

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
СТАРООСКОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.А. УГАРОВА
(филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
профессионального образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

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

14-16 мая 2013 г.

Сборник научных и научно-практических докладов

ТОМ I

Старый Оскол, 2013

УДК 62+698
ББК 65304.15+32.97

Печатается по решению
Оргкомитета конференции

Редакционная коллегия: Н.И. Репников, В.П. Соловьев, В.И. Авдеев, Ю.И. Еременко, Э.Э. Меркер, Э.А. Карпов, А.Ф. Виноходова, Н.И. Ляхова, Ю.Г. Лосев, В.П. Архипов, З.З. Мухина, А.В. Казьмин, И.Е. Подгорный, Л.Н. Крахт, Е.В. Ильичева.

"Девятая 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», 2013. – Т.1. – 178с.

"Девятая всероссийская научно-практическая конференция студентов и аспирантов" (сборник научных и научно-практических докладов составлен на основе материалов трудов девятой всероссийской научно-практической конференции студентов и аспирантов).

Тексты статей сборника публикуются в авторской редакции.

УДК 62+698
ББК 65304.15+32.97

© Старооскольский технологический институт, 2013
© Авторы, 2013

СЕКЦИЯ 1
МЕТАЛЛУРГИЯ, МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОТЕХНИКА, ЭКОЛОГИЯ И
ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

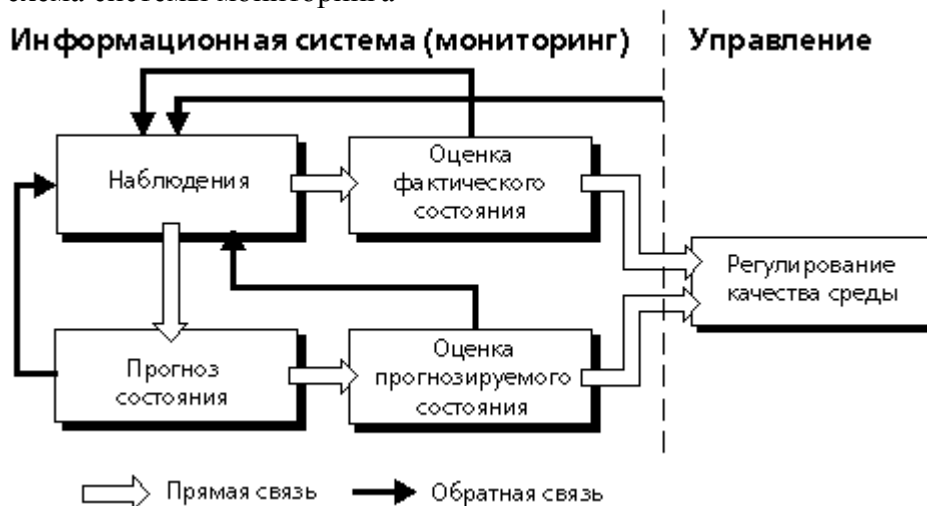
ОБЩЕСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ – КТО, ЕСЛИ НЕ МЫ?

Боев А.В., студент 3 курса,
научный руководитель: Старых Г.А.
СТИ НИТУ «МИСиС»

Состояние окружающей среды достаточно полно описывается лишь в крупных городах и промышленных зонах. Практически не охватываются сетью наблюдения малые города и многочисленные населённые пункты. Государственный экологический контроль не охватывает большинство малых рек, почвы и атмосферы малых городов. Поэтому необходимо проводить общественный экологический мониторинг

Экологический мониторинг — информационная система наблюдений, оценки и прогноза изменений в состоянии окружающей среды, созданная с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов.

Блок-схема системы мониторинга



Существуют различные подходы к классификации мониторинга (по характеру решаемых задач, по уровням организации, по природным средам, за которыми ведутся наблюдения). Отраженная на рис.2 классификация охватывает весь блок экологического мониторинга, наблюдения за меняющейся абиотической составляющей биосферы и ответной реакцией экосистем на эти изменения. Таким образом, экологический мониторинг включает как геофизические, так и биологические аспекты, что определяет широкий спектр методов и приемов исследований, используемых при его осуществлении.

История вступления общественных активистов в должность инспекторов по охране природы началась еще в советские времена, в те годы роль общественности в качестве независимой контролирующей структуры была весьма сомнительна. Дружинники действовали под прикрытием легальных природозащитных ВООП, добровольных обществ охотников, рыболовов, а также других официальных организаций, и, прежде всего комсомола. В этот период движение не имело непосредственных отношений с органами государственной власти, хотя, как тогда говорилось, “дружины выполняют ту работу, которую не успевает делать государство”.

За последние десятилетия ситуация кардинально изменилась и сегодня общественное экологическое движение имеет значительную социальную и политическую силу для формирования позитивных сдвигов в направлении усиления роли общественности в сфере сохранения окружающей природной среды и рационального использования природных ресурсов.

Основная цель, которую ставит перед собой общественный экологический мониторинг - повышение доступности экологической информации для общественности.

С наступлением нового тысячелетия загрязнение атмосферы не уменьшилось, о чем свидетельствуют мониторинговые исследования экологии Старого Оскола. Степень загрязнения атмосферного воздуха нашего города на данный момент признаётся повышенной. Среднегодовые показатели по формальдегиду превышают предельно допустимую концентрацию в 2,3 раза, по бензапирену – в 1,6 раза, по диоксиду азота – в 1,16 раза, по оксиду углерода – в 2,4 раза.

Большая доля вредных выбросов в атмосферу Старого Оскола приходится на объекты горнорудной и металлургической промышленности, а также на предприятия по производству стройматериалов. В сумме эти стационарные источники выбрасывают 67,8% от общего объёма загрязняющих атмосферу города веществ.

Неудовлетворительное качество воды открытых водоемов свидетельствует о необходимости проведения мероприятий, направленных на предотвращение загрязнения водоемов. В сельских населенных пунктах используется вода шахтных и трубчатых колодцев, качество которой значительно хуже водопроводной. Водный фактор может играть определенную роль в заболеваемости населения острыми кишечными инфекциями, что подтверждается характерными признаками эпидпроцесса. Так, заболеваемость дизентерией Флекснера регистрируется круглогодично на всей территории

Содержание веществ в водах рек с превышением ПДК:

р. Северский Донец: фенолы – 1.54 ПДК, железо общее – 1.31 ПДК, нитриты – 1.35 ПДК, фосфаты – 1.13 ПДК, БПК5 – 1.06 ПДК;

р. Уда: железо общее – 2.82 ПДК, фенолы – 2.40 ПДК, БПК5 – 1.18 ПДК, нитриты – 1,09 ПДК;

р. Лопань: железо общее – 3.47 ПДК, фенолы – 2.52 ПДК, медь – 1.58 ПДК, фосфаты – 1.32 ПДК, БПК5 – 1.24 ПДК;

р. Ворскла : фенолы – 1,93 ПДК, железо общее – 1,73 ПДК, фосфаты – 1,44 ПДК;

р. Ворсклица: железо общее – 2.35 ПДК, фенолы – 2,1 ПДК, нитриты – 1,46 ПДК, БПК5 – 1,2 ПДК, кобальт – 1,15 ПДК.

р. Оскол: фенолы – 1.53 ПДК, железо общее – 1.43 ПДК, кобальт – 1,08 ПДК.

В связи с наличием на территории Старооскольского района и г. Старый Оскол крупного металлургического производства наблюдается технологическое увеличение фона на больших территориях значительной группой тяжелых металлов, их накопление во всех компонентах природной среды. При этом высокая токсичность многих из них могут иметь серьезные последствия не только для природной среды, но и для людей и животного мира. Тяжелые металлы воздействуя на растения, нарушают функции ферментов, изменяют проницаемость клеточной мембраны, замещают важные структурные элементы в клетке, замедляют рост, процесс фотосинтеза, размножения и т.д. Концентрации тяжелых металлов в растениях, зафиксированные в нашем регионе, обязывают нас вести сельское хозяйство с их учетом.

Миграция тяжелых металлов в воздухе происходит в составе пыли, причем, скорость уменьшения концентрации химических элементов в пыли в 1,5 - 2,0 раза меньше скорости уменьшения выпадения самой пыли, т.е. с удалением от источников выброса происходит относительное обогащение пыли химическими элементами. Например: время вымывания марганца и стронция из атмосферы составляет 1,6 суток, а титана - 3,6 суток.

Как уже было отмечено, осуществление экологического мониторинга в Российской

Федерации входит в обязанности различных государственных служб. Это приводит к некоторой неопределенности (по крайней мере, для общественности) в отношении распределения обязанностей госслужб и доступности сведений об источниках воздействия, о состоянии окружающей среды и природных ресурсов. Ситуацию усугубляют периодические перестройки министерств и ведомств, их слияния и разделения. В системе официального экологического мониторинга задействованы мощные профессиональные силы. Нужен ли еще общественный экологический мониторинг? Есть ли для него место в общей системе мониторинга, существующей в Российской Федерации? Для того чтобы ответить на эти вопросы, рассмотрим уровни экологического мониторинга, принятые в России.



Мною были проведены исследования загрязнения почвы, воды и воздуха в городе Старый Оскол. Для проведения загрязнения почвы, воды и воздуха использовалась комплект-лаборатория «Пчёлка-У». Проба грунта бралась в микрорайоне «Макаренко». Отбор проб почвы производился ложечкой шпателем в полиэтиленовые мешки. Затем делались вытяжки почвенных образцов. С помощью тест – систем определялось содержание Cr, Fe общего, нитратов, активного хлора, pH.

	Cr Mг*см [^] (-3)	pH Mг*см [^] (-3)	Fe Mг*см [^] (-3)	Хромат	Нитрат
Замер	1-5	8-9	300-600	3-10	400-600

Методика проведения исследований загрязнения воды подразделяется на 2 этапа:

- методика проведения полевых исследований;
- обработка собранных данных на определение загрязнения воды.

Для проведения анализа загрязнения воды использовалось комплект-лаборатория «Пчёлка-У».

Отбор проб водопроводной воды производился в мерную пробирку. С помощью тест-систем определялось содержание железа, активного хлора, хрома, а так же pH.

	Fe общ.	Cl	Cr	pH
Замер №1	0,9	-	10	6
Замер №2	1,5	-	3 - 5	9

В ходе проведенного анализа было установлено, что концентрация железа в воде реки Оскол и в питьевой воде превышает ПДК в 3 – 5 раз. Концентрация хрома в реке в среднем в 2 раза больше чем в питьевой воде, уровень превышения ПДК в 20 и 10 раз соответственно. Кислотно-щелочная среда питьевой воды больше речной в 1,5 раза. Анализ показал, что железо в воде нашего района имеет повышенную концентрацию.

Для проведения анализа загрязнения атмосферного воздуха использовался комплект – лаборатория «Пчелка-У». С помощью насоса пробоотборника НП-3М производится отбор воздуха в микрорайоне Макаренко. Содержание CO₂, NO₂, SO₂ определяется с помощью индикаторных трубок, а содержание аммиака – с помощью тест-системы.

	CO ₂	NO ₂	SO ₂
Замер	4 Мг*см ⁽⁻³⁾	2 Мг*см ⁽⁻³⁾	10 Мг*см ⁽⁻³⁾

Наиболее эффективно, с нашей точки зрения, общественный экологический мониторинг может выполнять такие функции, как:

1. Создание альтернативного информационного канала; повышение оперативности экологического контроля и эффективности оповещения населения о происшествиях и чрезвычайных ситуациях.
2. Наблюдение за объектами, которые либо не включены в программы мониторинга государственных природоохранных служб, либо описываются недостаточно полно.
3. Привлечение внимания к проблемам, которые ранее не были обозначены (по разным причинам).
4. Развитие экологического образования и просвещения.

АКТУАЛЬНОСТЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ООО «ЮРМАШ»

Шарафутдинова А.С., студент, **Болотов И.Б.**, студент,
научный руководитель: Родзевич А.П., ст. преподаватель

Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета

Для изготовления новых видов конкурентоспособного оборудования выпускаемого Юргинским Машиностроительным Заводом, требуется сталь высокого качества. Было предложено внедрить в технологию получения сталь марки 18X2H4MA- select. Для этих целей в цехи №11 была проведена опытная плавка стали марки 18X2H4MA- select. В основном сталь применяют для ответственных деталей, к которым предъявляется требование

высокой прочности, вязкости и износостойкости, а также для деталей подвергающихся высоким вибрационным и динамическим нагрузкам. Эта сталь сейчас очень востребована на Юргинском машиностроительном заводе, так как активно применяется в изготовлении горно-шахтного оборудования.

Сталь выплавляли в электросталеплавильной печи ДСП12-И1, и агрегат «печь-ковш» АКП12-И1.



Рис. 1. ДСП12-И1 цеха №11

Задачей сталеплавильного процесса является выплавка из подготовленных по утвержденной технологии шихтовых материалов, выравнивание химического состава металла, окисление, удаление вредных примесей (серы, фосфора, газов и неметаллических включений), раскисление, доведение его химического состава до требуемого путем добавления соответствующих по технологии химических компонентов, и нагрева до требуемой по техническому процессу температуры.[1]

Плавка проводилась в соответствии с «Технологическими рекомендациями опытно-штатной плавки стали марки 18X2H4MA-select» ОАО НПО «ЦНИИТМАШ» г. Москва и составленными на их основе «Технологическими указаниями по выплавке стали 18X2H4MA - select» -ОГМет и цеха №11.

Заправка печи, проводилась по стандартной технологии. Перед началом плавки Аргон, расходуемый в процессе выплавки, был проверен на отсутствие влаги. Завалка, проводилась со следующими особенностями: порядок завалки материалов в печь должен был обеспечивать равномерное плавление, активный процесс шлакообразования, расплавление по углероду на величину внесения не менее 0,60%, сохранность рабочего пространства и подины печи,

При этом шихтовка на данную плавку производилась из расчета получения максимального химического состава основных легирующих элементов (Ni,Mo) из возвратной металлошихты, для обеспечения более низкой себестоимости продукции.

В завалку было введено 150кг окатышей (~10кг/т), 470кг извести (~30 кг/т), 200кг кокса в качестве науглераживателя. В конце плавления в печь вводили известь (~10-15кг/т), плавиковый шпат (~3-5кг/т) для образования жидкоподвижного шлака.

Процессом окислительного периода обеспечивалось кипение металла со следующими особенностями: Кипение подразделяется на собственно сам классический кип, при котором давались окислительные присадки в металл так и период чистого кипения, при котором происходит только продувка кислородом ванны печи.

После отбора пробы №1 и спуска части шлака самотеком в шлаковню, были скачаны скребком остатки шлака, до рантов по периметру откосов. Затем наводился новый шлак присадками извести и плавикового шпата, после чего приступили к окислению ванны присадками окатышей с контролем массовой доли углерода в ванне отбором проб по ходу кипения. Присадки окатышей проводились до пробы №3 (0,55% углерода), после чего был проведен период «чистого» кипа. Окисление углерода продолжалось до пробы №5 (0,11% углерода). За период «чистого» кипа окислено 0,44% углерода, что отвечает требованиям действующей технологической инструкции ТИ 406.25000.00096 по количеству выгоревшего углерода в «чистом» кипе не менее 0,20%.

Во время продувки металла кислородом на шлак присаживали углеродосодержащие материалы из расчета (~4-6 кг/т годного) для вспенивания шлака. За время окислительного периода было окислено 0,63% углерода со средней скоростью 0,42% углерода в час. По ходу окислительного периода периодически обновляли шлак. Массовая доля фосфора в стали

была снижена от 0,016% по расплавлению, до 0,003% в пробе №5. По окончании окислительного периода шлак был полностью удален скребком, до рантов по периметру откосов печи.

По ходу окислительного периода откорректированы массовые доли никеля и молибдена до рекомендуемых значений. В пробе №5 массовая доля никеля 4,19% молибден 0,28%. После продувки металла следующим этапом является раскисление, легирование, выпуск. После получения анализа из последней пробы из ДСП12-И1 производилась корректировка металла по углероду во время выпуска металла ДСП12-И1 на величину нижнего предела химического состава. Предварительное раскисление металла при выпуске в ковш было проведено присадкой на струю 30кг чушкового алюминия из расчета 2кг/т годного, для образования покровного шлака на струю присажено 150кг известь (~10кг/т), 15кг плавиковый шпата (~1кг/т).

В ходе доводки в агрегате печь-ковш было введено 247кг извести (~17кг/т), 134кг плавикового шпата (~8,5кг/т). Раскисление шлака велось порошком алюминия, с добавлением молотого ферросилиция. Массовая доля алюминия в стали по ходу доводки в пределах от 0,002 до 0,04%; была обеспечена присадками чушкового алюминия при выпуске полупродукта в ковш. Массовая доля алюминия в ковшевой пробе согласно анализу ЦЗЛ в АКП12-И1 составляла 0,03%.

За 5-7 минут до окончания доводки была отобрана проба металла «на водород». Массовая доля азота в ковшевой пробе - 0,002%. Параллельно с отбором пробы «на водород» была отобрана проба шлака: основность во время доводки металла достигла 6,6%. По решению представителя ОАО НПО «ЦНИИТМАШ» модифицирование стали порошковой проволокой с наполнителем «кальций» не проводилось.

Полученный химический состав в процессе изготовления соответствовал требованиям предъявляемые данной маркой стали 18X2H4MA- select [2]. Процесс разливки стали включал в себя технологический процесс согласно ТИ 406.25210.00107 со следующие особенности: защита струи металла от вторичного окисления применялось специальное приспособление для создания защитной среды инертным газом под ковшом и промежуточной воронкой, а так же наполнение изложниц инертным газом - аргоном.

По результатам опытной плавки данную технологию производства стали внедрили в технологический процесс. Получение данной высококачественной марки стали обеспечило производство ответственных деталей с высокой прочностью, износостойкостью, которые применяются для изготовления горно-шахтного оборудования и других изделий на Юргинском машиностроительном заводе.

Список литературы:

1. Воскобойников В.Г. Общая металлургия. Учебник для вузов/ Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. – 6-изд., перераб. и доп. – М.:ИКЦ Академкнига, 2005-768 с: 253ил.
2. ГОСТ 12503-75, Сталь. Методы ультразвукового контроля. Общие требования

ТОНКОЕ ГРОХОЧЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Булгаков В. П., студент 4 курса, гр. МТЭПО 09,
научный руководитель: Александров В.Ф., преподаватель
ОПК СТИ НИТУ «МИСиС»

В данной работе рассмотрены факторы, влияющие на выбор и основные технологические характеристики грохотов; представлены преимущества применения технологии тонкого грохочения в ряде отраслей горно-обогатительной промышленности.

Грохочение – процесс классификации частиц по их геометрическому размеру. Форма частиц и удельный вес материала, из которого они состоят, могут иметь определённое значение, но в гораздо большей степени разделение зависит от размера частиц.

Технический прогресс в конструктивных решениях современных грохотов, а также разработка износостойчивых, незабивающихся 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. Такие – сочетающие высокие производительность и эффективность разделения – типы грохотов являются предметом рассмотрения в данной работе.

Стационарные грохоты обычно дешевле за одно устройство. Однако они имеют значительно меньшую производительность, и поэтому для достижения приемлемой эффективности разделения требуется большее количество устройств, работающих параллельно, часто, в несколько стадий. При необходимости очень точного разделения с минимальными погрешностями используют грохоты с плоскокруговым движением решетки.

Тонкое грохочение применимо как к мокрым, так и сухим процессам разделения, но механизмы разделения при этом существенно отличаются. В мокром грохочении частицы подаются на грохот в пульпе – меньшие по размеру, чем размер ячейки сита, проходят сквозь него вместе с жидкостью, и процесс разделения заканчивается на относительно небольшой длине решетки. После того, как большая часть жидкости ушла, и до того, как будет добавлена дополнительная, обеспечивающая дальнейший отсев тонких частиц жидкость, грохот работает как обычный вибрационный конвейер. В большинстве случаев, требования к оборудованию могут быть определены, исходя из удельной производительности на ширину решетки.



Обезвоживающий грохот, питаемый батареей гидроциклонов



Обезвоживающий грохот с разрезением



Однодечный сухой грохот с двойным бункером подрешетного

Сухое грохочение в большой степени статистический процесс – по мере продвижения к концу сита частицы многократно сталкиваются с поверхностью решетки, катясь или скользя по ней. Для прохождения сквозь ячейку частица должна быть расположена точно напротив отверстия, что определяется вероятностными законами.

Грохоты сухого типа требуют определенной длины сита для обеспечения приемлемой эффективности разделения, и, то есть особо важным конструктивным параметром становится площадь решетки. Требования к оборудованию могут быть определены на основе удельной производительности на площадь решетки.

Ситовая характеристика одного или более продуктов является важной характеристикой для грохота при ряде технологических процессов. Однако не менее важна для оценки работы грохота эффективность разделения. С практической точки зрения,

эффективность грохочения аналогична понятию извлечения, тогда как ситовая характеристика продукта сходна с понятием класса.

Эффективность грохочения может пониматься как доля от части питания, правильно отсеянной грохотом. По заданному классу могут быть рассчитаны три показателя эффективности: питания, подрешетного и надрешетного. Надрешетная эффективность – это доля плюсового относительно размера разделения класса в питании, полученная в надрешетном. Аналогично, подрешетная эффективность – это доля минусового относительно размера разделения класса в питании, полученного в подрешетном. Общая эффективность – это общая доля частиц, правильно рассеянных относительно их количества в питании.

Для расчета эффективности по заданному размеру разделения необходимы следующие данные:

A – % плюсового класса в питании;

B – % минусового класса в питании ($100 - A$);

C – % плюсового класса в надрешетном;

D – % минусового класса в подрешетном.

Разделение по массе и значения эффективности рассчитываются следующим образом:

U – масса подрешетного (%),

$$U = 100 * (C - A) / (C + D - 100) \quad (1)$$

O – масса надрешетного (%),

$$O = 100 - U \quad (2)$$

E_U – подрешетная эффективность,

$$E_U = U * D / B \quad (3)$$

E_O – надрешетная эффективность,

$$E_O = O * C / A \quad (4)$$

E – общая эффективность,

$$E = (U * D + O * C) / 100 \quad (5)$$

Существует мнение, что тонкое грохочение в большей степени искусство, чем наука. В отличие от грубого грохочения, несмотря на огромное количество экспериментальных данных, разработка точной математической модели и/или справочных таблиц для тонкого грохочения были до сегодняшнего дня невозможными. Точные требования к грохоту для тонкого отсева, параметры работы, эффективности и т. д. могут быть наилучшим образом определены в результате полномасштабных испытательных грохочений представительных образцов питания. Производители грохотов, как правило, наиболее профессиональны в предоставлении рекомендаций по предварительному подбору типа грохота, а также подготовлены для проведения полномасштабных испытаний.

Факторы, влияющие на процесс сухого грохочения

На выбор грохота для процесса сухого грохочения оказывают влияние несколько факторов. Характеристики питания, дизайн и конструкция грохота, параметры эксплуатации, ряд других переменных, – все они должны быть учтены при выборе машины.

Влажность

Повышенный уровень влажности питания может оказать самое негативное влияние на эффективность сухого отсева. При тонком разделении даже 0,5-процентное изменение влажности может привести к забиванию сита и значительному уменьшению производительности. Это происходит из-за того, что тонкие частицы, имеющие высокое соотношение поверхности к объему, удерживают большее количество влаги, нежели более грубые. Наиболее тонкие частицы агломерируют друг с другом, либо с более грубыми частицами, что приводит к забиванию ячеек сита и, как следствие, к снижению живого сечения сита, препятствующего прохождению тонких частиц сквозь него. Таким образом, питание сухого грохота должно быть максимально сухим.

