТА В ПРОЦЕССЕ ЕГО СВИВКИ

Марченко Э.В., аспирант

Донской государственный технический университет

В основу изучения механизма формирования вибрационных механохимических твердосмазочных покрытий была положена методика определения характера расположения, размеров, глубины и формы следов. Нанесение вибрационного механохимического твердосмазочного покрытия (ВиМХТП) осуществляется через слой порошка MoS_2 , находящегося в зоне контакта между поверхностью металла и рабочей средой. Адгезия происходит под действием поверхностных сил, причем сила адгезии является функцией толщины зазора между контактирующими телами.

Проведенный анализ показывает, что наиболее технологичным способом нанесения твердосмазочного покрытия является вибрационный, нежели нанесение его кистью, он в состоянии обеспечить:

1) низкий коэффициент трения, повышенную адгезионную способность MoS_2 за счет высоких контактных нагрузок;

2) измельчение, равномерное распределение дисульфида молибдена по поверхности детали.

При виброволновом воздействии частицы рабочей среды, наносящие удары по обрабатываемой поверхности, обеспечивают сближение поверхности металла в зоне контакта и наносимого покрытия до возникновения сил молекулярного взаимодействия.

На интенсивность взаимодействия влияет не только контакт порошка с обрабатываемой поверхностью, но и процессы, происходящие в зоне непосредственного контакта. Под действием нормальных и тангенциальных сил поверхностный слой металла деформируется за счет воздействия шаров.

В результате циркуляции рабочей среды и деталей образуется сравнительно равномерный слой пластически деформированного активного металла.

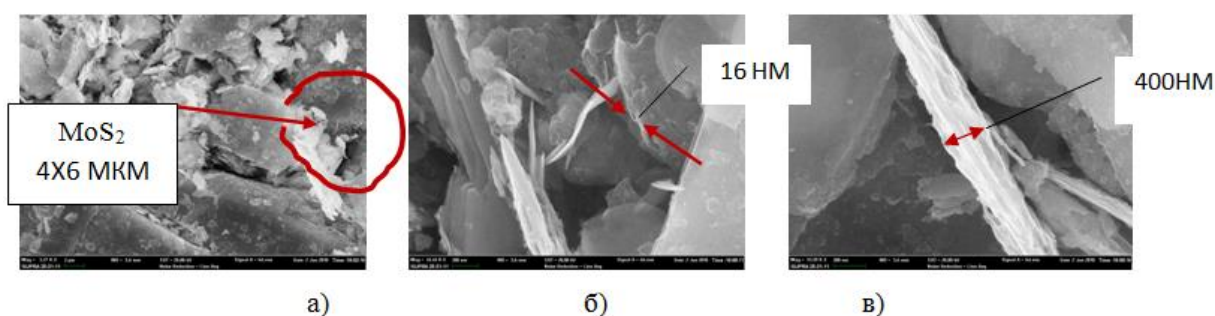


Рис. 1. Морфология поверхности ВиМХТП дисульфид молибдена с различным разрешением на микро/наноуровне: а – 1 мкм; б – 200 нм.; в – 400 нм

Для сравнения представлено изображение покрытия дисульфида молибдена, нанесенное кистью. Данный метод широко применяется на предприятиях машиностроения и авиастроения для деталей, входящих в пары трения. При анализе изображения поверхности, покрытой дисульфидом молибдена (рис.2), становятся очевидными недостатки этого способа:

– над поверхностью покрытия возвышаются пластины дисульфида молибдена, следовательно, усилий, прилагаемых кистью, не достаточно для формирования уплотненного равномерного покрытия;

– дисульфид молибдена не измельчен, а следовательно, внедрение его в микро/нанофиль поверхности металла невозможно. В связи с этим снижается адгезионная способность покрытия и как следствие долговечность.

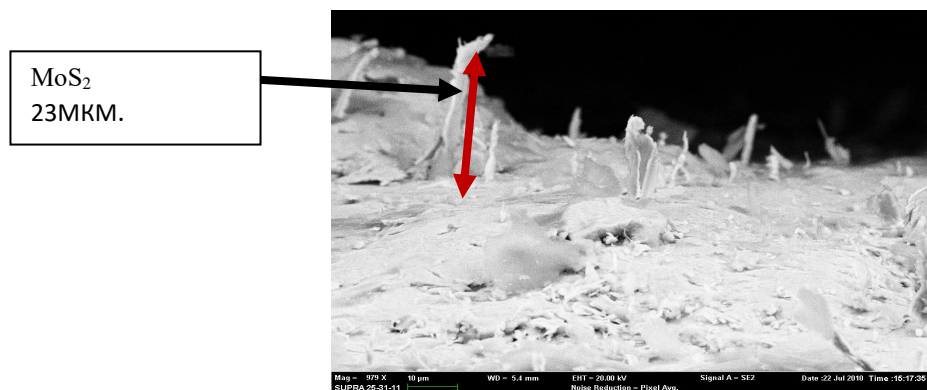


Рис. 2. Морфология поверхности пленки MoS₂, нанесенной кистью, масштаб 10 мкм

Анализируя результаты сравнительных испытаний, можно сделать вывод, что при нанесении покрытия кистью, то есть без приложения нагрузки, кристаллиты порошка MoS₂ имеют беспорядочную ориентацию и некоторые пластины дисульфида молибдена занимают вертикальное положение, а после приработки ориентируются параллельно плоскости скольжения.

Пленка MoS₂, нанесенная различными способами, имеет в начальный период скольжения высокий коэффициент трения, который через определенный период времени уменьшается и стабилизируется.

Результаты определения коэффициента трения этого покрытия показали, что минимальный момент трения устанавливается в начальный период работы, то есть периода приработки практически нет. Приработка покрытия, формирование пленки с хорошими антифрикционными свойствами осуществляется непосредственно в процессе нанесения покрытия.

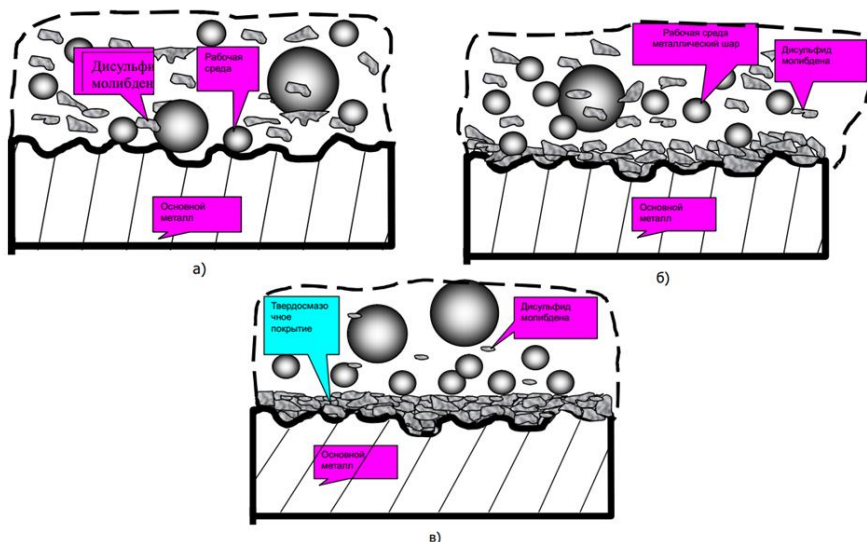


Рис.3. Схема модели формирования вибрационного механохимического покрытия на основе дисульфида молибдена

На основе проведенных исследований предложена следующая модель формирования вибрационных механохимических покрытий на основе дисульфида молибдена (рис.3):

1. Механический контакт и адсорбция частиц MoS₂ в момент приложения внешней нагрузки, благодаря силе соударения шара с поверхностью обрабатываемого материала,

происходит упругая, пластическая и упругопластическая деформация в зоне контакта. За счет сближения наносимого покрытия с деталью происходит адсорбции частиц на поверхности металла (рис.3,а).

2. Активация поверхностного слоя металла. Активация поверхности осуществляется в результате пластического деформирования и увеличения плотности дислокаций, разрушения окисных пленок и образования участков поверхности, увеличения площади поверхности (рис.3,а).

3. Образование граничного слоя. Этот этап осуществляется вследствие размельчения кристаллов MoS_2 , разрушения ими окисных пленок во впадинах микрорельефа, внедрения частиц порошка и адсорбции их к поверхностному слою активизирующего металла (рис.3,б).

4. Образование слоя смазки. Этот этап характеризуется утолщением частиц нанесенного покрытия, размельчением кристаллов, слипанием их друг с другом, образованием сплошного слоя смазки (рис.3,в).

5. Формирование поверхностного слоя покрытия. В результате скольжения частиц рабочей среды относительно образуемой поверхности частицы порошка ориентируются базовыми плоскостями параллельно поверхности трения (рис.3,в).

В результате проведенных исследований установлено, что образуемый в процессе вибрационной обработки слой твердой смазки дисульфида молибдена покрывается тонкой пленкой, имеющей ориентацию частиц базовыми плоскостями параллельно поверхности трения (см. рис.1.) Такое строение пленки, как показал анализ, дает возможность включения в нее наноразмерных структур.

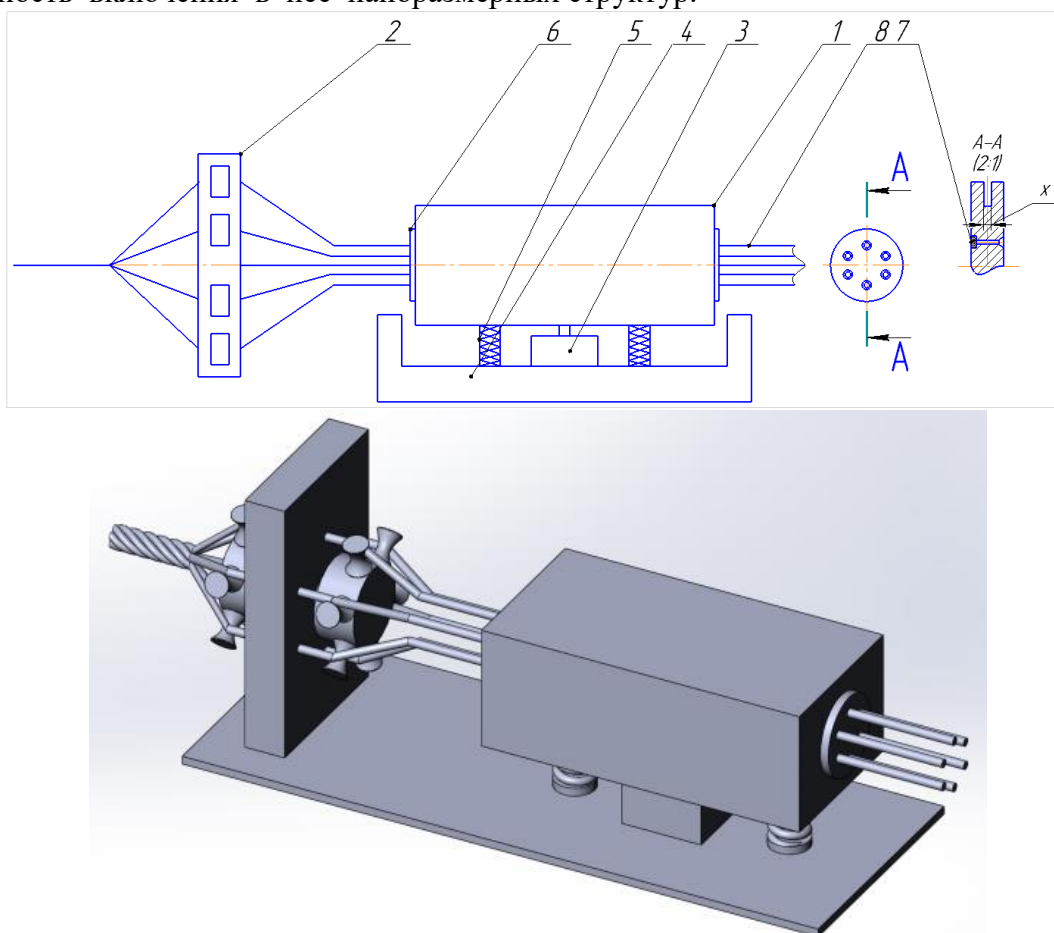


Рис.4. Общая схема полезной модели по нанесению твердосмазочного покрытия на поверхность стального каната в процессе свивки

Полезная модель содержит рабочую камеру (прямоугольного типа) 1, жестко закрепленную с помощью пружин 5 на основании 4, приводимую в движение вибромотором 3. С торцов рабочей камеры установлены приемная и выходная крышки 6.

Полезная модель работает следующим образом.

В рабочую камеру 1 засыпается рабочая среда, содержащая стальные шары различных диаметров и порошок дисульфида молибдена и включают установку на 1 час. В течение этого времени происходит тщательное перемешивание и измельчение порошка, в результате чего, все шары покрываются сплошным слоем смазки. Подготовленная таким образом рабочая среда может быть неоднократно использована. Периодически в рабочую камеру добавляют MoS_2 , необходимое количество которого определяется расходом порошка, идущего на покрытие обрабатываемых деталей. После добавления порошка рабочую камеру также рекомендуется включать на 1 час без деталей для тщательного перемешивания добавленного порошка. Стальная проволока 8 пропускается сквозь рабочую камеру через приемную и входную крышки, и закрепляются на натяжных устройствах канатовьющей машины 2. Во избежание просыпания порошка из рабочей камеры 1, в приемной и выходной крышках 6 установлены резино-металлические манжеты 7. После включения вибромотора 3 рабочая среда перемещается, совершая два вида движений — колебание и медленное вращение всей массы. Стальные шарики движутся по концентричным окружностям вокруг оси контейнера (движение "перекатывания"), "Перекатывание" шаров по всей внутренней поверхности контейнера обеспечивает равномерную обработку поверхности. Обработанная проволока, проходя через вибрационный станок попадает в канатовьющую машину 2, где происходит процесс свивки. Во избежание переплетения стальных проволок, во время работы вибростанка, применяются приемная и выходная крышки, которые поворачиваются (скользят) независимо от колебаний рабочей камеры. Длительность работы и АЧХ вибростанка выбираются в зависимости от режимов работы канатовьющей машины.

Полезная модель по нанесению смазочных покрытий на стальной канат позволяет совместить работу канатовьющей машины и вибрационного станка без конфликтов работы между ними. Толщина полученного вибрационного механохимического твердосмазочного покрытия составляет 3-5 мкм. Смазывание каната начинается уже на этапе проволок, а способ нанесения позволяет упрочнять и повышать адгезионные свойства поверхности стального каната. При этом сокращается время обработки за счет непрерывности процесса и предварительном измельчении порошка. Внедрение данной методики позволит увеличить срок службы и надежность работы стального каната на 15%. а также увеличить производительность и экологичность производства на 10%.

Список литературы:

1. Ivanov V.V., Popov S.I., Kirichek A.V. Investigation of optimal chemical composition of cast aluminum alloys for vibrational mechanical-chemical polishing and deposition of protective and decorative coatings // XI International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS 2017): IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 327, 2018. doi:10.1088/1757-899X/327/3/032026
2. Ivanov V.V., Dontsov N.S., Kirichek A.V. Technological features of metallic zinc coatings obtained during mechanochemical synthesis, implemented in conditions of vibro-wave technological systems // XI International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS 2017): IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 327, 2018. doi:10.1088/1757-899X/327/3/032025
3. Попов С.И., Донцов Н.С., Марченко Ю.В., Иванов В.В., Гальченко Г.А., Марченко Э.В. Электрооборудование автомобилей: учеб.пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2018. – 235 с.
4. Попов С.И., Донцов Н.С., Марченко Ю.В., Иванов В.В., Марченко Э.В., Скудина А.А. Техническая эксплуатация силовых агрегатов и трансмиссий: учеб.пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2018. – 149 с.
5. Марченко Ю.В., Попов С.И., Марченко Э.В., Донцов Н.С. Характерные повреждения деталей в процессе эксплуатации транспортных машин // Перспективные направления

- развития отделочно-упрочняющей технологии и виброволновых технологий: Сборник трудов международной научно-технической конференции, 27-28 февраля.- Ростов-на-Дону, 2018. – С. 204-207.
6. Бабичев А.П., Иванов В.В., Попов С.И., Донцов Н.С. Особенности механизма формирования вибрационного химико-механического цинкового покрытия // Упрочняющие технологии и покрытия.- 2018.- Том 14, № 2(158).- С. 51-54.
 7. Иванов В.В., Попов С.И., Донцов Н.С. Механическое цинковое покрытие, сформированное в условиях виброволновой технологической системы // Мир гальваники.- 2017.- № 4(38).- С. 80-84.
 8. Лебедев В.А., Марченко Ю.В., Попов С.И., Марченко Э.В., Донцов Н.С. Методы обеспечения показателей качества реноизделий в авторемонтном производстве // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: Материалы Четырнадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 23-24 ноября, Том I.– Старый Оскол, 2017.- С. 227-235.
 9. Марченко Ю.В., Лебедев В.А., Попов С.И., Марченко Э.В. Факторы ремонтпригодности изделий в авторемонтном производстве // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: Материалы Четырнадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 23-24 ноября, Том I.– Старый Оскол, 2017.- С. 240-244.
 10. Апальков А.Ф. Профилирование и укатка русел каналов с противотрифильтрационным покрытием: монография / А.Ф. Апальков, В.В. Великородный, С.А. Апальков, А.Г. Кондратьев, С.А. Тарасьянц. – Новочеркасск: НГМА, 2008.- 91с.
 11. Апальков А.Ф. Теплотехника: учебное пособие. - Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 186с. (Сер.Высшее образование).

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО УЗЛА КОНУСНЫХ ДРОБИЛОК

Новоточинов А.П., студент 3 курса; **Белов Н.В.**, аспирант

Научный руководитель: **Бойко П.Ф.**, к. т. н., доцент

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «НИТУ «МИСиС»

Рост объемов переработки минерального сырья, усложнение состава перерабатываемых руд, наблюдаемое в последнее время в связи с вовлечением в эксплуатацию труднообогатимых руд с тонкой вкрапленностью полезных минералов, экономические аспекты требуют качественного нового подхода к процессам переработки и полезных ископаемых.

Основное место в подготовке минерального сырья к обогащению занимают процессы раскрытия минералов: дробление и измельчение, без их применения невозможно обогащение полезных ископаемых. Эти процессы являются наиболее энергоемкими и дорогостоящими. Капитальные и эксплуатационные затраты на них могут достигать 70 % всех затрат на обогащение. Поэтому совершенствование дробильно-измельчительного оборудования имеют важное народнохозяйственное значение.

Дробилки крупно кускового дробления предназначены для первичного крупного и редуционного дробления рудных и нерудных полезных ископаемых с временным сопротивлением сжатию до 250 Мпа, с влагосодержанием до 4 %. Они применяются на всех горно-обогатительных комбинатах черной и цветной металлургии, на углеобогатительных, алмазодобывающих и горно-химических предприятиях.

Исходный материал крупностью 1200 мм, подлежащий дроблению, через приемное отверстие траверсы поступает в камеру дробления криволинейного типа, образованную

внутренней поверхностью броней дробильной чаши и наружной поверхностью броней дробящего конуса. При вращении эксцентрика ось дробящего конуса совершает гирационное движение относительно точки верхнего подвеса, расположенной на пересечении осей дробилки и дробящего конуса, в результате чего в каждый момент времени совершаются сближение конуса с чашей с одной стороны и удаление – с противоположенной. При сближении происходит процесс дробления, а при удалении – процесс разгрузки раздробленного материала. Криволинейный профиль камеры дробления обеспечивает высокую производительность, однородный по крупности продукт, возможность эффективного регулирования разгрузочной щели при износе нижней броней конуса и чаши.

В центральной расточке станины дробилки установлен эксцентрик с зубчатым колесом. Эксцентрик опирается на подпятник, состоящий из трех колец. Нижнее и верхнее кольца выполнены из стали, а среднее - из оловянной бронзы. На наружную и внутреннюю поверхность эксцентрика нанесен антифрикционный баббитовый слой марки Б-83, и на обеих поверхностях предусмотрены продольные каналы-холодильники для прохода масла. Внутренняя расточка эксцентрика, выполненная наклонно и эксцентрично относительно оси наружной поверхности, является подшипником для хвостовика вала дробящего конуса.

В горизонтальной патрубке станины установлен приводной вал, шестерня которого входит в зацепление с зубчатым колесом эксцентрика. Шестерня и зубчатое колесо выполнены из легированной стали, галтели зубьев шестерни упрочнены методом пластического деформирования, что увеличивает усталостную прочность зубьев.

При эксплуатации необходимо обеспечить одно из основных условий надежной работы подшипников. Для смазки механических узлов дробилок применяются централизованные системы густой и жидкой смазки. Данная система жидкой смазки предназначена для непрерывной подачи рабочей жидкости к подшипникам приводного вала, втулке эксцентрика, зубчатой конической передаче, а также к подшипникам скольжения вала дробящего конуса.

Стабильность подачи жидкой смазки и температурный режим, контролируются по показаниям термометра сопротивления на сливе масла и по сигналам термодатчиков, установленных на центральном стакане станины. Температура в указанных точках не должна превышать 60°. На маслопроводах устанавливаются струйные указатели потока масла, по которым и контролируется непрерывность подачи масла во время работы дробилки. При отсутствии потока масла дробилка должна быть немедленно остановлена до выявления причин нарушения нормальной работы и устранения их.

Система работает не эффективно в силу того, что от одной гидростанции питаются несколько механических узлов. Для стабилизации работы системы необходимо добавить отдельный источник подачи масла в подшипник скольжения эксцентрика, оснащенный манометром, для регулировки давления рабочей жидкости и термодатчиками (см. рис. 1). За счет увеличения смазочного элемента втрущихся поверхностей эксцентрика, срок эксплуатации повысится как минимум вдвое подшипниковых узлов – стабильную подачу масла в достаточном количестве.