Угол естественного уклона

Тонкое сухое грохочение обычно производится с наклоном грохота на угол естественного уклона рассеиваемого материала либо на близкий к нему угол. Угол естественного уклона является одним из наиболее важных параметров при выборе наклоненного вибрационного грохота. Некоторые материалы грохотятся при углах, даже несколько больших угла естественного уклона, что обеспечивает перекачивание материала по поверхности решетки и обеспечение доступа к решетке тонким частицам.

Насыпная плотность и удельный вес

Другим важным фактором, влияющим на эффективность сухого грохочения, является насыпная плотность рассеиваемого материала. Более тяжелый проходит через сито быстрее легкого. Удельный вес частицы, или точнее, разница между удельным весом частицы и окружающего воздуха влияет на скорость падения частицы. Окружающий частицу воздух хотя и имеет меньший удельный вес, но также оказывает сопротивление движению.

Ситовая характеристика

Как и в мокром грохочении, ситовая характеристика материала питания и количество близких к размеру разделения частиц влияют на производительность и эффективность грохочения. При увеличении доли тонких частиц в материале питания, для достижения тонким классом поверхности решетки становится необходима большая удельная площадь сита. Грубые близкие к классу разделения частицы имеют тенденцию концентрироваться у поверхности сита и препятствовать прохождению более тонких частиц сквозь решетку. Тонкие близкие к классу разделения частицы проходят ячейки сита медленнее более тонких частиц, обуславливая потребность в большей поверхности сита.

Форма частиц

В некоторых случаях существенную роль играет форма частиц. Например, некоторые месторождения силикатного песка содержат частицы достаточно круглой формы. Если диаметр значительной части питания близок к размеру разделения, производительность грохота и его эффективность может снизиться, если к строению полотна сита не применить особый подход. Определенные проблемы могут возникнуть с плоскими частицами слюды или природного графита. Обычно эти трудности могут быть решены комбинацией особого дизайна ситовой панели и изменением угла ее наклона.

Критерии выбора конструкции грохота

Для определения предварительных требований к оборудованию, рабочим условиям и оценочных характеристик работы грохота необходим целый ряд данных. Так, для тонкого мокрого грохочения необходима следующая информация:

1. Общий массовый расход питания на грохот по твердому (т/час), включая циркуляционную нагрузку
2. Удельный вес сухого твердого
3. Плотность пульпы питания
4. Предполагаемый минимум и максимум по расходу питания и его плотности
5. Ситовая характеристика питания
6. Размер разделения
7. Требуемые спецификации продуктов, включая все ограничения на плотность пульпы до и после грохота
8. Все требования по компоновке машины, ограничения на ее габариты, включая высоту помещения монтажа

Для тонкого сухого грохочения необходимы следующие данные:

1. Общий массовый расход питания на грохот по твердому (т/час), включая циркуляционную нагрузку
2. Насыпная плотность
3. Содержание влаги в питании
4. Угол естественного уклона
5. Размер разделения и спецификации продуктов
6. Температура разделяемого материала

7. Диапазон изменения температуры окружающей среды

8. Все требования по компоновке машины, ограничения на ее габариты, включая высоту помещения монтажа

В дополнение к вышеприведенной информации полезно представить технологическую схему для лучшего понимания того, как будет использоваться грохот.

Выводы

Технический прогресс в конструктивных решениях современных грохотов, а также разработка износостойчивых, незабивающихся тонких, вплоть до 100 мкм (140 меш) ПУ сеток сделали применение тонкого грохочения в технологических схемах обогатительных фабрик экономически целесообразным. Эти преимущества истинного разделения материала по геометрическому размеру достигаются на высокопроизводительных грохотах, оборудованных незабивающимися пориуритановыми панелями с длительным сроком службы.

Список литературы:

1. Дробильно-измельчительное, классифицирующее и обогатительное оборудование. Справочник-каталог.— Институт "Механобр", Санкт-Петербург, 1994 г.

2. Разумов К. А., Проектирование обогатительных фабрик, 3 изд., М., 1970.-518с.

3. Эйгелес М. А., Обогащение неметаллических полезных ископаемых, М., 1952.

4. Полькин С. И., Обогащение руд, М., 1953.

5. Павленко Н. И. История металлургии в России XVIII века. Заводы и заводладельцы. М.: Издательство АН СССР, 1962.

6. Татарченко Дм. М. Металлургия чугуна, железа и стали в общедоступном изложении 3-е изд., ГТТИ, 1932.

ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ГАЗА В ФУРМЕННОМ ПОЯСЕ НА ОБРАЗОВАНИЕ НАСТЫЛЕЙ В ШАХТНОЙ ПЕЧИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ

Зильберберг Ю.Л., аспирант,
Холтобина И.Н., студентка 4 курса
СТИ НИТУ «МИСУС»

В нашем регионе имеются шахтные печи прямого восстановления железа «MIDREX», которые установлены на Оскольском электрометаллургическом комбинате и ОАО «ЛГОК».

Настыль представляет собой нарост, в форме бугра, образовавшийся на поверхности огнеупорной кладки шахтной печи возникающий в результате отклонений от нормы в процессе работы печи[1].

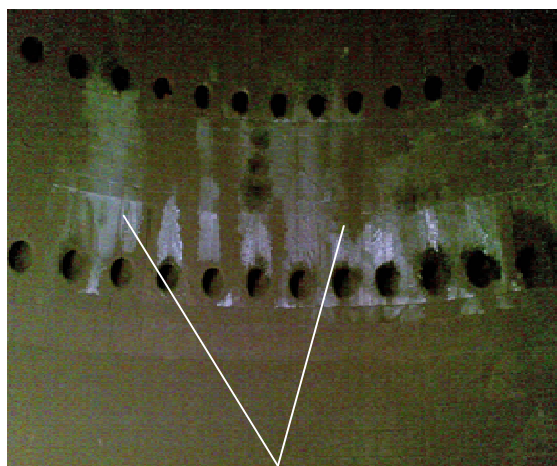
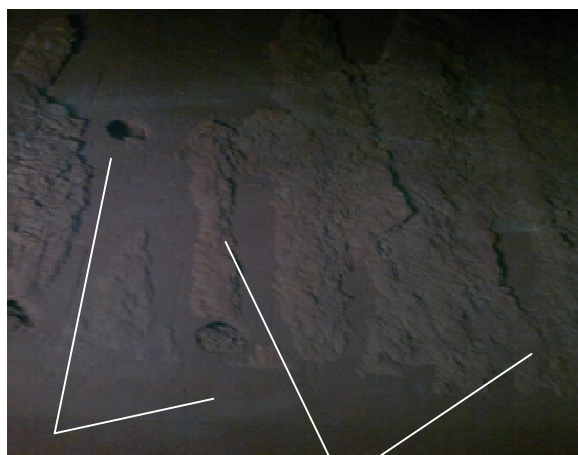
Производительность шахтных печей металлургии зависит главным образом от температуры подаваемого восстановительного газа, поэтому стремятся работать при максимально возможной температуре, которая ограничивается температурой образования спёков[2].

Настыли, образовавшиеся в зоне фурменного пояса шахтной печи состоят из частиц самых разных размеров, встречаются и целые мелкие окатыши.

Основными факторами, определяющими процесс спекания гранул, являются: температура, механическая нагрузка на гранулу, пористость, состав пустой породы, размер окатышей, газодинамика восстановительного газа.

В печи металлургии «MIDREX» настыли, образуются непосредственно в районе фурм, при этом закрывая часть из них полностью и ухудшая газораспределение по сечению печи металлургии. При неравномерном распределении газа по шихте в печи металлургии процесс восстановления железа несколько осложняется.

На толщину и размер настывлей в печи «MIDREX» влияет температура восстановительного газа, истираемость окатышей, химический состав окатышей и прочность окатышей на сжатие.



Настыли, образующиеся в печи металлизации «MIDREX»

а) настывли, образованные в районе фурм б) футеровка в фурменном поясе, очищенная от настывлей

Результаты исследования по определению забивки фурм восстановительной зоны печи настывлями представлены на рис.2. Было выявлено, что всего забитыми оказались 64 фурмы, что составляет 44% от общего количества фурм. В верхнем фурменном поясе оказались забитыми 21 фурма - 29% от общего количества фурм, а в нижнем 43 (60%) фурмы. Число забитых фурм с левой стороны печи оказалось равным 38 (51%), с правой стороны – 26 (35%). В верхнем фурменном поясе наибольшее число забитых фурм оказалось на противоположной стороне от ввода восстановительного газа, всего оказались забитыми 18 фурм. В нижнем фурменном поясе больше всего оказались забиты фурмы с левой стороны от ввода восстановительного газа – 25 фурм (рис. 2).

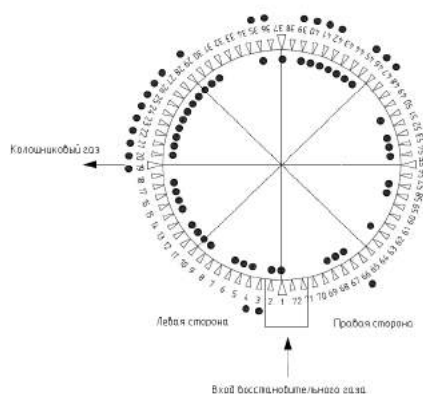
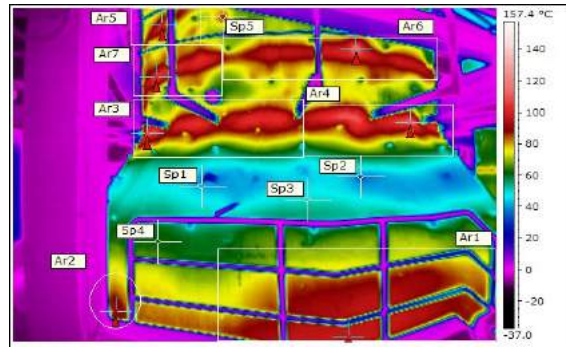
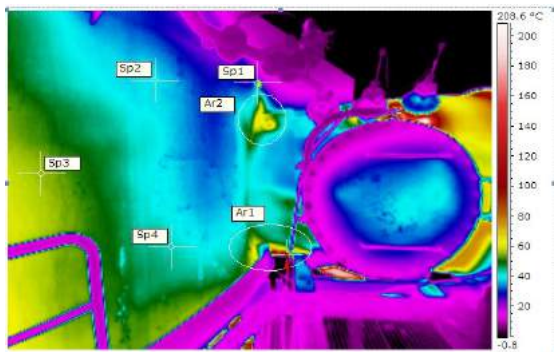


Рис. 2.Схема забивки фурм шахтной печи

● – номер забитой фурмы (внутри круга нижний фурменный пояс,снаружи – верхний)

Для определения распределения температуры нагрева футеровки по фурменному поясу шахтной печи с помощью тепловизора FLIR T425 (с температурной чувствительностью 50 мК, инфракрасным разрешением 320 x 240 пикселей, спектральным диапазоном 7,5-13 мкм, диапазоном температур от -20 до +1200°Сс погрешностью ±2 °С)было проведено обследование.



Sp1 Температура	61.4 °C	Sp1 Температура	41.6 °C
Sp2 Температура	39.2 °C	Sp2 Температура	31.3 °C
Sp3 Температура	55.5 °C	Sp3 Температура	49.9 °C
Sp4 Температура	42.7 °C	Sp4 Температура	62.0 °C
Ar1 Максимальная температура	147.9 °C	Sp5 Температура	86.1 °C
Ar2 Максимальная температура	68.6 °C	Ar1 Максимальная температура	97.0 °C
		Ar2 Максимальная температура	92.3 °C
		Ar3 Максимальная температура	110.0 °C
		Ar4 Максимальная температура	112.3 °C
		Ar5 Максимальная температура	99.2 °C
		Ar6 Максимальная температура	114.9 °C
		Ar7 Максимальная температура	105.0 °C
Слева от входа восстановительного газа		С противоположной стороны от входа восстановительного газа	

Из анализа проведенного телевизионного обследования видно, что температура футеровки различна по длине фурменного пояса. Температура футеровки после ввода восстановительного газа составляет 107 °C, на середине обеих сторон фурменного пояса температура футеровки начинает падать и наименьшая температура футеровки фурменного пояса восстановительного оказалась на противоположной стороне от входа газа в фурменный пояс - 92°C, это связано с потерями давления и скорости восстановительного газа по длине фурменного пояса. Наименьшая температура футеровки по высоте фурменного пояса оказалась с левой стороны от входа газа в районе нижнего фурменного пояса в пределах 46 – 61°C (рис. 3) это вызвано тем, что нижний фурменный пояс находится ниже основания ввода восстановительного газа из-за этого большая часть восстановительного газа попадает в верхний фурменный пояс. Было выявлено, что по мере движения восстановительного газа по фурменному поясу его температура уменьшается (рис.4).

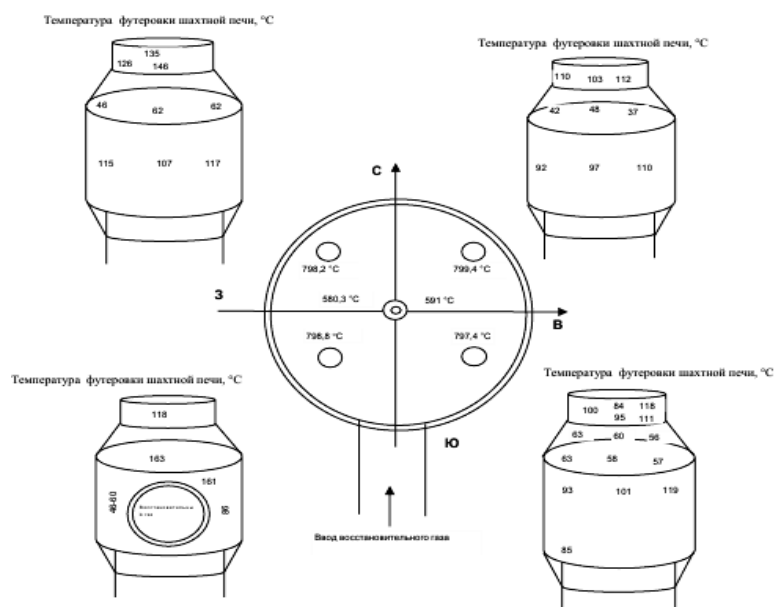


Рис.4. Температур футеровки по фурменному поясу

Забивка фурм настылями связано с потерями температуры и скорости восстановительного газа в шахтной печи. Наибольшее число забитых настылями фурм оказалось в местах с наименьшей температурой восстановительного газа.

В печи «MIDREX» настыли образуются непосредственно в районе фурм, при этом закрывая часть из них полностью и ухудшая газораспределение по сечению печи металлизации. Больше всего забитых фурм оказалось в нижнем фурменном поясе, что связано с его конструкцией (пояс расположен ниже системы подачи восстановительного газа). Также большое количество фурм забито с левой стороны от ввода восстановительного газа, что показывает, что при вводе восстановительный газ в фурменном поясе большая его часть направляется в правую сторону.

Список литературы:

1. Тимофеева А.С., Никитченко Т.В., Крахт Л.Н. Образование настылей в шахтной печи металлизации в зависимости от качества офлюсованных окатышей// *Металлург* -№ 11 ноябрь 2011 г.,с.38-41
2. Тимофеева А.С., Чичварин А.В., Л.Н. Крахт. Исследование механизма образования настылей в восстановительной зоне печи металлизации/ Белгородская область: прошлое, настоящее и будущее. Материалы областной научно-практической конференции, часть 3,- Белгород,2011.-с. 231-234.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ КОЛОСНИКА ПОСЛЕ ЛИТЬЯ

Д.И. Иванов, аспирант,
научный руководитель: доц., к.т.н. В.И. Стадничук
СТИ НИТУ «МИСиС»

Были проведены металлографические исследования колосника после литья поступившего с завода ЗАО «КМАрудоремонт». Был подготовлен травлёный шлиф размерами 40x40 мм. Исследование состоит из двух частей: макроанализ и микроанализ.

Макроанализ показал, что во всём сечении колосника присутствует усадочная пористость (рисунок 1).

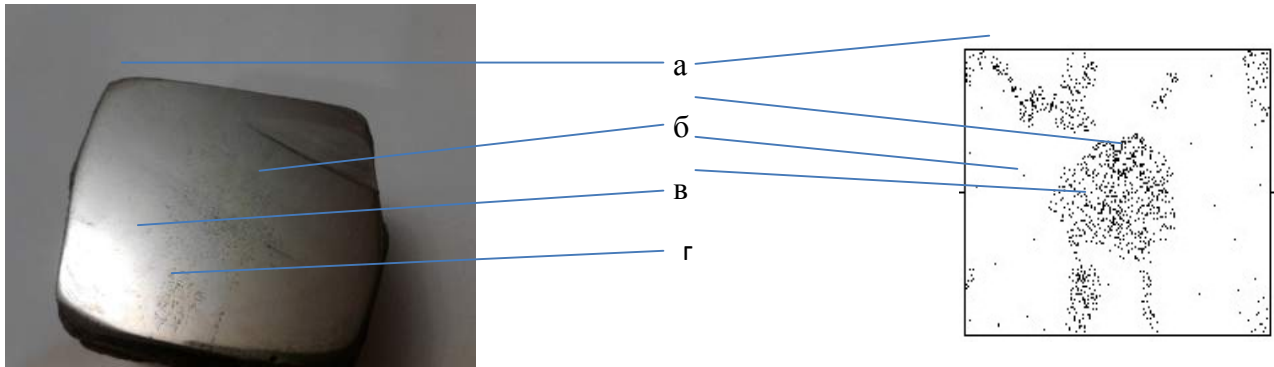


Рисунок 1 - Усадочная пористость, представленная на фото (слева) и схематично (справа).
Буквами а, б, в, г на шлифе указаны исследованные микроанализом зоны

Причиной возникновения усадочной пористости является перегрев стали перед разливкой в формы.

Микроанализ зоны а (рисунок 1) показал, что карбиды с края шлифа (2 мм от края) измельчены, но присутствует обильная усадочная пористость, по границам которой не обильно присутствуют неметаллические включения и мелкие карбиды (рисунок 2).



Рисунок 2 - Микроструктура края шлифа (2мм от края), увеличение x150

Микроанализ зоны б или центра шлифа показал, что карбиды укрупнились, присутствуют зоны обильно насыщенные неметаллическими включениями и карбидами (рисунок 3), усадочная пористость имеет максимальную степень распространения (рисунок 4).

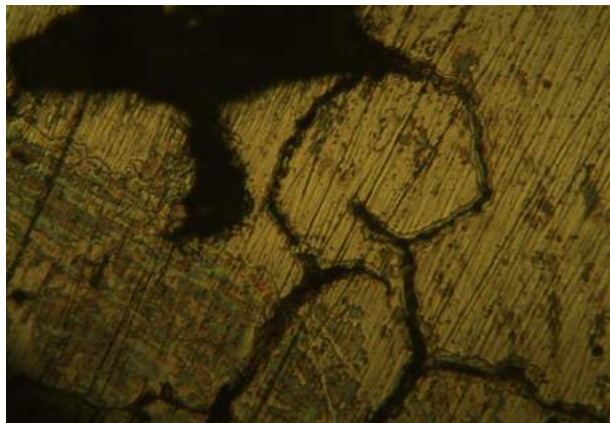


Рисунок 3 - Микроструктура центра шлифа, обильные неметаллические включения вместе с крупными карбидами, увеличение x150.

Также, по границам трещин, распространившихся от усадочной поры, видны неметаллические включения и карбиды, что говорит о литейном происхождении дефекта.

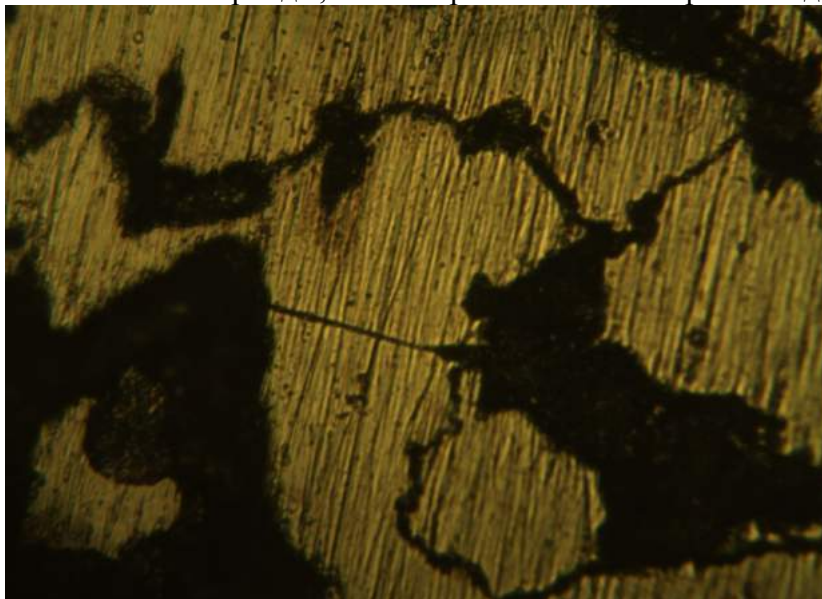


Рисунок 4 - Микроструктура центра шлифа, большое количество усадочных пор, увеличение x150.

Причиной возникновения зон обильно насыщенных неметаллами и карбидами (рисунок 3) является очень низкая скорость теплоотвода из центра детали. Сама сталь 40X24H12СЛ имеет низкую теплопроводность, что вызывает укрупнение карбидов от края к центру, но теплопроводность была еще больше снижена обильным количеством усадочных пор в центре (рисунок 4).

Микроанализ зоны в (рисунок 1) или 10 мм от края шлифа показал, что на шлифе есть зоны ненасыщенные неметаллами, в которых отсутствует усадочная пористость, а карбиды мелкие (рисунок 5).

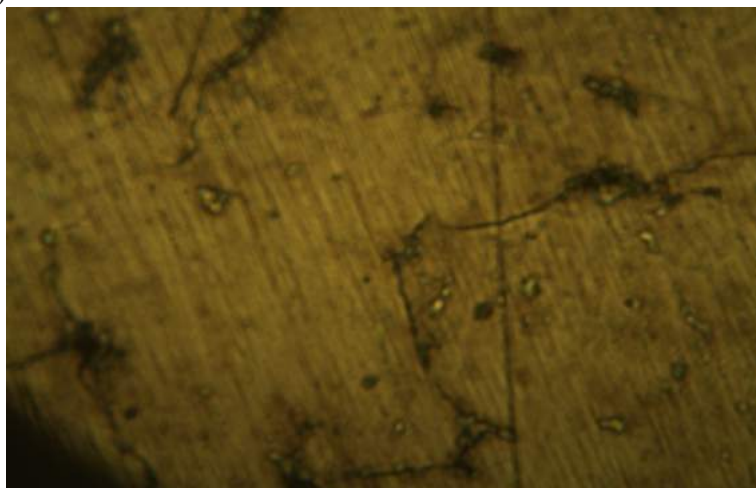


Рисунок 5 - Микроструктура 10 мм от края шлифа, отсутствуют неметаллы, мелкие карбиды, очень низкая степень распространения усадочной пористости, увеличение x150

Причиной хороших результатов в этой зоне является высокая скорость отвода тепла, карбиды не успели выделиться и укрупниться, а неметаллы отсутствуют вследствие отсутствия пор.