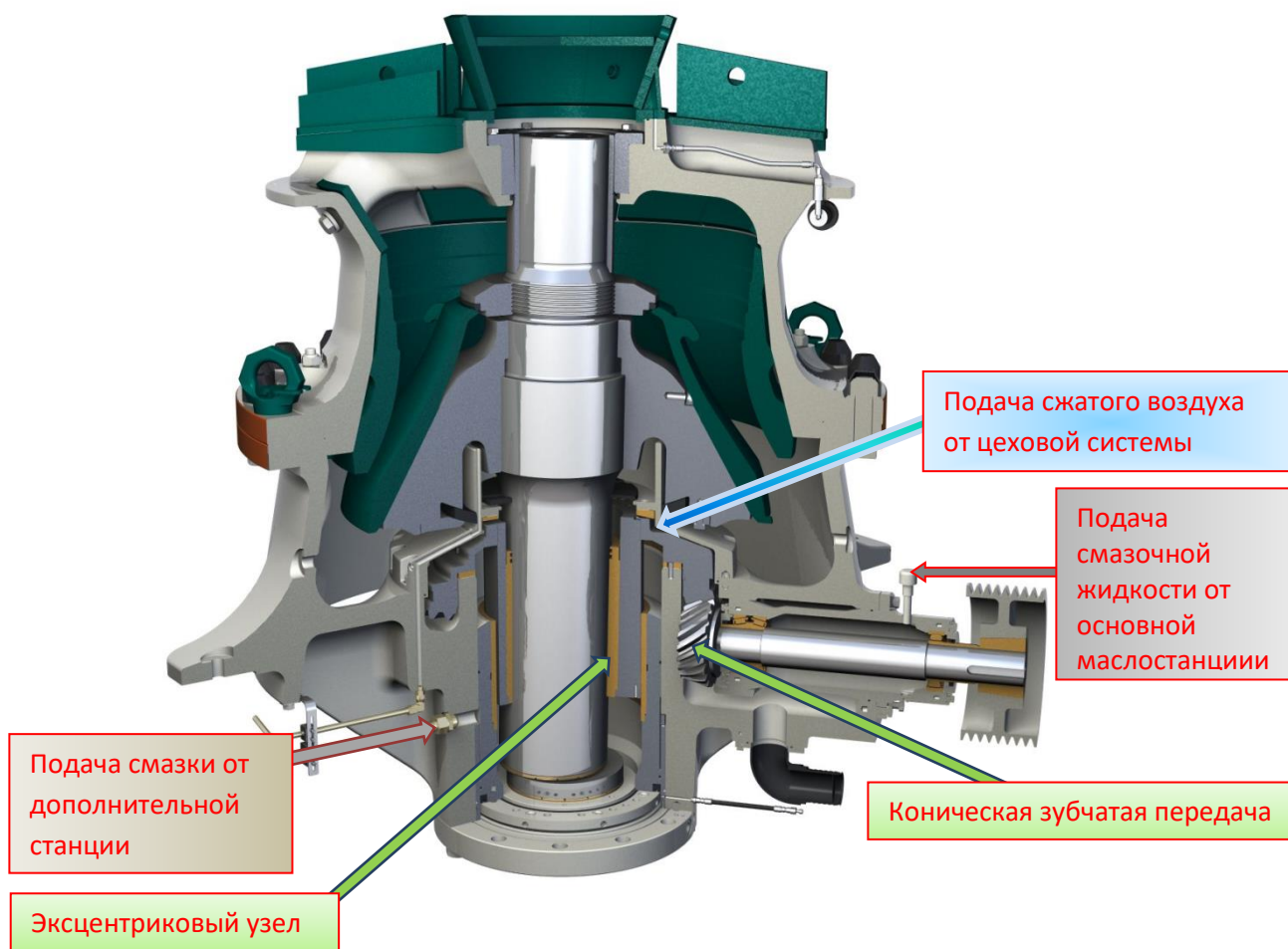


Рис. 1. Схема дробилки

Коническая зубчатая пара, работающая в масляной ванне, и эксцентрик защищены от пыли расположенным над ними патрубком уплотнения. Но при работе оборудования, зубчатое колесо эксцентрика вращается, тем самым создавая всасывания воздуха в узел, из-за чего частицы пыли проникают в зубчатое зацепление и масло, поэтому для эффективной защиты от вредных частиц необходимо повысить давление в области эксцентрика с помощью подачи сжатого воздуха от сетевой системы (см. рис. 1). Когда давление в узле будет больше атмосферного, тогда микрочастицы пыли, находящиеся на поверхности детали, не проникнут к трущимся поверхностям и в масло, что обеспечит его чистоту и повышения срока службы эксцентрикового узла.

Эксцентрик является наиболее ответственным узлом, во время работы он испытывает большие ударные нагрузки, в значительной мере определяющим работоспособность дробилки. Выход его из строя вызывает длительные простои (более суток), а ремонт является дорогостоящей и трудоемкой операцией (более 5 суток).

Эксцентрик является наиболее ответственным узлом, во время работы он испытывает большие ударные нагрузки, в значительной мере определяющим работоспособность дробилки. Выход его из строя вызывает длительные простои (более суток), а ремонт является дорогостоящей и трудоемкой операцией (более 5 суток).

Список литературы

1. Технологические особенности эксплуатации, ремонта, восстановления и модернизации конусных дробилок большой единичной мощности. Ж. Горных №4-2017. Бойко П.Ф., Титиевский Е.М., Тимирязев В.А.

2. Обеспечение эффективности работы конусных дробилок большой единичной мощности. "Scientific Light (Wroclaw, Poland). ISSN 0548-7110The journal is registered and published in Poland. БойкоП.Ф., ТитиевскийЕ.М.
3. Эксплуатация дробильных и измельчительных установок. Вайсберг В.М. Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 125047, Москва, пл. Белорусского вокзала, 3 – 203с.
4. Руководство по эксплуатации дробилок ККД и КРД.
5. Зверевич В.В. Основы обогащения полезных ископаемых: Учеб.пособие для студентов вузов / В.В. Зверевич, В.А. Перов. – М.: Недра, 1971. – 216 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ МУФТЫ

Новоточинов А.П., студент 3 курса, **Бородин М.Б.**, к.т.н., доцент

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «НИТУ «МИСиС»

В современном мире развитие производства идёт в направлении увеличения производительности при снижении затрат до минимума. Для этого процесса характерно увеличение нагрузок на привод машины, что приводит к повышенному износу элементов привода и выходу из строя электродвигателя.

Современные муфты являются не только соединительными устройствами для валов, но и выполняют предохранительные функции, защищая привод от перегрузок и динамических нагрузок, поглощая вибрации и ударные нагрузки [1]. Все эти функции при работе может выполнять гидромеханическая муфта с дифференциальным зубчатым передаточным механизмом (рис.1.). Данная муфта может работать как пускозащитная, предохранительная и упругодемпфирующая, снижая воздействие динамических нагрузок на привод и защищая его от перегрузок[2].

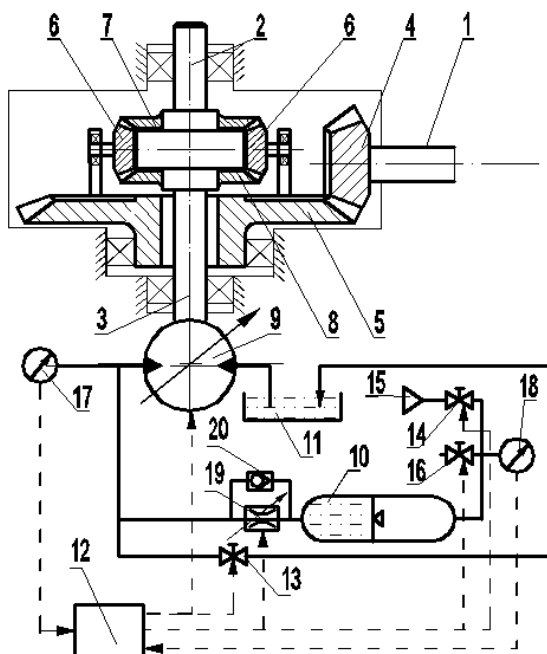


Рис. 1. Схема гидромеханической муфты:

1, 2 – ведущий и ведомый валы; 3 – регулирующий вал гидросистемы; 4 – коническая шестерня; 5 - коническое колесо с водилом; 6 – сателлиты; 7, 8 – конические колёса; 9 – обращаемая гидромашина; 10 – гидроаккумулятор; 11 – сливная ёмкость; 12 – система

управления; 13-управляемый кран; 14, 16 – вентили регулировки давления; 15 – источник высокого давления газа; 17, 18 – манометры (датчики давления);

При включении двигателя кран 13 может быть открыт. В этом случае вращение вала двигателя, полностью передаётся на вал 3, так как на валу 2 момент сопротивления при пуске значительно выше. Вал 3 вращается и гидромашина 9 работает как гидронасос, перемещая жидкость по трубопроводу холостого контура до тех пор, пока происходит разогрев двигателя.

Далее закрывается кран 13, и гидронасос начинает накачивать жидкость в гидроаккумулятор. При этом давление в гидроаккумуляторе возрастает, и пропорционально давлению плавно увеличивается момент сопротивления на валу 3 до тех пор, пока не станет равным моменту сопротивления на валу 2. При этом скорость вращения вала 3 снижается, а вала 2 – увеличивается. При достижении установившегося движения, вал 3 останавливается (удерживаемый от поворота гидромашиной 9, которая, на данном этапе, работает как тормоз за счёт высокого давления в гидроаккумуляторе), а вращение от ведущего вала 1 полностью передаётся на ведомый вал 2.

При возрастании момента на исполнительном валу 2 гидромашина опять работает в режиме насоса, закачивая жидкость в гидроаккумулятор 10.

При снижении момента на исполнительном валу 2, гидромашина 9 начинает работать в режиме мотора, проворачивая колесо 8 в обратную сторону под действием избыточного давления в гидроаккумуляторе и возвращая энергию, накопленную в гидроаккумуляторе 10 в систему.

Если момент на валу 2 превышает предельно допустимый момент продолжительное время, давление в гидроаккумуляторе достигает критического значения, система управления 12 открывает управляемый клапан 13. При этом рабочая жидкость из гидромашин 9 и гидроаккумулятора 10 поступает на слив 11, падает давление в гидросистеме, вал 3 начинает вращаться, перемешивая жидкость по холостому контуру и вал 2-ой останавливается. Это практически означает размыкание (срабатывание) предохранительной муфты.

Для данной схемы муфты проводились теоретические и экспериментальные исследования, результаты которых показали, что муфта способна снижать амплитуду воздействующих со стороны технологической машины динамических нагрузок до 3-х раз и защищает привод от перегрузок, своевременно срабатывая [3]. Кроме того, параметры гидросистемы при необходимости могут изменяться в процессе работы механизма, адаптируясь к изменяющемуся режиму работы механизма таким образом, чтобы амплитуда динамических нагрузок на любом этапе работы была минимальна.

Анализируя приводы машин металлургического производства, пришли к выводу, что конструкцию исследуемой муфты сложно внедрить в трансмиссии приводов уже существующих машин по следующим причинам:

1. *Ось входного вала не совпадает с осью выходного вала.* Это означает то, что если необходимо будет установить подобную муфту на эксплуатируемый механизм, то придется изменять положение элементов привода (например, поворот двигателя на 90°). В некоторых случаях это просто невозможно. То есть данную муфту нужно изначально планировать при конструировании машины.

2. *Наличие передаточного отношения.* При установке такой муфты в узел агрегата необходимо учитывать передаточное число муфты. Это приведёт к необходимости конструирования и установке нового редуктора, что несет с собой дополнительные затраты.

Перечисленные особенности схемы муфты, мешающие её внедрению в приводы реальных механизмов можно устранить, поменяв в схеме муфты, ведомый вал с регулирующим валом, на который установлена гидросистема [2].

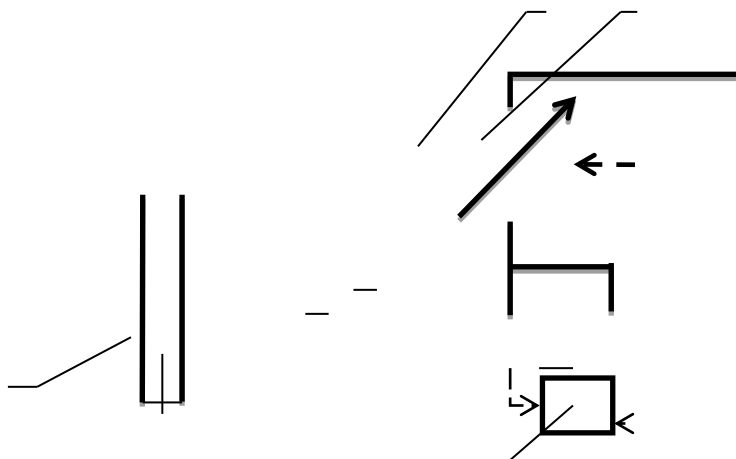


Рис. 2. Обновленная схема муфты. (1 – регулирующий вал гидросистемы; 2,3 – ведущий и ведомый валы)

В результате, обновленная конструкция муфты не только будет способна подстраиваться под изменяющиеся в процессе работы динамические нагрузки машины и минимизировать влияние этих нагрузок на электродвигатель, но и не потребовать дополнительной проектировки узла. А также позволит снизить давление в гидросистеме, за счет снижения момента на регулирующем валу из-за передаточного отношения, что приведет к уменьшению затрат на элементы гидросистемы.

Для представленной схемы муфты необходимо модернизировать существующий экспериментальный стенд, проведя перекомпоновку передаточного механизма и провести исследования новой конструкции муфты.

Список литературы

1. Поляков В.С., Барбаш И.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам. 2-е изд., испр. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1979 – 344с., ил.
2. Бородина М.Б., Мироненко С.В., Савин Л.А., Шевченко Б.А. Гидромеханическая муфта. Патент РФ № 2536035 на изобретение. МПК F16D 25/06, F16D 3/34, F16D 31/00. Бюл. № 1. Оpubл. 10.01.2017.
3. Мироненко С.В., Бородина М.Б., Савин Л.А. Демпфирование импульсных нагрузок гидромеханической муфтой с зубчатым дифференциальным исполнительным механизмом. *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. 2015. № 3 (311). С. 53-58.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ПОДШИПНИКА ВЕРХНЕГО ПОДВЕШИВАНИЯ ДРОБЯЩИХ КОНУСОВ ДРОБИЛОК

Сурова Л.А., студентка 3 курса; Белов Н.В., аспирант

Научный руководитель: **Бойко П.Ф.**, к. т. н., доцент

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «НИТУ «МИСиС»

Источником получения металлов являются полезные ископаемые, называемые металлическими рудами, а железо- железные руды, железистые кварциты.

С целью использования в металлургическом производстве кварциты подвергаются обогащению, состоящие из ряда последовательных операций, направленных на измельчение монолитных кусков размером около 1500 мм, полного раскрытия рудных зерен до крупности 44 мкм и получению железорудных концентратов.

Измельчение руды, поступающей из карьера, начинается с конусных дробилок.

Процесс разрушения материала в дробилках протекает непрерывно при больших нагрузках на нижний и верхний подшипники дробящих конусов.

Находясь в голове технологического процесса конусные дробилки определяют надежность работы обогатительной фабрики.

Нормальная работа дробилки крупного дробления может быть обеспечена только хорошей настройкой сопряженных узлов и деталей. Регулировка проверяется вращением привода вручную, при этом эксцентрик и приводной вал легко вращаются, а дробящий конус остается неподвижным. При работе дробилки без нагрузки вращение конуса относительно собственной оси должно быть в пределах не более 3-4 об/мин. Масло на сливе должно оставаться чистым без стальной, бронзовой или баббитовой стружки и иметь температуру не выше 50°C.

Перед пуском конусной дробилки необходимо включить системы жидкой и густой смазки, убедиться в их нормальной работе, проверить температуру масла, которая должна быть не ниже +25°C, затем проверить исправность и показания других приборов и, только убедившись в нормальной работе системы смазки, можно включать дробилку.

Для смазки трущихся деталей и узлов конусных дробилок крупного дробления применяется жидкая для нижнего подшипника и консистентная смазка для верхнего подшипника.

В настоящее время дробилки крупного дробления комплектуются централизованными системами жидкой смазки. Централизованная циркуляционная система густой смазки обеспечивает непрерывную подачу очищенного в фильтре и охлажденного или подогретого, в зависимости от погодных условий, масла к втулке эксцентрика, подпятнику, конической зубчатой передаче, подшипникам приводного вала и другим трущимся местам сопряжения деталей.

Для контроля температуры воды и масла станции жидкой смазки снабжены электротермометрами и магнитоэлектрическими логометрами. В отстойнике вмонтированы электронагреватели.

На нагнетательных трубопроводах масла и воды устанавливаются манометры.

Централизованная автоматическая система густой смазки служит для периодического пополнения смазкой полостей верхнего подвеса подвижного конуса. Эта система включает в себя автоматическую станцию САГП-800К с клапаном давления КДГ-

3/8" и конечным выключателем, разводку на дробилке, состоящую из трубопроводов с дозирующими питателями типа ПД. Густая смазка подается из бака маслонасосом.

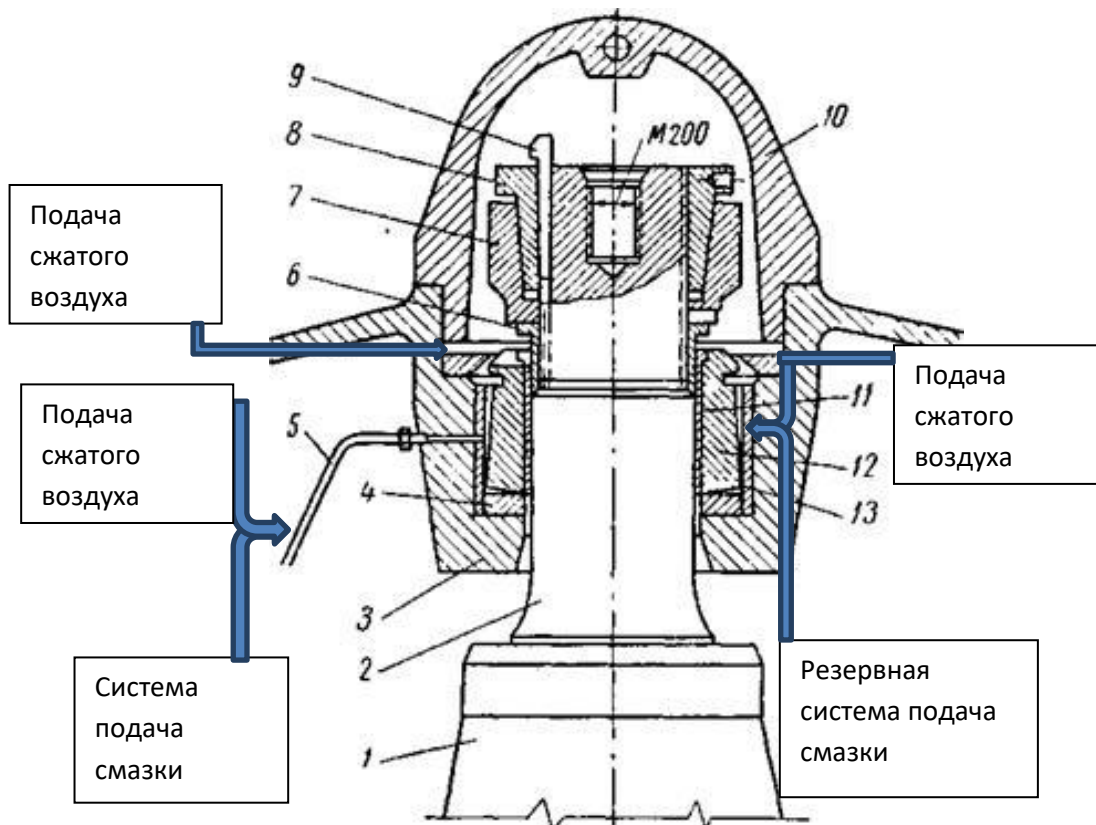


Рис. 1. Верхний подвес конуса дробилки: I — дробящий конус; 2 — вал дробящего конуса; 3 — траверса; 4 — шайба; 5 — трубка для смазки; 6 — распорная втулка; 7 — обойма; 8 — разрезная гайка; 9 — клиновидная шпонка; 10 — колпак; II — втулка; 12 — конусная втулка; 13 — втулка

Обеспечение непрерывной подачи густой смазки в подшипник скольжения на валу дробящего конуса в траверсе необходимо выполнить отверстие для укладки резервного масла подающего трубопровода и установить в маслоподвале резервную масло-станцию. При недостатке смазки в узле трения, будет срабатывать датчик контроля, и с помощью реле будет включаться резервный приток смазки. Также необходимо систему подключить к источнику сжатого воздуха для продувки каналов (см. рис. 1). Кроме того, для предотвращения попадания пыли под колпак в подшипник необходимо обеспечить подачу сжатого воздуха под колпак.

Предоставленные мероприятия обеспечат постоянную подачу смазки в подшипник верхнего подвеса, исключат попадания абразивной пыли и обеспечат надёжную работу подшипника скольжения верхнего подвеса и дробилки.

Список литературы

1. Технологические особенности эксплуатации, ремонта, восстановления и модернизации конусных дробилок большой единичной мощности. Ж. Горных №4-2017. Бойко П.Ф., Титиевский Е.М., Тимерязев В.А.

2. Обеспечение эффективности работы конусных дробилок большой единичной мощности. "Scientific Light (Wroclaw, Poland). ISSN 0548-7110 The journal is registered and published in Poland. Бойко П.Ф., Титиевский Е.М.
3. Эксплуатация дробильных и измельчительных установок. Вайсберг В.М. Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 125047, Москва, пл. Белорусского вокзала, 3 – 203с.
4. Руководство по эксплуатации дробилок ККД и КРД.
5. Справочник по обогащению руд: Подготовительные процессы / Под ред. О.С. Богданова. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1982. – 366с.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ 3D-МОДЕЛИ ЛЕМЕХА ОБОРОТНОГО ПЛУГА ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА

Суханов А.В., ассистент; Моисеев Н.В., студент 3 курса
 Липецкий государственный технический университет

Лемех - нижняя часть корпуса плуга, подрезающая пласт снизу и направляющая его на отвал. Лемех содержит режущую часть 1 с прямолинейным лезвием 2, носком 3 и, например, утолщением 4 со стороны нерабочей поверхности 5 режущей части 1, при этом утолщение 4 выполнено сплошным по всей длине режущей части и имеет ребро 6 жесткости. К режущей части 1 примыкает основание 7 со спинкой 8. Ребро 6 жесткости выполнено параллельным спинке 8 лемеха. Лемех имеет бороздной 9 и полевой 10 обреза. Спинка 8 и лезвие 2 лемеха расположены под острым углом γ друг к другу с вершиной угла γ со стороны бороздного обреза 9. Расположенные под острым углом спинка 8 и лезвие 2 образуют наружный контур лемеха, при котором пятка 11 расположена выше носка 3 на величину h [1, 2] (рис. 1).

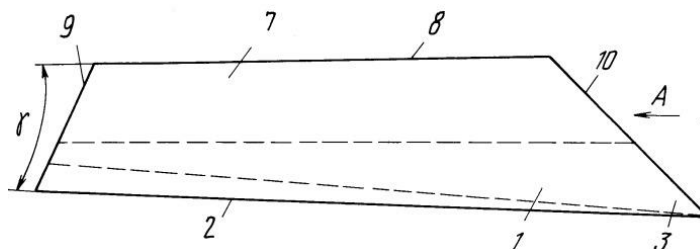


Рис. 1. Схема лемеха

Эксплуатация лемехов показала, что вследствие различных удельных давлений почвенной среды на рабочую поверхность лемеха имеет место неравномерный по интенсивности нарастания износ, который снижается в следующем порядке основных зон износа: носовая часть, режущая часть, средняя часть и пятка. При известном характере износа лезвие с прямолинейной формой у носка затупляется интенсивнее остальной режущей части, вследствие чего ухудшается заглубляющая способность лемеха, уменьшается ширина захвата, увеличивается тяговое сопротивление. Из приведенных на фотоиллюстрациях (рис. 2.) примеров дефектов можно сделать вывод о том, что основной износ лемеха происходит в носовой части, что может привести к отколу носовой части лемеха.

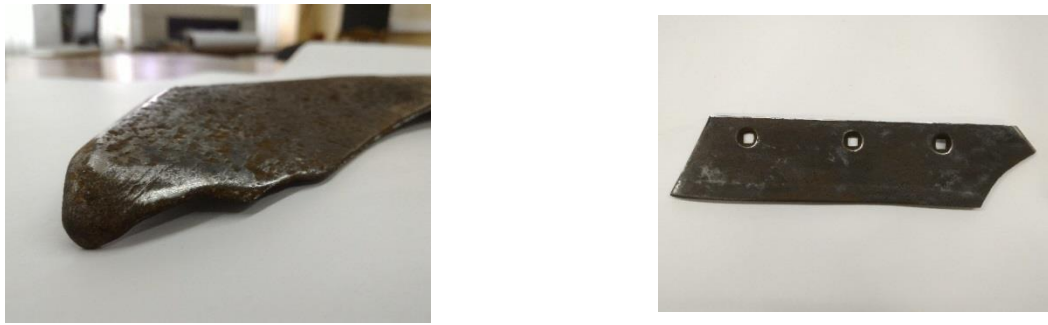


Рис. 2. Фотоиллюстрации распространенных дефектов лемеха

На рис.3 приведена базовая 3D-модель лемеха оборотного плуга, построенная в среде автоматизированного проектирования «AutodeskInventor 2016»[3, 4, 5].

По результатам анализа напряжений базовой модели лемеха оборотного плуга предложен вариант усиления конструкции лемеха в области его носовой части. На рис.4приведена 3D-модель конструкции лемеха с выполнением усиления.

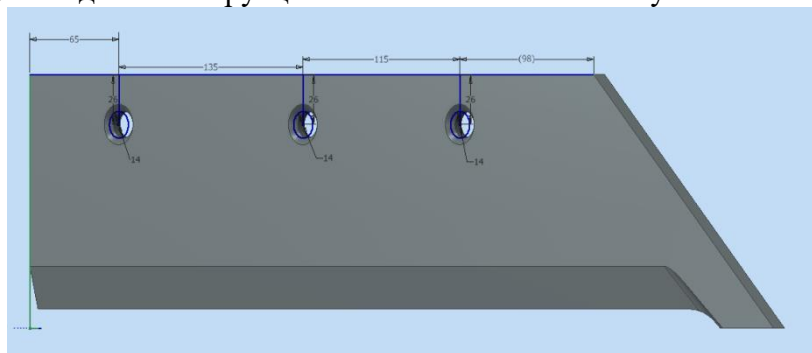


Рис. 3. Базовая 3D модель лемеха, построенная в среде AutodeskInventor 2016

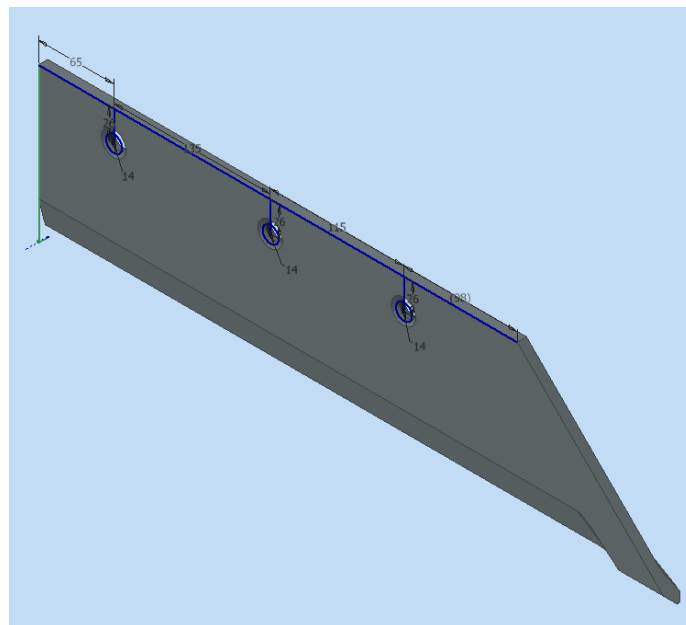


Рис. 4. Усиленная 3D-модель лемеха

Для проведения исследований напряженно-деформированного состояния базовой и усиленной конструкций лемеха оборотного плуга было выбрано соответствующее распределение удаленных нагрузок вдоль грани лемеха, как показано на рис.5.

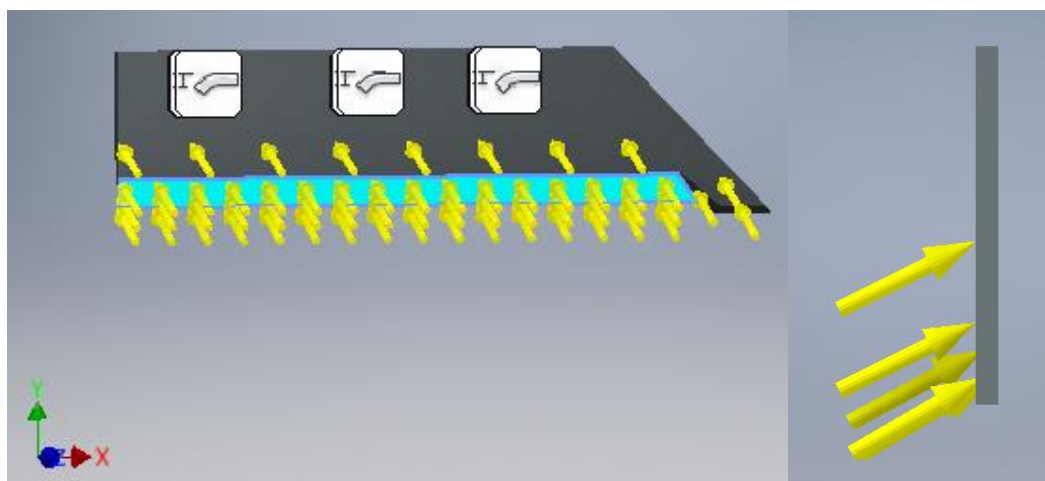


Рис. 5. Распределение и направление удаленных нагрузок на грани лемеха

Анализ напряжений и деформаций 3D-модели усиленной конструкции лемеха произведен в среде автоматизированного проектирования Autodesk Inventor 2016[6, 7]. Характеристики материала лемеха представлены в таблице 1. Результаты автоматизированного расчета при анализе напряженно-деформированного состояния усиленной конструкции лемеха приведены в таблице 2.

Таблица 1. Характеристики материала для модели лемеха оборотного плуга

Наименование	Чугун, серый	
Общие характеристики	Массовая плотность	7,15 г/см ³
	Предел текучести	119 МПа
	Окончательный предел прочности растяжения	276 МПа
Напряжение	Модуль Юнга	90 ГПа
	Коэффициент Пуассона	0,3 бр
	Модуль упругости при сдвиге	34,6154 ГПа

Таблица 2. Результаты автоматизированного расчета

Наименование характеристики	Минимальная	Максимальная
Масса	3,7287 кг	
Напряжение по Мизесу	0,0607818 МПа	870,095 МПа
1-ое основное напряжение	-156,437 МПа	435,57 МПа
3-е основное напряжение	-897,009 МПа	102,036 МПа
Смещение	0 мм	3,6599 мм
Коэфф. запаса прочности	0,136767 бр	15 бр
Эквивалентная деформация	0,000000595864 бр	0,00865508 бр
1-ая основная деформация	0,00000034255 бр	0,00476214 бр
3-я основная деформация	-0,00950467 бр	-0,000000482098 бр

Анализ смещений, напряжений и деформаций в элементах 3D-модели базовой и усиленной конструкций лемеха оборотного плуга показал, что выполненное с предложенными геометрическими характеристиками усиление базовой конструкции лемеха

способствует повышению запаса прочности и, соответственно, увеличению износостойкости конструкции.

Список литературы

1. Устинов А. Н. и др. Машины для посева и посадки сельхоз. культур. - М.: Машиностроение, 2009
2. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины. - М.: КолосС, 2003.
3. Павел Журбенко Autodesk Inventor 2016. Трёхмерное моделирование деталей и выполнение электронных чертежей 2016.
4. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.: ил.
5. Норенков И.П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем: Учеб. пособие. - М.: Высшая школа, 1980. - 311 с.
6. Щербаков Н.П. Автоматизация технологического проектирования: Учеб. Пособие, гриф УМО АМ № 19/55 от 05.02.01 / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2002.- 432 с.
7. Геммерлинг Г.А. Система автоматизированного проектирования стальных строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1987.

СКВОЗНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ТРУБЫ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Таупек И.М., к.т.н., инженер, **Вакуров А.В.**, инженер

Электростальский институт (филиал) Московского политехнического университета

Положенцев К.А., к.т.н., ст. мастер КИПиА, **Лисовский А.В.**, к.т.н., инженер,
АО «Металлургический завод «Электросталь»

Конечно-элементное моделирование является эффективным инструментом для исследования процессов обработки металлов давлением. Однако довольно часто моделируются лишь отдельные операции технологического процесса, что не позволяет полноценно оценить влияние всех производственных факторов на качество готового изделия. Поэтому наиболее перспективным является сквозное моделирование, включающее как можно больше элементов реального процесса производства.

Примером такого моделирования является исследование влияния основных технологических операций формоизменения при производстве трубы большого диаметра на напряжённо-деформированное состояние листовой заготовки. Ранее [1,2] производилось моделирование отдельных стадий данного процесса, что не позволяло комплексно оценить напряжённо-деформированное состояние трубы при её изготовлении.

Было произведено моделирование технологического процесса изготовления трубы диаметром 1220 мм, с толщиной стенки 30 мм. Для ускорения расчёта использовалась половина заготовки (плоскость симметрии располагалась продольно), также её длина была уменьшена с 12 м до 5 м. Итоговая конечно-элементная сетка состояла из 11000 элементов (при 4 элементах по толщине заготовки). Моделируемый технологический процесс состоял из следующих стадий: исходная трубная заготовка в виде листа подаётся в пресс предварительной подгибки кромок, далее на пресс пошаговой формовки, где и производится основное формоизменение, после чего производится дальнейшая догибка и сварка кромок в сборочно-сварочной клетке и финальное экспандирование. Сварка кромок имитировалась путём постепенного закрепления перемещения узлов сетки в поперечном направлении на доформованной кромке заготовки.

Внешний вид формоизменения заготовки после основных этапов моделирования показан на рисунке 1.

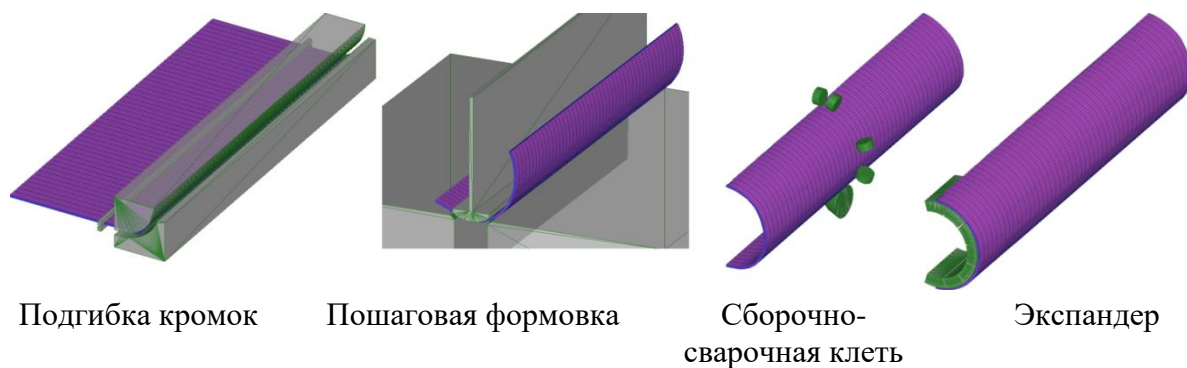


Рисунок 1 – Смоделированные технологические операции при изготовлении труб большого диаметра

На рисунке 2 показано распределение накопленных деформаций после основных стадий формовки. Из него видно, что наибольшую деформацию заготовка получает после пошаговой формовки и экспандера. Причем, если после первой операции распределение имеет характер, определённый шагами подачи заготовки при формовке, то после экспандера деформации занимают

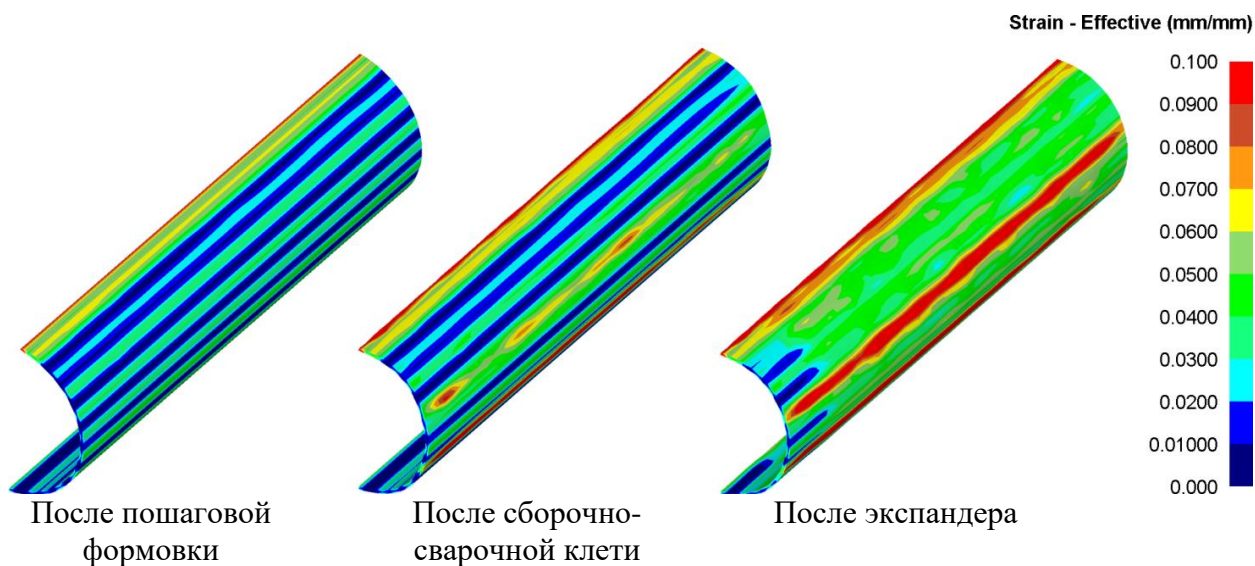
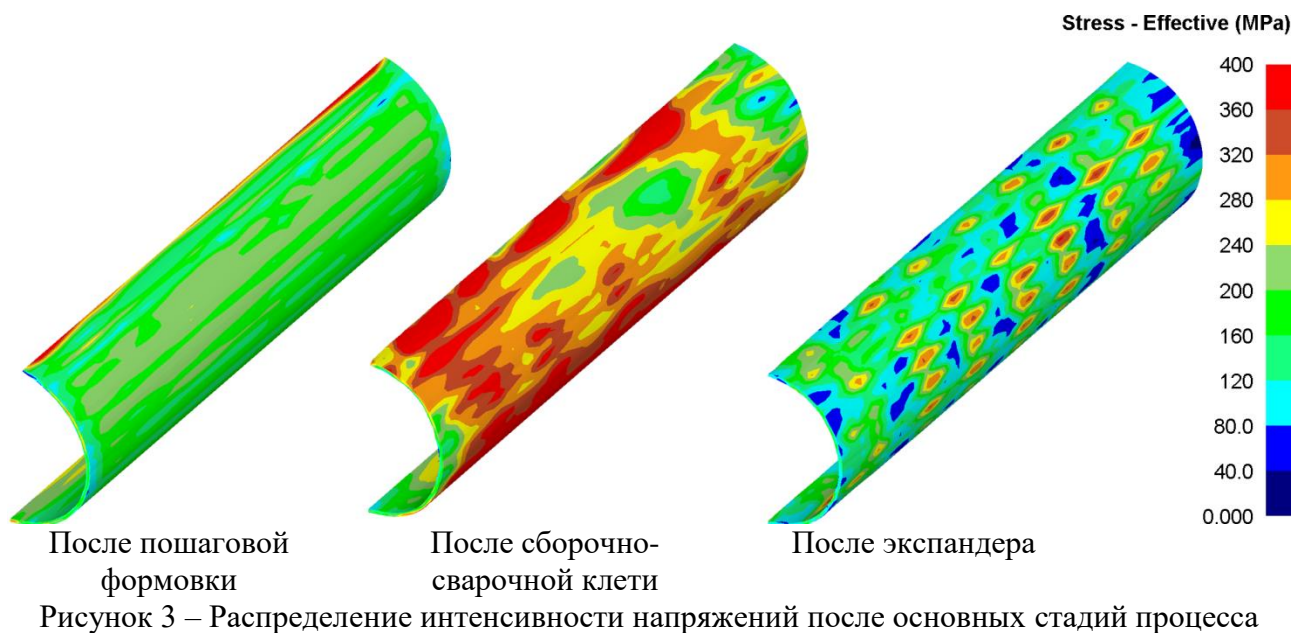
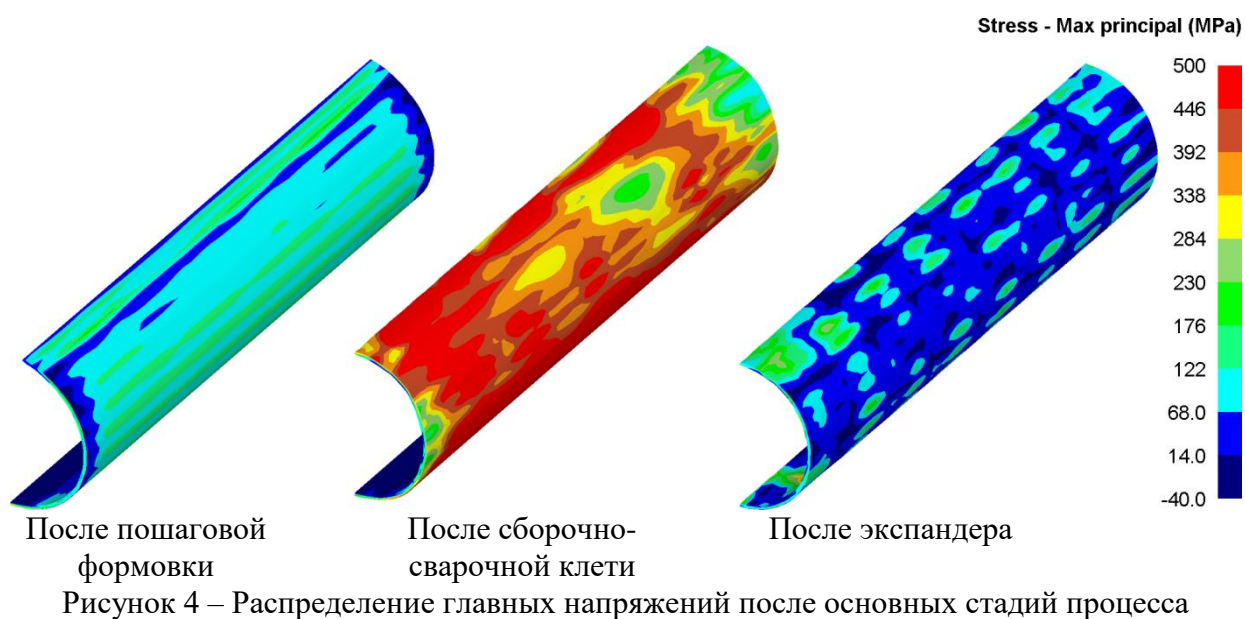


Рисунок 2 – Распределение накопленных деформаций после основных стадий процесса

На рисунке 3 показано распределение интенсивности напряжений. Видно, что наибольшие растягивающие напряжения возникают после сборочно-сварочной клетки, когда происходит доформовка заготовки и



На рисунке 4 показано распределение главных напряжений. На основании полученных данных можно сделать вывод, что после сварочной клетки на внешней поверхности заготовки возникают большие растягивающие напряжения. Данные напряжения значительно уменьшаются после экспандирования трубы.



Проведённое моделирование позволило уточнить данные о напряжённо-деформированном состоянии заготовки на протяжении основных стадий процесса производства труб большого диаметра на всём протяжении её формоизменения.

Список литературы

1. Коликов А.П., Звонарев Д.Ю., Таупек И.М., Кадильников С.В., Галимов М.Р. Математическая модель пластического формоизменения листовой заготовки для

изготовления сварных труб большого диаметра. Сообщение 1. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. №7, 2016г. с. 455 – 461.

2. Коликов А.П., Звонарев Д.Ю., Таупек И.М., Кадильников С.В., Галимов М.Р. Математическая модель пластического формоизменения листовой заготовки для изготовления сварных труб большого диаметра. Сообщение 2. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. №9, 2016г. с. 615 – 621.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ТУРБИННЫХ ДИСКОВ

Таупек И.М., к.т.н., инженер

Электростальский институт (филиал) Московского политехнического университета

Положенцев К.А., к.т.н., ст. мастер КИПиА, **Лисовский А.В.**, к.т.н., инженер,

АО «Металлургический завод «Электросталь»

Диски для турбин газотурбинных двигателей являются ответственными деталями машиностроительного производства, работающими в условиях высоких статических и динамических нагрузок и температур. К ним предъявляются повышенные требования по механическим свойствам, достигаемые как использованием жаропрочных сплавов, так и способами изготовления: интенсивное размельчение исходной литой структуры металла заготовки, которое может достигаться путём применения объёмной штамповки [1].

В условиях АО «Металлургический завод «Электросталь» производство подобных изделий осуществляется на горячештампочном гидравлическом прессе усилием 200 МН, изображённом на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид гидравлического пресса усилием 200 МН

Процесс штамповки может осуществляться как за один нагрев заготовки и один технологический переход, так и за несколько. Внешний вид поковки после штамповки показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид поковки

Далее поковка подвергается предварительной механической обработке, результат которой показан на рисунке 2. После чего полученная заготовка проходит контроль качества и передаётся заказчику.

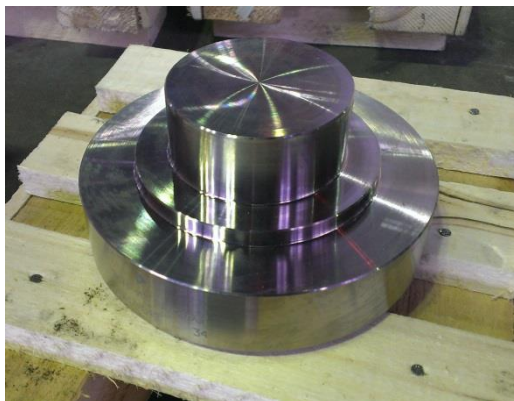
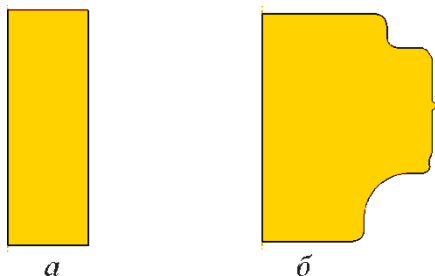


Рисунок 2 – Заготовка диска для турбины после механической обработки

Материалом для изготовления данного типа изделий служат жаропрочные сплавы на никелевой основе, отличающиеся высокой ценой. Поэтому важным этапом, позволяющим осуществить значительную экономию, является компьютерное моделирование основных операций технологического процесса, позволяющее произвести отладку технологического процесса с минимальным использованием дорогостоящих заготовок.