Микроанализ зоны г (рисунок 1) показал, что присутствует усадочная пористость, меньшей степени распространения, чем в центре (зона б, рисунок 1). Карбиды мелкие и редкие, отсутствуют неметаллические включения (рисунок б).

Причиной отсутствия в зоне пористости гучастков, обильно насыщенных неметаллами и карбидами как в зоне б (рисунок 3), является обильный отвод тепла, т.к. эта точка ближе к краю шлифа.

Причиной возникновения зон обильно насыщенных неметаллами и карбидами (рисунок 3, а) является очень низкая скорость теплоотвода из центра детали. Сама сталь 40Х24Н12СЛ имеет низкую теплопроводность, что вызывает укрупнение карбидов от края к центру, но теплопроводность была еще больше снижена обильным количеством усадочных пор в центре (рисунок 3, б).

Причиной хороших результатов в зоне в (рисунок 4) является высокая скорость отвода тепла, карбиды не успели выделиться и укрупниться, а неметаллы отсутствуют вследствие отсутствия пор.

Причиной отсутствия в зоне пористости г участков, насыщенных неметаллами и карбидами как в зоне б (рисунок 5), является обильный отвод тепла, т.к. эта точка ближе к краю шлифа.

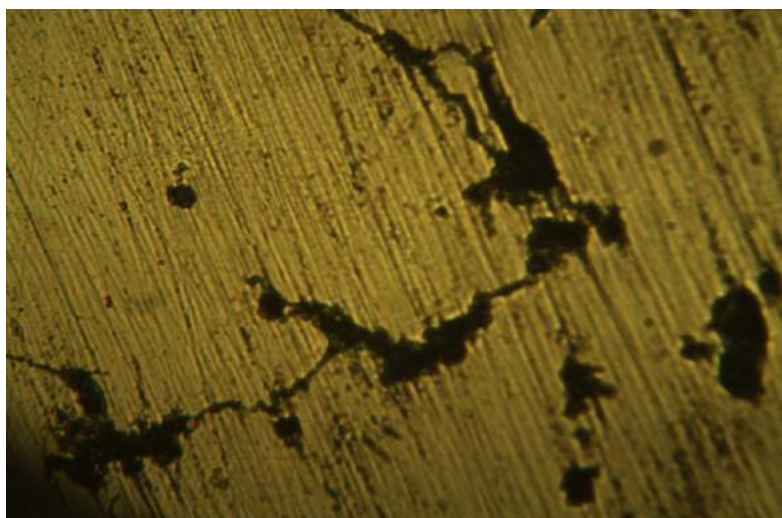


Рисунок 6 - Микроструктура 5 мм от края шлифа, отсутствуют неметаллы, мелкие карбиды, высокая степень распространения усадочной пористости, увеличение x150.

НИКЕЛИРОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Ивахнюк С. В., студент,

научный руководитель: Родзевич А. П., ст. преподаватель

Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета

Никелирование – обработка поверхности изделий путем нанесения на них никелевого покрытия [1]. Толщина наносимого покрытия обычно составляет от 1 до 50 микрон. Как правило, никелированием обрабатывают металлические изделия, изготовленные из стали либо других металлов и сплавов, в частности: меди, цинка, алюминия, реже марганца, титана, вольфрама или молибдена. Кроме того, существуют методы никелирования неметаллических поверхностей — полимерных, керамических, стеклянных и т. д. Изделия никелируют с целью защиты или придания характерного внешнего вида обработанной поверхности. Никелирование защищает изделия от коррозии в атмосфере, растворах щелочей и солей, а также слабых органических кислот. Никелирование деталей обычно применяется в приборостроении, машиностроении, а так же в различных отраслях. Детали покрывают никелем из стали и цветных металлов. Никель в пищевой промышленности заменяет оловянные покрытия. В оптической промышленности он распространился благодаря процессу чёрного никелирования.

Наибольшее распространение получили электролитическое (гальваническое) и химическое никелирование [2]. Химическое никелирование, основано на восстановлении никеля из водных растворов с помощью химического восстановителя. Основным недостатком химического никелирования является не слишком крепкое сцепление никелевой



Рис. 1. Никелирование латуни

пленки с основным металлом, а так же самопроизвольное осаждение никеля в виде черных точек, наличие непокрытых мест на деталях сложной конфигурации из-за образования газовых пузырей и неравномерного омывания деталей раствором, снижение кислотности раствора, что приводит к растрескиванию. Покрытие становится хрупким. Увеличение кислотности раствора приводит к тому, что покрытие становится грубым и шероховатым. Гальваническое никелирование – это металлические пленочки толщиной от долей микрометров до десятых долей миллиметра, наносимые на поверхность металлических и других изделий методом гальваностегии.

Никелевые гальванические покрытия отличаются красивым внешним видом, стойкостью к атмосферным воздействиям, легкостью нанесения на металлические изделия, обладает высокой коррозионной стойкостью, большой твердостью и износостойкостью. Поэтому в своей исследовательской работе я выбрала электролитическое никелирование.

Для никелирования применяют сульфатные, хлоридные, сульфатные, борфторидные и др. электролиты [3, 4]. Особенно получили наибольшее распространение сернокислые электролиты. Такие электролиты устойчивы в работе, а так же могут использоваться несколько лет без замены.

Нами была проведена исследовательская работа по нанесению никеля на различные поверхности. В качестве метода нанесения покрытий был выбран классический метод, в котором использовались в качестве электролита сернокислый электролит. Для приготовления сернокислого электролита никелирования растворили в отдельных емкостях в горячей воде все компоненты. После отстаивания растворы фильтровали в рабочую ванну. Растворы перемешивали и проверяли рН электролита. Затем электролит доводили водой до требуемого объема. Сернокислый натрий и сернокислый магний вводили в электролит для повышения электропроводности раствора. Проводимость растворов натрия выше, но в присутствии сернокислого магния получают более светлые, мягкие и легко полируемые осадки. Осуществили предварительную подготовку детали, после чего деталь помещалась в экспериментальную установку. Электролитическая ячейка состоит из источника тока, анода, катода, электролита и гальванической ванны. Само изделие является катодом, анод – никелевая пластина. Такие аноды помогают равномерно растворить никель. В процессе работы подбирали режимы установки, при которых получалось наиболее качественное покрытие.

На этом наша работа не закончена. Дальнейшие наши исследования будут направлены на получения равномерного и прочного покрытия.

Список литературы

1. Краткий справочник гальванотехника / А.М. Ямпольский, В.А. Ильин – Л.: Машиностроение, 1981. – 269 с.
2. Современная технология никелирования / А. М. Ямпольский, – Л., 1950 – 467 с.
3. Физико-химические основы процесса химического никелирования / К. М. Горбунова, А. А. Никифорова – М., 1960 – 215 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ ФАКЕЛА И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА ОБЖИГА ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ

Казарцев В.О., аспирант,
научный руководитель: Харламов Д.А., к.т.н., доц.
СТИ НИТУ «МИСиС»

Прикладные вопросы теории горения [4] связаны с определением пространства, необходимого для завершения процесса факельного сжигания топлива в печи [3]. Для этого важно знать длину факела (L_{ϕ} , м), определяющую полноту сгорания топлива, размеры технологической зоны обжига материала в печи и интенсивность теплоотдачи [2] в системе факел-футеровка-обжигаемый материал (известняк).

Диффузионный факел образуется при отдельной подаче природного газа в печь через горелку и нагретого воздуха из холодильника [2] агрегата так, что горение зависит от условий [1] их смешения, давления подачи газа и коэффициента расхода воздуха [3]. Исследование процессов диффузионного горения и теплоотдачи факела [1] осуществляли методами математического моделирования на основе модели, состоящей из систем уравнений переноса вещества, количества движения и энергии, что позволяет программе, реализующей на ЭВМ математическую модель тепловой работы вращающейся обжиговой печи, осуществлять постановку численного эксперимента и достаточно полно учитывать реальные условия при решении инженерных задач.

В данной работе использовали математическую модель тепловой работы вращающейся печи обжига известняка для расчёта параметров топливного факела без учёта теплообмена с футеровкой печи с оценкой радиационной теплоотдачи в зону обжига известняка [2]. Согласно экспериментальным данным [1], длина факела газовой горелки главным образом зависит от выходного диаметра (d_{Γ} , м) горелки, внутреннего диаметра печи ($D_{в.п.}$, м), действительного расхода воздуха на горение ($V_{в}^{\partial}$, кг/с), расхода топлива на горение (B_{Γ} , м³/с) и других факторов:

$$L_{\phi} = \begin{cases} \varphi_{\phi} \cdot D_{в.п.} \cdot \left[\left(\frac{d_{\Gamma}}{D_{в.п.}} \right) \cdot \left(\frac{V_{в}^{\partial}}{B_{\Gamma}} \right) \right]^{1,5} \\ \text{при } V_{в}^{\partial} = V_{в.в.} - \Delta V_{в(асп)} + \Delta V_{в(подс)}, \end{cases} \quad (1)$$

где φ_{ϕ} - коэффициент пропорциональности, определяемый опытным путём; $V_{в.в.}$, $\Delta V_{в(асп)}$, $\Delta V_{в(подс)}$ - расход вентиляторного воздуха, потери воздуха в системе аспирации и подсоса воздуха в головке печи, м³/с; $D_{в.п.} = D_{к} - 2(d_{\phi} + \delta_{\Gamma.с.})$, где $D_{к}$ - диаметр корпуса печи, м; d_{ϕ} и $\delta_{\Gamma.с.}$ - толщина футеровки и гарнисажного слоя (обмазки) печи, м.

Длина факела (L_{ϕ} , м) определяет размеры зоны обжига известняка в печи [4], локальную теплонапряжённость футеровки и условия образования обмазки на ней, что фиксируется, например, температурой корпуса агрегата (рис. 1), измеряемая тепловизором или оптическим пирометром.

Из анализа приведённых данных (рис. 1) характерным является заметное снижение температуры корпуса ($t_{к}$, °С) до 18-25 м расстояния от торца горелки, что вызвано непосредственным влиянием теплового излучения факела. Полагая, что точка падения температуры (рис.1, точка 3) есть конечная длина факела, определяли значение $\varphi_{\phi} = f(D_{в.п.}, B_{\Gamma}, V_{в}^{\partial})$ в виде корреляционной зависимости:

$$\varphi_{\phi} = 34,6 - 9,69 \cdot D_{в.п.} - 0,0022 \cdot B_{\Gamma} + 0,033 \cdot V_{в}^{\partial}, R^2 = 0,95; \quad (2)$$

Таким образом, осуществляя периодическое температурное сканирование корпуса печи (рис. 1) находим фактическую длину факела и по данным параметрам, приведённым в выражении (1), производим периодическую корректировку величины $\varphi_{\text{ф}}$ для фиксирования текущей $L_{\text{ф}}$ и длины зоны обжига в печи.

При обеспечении оптимальных характеристик факела (длины, температуры, теплоотдачи и др.) с учётом соблюдения требуемой температуры обжигаемого материала в зоне обжига печи ($T_{\text{о.м.}}$, °С) устраняется локальный перегрев (износ) футеровки печи, достигается максимальная светимость факела ($\varepsilon_{\text{ф}} \rightarrow 1$) и равномерный нагрев известняка [3], повышается производительность агрегата [4], снижается удельный расход тепла [1] и улучшаются показатели качества извести.