На рисунке 3 показан первый этап моделирования, в котором используется осесимметричная двухмерная постановка задачи, что позволяет значительно ускорить выполнение расчётов. Моделирование выполнялось в программном комплексе DEFORM.



a – применяемая заготовка; *б* – полученная поковка

Рисунок 3 – Внешний вид заготовки и получаемая поковка при первом этапе моделирования

На данном этапе определяется оптимальная геометрия исходной заготовки и уточняется форма штампов. Так же производится оценка распределения накопленных деформаций,

картина распределения которых показана на рисунке 4. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что наибольшую проработку, получает центральная область диска, которая будет испытывать наибольшие нагрузки.

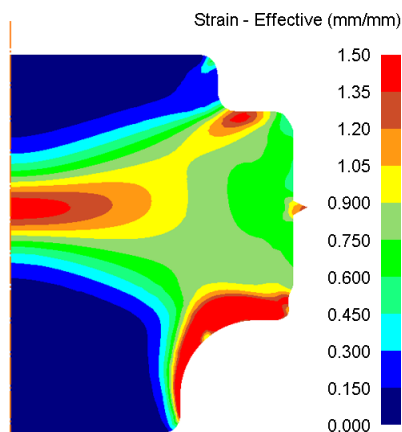
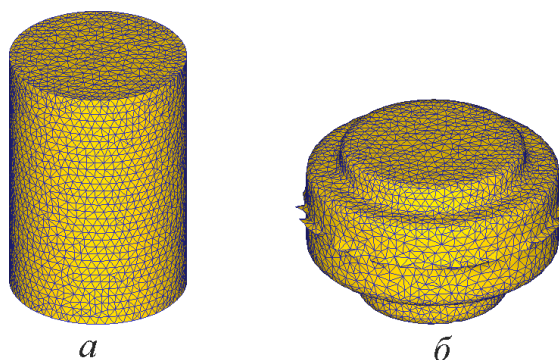


Рисунок 4 – Распределение накопленных деформаций в поковке

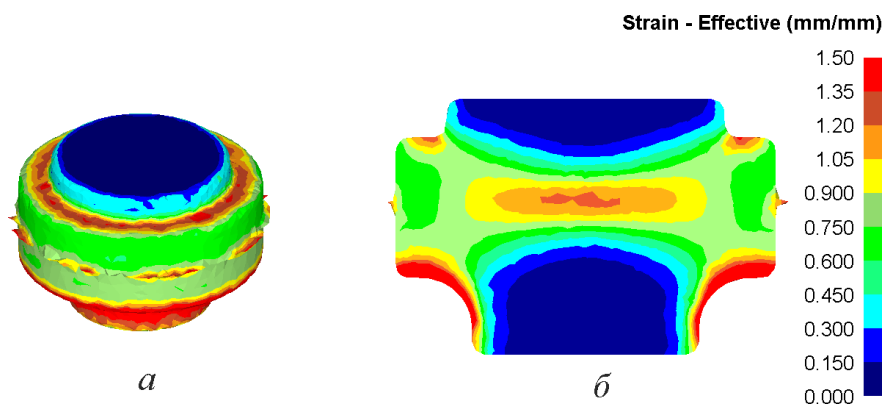
Когда размеры поковки и рабочего инструмента полностью определены производится второй этап моделирования: в трёхмерной постановке задачи. Внешний вид заготовки, разбитой на конечно-элементную сетку и полученная поковка показаны на рисунке 5.



a – применяемая заготовка; *б* – полученная поковка

Рисунок 5 – Внешний вид заготовки и поковки

Формы заготовки при применении двухмерного и трёхмерного моделирования оказались идентичными и не указывали на возможность появления зажимов металла и других поверхностных дефектов. Также подобранная форма заготовки позволила минимизировать величину облоя, при которой произошло полное заполнение полости штампа. Картина распределения накопленных деформаций, изображённая на рисунке б, и их значения также совпадают на обоих этапах моделирования.



a – на поверхности; *б* – поперечный разрез
Рисунок 6 – Распределение накопленных деформаций

Применение компьютерного моделирования при производстве различных ответственных изделий позволяет не только добиться значительной экономии времени, и ресурсов, но и влиять на распределение деформаций в объеме поковки, что оказывает значительную роль в формировании конечной структуры и свойств изделий.

Список литературы

1. Ковка и штамповка. Справочник в 4-х томах. Том 2: Горячая объемная штамповка. Под ред. Е.И. Семенова. М.: Машиностроение, 1986, 592
2. Общее руководство по работе с программным комплексом DEFORM / Таупек И.М., Кабулова Е.Г., Положенцев К.А., Лисовский А.В., Макаров А.В. // – Старый Оскол: ООО ИПК «Кириллица», 2015. – 217 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПАРКИНГА В Г. РОСТОВЕ-НА-ДОНУ

Хвостов А. Г., студент **Костенко О. Г.**, студент **Марченко Э.В.**, аспирант
Донской государственной технической университет

Проанализировав текущее состояние транспортной инфраструктуры и системы ОДД Российской Федерации в целом, можно сказать, что видно высокую потребность развития направления, связанного с созданием и управлением паркингами.

Исходя из статистики видно, что в городах России обеспеченность местами для хранения автомобилей не превышает 40% и в среднем составляет 35%, а обеспеченность местами для парковки автомобилей обычно не превышает 30% от необходимого количества. Эта и без того непростая ситуация осложняется халатностью водителей и неконтролируемой парковкой транспортных средства, из-за чего улицы во многих городах используется для движения только на 30-50%, что ведет к значительному снижению пропускной способности транспортной сети города и, как следствие, образованию автомобильных пробок на дорогах.

Актуальная проблема для России – это разработка систематизированных решений и действий, куда входят определение необходимых условий для смены вида передвижений, моделирование процессов, а также выявление необходимости на парковки.

Поэтому цель данной работы – изучение повышения необходимости эффективного функционирования автомобильных паркингов в России и в городе Ростов-на-Дону в частности.

Недостатки существующей транспортной инфраструктуры

Основной проблемой автомобильной транспортной инфраструктуры в России является то, что в течение длительного времени в стране приоритет в транспортной сети отдавался общественному транспорту и исходя из этого уровень автомобилизации принимался равным 60 автомобилей на 1000 жителей. Именно на такой уровень автомобилизации и была создана вся транспортная инфраструктура и система управления дорожным движением большинства городов Российской Федерации.

Но на данный момент ситуация изменилась коренным образом. Сегодня большинство людей отдает предпочтение личному транспорту и поэтому в некоторых городах России уровень автомобилизации превысил значение 60 автомобилей на 1000 жителей в несколько раз.



Так на 2016 год уровень автомобилизации в Российской Федерации в целом составил 285 автомобилей на 1000 человек. Наибольшая автомобилизация прослеживается во Владивостоке и составляет 566 авто/1000 человек, объясняется это тем, что на Дальний Восток ввозятся поддержанные автомобили из Японии, хотя не отрицается, что часть данных автомобилей потом отправляется вглубь страны. Так что если говорить о реальной автомобилизации на востоке страны, то она должна быть на уровне других лидирующих регионов (Московской и Псковской областях) – примерно 350 авто/1000 человек. Что же касается Ростовской области, то здесь уровень автомобилизации составляет 260 авто/1000 человек.

Количество автопарка легковых транспортных средств в России непрерывно растет: так за последние 7 лет их количество на дорогах страны выросло более чем на 10 миллионов. По прогнозам аналитиков: в 2018 году количество легковых автомобилей достигнет цифры в 45 миллионов.

Исходя из вышесказанного можно считать, что основными недостатками транспортной инфраструктуры и системы организации дорожного движения в России являются:

1. Малая удельная плотность улиц и, следовательно, низкая пропускная способность

Ярким примером может служить движение, а точнее почти полное его отсутствие, во время часа пика на проспекте Михаила Нагибина в городе Ростов-на-Дону. Здесь можно наблюдать, что транспортная сеть не справляется с движением в сторону центральной части города утром и в сторону Северного жилого массива вечером, так как она рассчитана на меньшее количество автомобилей чем мы имеем на дорогах сегодня.

2. Совместное движение общественного, легкового и грузового транспорта

Совместное движение всех видов автомобильного транспорта затрудняет и без того непростую ситуацию на дороге. Так, например, можно наблюдать на улицах Ростова-на-Дону затрудненный процесс подъезда общества транспорта к остановкам, что вызывает пробки на дорогах.

3. Малая обеспеченность городов парковками и стоянками

Количество парковочных мест в городах крайне мало и не превышает в большинстве случаев 30%. К примеру, возле каждого офисного здания в центре города помимо отведенных парковочных мест большое количество транспортных средств бесконтрольно припарковано на обочинах дорог, что создает помехи в движении других транспортных средств.

Классификация паркингов

На данный момент нет единой системы классификации парковок и стоянок, однако, несмотря на все их многообразие, можно определить классификацию парковок по следующим критериям:

- По этажности:
 - одноэтажные
 - многоэтажные
- По размещению относительно уровня земли:
 - надземные
 - подземные
 - комбинированные
- По способу междуэтажного перемещения:
 - классические
 - механические
 - автоматизированные

Самыми простыми и распространенными являются наземные парковки, они нашли довольно широкое применение во многих городах России. Такие парковки можно наблюдать около любого офисного здания или же торгово-развлекательного центра – они являются наибольшими местами скопления людей в будние и выходные дни соответственно. Однако данный вид парковки обладает существенным недостатком: большая площадь использования при относительно небольшом количестве парковочных мест.

Подземные парковки в большинстве случаев являются многоуровневыми – это позволяет вместить большое количество транспортных средства. Главным плюсом данного вида паркинга является то, что они не занимают ценное место на поверхности.

Довольно успешными и выгодными являются механизированные и автоматизированные паркинги, где процесс парковки включает в себя механическое оборудование с частичным или полным исключением участия человека. Такие парковки являются наиболее эффективными, так как позволяют разместить большее количество автомобилей на меньшей площади.

Заключение

Решение этой трудной ситуации, связанной с недостатком парковочных мест, для большинства городов России можно рассмотреть на примере города Ростов-на-Дону. В центральной части данного города можно наблюдать, что боковые полосы дорог постоянно заняты припаркованными автомобилями и, следовательно, пропускная способность данных дорог снижается на 30-40% из-за чего образуются заторы. Самым привлекательным и выполнимым вариантом решения данной проблемы является создания новых многоуровневых парковок на месте старых аварийных зданий, которые не годятся для эксплуатации. Плюсом данного решения является то, что такие парковки являются многоуровневыми и не будут иметь большую территорию, а также их можно сделать подземными, что благоприятно скажется на культурно-исторической ценности Ростова-на-Дону, так как данные парковки не смогут испортить вид старинных улиц центральной части города.

Список литературы:

1. Ivanov V.V., Popov S.I., Kirichek A.V. Investigation of optimal chemical composition of cast aluminum alloys for vibrational mechanical-chemical polishing and deposition of protective and decorative coatings // XI International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS 2017): IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 327, 2018. doi:10.1088/1757-899X/327/3/032026
2. Ivanov V.V., Dontsov N.S., Kirichek A.V. Technological features of metallic zinc coatings obtained during mechanochemical synthesis, implemented in conditions of vibro-wave technological systems // XI International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS 2017): IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 327, 2018. doi:10.1088/1757-899X/327/3/032025
3. Попов С.И., Донцов Н.С., Марченко Ю.В., Иванов В.В., Гальченко Г.А., Марченко Э.В. Электрооборудование автомобилей: учеб.пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2018. – 235 с.
4. Попов С.И., Донцов Н.С., Марченко Ю.В., Иванов В.В., Марченко Э.В., Скудина А.А. Техническая эксплуатация силовых агрегатов и трансмиссий: учеб.пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2018. – 149 с.
5. Гальченко Г.А., Марченко Ю.В. Программный комплекс моделирования движения автотранспортных средств в городских условиях. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2018. № 1 (197). С. 132-136
6. Апальков А.Ф. Профилирование и укатка русел каналов с противотеплоизоляционным покрытием: монография / А.Ф. Апальков, В.В. Великородный, С.А. Апальков, А.Г. Кондратьев, С.А. Тарасьянц. – Новочеркасск: НГМА, 2008.- 91с.
7. Апальков А.Ф. Теплотехника: учебное пособие. - Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 186с. (Сер.Высшее образование)
8. Апальков А.Ф. Профилирование дамб каналов и укладка плит на откосы: монография. – Новочеркасск: НГМА, 2006.
9. Апальков А.Ф., Великородный В.В., Зубов В.М. Эффективность снижения фильтрационных потерь методом механизированной обработки оросительных каналов // Субтропическое и декоративное садоводство, 1987.- С. 46.
10. Апальков А.Ф. Борьба с фильтрацией из каналов способом профилирования. В кн.: Исследование новых конструкций гидротехнических сооружений и вопросы эксплуатации гидромелиоративных систем. ЮжНИИГиМ. Новочеркасск, 1983.- С.154-158.
11. Апальков А.Ф. К задаче определения основных параметров неровностей микропрофиля земляных гидротехнических сооружений. В кн. : Исследование новых конструкций гидротехнических сооружений и вопросы эксплуатации гидромелиоративных систем. ЮжНИИГиМ. Новочеркасск, 1983.- С.128-131.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРКОВКИ В Г. РОСТОВЕ-НА-ДОНУ

Хвостов А. Г., студент Костенко О. Г., студент Марченко Э.В., аспирант

Донской государственной технической университет

Современном мир нельзя представить без новых развивающихся технологий. Они делают нашу жизнь проще, но с другой стороны они также могут быть проблемой. Автомобильные транспортные средства – одна из главных проблем города. В больших городах появляется проблема нехватки парковочных мест, которая нуждается в быстром решении, ведь число автомобилей с каждым годом в разы увеличивается и по прогнозам аналитиков к 2018 году достигнет 45 миллионов. Люди организуют дополнительные незаконные парковки, которые несут огромный вред экологической среде города. Из-за постоянного растущего количества транспортных средства увеличивается загрязнение воздуха. Разрешить эту проблемную ситуацию может экологическая парковка – территория для парковки автомобилей, засеянная газонной травой, которая зафиксирована газонной решёткой, которая предотвращает урон растениям, при этом сохраняя эстетичный вид данной территории.

Исходя из всего вышесказанного, цель данной работы – ознакомиться с термином «экологическая парковка» и оценить ее как вариант решения проблем, связанных с нехваткой парковочных мест и загрязнением окружающей среды.

Понятие экопарковки

Экологические парковки или же зеленые парковки уже довольно давно популярны в большинстве стран Европы и постепенно получают популярность и распространение и в России. Экопарковка – это грунтовое покрытие с долговечным растительным насаждением, которое зафиксировано в газонной решетке, которая в свою очередь защищает корневую систему от внешних воздействий. Данная технология строительства зеленых парковок позволяет разрабатывать и строить помимо парковочных мест для автомобилей, еще и различные травяные площадки, функции и задачи которых практически безграничны.

Преимущества и недостатки зеленых парковок

Экологическая парковка – это отличное решение проблемы паркинга автомобилей в городах. Исходя из имеющейся практики, экопарковкам намного практичнее обычного асфальта и при этом имеет красивый внешний вид. Таким образом экологический паркинг способствует озеленению города и развивает его транспортную инфраструктуру, предоставляя новые парковочные места. Стоимость организовать экопарковку примерно такая же, как и положить асфальт на ту же самую территорию, однако такая парковка имеет более привлекательный внешний вид. Но с другой стороны, зеленая парковка нуждается в постоянном уходе.

Преимущества	Недостатки
Улучшенное состояние окружающей среды	Возможность травы приминаться из-за решетки
Экопарковки можно организовывать в зеленых зонах и они не будут мешать движению ТС	Невозможность оставлять ТС на такой парковке на длительный срок из-за необходимости газона в периодическом доступе к солнцу
Зеленые стоянки позволят улучшить экологическую ситуацию мест паркинга транспортных средств	Возможность попадания технических жидкостей автомобиля в почву
Газонная решетка предотвращает появление	При нарушении технологии установки,

Технология строительства экологических парковок

Первый этап создания экопарковки – это расчет нагрузок, которые будут оказывать давление на парковку при ее работе. От способа и образа эксплуатации зависит выбор жесткости газонной решетки и подготовка поверхности. В свою очередь все эти факторы влияют на срок службы такой парковки.

Существует несколько этапов создания экопарковки:

- Снятие верхнего слоя грунта
- Укладка песчаной подушки, устраняющая неровности поверхности, заливка песчаного слоя водой и последующая утрамбовка;
- Насыпь щебня, армирующих материалов и геотекстиля, препятствующего проникновению влаги и перемешиванию других компонентов;
- Укладка газонной решетки;
- Насыпь земли, которая перемешана с семенами травы, а затем тщательный полив.

Данная технология не является сложной, однако не выполнение каких-либо этапов или экономия на материалах могут привести зеленую парковку в негодность. Но если придерживаться технологии строительства, то через несколько месяцев, после образования плотной дернины, экологическая парковка будет готова к работе.

История появления и эксплуатации экопарковок в России

Впервые экопарковка в Российской Федерации появилась в Москве в 2006 году, а после этого такие же паркинги начали строиться по всей стране. Но большинство из них не соответствует требованиям, так как при их создании и эксплуатации были допущены нарушения.

Спустя некоторое время стали появляться жалобы о недолговечности экопарковок и их выходе из строя. Решетки парковок сжимались и были не подготовлены к холодам, и через несколько лет газон приходил в негодность. Такие проблемы появились в связи с использованием некачественных материалов для решеток из-за попыток уменьшить себестоимость экопарковок. Таким образом, в отличие от зарубежных строителей, в России попытались удешевить стоимость зеленых парковок, что неблагоприятно сказалось на их качестве и состоянии.

Существуют отличия от европейских стран и в эксплуатации. Главными среди них являются: низкий уровень культуры автовладельцев и некачественная работа коммунальных служб, которые должны поддерживать надлежащее состояние экопарковок. Свидетельством вышеуказанных причин является постоянное скопление различного мусора в ячейках решетки парковки.

Заключение

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что экопарковки могут стать отличной альтернативой асфальтным паркингам, ведь они решают сразу две проблемы: недостаток парковочных мест и экологические проблемы, связанные с автотранспортными средствами. Если российские строители будут придерживаться тщательно проработанных технологий создания таких парковок и правильно выбирать материалы, то они добьются успеха в создании качественных экопарковок. В свою очередь автовладельцы и рабочие коммунальных предприятий, от которых зависит последующая работа зеленых парковок, должны способствовать поддержанию надлежащего состояния и правильной эксплуатации данного вида паркингов.

Список литературы:

12. Ivanov V.V., Popov S.I., Kirichek A.V. Investigation of optimal chemical composition of cast aluminum alloys for vibrational mechanical-chemical polishing and deposition of protective and decorative coatings // XI International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS 2017): IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 327, 2018. doi:10.1088/1757-899X/327/3/032026
13. Ivanov V.V., Dontsov N.S., Kirichek A.V. Technological features of metallic zinc coatings obtained during mechanochemical synthesis, implemented in conditions of vibro-wave technological systems // XI International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS 2017): IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 327, 2018. doi:10.1088/1757-899X/327/3/032025
14. Попов С.И., Донцов Н.С., Марченко Ю.В., Иванов В.В., Гальченко Г.А., Марченко Э.В. Электрооборудование автомобилей: учеб.пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2018. – 235 с.
15. Попов С.И., Донцов Н.С., Марченко Ю.В., Иванов В.В., Марченко Э.В., Скудина А.А. Техническая эксплуатация силовых агрегатов и трансмиссий: учеб.пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2018. – 149 с.
16. Гальченко Г.А., Марченко Ю.В. Программный комплекс моделирования движения автотранспортных средств в городских условиях. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2018. № 1 (197). С. 132-136
17. Апальков А.Ф. Профилирование и укатка русел каналов с противомембранной защитой: монография / А.Ф. Апальков, В.В. Великородный, С.А. Апальков, А.Г. Кондратьев, С.А. Тарасьянц. – Новочеркасск: НГМА, 2008.- 91с.
18. Апальков А.Ф. Теплотехника: учебное пособие. - Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 186с. (Сер.Высшее образование)
19. Апальков А.Ф. Профилирование дамб каналов и укладка плит на откосы: монография. – Новочеркасск: НГМА, 2006.
20. Апальков А.Ф., Великородный В.В., Зубов В.М. Эффективность снижения фильтрационных потерь методом механизированной обработки оросительных каналов // Субтропическое и декоративное садоводство, 1987.- С. 46.
21. Апальков А.Ф. Борьба с фильтрацией из каналов способом профилирования. В кн.: Исследование новых конструкций гидротехнических сооружений и вопросы эксплуатации гидромелиоративных систем. ЮжНИИГиМ. Новочеркасск, 1983.- С.154-158.
22. Апальков А.Ф. К задаче определения основных параметров неровностей микропрофиля земляных гидротехнических сооружений. В кн. : Исследование новых конструкций гидротехнических сооружений и вопросы эксплуатации гидромелиоративных систем. ЮжНИИГиМ. Новочеркасск, 1983.- С.128-131.

СЕКЦИЯ « СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»

ПИГМЕНТЫ-НАПОЛНИТЕЛИ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ

Кантарчян М.В., студент 3 курса
Старооскольский технологический институт

Пигменты - это сухие красящие порошки, нерастворимые в воде, масле и других растворителях. Группа железоксидных пигментов, окраска которых обусловлена наличием в их составе оксидов и гидроксидов железа, включает желтые, красные, черные, коричневые пигменты, получаемые переработкой природных руд и синтетическим путем [1].

С развитием цивилизации спектр областей применения железоксидных пигментов значительно расширился, а мировой объем потребления железоксидных пигментов достиг 1,2 млн. тонн/год, значительно превышая производство других цветных пигментов. Причиной широкого распространения железоксидных пигментов стала их доступность, простота использования, широкая цветовая палитра, устойчивость к внешним условиям и совместимость со многими материалами, включая пластмассы и бетон [2].

По информации компании «Альбион» к 2018 году объем рынка железоксидных пигментов достигнет \$2,8 млрд. Строительная и лакокрасочная отрасли станут катализаторами спроса на этот вид пигментов. Ожидается, что рост рынка остановится на отметке 4,3 %. Он будет выше среднегодового роста мирового ВВП [3].

В структуре рынка ЛКМ (Рисунок 1) основной объем занимают краски на основе полимеров (59% совокупного объема в натуральном выражении). За последние годы в структуре рынка не происходит значимых изменений по причине определенных характеристик производственных мощностей отечественных предприятий, ориентированных в первую очередь на производство полимерных ЛКМ.

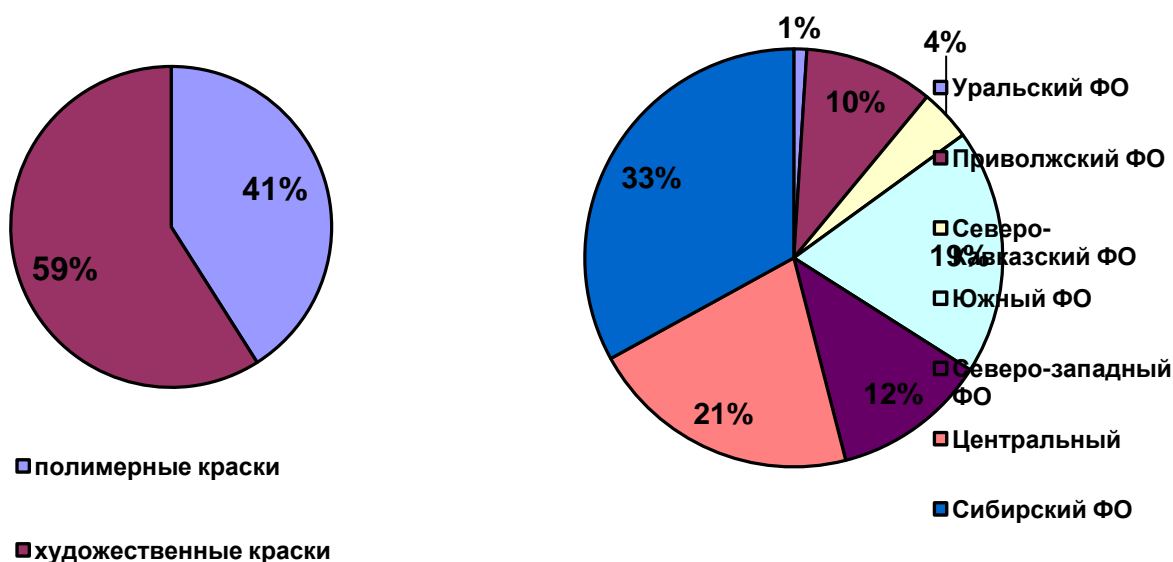


Рисунок 1. Структура и распределение рынка по видам продукции в натуральном выражении

Наибольший объем производства приходится на Сибирский федеральный округ [4]. Анализ российского рынка пигментов показывает, что в настоящее время в РФ отсутствуют крупные производители железистоокисных пигментов, и практически все потребители ориентированы на импортное сырье. Основными импортерами железистоокисных пигментов являются Китай, Германия, Чехия. В России более 300 предприятий являются потребителями данного вида продукции [5].

Сейчас особый интерес представляют исследования, направленные на разработку и создание универсальных пигментов, пригодных для окрашивания широкого круга полимерных материалов и обладающих хорошей диспергируемостью, высокой цветоотдачей, равномерностью окраски и воспроизводимостью цвета.

В рамках данного направления и повышения конкурентоспособности рынка со стороны российского производителя предлагаются пигменты и наполнители из отходов металлургического производства. В металлургических производствах на различных стадиях образуется значительное количество отходов разного химического и гранулометрического состава. Часть отходов содержит железо, концентрация которого может изменяться от 15 до более 90 масс.%. Такие отходы представляют интерес для их вторичной переработки [6].

В качестве объекта исследования рассматривали отходы сталеплавильного цеха ОАО «ОЭМК». Полученные отходы металлургического производства после магнитной сепарации подвергались термообработке в диапазоне температур от 500 до 1000°C с последующим помолом в роторно-вихревой мельнице снабженной динамическим воздушно-центробежным классификатором.

При исследовании основных показателей полученных образцов были получены данные о составе и свойствах приведенные в таблице 1.

Таблица 1. Основные характеристики экспериментальных образцов пигментов

№	Температура термообработки, °С	Наименование показателя			
		650	750	850	950
1.	Цвет	Светло-коричневый	Коричневый	емно-коричневый	Черный
	Цветовой индекс	PBr7 Raw Sienna (Сиена натуральная)	Color index PBr6 burnt umber (Умбра жженная)	Color index NBr9 Sepia (Сепия)	Color index NBr11 Deep brown/ Bistre (Бистр)
	NCS	S4339-Y64R	S4339-Y64R	S7811-Y64R	S8302-R37B
2.	Насыпная плотность, г/см ³	0,99	0,98	1,12	1,28
4.	Остаток на сите 45 мкм, %	0,02	0,05	0,09	0,12
5.	Массовая доля летучих, %	0,8	0,6	0,2	0
7.	pH водной вытяжки	10,2	9,4	8,6	8,1
8.	Маслоемкость, г	28	26	22	21
9.	Укрывистость, г/м ²	21,9	25,1	28,2	31,4
10.	Диспергируемость, мкм	20	22	31	38
13	Термостойкость, °С	500	600	700	700

Полученные пигменты относят к классу хроматических защитно-декоративных с ингибитивными свойствами. Помимо оксида железа в состав пигмента входят химические соединения алюминия, кальция и марганца (таблица 2). В результате пигмент приобретает высокое значение pH, т.е. щелочную реакцию среды. Именно щелочной характер пигмента формирует нейтрализующую способность, что позволяет использовать его в качестве ингибитора коррозии в широком спектре систем смол при создании различных рецептур лакокрасочных материалов.

Таблица 2. Химический состав пигмента экспериментальных образцов пигментов

Цвет пигмента (температура термообработки, °С)	Содержание, %					
	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	MnO
Светло-коричневый (650)	74,83	0,61	9,49	4,00	5,49	4,61
Коричневый (750)	74,21	0,62	9,86	4,13	5,56	4,92
Темно-коричневый (850)	73,15	0,64	10,13	4,20	6,00	5,10
Черный (950)	72,14	0,68	10,50	4,43	6,08	5,10

Антикоррозионные свойства полученных пигментов обусловлены не только химической структурой входящих в состав компонентов, но и физическими характеристиками частиц, имеющими форму глобул и чешуек с развитой поверхностью. Такая структура при формировании покрытия создаёт барьерный эффект, затрудняющий проникновение разрушающих агентов (вода, растворы электролитов и кислород воздуха) к поверхности металла. На рисунке 1 представлена микроструктура полученных пигментов.

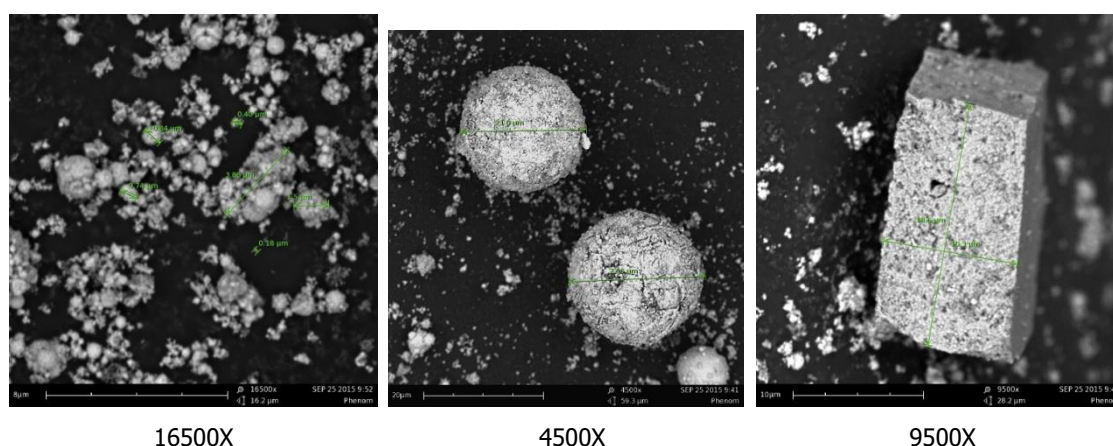


Рисунок 3. Микроструктура пигментов на основе отходов металлургического производства.

Пигмент-наполнитель на основе железосодержащих отходов металлургического производства устойчив к термическому и световому воздействиям, обладает глубоким цветом, пригоден для окрашивания изделий наружного применения. Такие пигменты найдут широкое применение для окраски и наполнения полимеров и инженерных пластиков, для производства художественных масляных и акриловых красок, вододисперсионных красок и грунтовок, грунтов и эмалей, бетона и бетонных смесей, клинкерного облицовочного кирпича.

Следует также отметить, что основным преимуществом разработанного способа получения минеральных пигментов-наполнителей является низкая себестоимость, которая составляет 8900 рублей за тонну. Так как в Белгородской области нет производства пигмента, производители вынуждены заказывать пигменты из Ярославля, Крыма и Китая стоимостью 35-40 тысяч рублей. А полученный пигмент позволяет продавать его в пределах 25-30 тысяч рублей за тонну, что значительно меньше с другими конкурентами.

Список литературы

1. Беленький Е.Ф. Химия и технология пигментов: учебное пособие [Текст] / Е.Ф. Беленький, И.В. Рискин. - 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Госхимиздат, 1974. - 757 с.
2. Железоокисные пигменты для пластмасс [Электронный ресурс] // PLASINFO. URL: <http://plastinfo.ru/information/articles/215/> (дата обращения: 23.03.18).

3. Рынок железистых пигментов достигнет \$ 2,8 млрд [Электронный ресурс] //ЛКМ ПОРТАЛ. URL: <https://www.lkmportal.com/news/2016-04-26/11546> (дата обращения: 23.03.18).

4. Обзор рынка лакокрасочных материалов [Электронный ресурс] //ЛКМ ПОРТАЛ. URL: <https://www.openbusiness.ru/biz/business/obzor-rynka-lakokrasochnykh-materialov> (дата обращения: 23.03.18)

5. Пигмент железистый, г. Держинск [Электронный ресурс] // Техприбор. URL: <http://www.tpribor.ru/otchetpomol125.html> (дата обращения: 23.03.18).

6. Пигмент для окраски кирпича и бетона на основе отхода «пыли металлургического производства»: Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского [Текст] / Федосеева Е.Н., Зорин А.Д., Занозина В.Ф., Кузнецова Н.В., Кабанова Л.В., Самсонова Л.Е. 2013, №4 (1), с. 103-108.

ВОЗВЕДЕНИЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ, ШАХТНЫХ СООРУЖЕНИЙ, ДЫМОВЫХ ТРУБ И СИЛОСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКОЛЬЗЯЩЕЙ ОПАЛУБКИ

Малишевский А.В., студент 4 курса

Научный руководитель: к.т.н., профессор Лосев Ю.Г.

СТИ НИТУ «МИСиС»

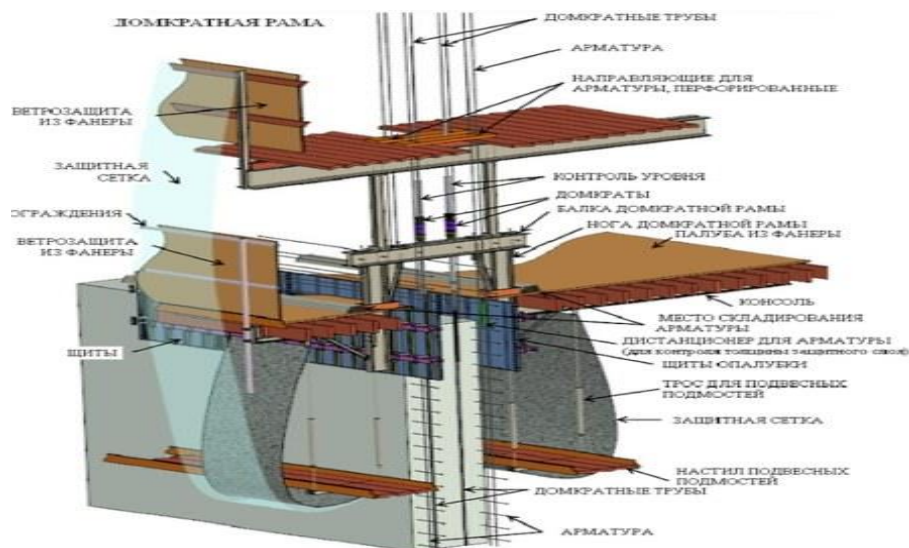
Технология скользящей опалубки признана оптимальным способом для возведения дымовых труб и силосных башен.

Главный принцип действия технологии скользящей опалубки состоит в процессе непрерывного подъема опалубочной конструкции по вертикали, одновременно с выполнением обычных рабочих процессов: установкой опалубки, армированием, бетонированием и завершающей обработкой поверхности.

Скользкая опалубка позволяет возводить конструкции с постоянным и переменным сечением, а также сложных объектов конической формы с наклонной осью. Строительство посредством скользящей опалубки всегда происходит монолитным образом, то есть без «холодных швов».

Опалубка вместе с корпусом постройки поднимается вверх на несколько метров в день. Работы ведутся 24 часа в сутки. Процесс подъема осуществляется непрерывными шагами от 20 до 25 миллиметров через четко заданные временные интервалы. Скорость скольжения составляет от 3-х до 5 метров в сутки.

Особенностью применения технологии скользящей опалубки при возведении дымовых труб, является возможность одновременного подъема железобетонного ствола и футеровки трубы.



Применение скользящей опалубки особенно эффективно при строительстве высотных сооружений, к которым относятся хранилища различных материалов, дымовые трубы высотой до 400 м, градирни, ядра жесткости высотных зданий, резервуары для воды, радио и телевизионные башни.

Важным достоинством возведения таких объектов в скользящей опалубке является значительное повышение темпов строительства, снижение трудоемкости, стоимости, сроков работ. В отличие от сборных железобетонных сооружений, в монолитных исключены стыки, что способствует улучшению эксплуатационных характеристик зданий.

В настоящее время технология скользящей опалубки активно применяется при возведении различных силосов и резервуаров для хранения сырья, и готовой продукции. Широкому распространению данного способа строительства способствует то, что в минимальные сроки мы получаем долговечные хранилища, не требующие больших финансовых вложений в процессе эксплуатации.

С экономической точки зрения железобетонные сооружения большой вместимости являются наиболее привлекательными.

При проведении бетонирования со скользящей опалубкой к приготовлению смеси предъявляют специальные требования. Для контроля времени схватывания смеси применяют модификаторы, регулирующие сроки набора прочности. Водоцементное соотношение бетона варьируется в зависимости от климатических условий. Необходимость использования бетона с гарантированным качеством и непрерывность его поставки предполагает наличие на строительной площадке собственного мобильного бетонного завода.

Скорость подъема скользящей опалубки определяется временем схватывания цемента в конкретных условиях осуществления работ. Наличие сертифицированной лаборатории на предприятии и мобильных лабораторий на объектах позволяет осуществлять оперативный контроль за поступающим сырьем и материалами.



**ОАО «Стойленский ГОК». Труба дымовая железобетонная Н=98м.
Диаметр основания – 11,90 м. Общий объем бетона – 1453 м³.
Железобетон – 1008 м³. Футеровка – 445 м³.
Время возведения – 30 суток.**



**ОАО «Каспийский завод листового стекла»
Силос для хранения сырьевых компонентов.
Группа из 4-х силосов. Время возведения 90 суток.
Диаметр -15,3 м. Высота -50 м. Объем бетона 2 400 м³**

Подытожив все вышесказанное, заметим, что возведение высотных зданий, шахтных сооружений, дымовых труб и силосов с использованием скользящей опалубки является современным и экономически-выгодным решением.

ИННОВАЦИИ В ГИБКОЙ КРОВЛЕ

Кочев В.А., студент 3 курса

Научный руководитель: к.т.н., профессор Лосев Ю.Г.

Старооскольский технологический институт

Гибкая (мягкая) кровля – это современное покрытие, которое имеет в составе полимерные добавки и битумные смолы, относящиеся к композитным материалам. Благодаря полимерной составляющей и битумной мастике со специальными присадками, а также стеклянным волокнам удалось создать новое кровельное покрытие, которое конструктивно отличается от своих предшественников. Все материалы обладают водоотталкивающими характеристиками, под действием влаги не портятся и не разрушаются.

При изготовлении гибкой черепицы используются специальные стекловолокна, которые пропитываются битумом и дополняются каменной крошкой. Эта черепица является слоем основы (стеклохолст и др.), который с двух сторон покрывается битумом. Внешне такой материал может напоминать рулонное покрытие или черепицу (рис.1).

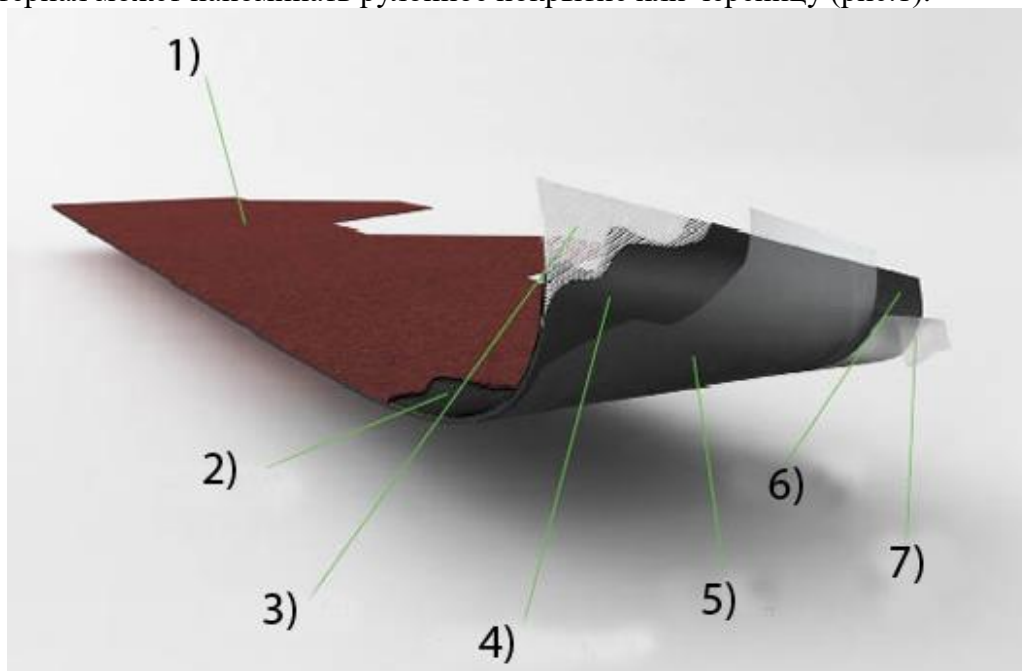


Рис.1. Структура гибкой черепицы.

1. Гранулят (каменная посыпка)
2. Модифицированный битум
3. Стеклохолст
4. Модифицированный битум
5. Полиэтилен
6. Битумный клей
7. Защитная пленка

Битумная черепица очень часто используется при строительстве сложных зданий и частных домов. Она отлично укладывается на купольные конструкции крыши и

используется даже в качестве фасадного отделочного материала. Все это благодаря пластичности кровли и минимальной зависимости от угла уклона крыши.

Минимальный уклон крыши для устройства гибкой черепицы равен 11° .

При этом мягкую кровлю можно укладывать и на поверхности с отрицательным уклоном относительно горизонта.



Рис. 2. Здание, кровля и фасад которого обустроены при помощи гибкой черепицы.

Гибкая черепица может иметь разные размеры и форму. Гонт представляет собой отдельную пластину длиной 1м и шириной 30-35см с характерным рисунком.

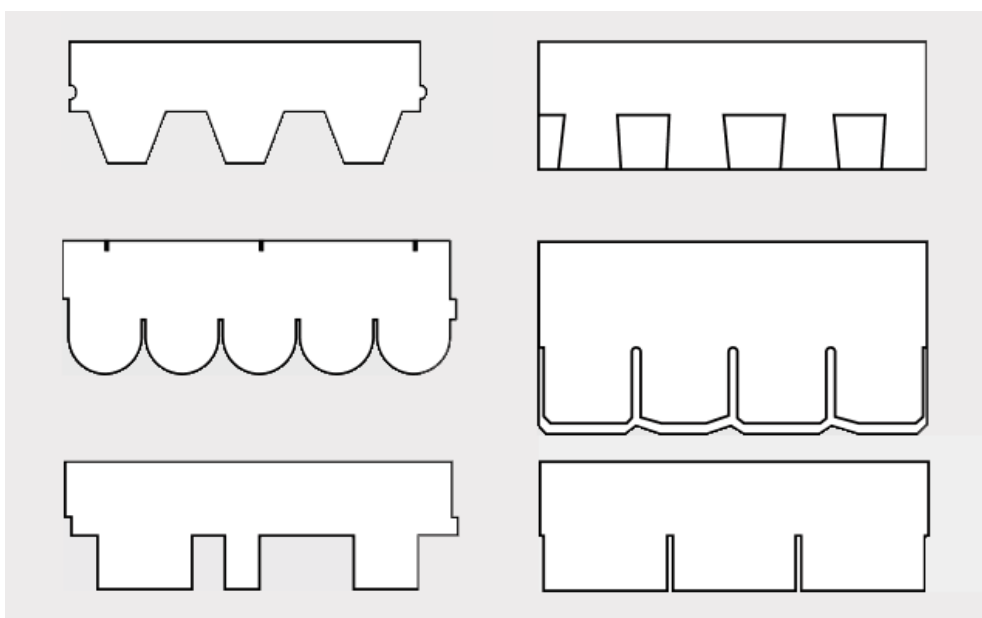


Рис. 3. Разнообразие видов гибкой черепицы.

Благодаря различным формам гонтов, уложенных на крышу, дом приобретает неповторимый природный колорит. Кровля из гибкой черепицы может имитировать щепу, дранку, сланец и керамическую черепицу, а по надежности ничем не уступать вышеперечисленным материалам.

В качестве верхнего слоя кровли используется каменная посыпка, выполняющая одновременно декоративную и защитную функции. Как правило, гранулят изготавливается из натуральных природных материалов с характерными цветовыми гаммами: базальт, антрацит или сланец. Исключением является синий цвет мягкой черепицы, где в посыпке используются специальные красители, стойкие к ультрафиолетовому излучению.

Битумная черепица отличается не только различными рисунками и формами, представленными выше, но и конструктивными особенностями. К ним относятся, например, количество слоев. Некоторые производители гибкой черепицы изготавливают двух и даже трехслойную кровлю, что значительно увеличивает ее срок службы. Многослойная мягкая кровля выглядит на крыше объемно, что также является неоспоримым плюсом при ее выборе (рис.4).



Рис.4. Сравнение многослойной гибкой черепицы (с права) с обычной однослойной кровлей (с лева).

Двухслойная мягкая кровля имеет один прямоугольный слой, а второй гонт аналогичный однослойному материалу. При производстве трехслойной черепицы дополнительно добавляется еще один слой гонта с небольшим смещением (рис. 5).



Рис.5. Участок крыши покрытый трехслойной гибкой черепицей.

По словам производителей, такой битумный вариант прослужит не менее 50 лет.

Очень важным моментом для будущего владельца гибкой черепицы является ее пожарная безопасность. По факту же процесс возгорания материала возможен при температуре свыше 300°C.

Сейчас на рынке битумная кровля представлена в большом ассортименте как по форме, так и по цене. Для того, чтобы сделать правильный выбор долговечной кровли следует исходить из трех основных характеристик:

- количество битума. Чем его больше, тем дольше срок службы черепицы.
- наличие СБС-модификаторов в битуме делает кровлю гибкой. Особенно актуально для центрального и северного региона.
- кровлю лучше приобретать с базальтовой посыпкой. Базальт лучше всего сохраняет цвет черепицы.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕПЛО – И ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГОСТИНИЦЫ-ХОСТЕЛ

Лопатина Е.Г., студент 4 курса

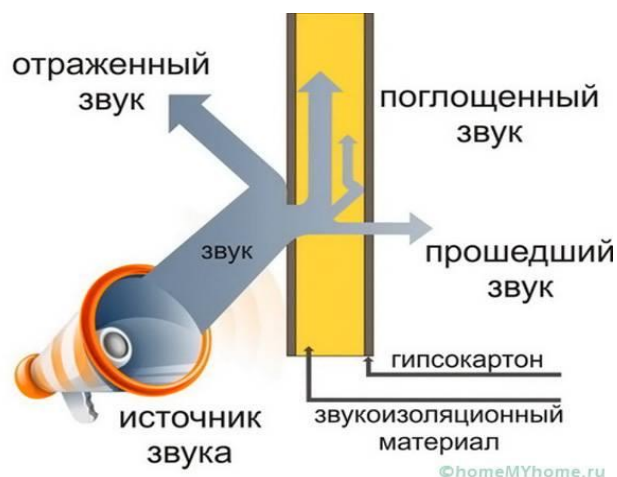
Научный руководитель: к.т.н., доцент Лосева Г.П.