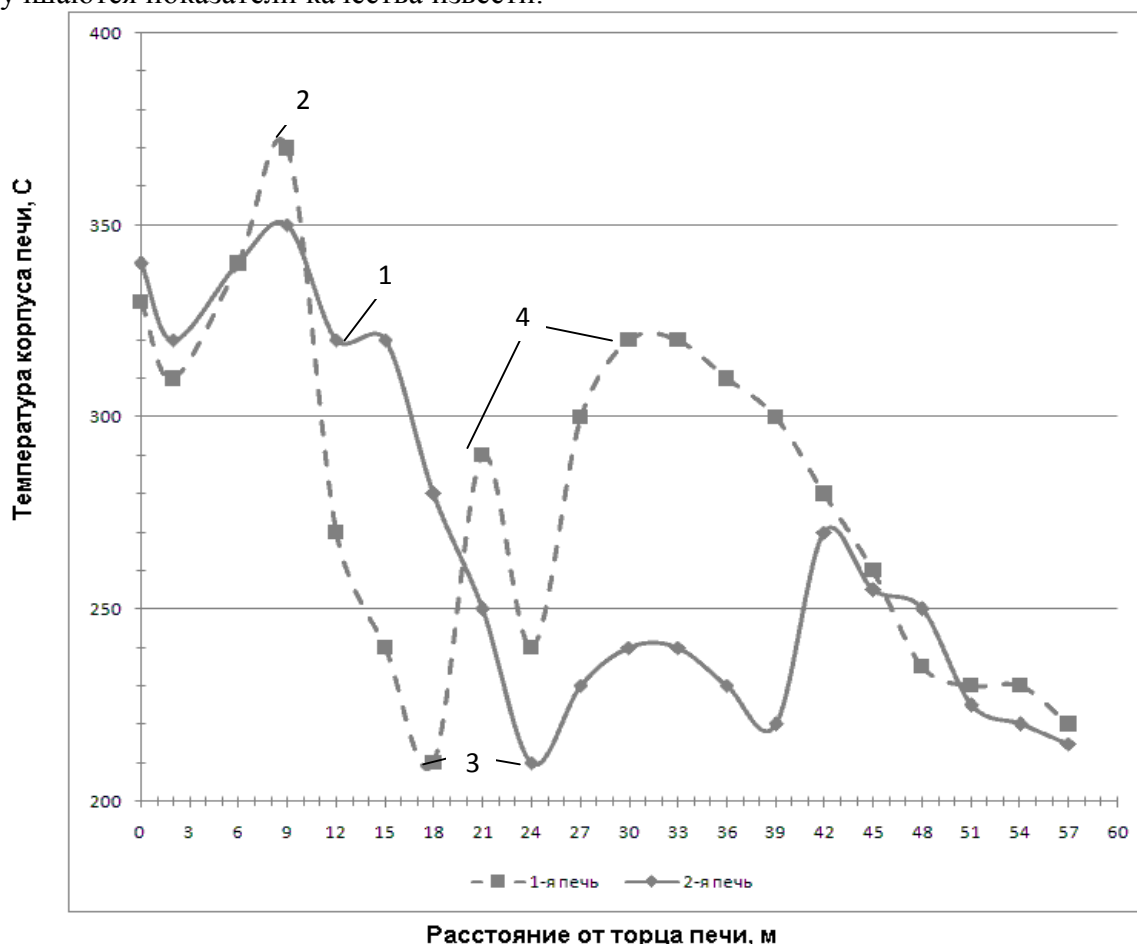


Рисунок 1 - Характер изменения температуры корпуса печи в условиях ЦОИ ОАО “ОЭМК” (кривая 1- для стабильно работающей печи после ремонта. 2- кривая изменения температуры печи с изношенной футеровкой до ремонта; 3-низшие точки температуры корпуса печи, указывающие на окончание факела; 4-точки, указывающие на износ и сколы в футеровке печей).

Для определения температуры поверхности обжигаемого материала ($T_{\text{о.м.}}$, °С) под факелом печи использовали выражения, позволяющие найти среднюю действительную (эффективную) температуру ($T_{\text{ф.}}$, °С) газового потока, контактирующего с поверхностью движущегося слоя известняка в зоне обжига:

$$T_{\text{Эф}} = \left((\eta_{\text{к.п.д}} \cdot T_{\text{к.ф}}^2 + T_{\text{М}}^2) \cdot (T_{\text{Ух}}^2 - T_{\text{М}}^2) \right)^{0,25}, \quad (3)$$

где $\eta_{\text{кпд}}$ - тепловой коэффициент полезного действия печи; $T_{\text{ух}}$ - температура уходящих газов; $T_{\text{м}}$ – температура извести на выходе из печи; калориметрическая температура ($T_{\text{к.ф}}$, °С) горения топлива в факеле при этом равна: $T_{\text{к.ф}} = (Q_{\text{Т}} + q_{\text{ф}}^e) / (V_{\text{с.г}} \cdot C_0^t)$, где $V_{\text{с.г.}}$ - количество

сухих продуктов сгорания, определяется расчетом горения [6,9], C'_o - средняя теплоёмкость продуктов сгорания, кДж/(м³·°С); $q_\phi^e = V_{в.в.} \cdot t_\phi \cdot C'_e$, где q_ϕ^e - тепло воздуха, идущего на горение; t_ϕ - температура воздуха °С; C'_e - теплоёмкость нагретого воздуха, кДж/(м³·°С).

При установившихся условиях тепловой работы вращающейся печи [2] в зоне контакта газообразной среды факела с поверхностью материала (известняка) с большой вероятностью можно принять, что значение температур $T_{о.м.}$ и $T_{эф.}$ примерно равны. В следствие чего, представляется возможным, задавшись требуемой температурой ($T_{о.м.} \leq T_{эф.}$), можно определить текущий результирующий тепловой поток [9] в печи по выражению:

$$Q_\phi = Q_T + \varepsilon_{np} \cdot \sigma \cdot \left(\frac{\varepsilon_\phi (T_{к.ф} + 273)^4}{a_\phi} - (T_{о.м.} + 273)^4 \right) \cdot \frac{F_{у.ф}}{1000}, \quad (4)$$

где Q_T - низшая теплота сгорания топлива кДж/кг; $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ - постоянная Стефана-Больцмана, Вт/(м²·К⁴); $F_{у.ф} = 2\pi \cdot R_\phi \cdot d_r$ - расчётная поверхность участка факела, м²; R_ϕ - радиус турбулентной струи, м; ε_ϕ - степень черноты факела.

Поглощательная способность (a_ϕ) факела и приведённая степень черноты (ε_{np}) равны:

$$a_\phi = 1 - e^{-K_z \cdot \delta_{i.c}}, \quad (5)$$

$$\varepsilon_{np} = \frac{1}{\left(\frac{1}{a_\phi} + \frac{1}{\varepsilon_{ст}} - 1 \right)} \cdot \frac{F_{у.ф}}{F_n}, \quad (6)$$

где K_z - коэффициент поглощения при температуре стенки, 1/м; $\delta_{i.c} = 1,8R_\phi$ - эффективная толщина излучающего слоя, м; $\varepsilon_{ст}$ - степень черноты внутренней поверхности стенки печи с поверхностью F_n , м².

С учётом вышеизложенного и приведённых выражений (4) - (6) алгоритм расчёта величины Q_ϕ в обобщённом виде имеет вид:

$$Q_\phi = \begin{cases} Q_T + \varepsilon_{np} \cdot \sigma \cdot \left(\frac{\varepsilon_\phi (T_{к.ф} + 273)^4}{a_\phi} - (T_{о.м.} + 273)^4 \right) \cdot \frac{F_{у.ф}}{1000}; \\ a_\phi = 1 - e^{-K_z \cdot \delta_{i.c}}; \quad \varepsilon_{np} = \frac{1}{\left(\frac{1}{a_\phi} + \frac{1}{\varepsilon_{ст}} - 1 \right)} \cdot \frac{F_{у.ф}}{F_n}; \\ T_{к.ф} = (Q_T + q_\phi^e) / (V_{сз} \cdot C'_0); \quad q_\phi^e = V_{в.в.} \cdot t_\phi \cdot C'_e. \end{cases} \quad (7)$$

Результаты расчётов по установлению характера влияния различных теплотехнических факторов работы вращающихся печей в условиях ЦОИ ОАО "ОЭМК" на результирующий тепловой поток приведены на рис.2. Из этих данных следует, что существенное влияние на теплоотдачу факела [4] оказывают коэффициент расхода воздуха (α_B), температура нагрева воздуха (T_B , °С), степень черноты стенки ($\varepsilon_{ст}$) и Q_T - низшая теплота сгорания и другие факторы. Более существенно на Q_ϕ влияют T_B (рис. 2, д) и $\varepsilon_{ст}$ (рис. 2, а), а толщина футеровки при этом (рис. 2, в) влияет незначительно.

При установившемся тепловом режиме работы печи [2] задаваясь оптимальной температурой обжигаемого материала ($1100^\circ\text{C} < T_{о.м.} < 1200^\circ\text{C}$), которая обеспечивает хорошие показатели [1] качества извести ($\text{CaO} \cong 92 \div 94\%$ и др.) при требуемых значениях длины факела (1), (рис.1) и его температуры, не влияющей на перегрев футеровки, производится расчёт (рис.3) величины Q_ϕ (4) с корректировкой этого параметра по алгоритму программы путем изменения значений расхода топлива (V_T), коэффициента расхода воздуха ($\alpha_B \approx 1,0$) и температуры его нагрева ($T_B \rightarrow \text{max}$), а также изменением (1) скоростных и

излучательных (5 и 6) характеристик факела с учетом показателей (рис. 1) других теплотехнологических параметров работы печи.

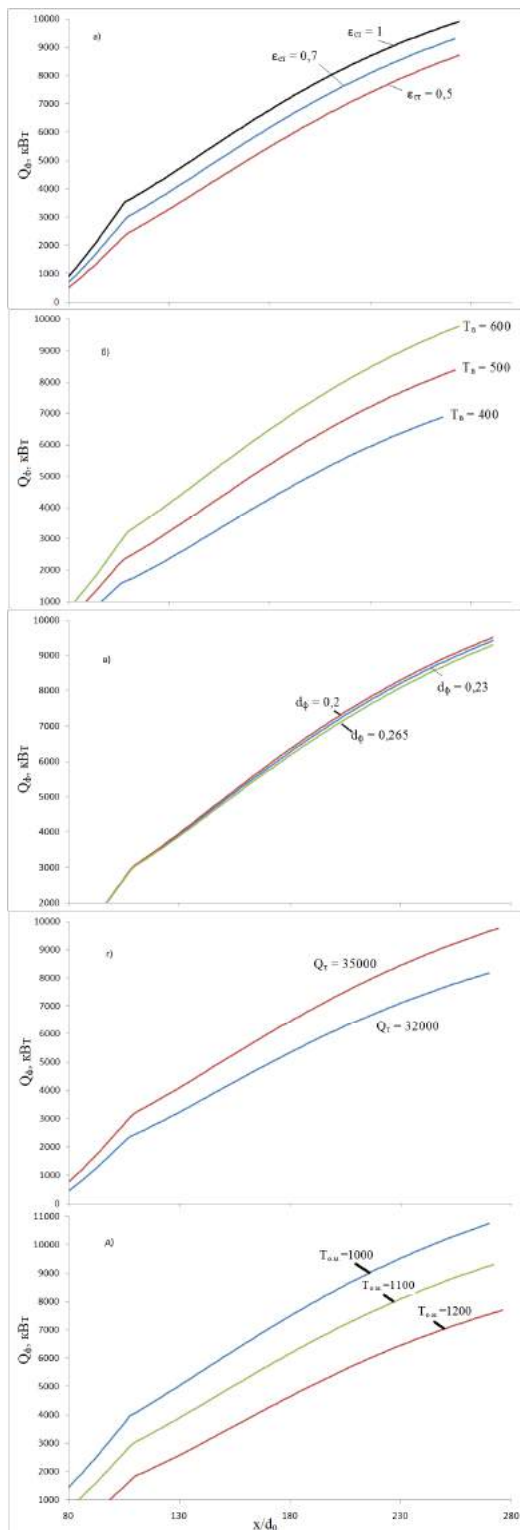


Рис 2. Характер изменения теплоотдачи факела (Q_ϕ) по длине его распространения (x/d_0) в зоне обжига вращающейся печи: (а) - при различных значениях степени черноты стенки ($\epsilon_{ст}$); (б) - температуры нагрева воздуха (t_a); (в) - толщины футеровки (d_ϕ); (г) - низшей теплоты сгорания (Q_t); (д) - температуры обжигаемого известняка ($T_{о.м.}$) в агрегате.