Старооскольский технологический институт

Гостиница – это место, где тишина и комфорт являются главной составляющей помимо удобного расположения, хорошего дизайна и правильной организации пространства. Поэтому, в процессе проектирования, реконструкции, а также строительства гостиниц и отелей огромное внимание следует уделять такому вопросу как звуко- и виброизоляция. Кроме этого, следует обращать внимание на то, чтобы в помещениях была создана требуемая атмосфера акустического комфорта.

Основным требованием к обустройству помещений гостиничных комплексов и отелей является создание комфортных условий пребывания для посетителей. При этом далеко не последнюю роль играет комфорт акустический: отсутствие посторонних шумов, эффекта "эха", качество воспроизведения звука и т.п.

Обеспечить оптимальные акустические условия с точки зрения санитарных норм и восприятия звука поможет качественная звукоизоляция гостиницы.



Вибро и звукоизоляция гостиничных объектов может быть условно разграничена на такие задачи:

- ❖ Звукоизоляция стен между номерами
- ❖ Звукоизоляция пола, потолка
- ❖ Вибро- и звукоизоляция инженерного оборудования
- ❖ Звукоизоляция уличного шума
- ❖ Звукоизоляционные двери

В целом звукоизоляция – это комплекс мер по ослаблению звука, проникающего через ограждающие конструкции зданий. Звукоизоляционные материалы должны предотвращать два вида колебаний звуковой волны: воздушный и ударный шум.

Однако за последние годы значительно повысился уровень шума, который приносят в жизнь человека улица, движение транспорта, работа различных устройств и т. д. Поэтому для того, чтобы соответствовать нормам, современные звукоизоляционные материалы должны обладать более высокими звукоизолирующими характеристиками.

Стоит отметить, что акустические характеристики влияют и на определение категории гостиницы: чем выше звукоизоляционная способность конструкций гостиницы, тем более высокому классу при выполнении прочих требований она соответствует. Учитывая то, что современные гостиничные комплексы дают возможность проведения конференций, съездов, торжественных мероприятий и т. д., вопрос звукоизоляции становится одним из наиболее важных аспектов современного гостиничного строительства.

Самой эффективной мерой по борьбе с шумом, можно считать ликвидацию его источника, однако это не всегда необходимо, да порой и невозможно. Потому применяются акустические материалы, которые могут поглощать энергию звука, снижая уровень силы отраженного звука и препятствуя его передаче по конструкции

Отметим, что сами по себе эти материалы не спасают помещение от проникновения шума, но включенные в состав перегородки улучшают ее звукоизолирующую способность.

Натуральные материалы изготавливаются на минеральной основе (базальтовая или стекловата, каолиновая вата, вспученный перлит, вспененное стекло, шамот) или растительной (целлюлозная вата, камышитовая плита, торфоизоляционная плита, мат из льняной пакли, пробковый лист).

Синтетические материалы – это газонаполненный пластик (пенополиэстр, пенополиуретан, пенополиэтилен, пенополипропилен и т. д.).

Наиболее долговечными и распространенными являются минераловатные материалы на основе базальтовой ваты и стекловолна. Среди их дополнительных преимуществ можно назвать паропроницаемость, экологическую безопасность, стойкость к возникновению плесени и огнестойкость, препятствие к задымлению помещений.

Следует отметить, что большинство звукопоглощающих материалов в силу своего строения гигроскопичны и не водостойки, поэтому их необходимо предохранять от увлажнения.

Выбор материала зависит от акустического режима, назначения и архитектурных особенностей помещения. Звукопоглощающие свойства материалов определяются коэффициентом звукопоглощения, значения которого могут колебаться от 0 до 1.

Для получения максимального эффекта рекомендуется выбирать материалы с коэффициентом звукопоглощения 0,8 и выше.

Все современные материалы обеспечивают звукопоглощение с коэффициентом от 0,70 до 0,85.

В промышленном и гражданском строительстве в настоящее время существует довольно большой выбор различных теплоизоляционных материалов. Среди них наибольшей популярностью пользуются (в основном) два типа строительной теплоизоляции:

- полимерные пены (полиуретаны и пенополистирол);
- минеральная вата : на основе кварца и на основе базальта.

Полиуретаны слишком дороги и не имеют сырьевой базы в России по одному из компонентов.

Также к недостаткам можно отнести резкую зависимость физико-механических свойств от перепадов температуры

Пенополистирол не может быть широко использован при строительстве в силу его неприемлимых характеристик пожарной безопасности.

Наиболее долговечными и распространенными являются минераловатные материалы на основе базальтовой ваты и стекловолокна. Среди их дополнительных преимуществ можно назвать паропроницаемость, экологическую безопасность, стойкость к возникновению плесени и огнестойкость, препятствие к задымлению помещений.

Рекомендации по звукоизоляции

Любые, даже многослойные конструкции с применением звукоизолирующего слоя, способны лишь частично уменьшить шум в помещении. Потому при обустройстве гостиничных номеров следует придерживаться некоторых практических рекомендаций, помогающих усилить звукоизоляцию.

Для организации внутреннего пространства гостиниц можно возводить каркасно-обшивные перегородки, обшитые гипсокартоном. Иногда применяются и кирпичные перегородки. В том и другом случае внутренний слой выполняется из звукоизоляционного материала. Хорошая перегородка способна обеспечить звукоизоляцию до 60 дБ.

Перегородки следует опирать на плиты перекрытия или ригели, расположенные между балками, а не на лаги или полы непосредственно. Необходимо следить, чтобы чистовой пол и лаги двух соседних помещений не соприкасались, в таком случае вибрация, возникающая при ходьбе, не будет передаваться в соседние помещения.

Кроме того, стены из строительного материала с ячеистой открытой структурой, например, из пористого бетона или кирпича, должны быть тщательно оштукатурены. Многослойные межкомнатные гипсокартонные перегородки лучше всего облицовывать в два слоя со смещением швов. А при встраивании осветительного оборудования в стены и потолок следует тщательно заделать остающиеся щели и зазоры.

Нужно также не забывать о дверях в гостиничные номера, конференц-залы и другие помещения, сквозь которые также может проходить звук. Двери с усиленной звукоизоляцией помогут более эффективно решить вопрос акустического комфорта, лучшие образцы способны обеспечить звукоизоляцию в 29 дБ.

Подытожив все вышесказанное, заметим, что все современные звукоизоляционные материалы обеспечивают звукопоглощение с коэффициентом от 0,70 до 0,85. Современные теплоизоляционные материалы устойчивые к огню и химическому воздействию, обычно отличаются высокой прочностью. К ним относятся минераловатные изделия, ячеистый бетон, вспученный перлит, стекловолокно.

Тем самым создав комфортные условия для проживания в гостинице-хостел постояльцы, смогут наслаждаться приятным отдыхом, а администрация — экономить на отоплении и кондиционировании помещений.

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В СИСТЕМЕ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Кравцова А.П., студентка 3 курса

Научный руководитель: к.т.н., профессор Лосев Ю.Г.

Старооскольский технологический институт

Принципы ценообразования в строительстве основываются на себестоимости продукции, ценах конкурентов на аналогичную продукцию, соотношении рыночных предложения и спроса и характеризуются схемой



Для определения стоимости строительства выделяют следующие методы ценообразования в строительстве:

Ресурсный метод

Суть метода заключается в суммировании элементов затрат и осуществляется в текущих ценах на ресурсы и работы, необходимые для реализации проекта строительства. Для итоговой оценки стоимости суммируют предполагаемые затраты на материалы, изделия, конструкции, стоимость их оптимальной доставки на место строительства, расход электроэнергии и других энергоносителей, расходы по эксплуатации техники, трудозатраты. Все виды затрат берутся из проектной документации или нормативных источников. Главные недостаток этого метода — трудоемкость расчетов и проблематичность обоснования принятых к расчету текущих цен.

Ресурсно-индексный метод

Применение этого метода базируется на сочетании ресурсного метода и системы индексов на применяемые ресурсы (системы поправочных коэффициентов).

Механизм индексирования цен широко используется во всем мире, т. к. позволяет достаточно просто решать проблему ценообразования в условиях инфляции.

Для определения величины прямых затрат при применении ресурсного и ресурсно-индексного методов в сметах выделяют следующие показатели:

- Трудозатраты (человеко-часы);
- Время работы строительных машин (машино-часы);

- Расход необходимых ресурсов, таких как материалы, конструкции, детали (в метрических единицах).

Базисно-индексный метод

Этот метод определения итоговой стоимости всего строительства основывается на применении системы текущих и прогнозируемых индексов относительно стоимости, рассчитанной в базисном уровне цен. Другими словами, стоимость требуемых работ и затрат, определенная на базисном уровне, умножается на коэффициенты пересчета.

Коэффициенты пересчета применяются:

- На всю смету по итоговой строке — сумму полученных прямых затрат умножают на коэффициент пересчета.
- На разделы сметы без итогового суммирования — коэффициенты пересчета зависят от назначения раздела сметы.
- К каждой отдельной расценке — умножение прямых затрат на коэффициент по каждой позиции сметы.
- К отдельным элементам расценки — применение коэффициента к каждому элементу прямых затрат для дальнейшего определения прямых затрат целиком.

Базисно-компенсационный метод

Стоимость строительства при использовании этого метода формируется на основании фактических расходов и может быть окончательно рассчитана только после завершения всех строительных и сопутствующих работ (при сдаче объекта). Расчет выполняется в два этапа:

- Стадия проектирования и подготовки документации — расчет в базисном уровне с одновременным прогнозированием инфляционного удорожания цен. То есть выполняется ориентировочный расчет дополнительно требующихся при строительстве затрат.
- Стадия строительства — выполнение реального расчета дополнительных расходов при приобретении материалов, работ или услуг относительно рассчитанных на стадии проектирования.

Особенности применения ресурсного метода.

При применении ресурсного (ресурсно-индексного) метода в качестве исходных данных для определения прямых затрат в локальных сметных расчетах (сметах) выделяются следующие ресурсные показатели:

- трудоемкость работ (чел.-ч) для определения размеров оплаты труда рабочих, выполняющих соответствующие работы и обслуживающих строительные машины;
- время использования строительных машин (маш.-ч);
- расход материалов, изделий (деталей) и конструкций (в принятых физических единицах измерения: м³, м², т и пр.).

Для выделения ресурсных показателей могут использоваться ГЭСН-2001, проектные материалы (в составе проектов, РД) о потребных ресурсах, в том числе: ведомости потребности материалов (далее - ВМ) и сводные ведомости потребности материалов (далее - СВМ), составляемые отдельно на конструкции, изделия и детали (спецификации) и на остальные строительные материалы, необходимые для производства строительных, специальных строительных и монтажных работ на основании государственных элементных сметных норм; данные о затратах труда рабочих и времени использования строительных машин, приводимые в разделе проекта "Организация строительства" (в проекте организации строительства - ПОС, в проекте организации работ - ПОР или в проекте производства работ - ППР).

В настоящее время много разговоров ведется о распространении ресурсного метода (чистый ресурсный метод) составления смет на строительство объектов. Интерес к этому вызван отсутствием в большинстве регионов Российской Федерации современной сметно-нормативной базы, содержащей сметные нормы и расценки, позволяющие с высокой достоверностью определять стоимость затрат на работы, выполняемые с применением новых

материалов, современной строительной техники и технологий. Поэтому Минстроем России настоятельно ведется пропаганда ресурсного метода составления смет.

Реформа ценообразования в строительстве нужна как создания реального механизма оптимизации стоимости строительства и повышения ее достоверности для всех участников.

ИННОВАЦИОННЫЕ ГРЯЗЕЗАЩИТНЫЕ НАПОЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ

КочеваЖ.С., студентка 3 курса

Научный руководитель: к.т.н., профессор Лосев Ю.Г.

Старооскольский технологический институт

Не секрет, что основная часть загрязнений (до 95%) попадает в помещение с улицы, на подошвах посетителей. Грязь, проникающая через вход, представляет собой смесь абразивных материалов, солей и влаги, которые вызывают ускоренный износ всех напольных покрытий в помещении и активно способствует образованию пыли, состоящей, в том числе, из продуктов износа самих напольных покрытий.

Факты о грязи

Проблема:

- 80 % всей грязи заносится в здание на обуви посетителей.
 - Каждый человек, в среднем, приносит с улицы 0,58 г грязи в день
 - При плохих погодных условиях это количество увеличивается в 10 раз!
 - 1000 человек ежедневно приносят в помещение около 600 г грязи на подошвах обуви
 - До 90% грязи попадает в здание через входные двери
 - Большинство напольных покрытий страдают одним существенным недостатком: грязь, песок и вода остаются на поверхности покрытия
- В результате: разносятся на обуви по всему зданию, оставляя на полу неприглядные разводы, оседая на коврах и мебели
- помещение приобретает неухоженный вид
 - полы становятся скользкими
 - приходится постоянно протирать пол шваброй, мешая при этом посетителям



Удаление 1 кг грязи обходится в 40 000 руб.

Поддерживать чистоту в помещении, значительно сократив при этом затраты на уборку, позволяет правильно подобранная система грязезащиты (грязезащитные покрытия и коврики, решётки) на входе.

Таким образом, грязезащитные покрытия являются скрытым видом уборки, не нарушающим дизайн и поддерживающим чистоту напольных покрытий внутри помещения.

Также представляется целесообразным запланировать затраты на установку грязезащитных покрытий уже на стадии проектирования или строительства объектов. На этапе строительства устройство приямка с последующей укладкой в него грязезащитного покрытия сопоставимо с затратами по укладке на входе напольной плитки или коврового покрытия. Чем больше поток посетителей, тем большей поглощающей способностью должен обладать материал грязезащитных ковров, и тем больше должна быть длина грязезащитного покрытия по направлению движения.

Необходимо также понимать, что добиться максимального эффекта, используя только один тип грязезащитного покрытия, невозможно, для этого разработаны системы грязезащиты, включающие в себя покрытия различных типов (решетчатые, ворсовые), каждое из которых выполняет определенную функцию.

Основной принцип системы грязезащиты состоит в том, чтобы подбирать покрытия (по пути следования посетителей с улицы в помещение) следующим образом: удаляющие крупную грязь, снег и влагу с подошв обуви, далее - более мелкие частички грязи и оставшуюся воду, и, наконец, защищающие пол от пыли и влаги ворсовые коврики, работающие по принципу промакашки. Нужно помнить, что грязезащитное покрытие будет полезным только в том случае, если входящий сделает по нему хотя бы несколько шагов. Разумеется, чем дольше посетитель будет шагать по грязезащитным коврам, тем чище будут его ботинки и ваш пол.



Чистота начинается со входа

Вход – это визитная карточка любого здания



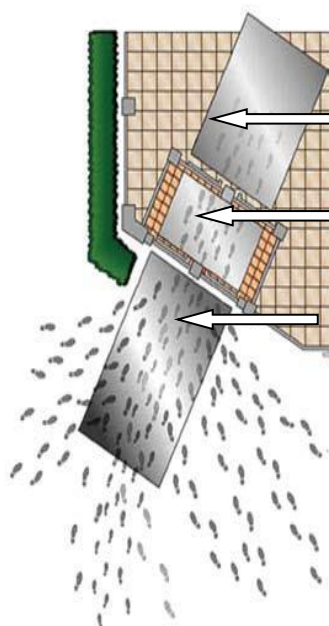
Эффективные грязезащитные напольные покрытия должны:

- **Счищать грязь с обуви на входе в здание**
- **Скрывать грязь в себе, делать её незаметной для глаза и иметь привлекательный внешний вид**
- **Задерживать грязь в себе и не давать ей заноситься внутрь**

- *Выдерживать воздействия осадков, химических реагентов и перепады температур*
- *Быть износостойкими и служить несколько лет*
- *Быть безопасными*
- *Легко чиститься*

Трехступенчатая система грязезащиты:

- Эффективная защита зданий от грязи и влаги на входе
- Обеспечение безопасности сотрудников и посетителей
- Длительный срок эксплуатации
- Дизайнерские возможности оформления входа и вестибюля
- Уют и комфорт

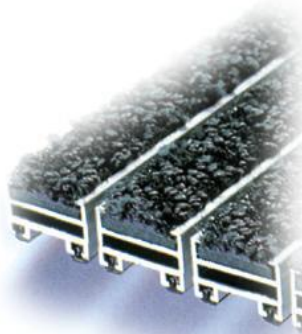


Вестибюль – завершение очистки обуви и защита основного покрытия пола от повреждений.

Тамбур – удаление с обуви оставшихся мелких частиц грязи и впитывание влаги.

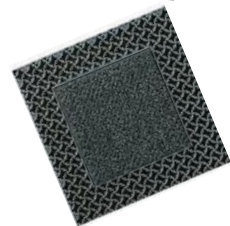
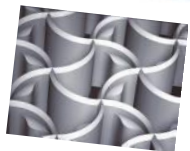
Улица – удаление с обуви крупных частиц грязи и снега.

1 зона NomadOptima



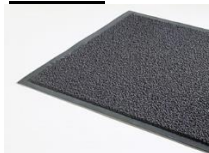
Покрывтия Nomad™ Optima 9900 с алюминиевым каркасом отличаются современным дизайном и прекрасно удаляют грязь с обуви. Прочные покрытия с алюминиевым каркасом. Предназначены для эксплуатации в условиях очень высокой интенсивности хождения более 5000 чел./день. Покрытие с ворсовыми вставками с резиновыми вставками укладывают снаружи зданий. Возможна любая комбинация резиновых и ворсовых вставок. Промежутки между алюминиевыми профилями служат для сбора грязи. В покрытии не застревает каблук! Алюминиевый профиль снабжен тросом из нержавеющей стали, позволяющим легко скатывать покрытие на время уборки. Трос обладает стойкостью к соли и химическим реагентам. Специальные резиновые прокладки амортизируют нагрузки и поглощают шум.

2 зона **NomadModular**



Элегантный и современный внешний вид этих покрытий – новое запатентованное решение компании ЗМ. Новая концепция грязезащитных покрытий - модульная система, позволяющая создать любую комбинацию, наиболее подходящую требованиям дизайна. Предназначены для высокой проходимости до 5000 чел./день. Модульное виниловое покрытие без основы с открытой ячеистой структурой. Укладывается в тамбурном пространстве (вторая ступени грязезащиты). Эффективно счищает грязь и задерживает ее, не позволяя каблукам застревать в покрытии. Грязь на подошвах обуви счищается под разными углами. В покрытии имеется множество пустот для задержания частиц грязи. Треугольная форма верхней поверхности перегородок эффективно удаляет грязь с подошв. Наличие 2 мм "ножек" снизу обеспечивает хороший дренаж.

3 зона **NomadAquaPlus**



Предназначены для эксплуатации в условиях высокой интенсивности хождения для укладки на твердые полы в вестибюле и внутренних помещениях. В покрытии использована запатентованная ЗМ технология Aqua производства двухволоконного полиамидного покрытия с петлевой структурой и точечным узором. Грубые волокна очищают грязь, тонкие волокна впитывают влагу. Открытая петлевая структура позволяет не только счищать, но и задерживать в себе грязь и влагу, не давая ей разноситься по всему зданию. Это позволит вам избежать или ускорить процесс уборки помещения.

Вывод: Системы защиты от грязи сегодня все больше набирают популярность, они востребованы на многих объектах, где наблюдается высокая проходимость людей – супермаркеты, медицинские учреждения, офисы, кафе, кинотеатры и т.д.

СОВРЕМЕННЫЕ ОКОННЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

Кистерев В.Г., студент 5 курса

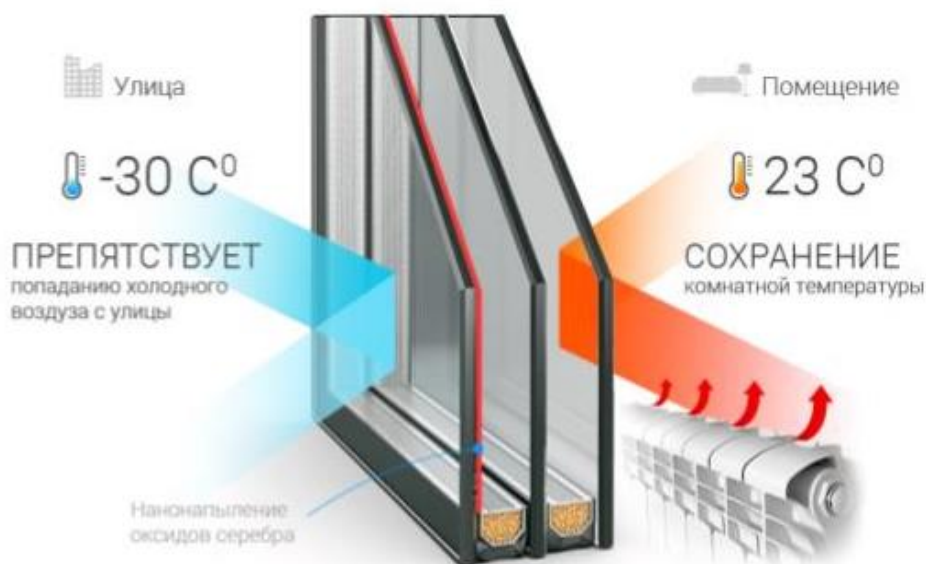
Научный руководитель: к.т.н., профессор Лосев Ю.Г.

Старооскольский технологический институт

Казалось бы, совсем недавно окно воспринималось только как светопроницаемая преграда между внутренним пространством зданий и «улицей», однако сейчас все больше внимания уделяется другим полезным функциям, делающим нашу жизнь более удобной и комфортной. История окна — это пример того, как простейшая строительная деталь превращается в высокотехнологичную конструкцию.

Поддержание комфортной температуры в доме и энергосбережение — вот одно из основных направлений, в котором работают современные производители окон. Решение этих проблем идет рука об руку, поскольку они взаимосвязаны: если в холодную погоду снизить теплопотери через окно, а в жару — не допустить попадания лишнего тепла в дом, значит, не придется включать на полную мощность обогреватели или кондиционеры, которые являются главными потребителями электроэнергии.

Поэтому современные производители всячески стараются сделать свое окно как можно больше энергосберегающим. Для этого в окнах используются стеклопакеты с энергосберегающими стеклами - i-стекло.



Характеристикой энергосбережения является излучательная способность стекла. Под излучательной способностью стекла (эмиссией) стекла понимают способность стеклянной поверхности отражать длинноволновое невидимое человеческим глазом тепловое излучение, длина волны которого меньше 46000 (Нм). Эмисситент поверхности (E) определяет излучательную способность стекла (у обычного стекла E составляет >0.83, а излучательная способность селективных стекол меньше 0,04), и следовательно и способность как бы "отражать" обратно в помещение тепловое излучение.