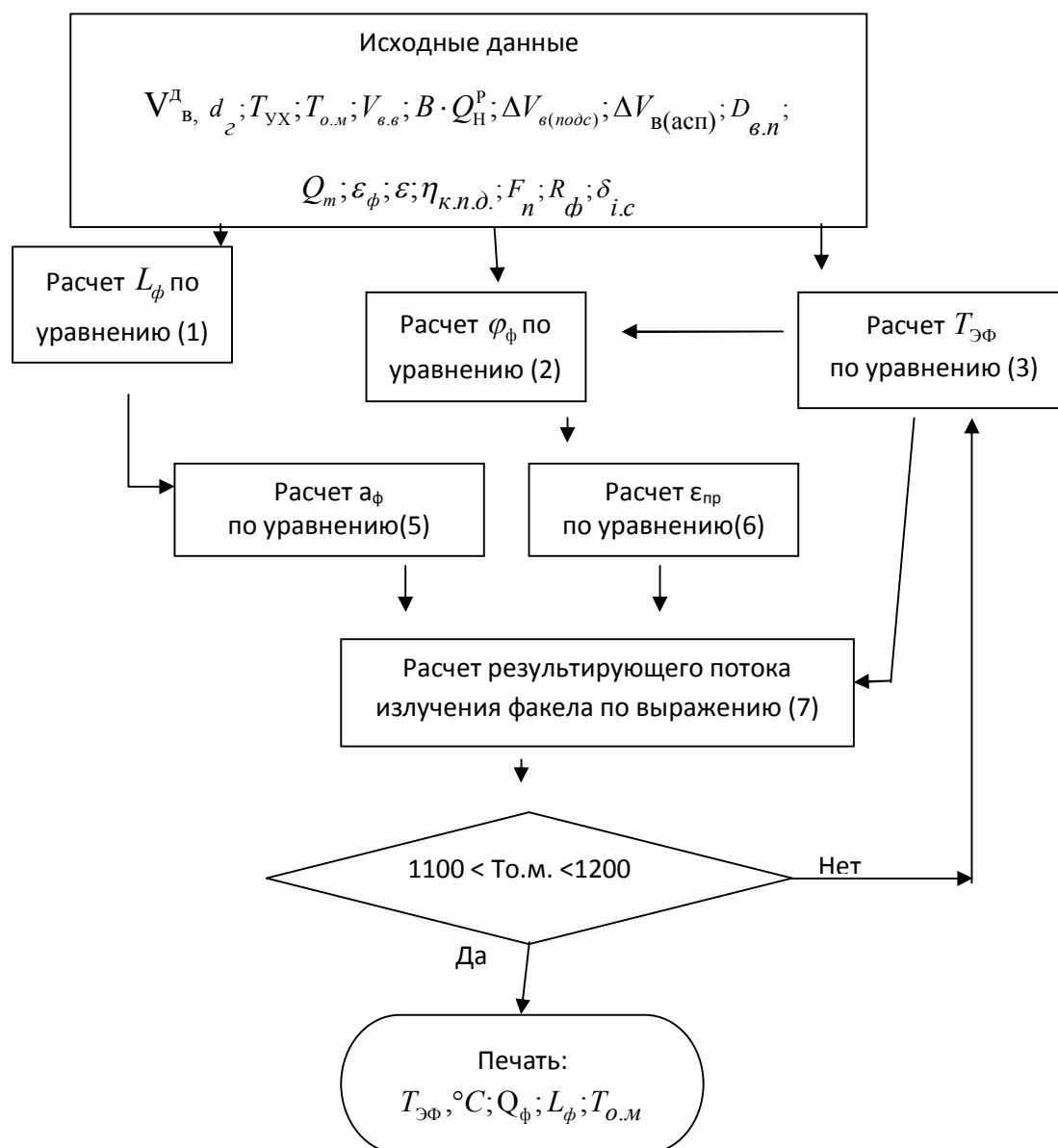


Рис 3. Структура блок-схемы алгоритма расчёта результирующего теплового потока факела в зону технологического обжига известняка во вращающейся печи.

Таким образом, методом математического моделирования параметров факела и теплообмена, установлены факторы, влияющие на результирующий тепловой поток в зону обжига известняка в печи. Разработана методика расчёта усреднённой температуры обжигаемого материала в агрегате, что позволяет оптимизировать режим обжига под факелом и улучшить технологические показатели работы во вращающейся печи. Предложен алгоритм расчета эффективной температуры в зоне контакта поверхностей известняка и факела, что позволяет оптимизировать теплообмен в агрегате с обеспечением требуемых показателей качества извести.

Список литературы

1. Агаркова Т.В., Меркер Э.Э., Тимофеева А.С. Исследование аэродинамики диффузионного коксильного факела// Изв.вузов "Чёрная металлургия" №1, 2000, с. 44-47.

2. Меркер Э.Э., Агаркова Т.В., Губин В.В. и др. Повышение эффективности сжигания топлива во вращающихся печах обжига извести // Бюллетень НТИ "Чёрная металлургия" №5, 1995, с. 28-30.

3. Меркер Э.Э., Харламов Д.А., Ансимов А.А. Совершенствование методики контроля параметров режима сжигания топлива во вращающихся обжиговых печах. // ОАО "Черметинформация". Бюллетень "Чёрная металлургия" №7, 2011, с.78-81.

4. Трубаев П.А., Кузнецов В.А., Беседин П.В. Методы компьютерного моделирования горения и теплообмена во вращающихся печах. - Белгород: Изд-во БГТУ: БИЭИ, 2008.-230 с.

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТОПЛИВА

Кони́на В.С., студентка 4 курса
СТИ ННТУ «МИСиС»

Проблема дефицита энергоресурсов появилась не вчера, как и попытки, решить ее за счет альтернативных источников энергии. Актуальность этой проблемы со временем только возрастает: необходимость перехода на альтернативные источники диктуется не только удорожанием ископаемых энергоресурсов, но и угрозами глобального изменения климата.

Биотопливо, получаемое из биомассы, – один из наиболее распространенных в современном мире возобновляемых источников энергии. Перерабатывая отходы в больших масштабах, можно значительно экономить энергетические и сырьевые ресурсы и, тем самым, снижать загрязнение окружающей среды. В этой связи на современном этапе развития весьма важным являются задачи по исследованию и разработке технологий, обеспечивающих комплексное использование сырья и экологическую безопасность производства [1].

Развитие горнодобывающей промышленности, особенно при открытом способе добычи полезных ископаемых, приводит к существенным изменениям структуры природных ландшафтов, десятки и сотни тысяч гектаров плодородных земель засыпаются отвалами. На территории России горнодобывающей промышленностью нарушено при добыче бурого и каменного угля открытым и подземным способами более 110 тысяч гектар.[2]

В Белгородской области находятся одни из крупнейших горно-обогатительных комбинатов нашей страны. Стойленский горно-обогатительный комбинат (ГОК) - третий по величине производитель железорудного сырья в России (14,5% общероссийского производства). Лебединский ГОК (Лебединский горно-обогатительный комбинат) — один из ведущих российских производителей железорудного сырья. На последнем с помощью железнодорожного транспорта производится перевоз ненужной скальной и рыхлой породы на специальные отвалы. В последствии, Воронежская лесотехническая академия засаживает эти холмы облепихой (10-15 гектаров в год).

Мы предлагаем, заменить насаждения облепихи, насаждениями многолетней ивы, называемой так же – *«энергетической»*.

Обычно в биоинженерных проектах используются быстрорастущие разновидности ивы, например, *viminalis*, имеющая так же название - ива корзиночная. С точки зрения экологии метод переработки ивы максимально безвреден для окружающей среды. "Ивовая" энергетика представляет собой производство замкнутого цикла, плантация ивы дает не только энергетическую древесину, но также и корм для животноводческих хозяйств, которые, в свою очередь, снабжают плантации удобрениями, необходимыми для повышенной урожайности.

Уже в начале нашего тысячелетия "урожайность" корзиночной ивы довели до 30 тонн с гектара. Так посадки ивы в Швеции занимают 20 тыс.га [3]. Кроме Швеции вопросами

ивовой энергетики занимаются в Англии, Германии. В нашей стране родоначальником ивовой энергетики был академик Б.П. Константинов, но его проектам не суждено было осуществиться на просторах России.

Таким образом, на сегодняшний день можно утверждать, гидролиз растительного сырья – наиболее перспективный метод химической переработки древесины, так как в сочетании с биотехнологическими процессами позволяет получать кормовые и пищевые продукты, биологически активные препараты, топливо для двигателей внутреннего сгорания и разнообразные продукты для технических целей.

Строительство гидролизных заводов вблизи плантаций энергетической ивы – важное и целесообразное решение, позволяющее получить биоэтанол, используемый как топливо для ракетных двигателей, двигателей внутреннего сгорания. Проекты заводов этанола из биомассы (гидролизных заводов) финансируются многими странами. Так, в январе 2007, в своём ежегодном послании Дж. Буш предложил сократить потребление бензина на 20% за 10 лет. По прогнозам Департамента Сельского Хозяйства США к 2016 году производство кукурузы в США составит 14 млрд. бушелей, из которых 4,3 млрд. будет использоваться для производства этанола, а остальной этанол будет производиться из целлюлозы. Строительство небольших заводов по производству биоэтанола на территории предприятий горнодобывающей отрасли важный и целесообразный шаг, позволяющий экологизировать данные предприятия.

Примером топлива служит биотопливо E-95-40. Один из видов альтернативного топлива, широко распространённый во всем мире, представляет собой смесь 30-40% обезвоженного метилового спирта, 70-60% легких фракций бензинов, эфиров, углеводов, стабилизаторов, а также специальных присадок, подавляющих коррозию и обеспечивающих сохранность резиновых деталей двигателя и топливной системы автомобиля.

Октановое число этанола достигает 113 единиц и его наличие в Биотопливе E-95-40 обеспечивает:

- пригодность использования для двигателей всех степеней сжатия топливной смеси, работающих на бензинах всех марок: 76, 80, 92, 95, 98. Кроме того, для профессионалов доступна возможность повысить степень сжатия до 11,5-12,5 единиц и получить повышенную мощность двигателя, КПД, крутящего момента и ещё большую экономичность
- повышенную стабильность работы двигателя на холостом ходу, увеличенный крутящий момент на низких оборотах, повышенную полноту сгорания смеси и экономичность за счет более раннего воспламенения топливной смеси
- абсолютное отсутствие детонации топливной смеси при максимальных нагрузках работы двигателя

Переход питания двигателя с бензина на этанол увеличивает мощность и дает более высокие результаты для двигателей с большими объемами и турбонадувом, поскольку при правильном сгорании этанола с воздухом, смесь производит больше энергии за счет большего количества топлива, которое может быть сожжено (этанол, как известно, сгорает эффективнее бензина). Кроме того, этанол сильнее охлаждает камеру сгорания, что обеспечивает щадящий режим работы таких двигателей.

Выгоды использования Биотоплива E-95-40 в сравнении с обычным бензином представлены в таблице 1.

Таблица 1. Выгода от использования биотоплива E-95-40

1	Низкая цена топлива
2	Снижение расходов на моторное масло, при более полном сгорании топлива отсутствуют продукты, которые его окисляют
3	Продление срока эксплуатации свечей зажигания, топливных форсунок и других элементов камеры сгорания поскольку при сгорании Биотоплива E-95-40 на них не

	образуется нагар
4	Увеличение ресурса работы двигателя: моторное масло не окисляется и не теряет свои свойства этанол имеет меньшую теплотворную способность, поэтому камера сгорания цилиндров, выпускные клапаны цилиндров и другие части ДВС работают в более благоприятных условиях отсутствует риск прогорания выпускных клапанов, как это происходит при горении про-панбутана или метана двигатель не перегревается во время сильной жары или городских пробок (снижение температуры охлаждающей жидкости на выходе из двигателя достигает 15-20 градусов С)
5	Экономия средств на периодической чистке топливной системы и замене топливных форсунок. Этанол поддерживает топливную систему и форсунки в идеальной чистоте, растворяя все отложения нефтяного топлива
6	Биотопливо Е-95-40 является более безопасным, так как имеет более высокую, чем бензин температуру кипения, испарения, и значительно низшую подверженность взрыву при серьезных ДТП.