Причина возникновения излучения кроется в движении свободных электронов атомов, находящихся на поверхности стекла, и плотности движущихся электронов. Далек не все металлы, хорошо проводящие электрический ток, обладают свойством отражать длинноволновое тепловое излучение. Следовательно, чем ниже эмисситент, тем меньше потери тепла. При этом стекло с оптическим покрытием имеющим значение эмисситента $E=0,004$ отражает обратно в помещение свыше 90% тепловой энергии уходящей через окно.

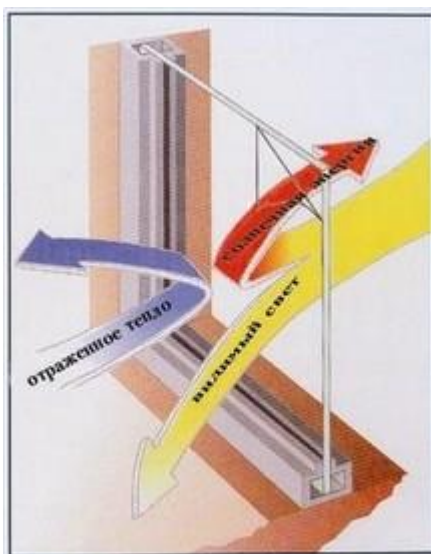
i-стекло – это низкоэмиссионное стекло с многослойным покрытием (в том числе из серебра), нанесенным путем плазменного напыления в вакууме. Это "мягкое" покрытие. Лист с таким напылением должен быть обращен только внутрь стеклопакета. I-стекло производится вакуумным напылением и представляет из себя трехслойную (или более) структуру из чередующихся слоев серебра диэлектрика (BiO, AlN, TiO₂ и т.п.). Технология нанесения требует использования высоковакуумного оборудования с системой магнетронного распыления.

Низкоэмиссионное i-стекло в отопительный период "возвращает" в квартиру до 90% тепловых волн, выделенных нагревательными приборами. А летом отражает тепловую, инфракрасную (ИК) часть солнечного излучения. В результате зимой в комнате становится теплее, а летом – прохладнее.

I-стекло обладает улучшенными показателями теплозащиты. Например, при наружной температуре -26 градусов и температуре в помещении +20 температура на поверхности стекла внутри помещения будет у обычного стеклопакета +5градусов, а у стеклопакета с i-стеклом +14градусов. А повышение температуры внутреннего стекла автоматически снижает риск появления конденсата на внутренней стекле.

Назовем преимущества применения стеклопакетов с энергосберегающим i-стеклом.

Во-первых, i-стекло отражает длинноволновые тепловые лучи в сторону их излучателя (то есть зимой в сторону квартиры, где работают отопительные приборы, а летом в сторону улицы, где находятся нагретые солнцем камни, асфальт и т.д.), что значительно снижает расходы на отопление зимой и на кондиционирование летом. Иными словами, покрытие оставляет тепло там, где его больше. Теплоизолирующая способность стеклопакета с i-стеклом значительно выше по сравнению с двукамерным стеклопакетом.



Таким образом, в любой климатической зоне тепловой комфорт в помещении достигается использованием стеклопакетов с энергосберегающими стеклами. Устраняется эффект - "дует от окна".

Во-вторых, вес такого стеклопакета на 10 кг на 1м.кв. стеклопакета ниже по сравнению с двукамерным, что значительно снижает нагрузку на фурнитуру створки Вашего окна и увеличивает срок ее эксплуатации.

В-третьих, так как температура на поверхности стеклопакета с i-стеклом выше, чем на поверхности обычного стекла, это уменьшает вероятность выпадения конденсата на стекле. Кроме того, это стекло препятствует выгоранию обивки и предметов интерьера. При этом прозрачность i - стекла сравнима с прозрачностью обычного стекла.

Если обычное и энергосберегающие стекла практически неотличимы на вид, напрашивается вопрос: "как же удостовериться, что стеклопакете действительно установлено низкоэмиссионное (энергосберегающее) стекло?".

Сделать это довольно просто - необходимо поднести к стеклопакету зажигалку или спичку (желательно в темное время суток) и посмотреть на отражение язычков пламени. Отражений будет несколько - по два на каждое стекло: 4 отражения в двухкамерном стеклопакете и 6 - в трехкамерном. Отражение от энергосберегающего покрытия будет отличаться по цвету - оно будет малиновым, в то время, как обычные стекла дадут желтое отражение!



В данном случае фотография сделана снаружи помещения, т.к. i-стекло в стеклопакете должно находиться внутри помещения, низкоэмиссионным покрытием внутрь стеклопакета.

Подытожив все вышесказанное, заметим, что установив у себя в доме окна с энергосберегающими стеклопакетами, вы экономите средства и создаете комфортные условия в помещении, а это хорошее настроение и здоровье.

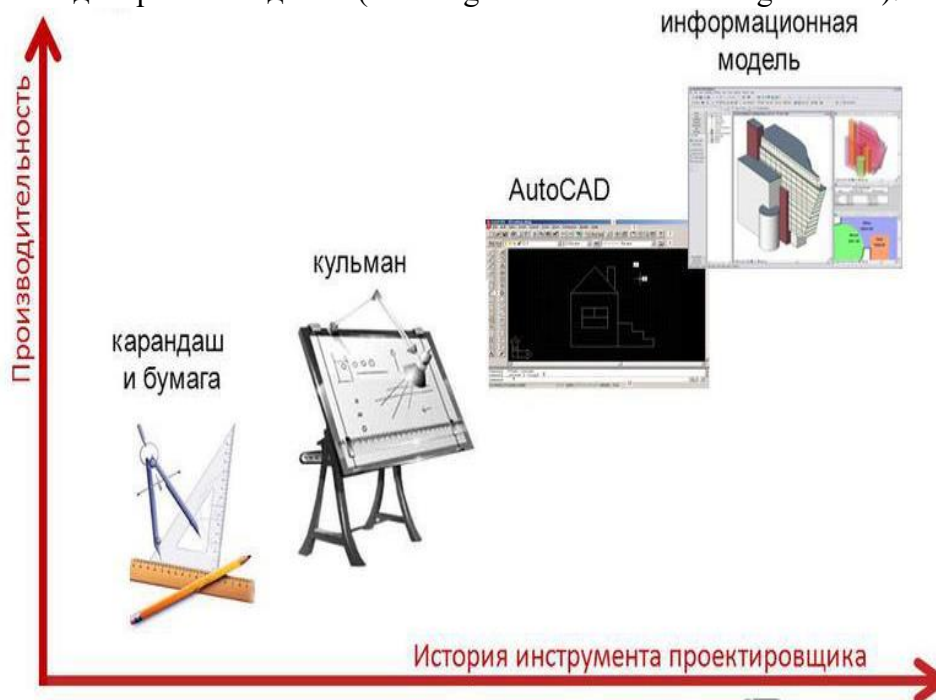
ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ BIM. СТАНДАРТИЗАЦИЯ В BIM

Белых А.А., студентка 5 курса

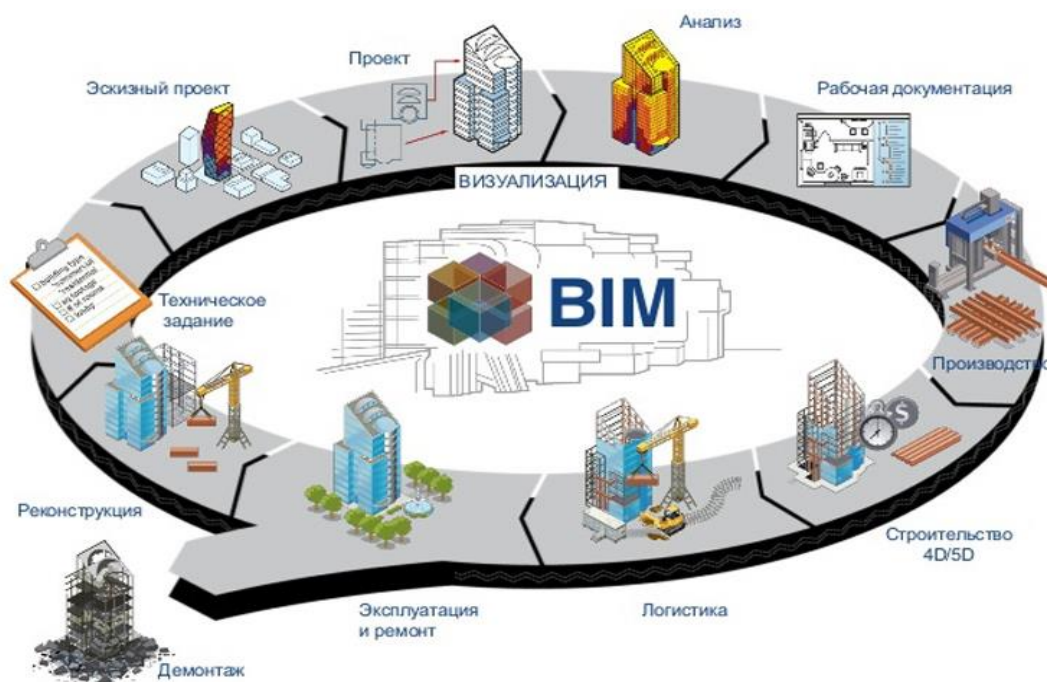
Научный руководитель: к.т.н., профессор Лосев Ю.Г.

Старооскольский технологический институт

Технологии проектирования и строительства не стоят на месте. В прошлое ушли громоздкие кульманы и долгие ручные расчеты. Им на смену пришли графические программы, помогающие архитекторам создавать жилые микрорайоны. Но и это позавчерашний день. Зарубежная строительная индустрия уже активно переходит на информационное моделирование зданий (Building Information Modeling — BIM).



BIM (Building Information Modeling) — комплексное информационное моделирование здания. Технология представляет собой процесс коллективного создания и использования данных об объекте на этапах его жизненного цикла (от планирования до строительства, эксплуатации и сноса/реконструкции). При этом сооружение и все, что с ним связано, рассматриваются, как единое целое.



Основными принципами BIM-технологий в проектировании являются:

- построение трехмерной модели сооружения;
- наличие в ней всех проектных данных;
- автоматическая генерация спецификаций и чертежей;
- интеллектуальная параметризация;
- возможность изучения и регулирования временной и бюджетной составляющих процесса возведения объекта.

Интеллектуальная параметризация — главная особенность BIM. При изменении какой-либо характеристики объекта взаимосвязанные с ней параметры получают новые значения. Это упрощает процесс принятия верных решений.

Благодаря объединению всех характеристик здания и разделов проекта в едином многомерном пространстве технология информационного моделирования зданий BIM позволяет увидеть и оценить результаты строительства до его начала.

Одним из основных преимуществ информационного моделирования является возможность использования одной информационной модели сооружения при работе над ней разными подразделениями проектной компании. До недавнего времени как в архитектурно-строительных программах (Revit, Tekla, Archicad и др.), так и в расчетных комплексах (ЛИРА, СКАД, Stark и др.) такие связи были абсурдны и нереальны. Но сейчас, например, в ПК ЛИРА существуют архитектурные элементы, которые можно создавать как в самой программе, так и экспортировать из Revit и др. программ. Такая связь происходит в двустороннем режиме.

Надо отметить, что в качестве основных инструментальных средств, реализующих BIM при проектировании нового здания Мариинского театра, был выбран именно комплекс программ Autodesk Revit.

Актуальность и эффективность применения BIM в строительстве объясняются возможностью создания проектировщиками BIM-модели в 4 уровнях:

1. 3D-пространственная модель. Ее строительные компании используют для контроля исходной документации, создания комплекта рабочих документов, заказа оборудования, набора персонала, расчета расходов и т. д.

2. 3,5D. Это 3D-модель с добавленными объектно-ориентированными технологиями. Она визуализирует процесс эксплуатации объекта. Проектировщики включают в модель движущихся людей, работу оборудования, различные погодные условия, смену времен года и т. п. Это позволяет полностью учесть все нюансы объекта при возведении.

3. 4D. Представляет собой модель полного цикла строительства. Она нужна для четкого управления процессом возведения здания в соответствии с графиком работ.

4. 5D (4D + информация). На этом уровне специалисты рассчитывают сметы и определяют итоговую стоимость проекта. BIM-модели значительно облегчают и ускоряют эти работы. Все данные, нужные для расчетов, заложены в базе. Обработка происходит в автоматическом режиме.

В связи с этим BIM позволяет строительным компаниям:

- контролировать качество исходной документации и сметных расчетов;
- грамотно организовать работы по возведению объекта;
- оптимизировать логистику;
- разделить финансирование на этапы;
- вести четкий технический надзор.

В мировой архитектурной практике информационное моделирование зданий (BIM, Building Information Modelling) быстро превратилось в ключевую составляющую процесса проектирования. В 2008 году в Гонконге был сдан в эксплуатацию спроектированный за год и построенный за два года 308-метровый небоскреб One Island East, ставший мировым образцом применения технологии BIM.

Однако, в России несмотря на заинтересованность специалистов и поддержку со стороны российского правительства, закрепление BIM в строительных ГОСТах по ряду причин требует больше времени, чем ожидалось.

Концепция стандартизации в области BIM в РФ была сформирована к лету 2016-го, когда активно заработала соответствующая рабочая группа Минстроя.

Стандарты информационного моделирования будут двоякого назначения: часть из них для разработчиков различных программных продуктов, а другая — непосредственно для проектировщиков, строителей, служб эксплуатации. Примером нормативных документов, предназначенных строителям, является СП 301.1325800.2017 «Информационное моделирование. Правила организации работ производственно-техническими отделами».

В Минстрое сформирована трехлетняя программа по BIM-стандартизации до 2020 года. Очень важно, что в эту программу включена разработка общероссийской системы классификации строительной информации нового поколения, того самого BIM-классификатора, который так ждут практики, уже сегодня работающие в BIM и пока применяющие собственные разработки.

Ранее Минстрой сообщил, что система нормативно-технических документов по BIM в общей сложности будет включать в себя 15 национальных стандартов (ГОСТ Р) и 10 сводов правил. Из них 13 ГОСТ Р и 4 СП будут касаться основополагающих (базовых) направлений, остальные — отдельных стадий жизненного цикла. В настоящее время в области информационного моделирования уже действуют 7 ГОСТ и 6 СП.

В частности, с 19 марта вступили в силу сразу два нормативных документа: СП 331.1325800.2017 и СП 333.1325800.2017.

Наименование первого: «Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах». Документ описывает базовые требования к созданию и эксплуатации информационных систем, взаимодействующих между собой в течение всего жизненного цикла здания или сооружения.

Второй СП получил название «Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла». В основном, эти правила направлены на повышение обоснованности и качества проектных решений, а также уровня безопасности при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.

Еще один свод правил вступит в силу с 16 июня. Это СП 328.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели». Документ содержит требования к компонентам информационных моделей зданий и сооружений, но не касается цифровых библиотек данных компонентов.

Однако, существуют проблемы, мешающих быстрому принятию стандартов BIM в России, к ним относятся:

- Недостаток подготовленных кадров. Сейчас в России существует несколько студий, использующих BIM. Но даже тем, кто уже освоил соответствующие программные продукты, еще только предстоит выйти за пределы их базовых возможностей. Нехватка опытных профессионалов сдерживает широкое распространение BIM.

- Стоимость. Менеджеров и заказчиков отталкивают стартовые затраты на внедрение, изучение и развитие программных продуктов и решений для BIM.

- Доминирование западных стандартов. Компании, использующие BIM, делают это в рамках западных стандартов. Переход на российские стандарты может оказаться длительным и затратным процессом.

Когда же все эти препятствия будут преодолены, российские проектировщики, безусловно, смогут извлечь массу преимуществ из использования BIM.

Нет сомнения, что в скором будущем эта технология станет неотъемлемой частью российской строительной индустрии.

ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ

Скиданова Л.В., студентка 3 курса

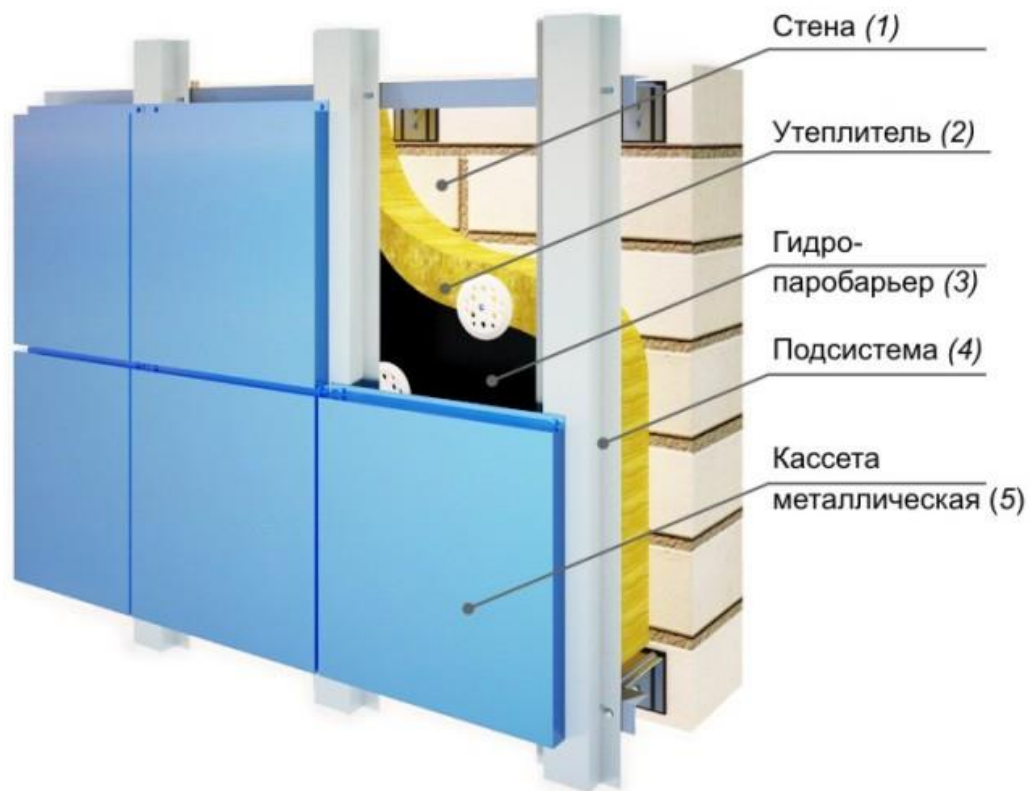
Научный руководитель: старший преподаватель Лосева Г.П.

Старооскольский технологический институт

В последние годы были успешно разработаны новые фасадные системы, соответствующие всем требованиям современного строительства. Дома сейчас возводят с обязательным расчетом на высокие эстетические и защитные свойства облицовочных материалов.

Использование навесного вентилируемого фасада позволяет сегодня решить ряд непростых архитектурных, дизайнерских и конструкторских проблем. Кроме того, навесные вентилируемые фасады легко вписываются в проекты любого дизайнерского направления как классические, так и ультрамодные.

Навесной вентилируемый фасад – это система, состоящая из декоративного облицовочного материала, подсистемы (каркас с крепежными изделиями), тепло-, паро-, ветро- и гидроизоляционного слоя (нередко один материал одновременно справляется с несколькими функциями, например, пароизоляционная пленка вполне неплохо может выполнять и функции гидрозащиты) и вентиляционного зазора, роль которого сводится к обеспечению постоянной вентиляции пространства между стеной и облицовочным материалом с целью недопущения скопления в нем влаги.



Одним из основных преимуществ вентилируемых систем являются широчайшие возможности использования материалов для облицовки.

Среди основных облицовочных материалов, применяемых при строительстве зданий с установкой фасадных систем, выделяют:

- керамогранитные панели;
- натуральный и искусственный камни;
- панели композитно-алюминиевые;
- деревянные доски (планкены);
- ламинаты фасадные;
- панели фиброцементные;
- панели из стекла.



Вентилируемые фасадные конструкции и их преимущества:

1. Несмотря на сравнительную легкость, вентиляруемая фасадная система имеет высокую несущую способность, потому что очень прочная.
2. Установка навесного вентиляруемого фасада позволяет снизить теплообмен в три раза. Летом он не пропускает теплый воздух внутрь, а зимой не позволяет ему быстро покидать помещение.
3. Инновационная система вентиляруемых фасадов практически пожаробезопасна. Все материалы, из которых производится монтаж, не горят и не воспламеняются, кроме того, они нетоксичны.
4. Конструкции навесных фасадов обладают высокой устойчивостью к повреждениям и коррозии.
5. Воздушный атмосферный слой, расположенный между несущей стеной и системой, не позволяет влаге образовываться и распространяться в конструкции.
6. Отражающая способность позволяет декорировать здание даже в темные оттенки, что не отразится на изменении внутренней температуры помещения. Инновационное устройство создает возможность образования микроклимата в помещении, воздействие внешней среды на который минимизированы.
7. Степень шумоизоляции увеличивается в два раза за счет многослойного поглощения звука.
8. Вентилируемые фасадные системы спроектированы просто и технологично. Они быстро монтируются, и демонтаж всей системы или ее части займет немного времени.
9. Фасадные конструкции имеют в основе алюминиевый каркас, поэтому их монтаж и ремонт не требуют особенных условий. Для монтирования такой системы не требуется выравнивать несущую стену.
10. Возможность осуществлять монтаж круглогодично.



1) плитка заводится
вверх до упора

2) плитка опускается
вниз до упора с помо-
щью резиновой киянки

3) с помощью прижимного
лепестка плитка фикси-
руется от вертикального
смещения

11. На сегодняшний день навесные вентилируемые конструкции являются одной из наиболее долговечных систем. Их износостойкость при правильном уходе и эксплуатации достигает 50 лет.

Недостатки вентилируемых фасадных систем:

1. Монтаж и ремонт вентилируемых конструкций могут производить только высококвалифицированные специалисты. Недостаточная квалификация работника, монтирующего фасадную систему, может привести к нарушению сборки.
2. Относительно высокая стоимость установки фасадов.

При этом большим спросом пользуется тот фасад, который помимо технических преимуществ максимально долго сохраняет «лицо», ведь внешний вид дома влияет не только на настроение его жильцов, но и на ликвидность квартир для строительных компаний.

Благодаря вышеупомянутым качествам вентилируемые фасады заняли надежные позиции в общественно-деловом и многоэтажном строительстве. Кроме этого, у данной системы есть, что предложить и коттеджным проектам. Система может использоваться как на новых зданиях, так и для реконструкции.

В качестве вывода, можно сказать, что практичность вертикально-горизонтального вентилируемых фасадных систем в сочетании с эстетикой и надежностью позволили создать качественный продукт, который имеет все шансы занять лидирующие позиции в сегменте облицовочных материалов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ ОБЛУЧЕННОГО АКТИВНОГО ИЛА В ВОДНОМ РАСТВОРЕ

Есхожаева С. магистрант 2-го курса,

КазНПУ им. Абая,

Руководители: **Ниязов М.Н.** магистр, МНС,

Таипова Б.Г. магистр, НС,

Воронова Н.А. доктор PhD

Ходарина Н.Н., НС

Казахский национальный педагогический университет им. Абая

Ефимов А.К., доцент, к.ф.-м.н.,

Старооскольский технологический институт им. А.А.Угарова НИТУ "МИСИС",

Купчишин А.И., проф., д.ф.-м.н.,

Казахский национальный педагогический университет им. Абая

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

Бурный рост промышленности, сельскохозяйственного производства и сопутствующая им урбанизация привели к небывалой степени загрязнения окружающей среды. Увеличение количества потребителей природных ресурсов вызвали скачок уровня сточных вод и степени их экологической опасности, что привело к росту непосредственного их сброса в естественные водотоки, а биологическое разложение и самоочищение идет очень медленно [1]. Для быстрой очистки сточных вод в настоящее время применяются искусственно созданные и промышленные сооружения, так как они являются защитным барьером для природных гидробионтов [2]. Нынешнее состояние качества воды природных водоемов во многом определяется степенью чистоты сточных вод, прошедших биологическую очистку, поскольку они составляют основную массу от общего объема сточных вод. Эффективность очистки жестко связана с процессами самоочищения в природных водоемах. Но и разрабатываемые всевозможные методы интенсификации биологической очистки открывают возможности существенного улучшения последней. Биологическая очистка является обязательным завершающим звеном и мощный защитный барьер от загрязнения природной среды [3]. В настоящее время перспективна разработка гидробиологических, микробиологических и биохимических методов улучшения работы сооружений [4, 5], в отличие капиталоемких реконструкций действующих сооружений.

В последние годы вызывают большой практический интерес работы, связанные с изучением влияния различных видов облучения на структуру и физико-химические свойства различных материалов [6 – 9]. Нами начата работа по влиянию электронного облучения на структуру и свойства различных биоматериалов, которые при таких воздействиях сильно меняются. Существенно изменяется при этом и качество систем. Одним из определений качества работы очистных сооружений является иловый индекс и скорость оседания. Например, иловый индекс около 60 мл/г – это хорошо осаждающий ил, выше 300 мл/г – нарушение работы очистного сооружения. Данная работа посвящена определению плотности необлученного и облученного ила оптическим методом в водных растворах.

Для определения параметров активного ила (биоматериала) была создана экспериментальная установка, состоящая из лазерного источника, детектора излучения, электронного блока, стоек и различных держателей. Ил, помещенный в колбу с водой, тщательно взбалтывался и устанавливался между лазером и детектором. Снималась зависимость освещенности (интенсивности) света (зеленые и красные линии лазера) от времени.

Анализ результатов исследований (зеленый и красный луч) показал, что полное оседание ила происходит в течение около 100 секунд. На рисунке 1 показаны временные зависимости освещенности (Е) лазерного излучения. Как видно рисунков, сначала наблюдается резко возрастание величины освещенности, а затем постепенное насыщение.

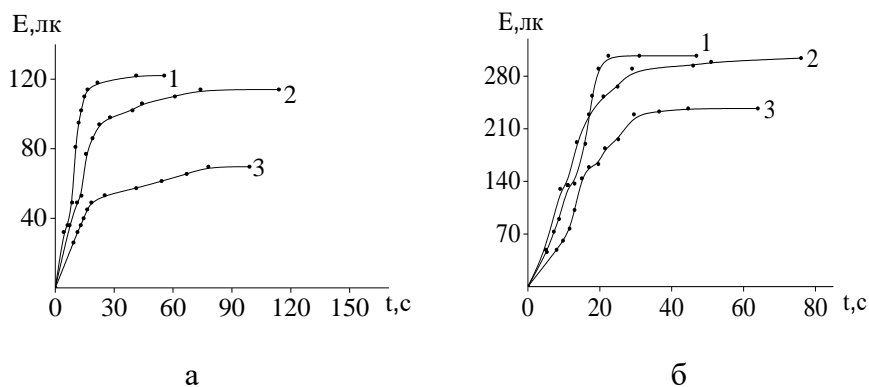


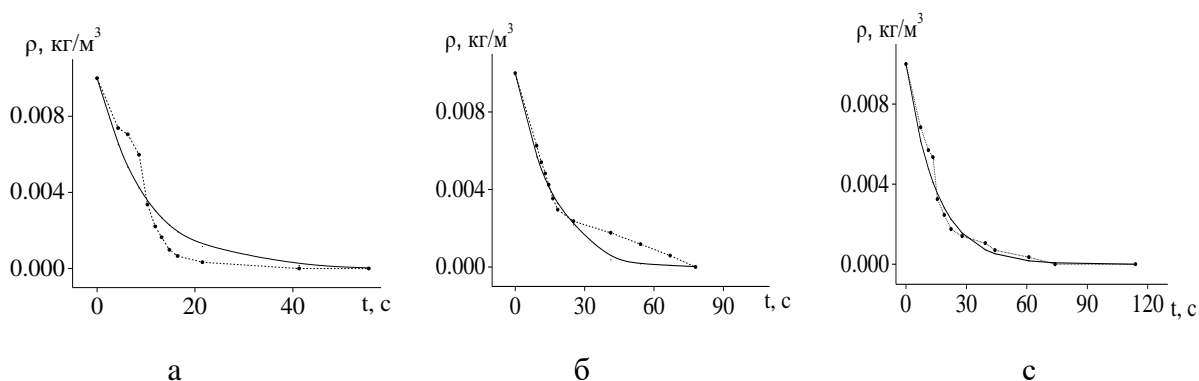
Рисунок 1. Зависимости освещенности от времени зеленого (а) и красного (б) лазерных излучений при их прохождении через активный ил

Для определения илового индекса и скорости оседания активного ила использовалась зависимость плотности активного ила в воде от времени.

На рисунках 2 и 3 приведены экспериментальные данные по зависимости плотности активного ила от времени, полученные с использованием зависимости E от t при облучении красным и зеленым лазерами (точки). Видно, что с течением времени плотность постепенно уменьшается. Характер зависимости ρ от t после облучения не меняется, но время увеличивается. Экспериментальные кривые объяснены в рамках предложенной авторами экспоненциальной модели (сплошные линии):

$$\rho = \rho_{\max} * \exp(-t/t_0),$$

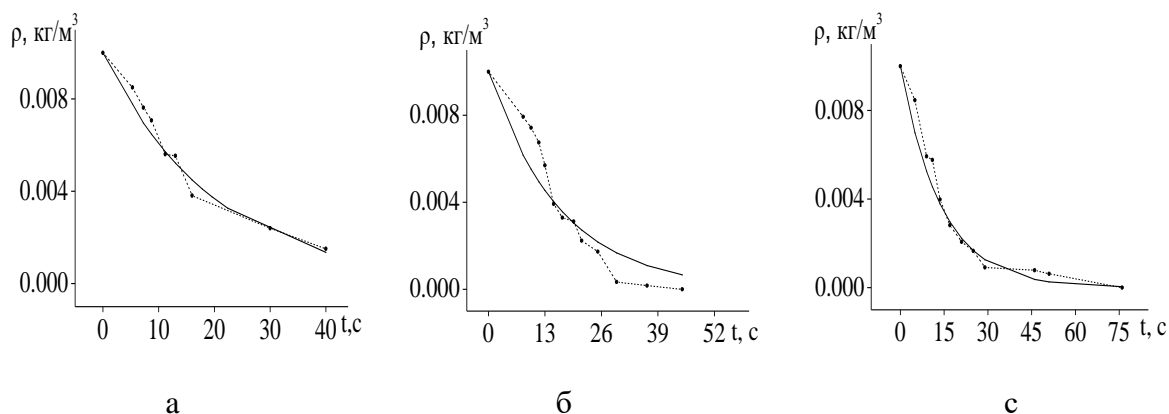
где величина t_0 есть время, в течение которого плотность активного ила уменьшается в e – раз.



а – $D = 0$; б – $D = 3$ Р; с – $D = 500$ кГр

Рисунок 2. Зависимость плотности ила от времени при прохождении зеленого лазерного излучения через активный ил

Из кривых зависимости плотности (ρ) от времени (t) следует, что они имеют определенную природу для разных источников излучения. При дозе 3 Рентген (Рисунок 2б, 3б) скорость оседания уменьшается, что говорит об увеличении активности ила в водном растворе. При больших дозах облучения (Рисунок 2с, 3с) плотность активного ила уменьшается (скорость осаждения увеличивается), так как он становится менее активным. По проведенным расчетам иловый индекс активного ила с озера Сорбулак составил 90 мл/г, а средняя скорость оседания 2/3 мл/мин.



а – $D = 0$; б – $D = 3 \text{ P}$; с – $D = 500 \text{ кгР}$

Рисунок 3. Зависимость плотности ила от времени при прохождении красного лазерного излучения через активный ил

По полученным результатам можно заключить следующие выводы:

1. Установлено, что зависимости плотности (ρ) от времени (t) имеют определенную природу для разных источников излучения. Индекс активного ила озера Сорбулак – 90 мл/г, средняя скорость оседания – 2/3 мл/мин.
2. Различные виды облучения образцов биоматериала приводит к увеличению илового индекса, что связано с уменьшением естественной очистки. Причиной этому является сокращение числа живых микроорганизмов.
3. Кривые зависимости плотности (ρ) от времени (t) удовлетворительно описываются в рамках экспоненциальной модели.

Список литературы

1. Захтаева Н.В., Шеломков А.С. Активный ил как управляемая экологическая система. – М.: Экспо-медиа-пресс., 2013. – 650 с.
2. Ауланбергенев А.А., Зубаиров О.З., Колдеев Е.И., Айдарова С.Б., Тлеукулов А.Т., Жандаулетова Ф.Р., Оспанов К.Т. Улучшение качества природных вод и очистка сточных вод/ Учебник для вузов. – Алматы, 2012. – 188 с.
3. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы. – М.: Мир, 2004. – 480 с.
4. Симаков Ю.Г., Горбунов А.В. Биологическая очистка воды: УМКД по специальности – экология и природопользование. – М.: МГУТУ, 2012. – 148 с.
5. Максимов С.П., Алексеев И.А. Обзор методов биологической очистки сточных вод // Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. ХLI междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: СибАК, 2014. – № 12(37). – С. 95 – 101.
6. Krasikov E., Nikolaenko V. Radiation annealing of radiation embrittlement of the reactor pressure vessel steel// *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 110 012001*. – 2016. – P. 1 – 5.
7. Surzhikov A.P., Galtseva O.V., Vasendina E.A., Vlasov V.A., Nikolaev E.V. Processing line for industrial radiation-thermal synthesis of doped lithium ferrite powders// *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 110 012002*. – 2016. – P. 1 – 4.
8. Yesyrev O.V., Kupchishin A.I., Abdukhairova A.T., Nauryzbayev M.K., Khodarina N.N. Cherednichenko V.C. Study of the electron irradiation effect on the structure of treatment systems biomaterials// *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 168 012017*. – 2017. – P. 1 – 4.
9. Esyrev O.V., Kupchishin A.A., Kupchishin A.I., Voronova N.A. Optical research of biomaterials of sorbulak// *IOP Conf. Series: Material Science and Engineering 110 012036*. – 2016. – P. 1 – 5.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ, РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ»	4
Богадевич Д.И., Смирнов Е.Н РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ «МЯГКОГО» ОБЖАТИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ ЗАГОТОВОК	4
Горбунов К.С., Бахаев К.В. ВЫСОКОПРОЧНЫЕ СТАЛИ	7
Грачев Д.О., Бельский С.М. ФАКТОРЫ ВЛИЯЩИЕ НА ПРОФИЛЬ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ПРОКАТЫВАЕМОЙ ПОЛОСЫ НА СТАНЕ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ 2000 ПАО «НЛМК» И СИСТЕМЫ ИХ РЕГУЛИРОВАНИЯ	9
Гончарова А.Н., Смирнов Е.Н. КЛАССИФИКАЦИЯ СОРТАМЕНТА СТАЛЕЙ ПРОКАТЫВАЕМЫХ НА ТИПОВОМ СРЕДНЕСОРТНОМ СТАНЕ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ ПРЕДЕЛЬНОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ	12
Гущин В.А., Королькова Л.Н. ПРОБЛЕМЫ ОБРАБОТКИ ПРОКАТА В ТЕРМИЧЕСКИХ ПЕЧАХ С ШАГАЮЩИМИ БАЛКАМИ	14
Дашина А.Д., Гришина С.С., Степанова А.М. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОЦЕССА «МИДРЕКС»	17
Деева С.Г., Королькова Л.Н. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛАХ	20
Жоров В.В., Гришина С.С., Степанова А.М. ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АКОС	23
Егорычев А. В. , Кожухов А.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ЦЕХА ОЭМК В ПРОГРАММЕ «ANYLOGIC 8» С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА ЕГО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ	26
Ёкубжонов Ш.З., Косьянова К.И., Махмудов Д.Д., Тимофеева А.С.	29

МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ ОКАТЫШЕЙ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ	
Князев И.С., Скляр В.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ КОЛОСНИКА ПАЛЛЕТЫ ОБЖИГОВОЙ МАШИНЫ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ	34
Комаров В.С., Бельский С.М. МЕЖКЛЕТЕВОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА	36
Коняев А. А., Соловьев В. Н. МЕТОД УЧЕТА ВЛИЯНИЯ МЕЖКЛЕТЬЕВОГО НАТЯЖЕНИЯ НА ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛЬ ПРОКАТЫВАЕМОЙ ПОЛОСЫ	38
Кондратьев В.И., Малахова О.И. ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ ШАХТНОЙ ПЕЧИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ	41
Косьянова К.И., Махмудов Д.Д., Ёкубжонов Ш.З., Тимофеева А.С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ОКАТЫШЕЙ ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ БАРАБАНЕ	44
Краснов Ю.В., Кожухов А.А. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПОДУ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ	47
Куликова О.В., Федина В.В. ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОДЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ	50
Левыкина А.Г., Фетисов А.А., Мазур И.П. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКЕ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «DEFORM 3D»	53
Махмудов Д.Д., Ёкубжонов Ш.З., Косьянова К.И., Тимофеева А.С. ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТНЯКА НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ОКАТЫШЕЙ	55
Окурокова О.В. ФОРМИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ИЗОТРОПНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ	58

Паринова А.С., Тимофеева А.С. РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ЭФФЕКТОВ ОКИСЛИТЕЛЬНО- ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ ПРИ ОБЖИГЕ ОКАТЫШЕЙ	61
Парпиев Д. Б., Склад В.А. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МЕДНОЙ КАТАНКИ НА ЛИТЕЙНО-ПРОКАТНОМ АГРЕГАТЕ	64
Пивоваров Р.Е., Смирнов Е.Н. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВА СРЕДНЕСОРТНОГО ГОРЯЧЕКАЛИБРОВАННОГО КРУГЛОГО ПРОКАТА	66
Полениа С. Г., Федина В.В. УМЕНЬШЕНИЕ ПОТЕРЬ КИСЛОРОДА НА КИСЛОРОДНОЙ СТАНЦИИ ОАО «СГОК»	68
Попов В.Н., Чабоненко А.А. ОПТИМИЗАЦИЯ КЛАССОВ ЖЕСТКОСТИ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ ПУТЕМ УТОЧНЕНИЯ ИХ СОСТАВА И ХАРАКТЕРИСТИК НА СТАНЕ 2030	71
Постникова А. В., Смирнов Е.Н. АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА «МЯГКОГО» ОБЖАТИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ БЛЮМОВ И ЗАГОТОВОК	73
Пярых А.В., Черный В.А. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ОТ УВМ	75
Пярых А.В., Черный В.А. ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ В ОЧАГЕ ДЕФОРМАЦИИ НА ПРОЦЕСС ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ	77
Ракитянская В. И., Гришина С.С., Степанова А. М. РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСПЛАВОВ	79
Самойлов А.С., Федина В.В. МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЕНТИЛЯТОРНОЙ ГРАДИРНИ СПЦ-1 АО «ОЭМК»	83
Сафаров О.Э., Малахова О.И.	86

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДОЖИГАНИЯ СО В ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧАХ	
Сафонов А.А., Сазонов А.В. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КИСЛОРОДА	89
Сафронов А.А., Бельский С.М. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ НАПРЯЖЕНИЕ- ДЕФОРМАЦИЯ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЕФОРМАЦИИ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ СТАЛИ НА GLEEBLE 3800	92
Сивков А.С., Тимофеева А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЧНОСТИ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МЕЛА ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	95
Сметнёва Н.Ю., Харитонов В.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА НОВОЙ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАРШРУТОВ ВОЛОЧЕНИЯ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ ПРОВОЛОКИ	98
Федонов А.И., Федонов Р.А. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	101
Федонов А.И., Федонов Р.А. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ	104
Федонов А.И., Федонов Р.А. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ Федонов А.И.	107
Федонов А.И., Федонов Р.А. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	110
Федонов А.И., Федонов Р.А. ИСТОЧНИКИ ОБРАЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ И СПОСОБЫ ИХ УТИЛИЗАЦИИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	112
Фирсовская Е.В., Тимофеева А.С.	115

ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА
ОКАТЫШЕЙ НА КОЭФФИЦИЕНТ СОПРОТИВЛЕНИЯ В
ПЛОТНОМ СЛОЕ

Шевчик Н.А., Малахова О.И. 119
ВЛИЯНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ МЕТАЛЛОШИХТЫ НА
КАЧЕСТВО СТАЛИ

Шумаков В.В., Сазонов А.В. 122
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ
ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ОБЖИГОВОЙ ПЕЧИ

**СЕКЦИЯ « НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ
НЕДРОПОЛЬЗОВАНИИ »** 125

Е.В. Глоба, Е.В. Гришкина 125
ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРОЕНИЯ ОКИСЛЕННЫХ
ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КМА

В.К. Дородный, В.Н. Климов 127
МОБИЛЬНЫЕ ДРОБИЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В
ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.

С.А. Ледовских, П.В. Клименков, Е.П. Терехин 131
ПЕРСПЕКТИВЫ МОКРОГО ТОНКОГО ГРОХОЧЕНИЯ В
ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ

Д.Г. Петров, Е.В. Гришкина 134
СОВРЕМЕННЫЕ СХЕМЫ РУДОПОДГОТОВКИ ЖЕЛЕЗИСТЫХ
КВАРЦИТОВ

Д.А. Помельников 136
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАБОТЫ ГИДРОЦИКЛОНОВ И
ТОНКОГО ГРОХОЧЕНИЯ

Е.А. Попов, Г.Е. Афанасьева 139
РАСЧЕТ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ОТ ТОЧЕЧНЫХ
ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСА ПО УПРОЩЕННОЙ МЕТОДИКЕ

**СЕКЦИЯ « МАШИНОСТРОЕНИЕ И ПРИКЛАДНАЯ
МЕХАНИКА »** 142

Беркин Л.М., Ефимов А.К., Ниязов М.Н., Купчишин А.И. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЕФОРМАЦИИ ОТ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ТЕКСТОЛИТА ПРИ ИСПЫТАНИИ НА ПЛОСКИЙ ПРЯМОЙ ИЗГИБ	142
Владимиров А.А. ОСОБЕННОСТИ ТИПА НАПРАВЛЕНИЯ НЕРОВНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ ТОЧЕНИИ	145
О.Е. Водолазкина, В.И. Авдеев, И.Е. Подгорный ВЛИЯНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ И ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ ВАЛА	148
Джумаев А.Б., Белов Н.В., Бойко П.Ф. ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ КРУПНО МОДУЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ БАРАБАНЫХ МЕЛЬНИЦ БОЛЬШОЙ ЕДИНИЧНОЙ МОЩНОСТИ	150
Исмоилова.С.Г., Белов Н.В., Бойко П.Ф. ПОВЫШЕНИЕ СРОКОВ СЛУЖБЫ ЭКСЦЕНТРИКОВ КОНУСНЫХ ДРОБИЛОК	153
Келлер А.В., Владимиров А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОРЕЗАНИЯ НА ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУР ПРИ ТОЧЕНИИ СТАЛИ 12Х18Н10Т	156
ВЛИЯНИЕ РАДИУСА ГАЛТЕЛИ НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ ВАЛА А.В. Коваленко, В.И. Авдеев, И.Е. Подгорный	158

Кудинов Е.А., Владимиров А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННОГО РЕЗАНИЯ ПРИ ТОРЦЕВОМ ТОЧЕНИИ	161
Марченко Э.В. КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ В ЗОНЕ СЧАЛКИ СТАЛЬНОГО КАНАТА ПОДВЕСНЫХ ПАССАЖИРСКИХ КАНАТНЫХ ДОРОГ	163
Марченко Э.В. МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ВИБРАЦИОННОГО МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО ТВЕРДОСМАЗОЧНОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ДИСУЛЬФИДА МОЛИБДЕНА НА ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЬНОГО КАНАТА В ПРОЦЕССЕ ЕГО СВИВКИ	166
Новоточинов А.П., Белов Н.В., Бойко П.Ф. МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО УЗЛА КОНУСНЫХ ДРОБИЛОК	170
Новоточинов А.П., Бородина М.Б. МОДЕРНИЗАЦИЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ МУФТЫ	173
Сурова Л.А., Белов Н.В., Бойко П.Ф. ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ПОДШИПНИКА ВЕРХНЕГО ПОДВЕШИВАНИЯ ДРОБЯЩИХ КОНУСОВ ДРОБИЛОК	176
Суханов А.В., Моисеев Н.В. АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ 3D-МОДЕЛИ ЛЕМЕХА ОБОРОТНОГО ПЛУГА ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА	178
Таупек И.М., Вакуров А.В., Положенцев К.А., Лисовский А.В. СКВОЗНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ТРУБЫ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА	181
Таупек И.М., Положенцев К.А., Лисовский А.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ТУРБИННЫХ ДИСКОВ	184

Хвостов А. Г., Костенко О. Г., Марченко Э.В. ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПАРКИНГА В Г. РОСТОВЕ-НА-ДОНУ	187
Хвостов А. Г., Костенко О. Г., Марченко Э.В. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРКОВКИ В Г. РОСТОВЕ-НА-ДОНУ	191
СЕКЦИЯ « СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»	194
Кантарчян М.В. ПИГМЕНТЫ-НАПОЛНИТЕЛИ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ	194
Малишевский А.В., Лосев Ю.Г. ВОЗВЕДЕНИЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ, ШАХТНЫХ СООРУЖЕНИЙ, ДЫМОВЫХ ТРУБ И СИЛОСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКОЛЬЗЯЩЕЙ ОПАЛУБКИ	197
Кочев В.А., Лосев Ю.Г. ИННОВАЦИИ В ГИБКОЙ КРОВЛЕ	200
Лопатина Е.Г., Лосева Г.П. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕПЛО – И ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГОСТИНИЦЫ-ХОСТЕЛ	203
Кравцова А.П., Лосев Ю.Г. ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В СИСТЕМЕ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА	206
Кочева Ж.С., Лосев Ю.Г. ИННОВАЦИОННЫЕ ГРЯЗЕЗАЩИТНЫЕ НАПОЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ	208
Кистерев В.Г., Лосев Ю.Г. СОВРЕМЕННЫЕ ОКОННЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ	212
Белых А.А., Лосев Ю.Г. ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ BIM. СТАНДАРТИЗАЦИЯ В BIM	215
Скиданова Л.В., Лосева Г.П.	218

ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ
ФАСАДОВ

Есхожаева С., Ниязов М.Н., Таипова Б.Г., Воронова Н.А., Ходарина
Н.Н., Ефимов А.К., Купчишин А.И. 222

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ ОБЛУЧЕННОГО АКТИВНОГО
ИЛА В ВОДНОМ РАСТВОРЕ

Научное издание

Материалы Пятнадцатой Всероссийской научно-практической конференции
студентов и аспирантов

25-26 апреля 2018 г.

г. Старый Оскол