Так же отходы деревопереработки, химических производств, переработки сельскохозяйственной продукции, торфоразработок, пищевой промышленности могут быть превращены в высококачественное топливное сырье. С этой целью во многих странах ведутся исследования и разработки, результатами которых становятся новые виды топлива. Один из таких энергоносителей - твердое биотопливо. *Топливные брикеты* – это прессованные отходы деревообработки, сельского хозяйства, в том числе торф и древесный уголь. Они используются во всех видах топок котлов центрального отопления, а также в коммунальном секторе. Древесные гранулы намного экологичнее традиционного топлива: в 10-50 раз меньше эмиссия углекислого газа в воздушное пространство, в 15-20 раз — образование золы, чем при сжигании угля. Затраты энергии на производство древесных гранул составляют примерно 3% от содержания энергии, что гораздо меньше затрат на получение природного газа или мазута.

По нашему мнению, использование саженцев «энергетической» ивы в качестве насаждений на отвалах предприятий горнодобывающей промышленности Белгородской области сможет решить сразу несколько проблем данной отрасли. С одной стороны мы сможем наблюдать экологизацию металлургических производств, а так же возможность последующего использования полученного топлива на самих предприятиях, что актуально, в связи с ростом цен на бензин в стране и мире. С другой, экологические соображения продолжают быть одними из главных причин разработки многими странами документов, стимулирующих обязательное использование этого вида топлива. Но так же, появляется возможность сократить зависимость частных домовладений, а также малых и средних предприятий от централизованного энергоснабжения, с помощью топливных брикетов, созданных на предприятиях Белгородской области.

Список литературы:

1. Грачёв, А.Н. Утилизация отработанных деревянных шпал методом пиролиза / А.Н. Грачёв и др. // Вестн. Казан. технол. ун-та. – 2008. - №5. С. 166-170.
2. И.С. Швабенланд. Влияние горной промышленности на почвенный покров, способы рекультивации земель
3. Афонин А.А. Сравнительная морфодинамика нарастания лидерных побегов сеянцев ивы белой (*Salix L.*)/А.А. Афонин, Л.Н. Анищенко, Е.В. Борздыко, И.В. Кротикова//Ежегодник НИИ фундаментальных и прикладных исследований за 2011 г.– Брянск: РИО Брянского государственного университета, 2012.–С. 65–74.

АНАЛИЗ ТРАВМАТИЗМА НА ОАО «ОЭМК» В СРАВНЕНИИ С ДРУГИМИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ РОССИИ

Косминская Е.А., Руднев Г.В., студенты 5 курса,
научный руководитель: проф. Бондарев Н.И.
СТИ НИТУ «МИСиС»

Процесс предупреждения травматизма неразрывно связан с постоянным совершенствованием системы всестороннего учета и анализа причин возникновения несчастных случаев и риска на производстве. В связи с чем, анализ травматизма на производстве представляет собой одну из важнейших задач предприятия, обеспечивающих не только безопасность работающих на нем людей, но и такие его экономические показатели, как производительность труда и качество выпускаемой продукции. Исходя из вышесказанного, актуальность темы не вызывает сомнения.

Для принятия мер предупреждения травматизма работодатель должен владеть в первую очередь как можно более полной и подробной информацией, полученной в результате комплексного анализа риска и несчастных случаев на производстве, в том числе в сравнении с другими предприятиями отрасли, а также региона в целом.

В связи с этим, цель данного исследования заключалась в проведении анализа несчастных случаев на ОАО «ОЭМК» за последнее пятилетие в сравнительном плане с другими металлургическими предприятиями России для выявления закономерностей динамики показателей и их дальнейшего снижения.

Для достижения цели необходимо было решить ряд задач:

- рассчитать все коэффициенты несчастных случаев на ОАО «ОЭМК» за период 2007-2012 гг. и сравнить их с аналогичными показателями на предприятии за предшествующий пятилетний период;
- рассчитать риск гибели человека на производстве, достоверность которого достигается в результате анализа большого количества данных в течение продолжительного промежутка времени;
- сопоставить между собой показатели травматизма на ОАО «ОЭМК» и предприятиях отрасли, с учетом количества рабочего персонала;
- выявить долю произошедших несчастных случаев, в том числе со смертельным исходом, на ОАО «ОЭМК» среди предприятий области.

Показатели травматизма и риска рассчитывали по Борисову [1].

Проведя сравнительный анализ несчастных случаев на ОАО «ОЭМК» за исследованный период времени (2007-2012 гг.), были выявлены следующие особенности в динамике показателей травматизма (Рис.):

- коэффициент частоты несчастных случаев ($K_{\text{ч}}$) практически не менялся и составлял 0,3-0,4;
- коэффициент нетрудоспособности ($K_{\text{н}}$) находился в пределах 30-40 за исключением 2010 года, когда он вырос до 88;
- коэффициент тяжести несчастных случаев ($K_{\text{т}}$), также как и коэффициент нетрудоспособности, имел наибольшее значение в 2010 году (245), в остальные годы он колебался в пределах от 70 до 140;
- коэффициент риска гибели человека на производстве относится к переходной области значений риска.

При сравнении полученных результатов с данными, приведенными в статистических сборниках Белгородской области [2,3], можно отметить следующее:

- за исследованный период времени частота несчастных случаев на комбинате примерно в четыре-пять раз ниже, чем в целом по всему производству в Белгородской области;

- доля летальных исходов на комбинате составляет менее 0,6 % от общего числа погибших на производстве Белгородской области за анализируемый период; в пересчете на 1000 работающих численность пострадавших со смертельным исходом примерно в 7 раз ниже чем по региону.

Если сравнить вышеприведенные результаты на ОАО «ОЭМК» с данными по отрасли, можно отметить следующее:

- за исследуемый период времени $K_{\text{ч}}$ был одним из самых низких показателей по отрасли, что свидетельствует о том, что несчастные случаи относительно редко фиксируются на комбинате;

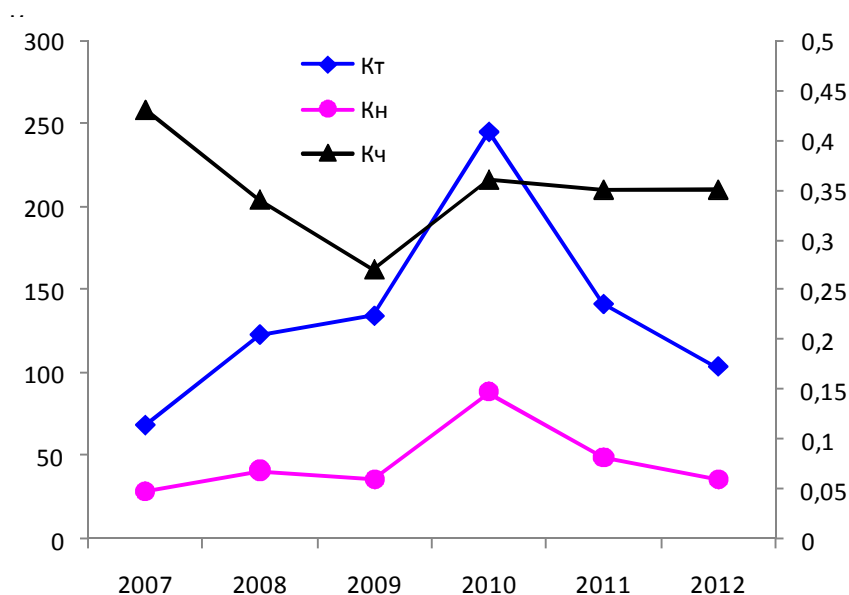


Рисунок 1 - Динамика показателей травматизма на ОАО «ОЭМК» в 2007-2012 гг.

- $K_{\text{т}}$ один из самых высоких в отрасли, что говорит о том, что фиксируемые несчастные случаи имеют тяжелый характер;

- $K_{\text{н}}$ как произведение коэффициента частоты на коэффициент тяжести несчастных случаев имеет средние значения среди показателей отрасли.

Анализ происшедших несчастных случаев со смертельным исходом на металлургических предприятиях в 2007-2011 гг. показал, что основными их причинами явились [4]:

- нарушение технологии ведения металлургических процессов;
- неисправность оборудования;
- неудовлетворительная организация и проведение работ.

Сравнивая показатели несчастных случаев на ОАО «ОЭМК» за последние пять-шесть лет с аналогичными показателями за предшествующий такой же период [5], можно констатировать, что они за последние 7-8 лет практически не снизились, а остаются примерно на одном уровне.

Для дальнейшего снижения травматизма на предприятии необходимо предпринять следующее:

- разработать модели, улучшающие качество работы предприятия в области профилактики травматизма на базе проведения самооценки, что позволит оценить исходное состояние профилактической работы, определить сильные и слабые стороны, нуждающиеся

в улучшении, что в конечном итоге приведет к разработке адекватного плана мероприятий по предупреждению производственного травматизма;

- производить постоянный мониторинг технического состояния конструкций и оборудования на основе применения современных методов неразрушающего контроля с оценкой остаточного ресурса и определением срока его последующей безопасной эксплуатации;

- внедрять на основе проведенных исследований новые технологии и новое современное оборудование, сводящие к минимуму возможность возникновения опасных ситуаций в процессе производства;

- способствовать развитию у работников комбината понимания и осознания реальных производственных опасностей и неукоснительного исполнения требований инструкций при ведении технологических процессов.

Статистика несчастных случаев на производстве должна накапливаться и тщательно анализироваться. Целью и результатом такого анализа должны быть улучшение менеджмента, совершенствование системы промышленной безопасности и охраны труда. Определяющим фактором при этом должен быть не страх, а положительная мотивация в действиях людей. Результаты самооценки становятся с одной стороны механизмом постоянного внутреннего улучшения условий труда, а с другой - будут предоставляться внешним экспертам для всестороннего сравнительного анализа.

Список литературы:

1. Инженерные расчеты систем безопасности труда и промышленной экологии: справочник / Под редакцией Борисова А.Ф. – Нижний Новгород: издательство «Вента-2», 2000. – 256 с.

2. Статистический ежегодник. Белгородская область 2011 / Белгородстат. Белгород.

3. Белгородская область в цифрах. Краткий статистический сборник 2011, 2012 / Белгородстат. Белгород.

4. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2007-2011 гг. М.: ОАО "НТЦ по безопасности в промышленности", 2008-2012.

5. Юхманов А.А. Сравнительный анализ травматизма на металлургических предприятиях России. // «Восьмая всероссийская научно-практическая конференция студентов и аспирантов с международным участием» (сборник научных трудов). - Старый Оскол: СТИ НИТУ «МИСиС», 2012. – Т.1. - С. 189-192.

РАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СТЕНДА ЧАШЕВОГО ОКОМКОВАТЕЛЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЕГО РАБОТЫ

Костин Н., студент 5 курса
СТИ НИТУ «МИСиС»

Производство сырых окатышей является сложным и очень важным, с точки зрения технологии, звеном производственного цикла. Благодаря аналитическому обзору научно-исследовательской литературы были определены основные факторы, влияющие на процесс окомкования и распределение гранулометрического состава получаемых окатышей. Окомкование может проводиться на барабанном и чашевом окомкователях.

Чашевые окомкователи представляют собой наклонно установленный (под углом 40 - 50°) чашу с бортом. Процесс получения окатышей из 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.

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 тонкого концентрата, превращаясь в частицы шарообразной формы. Учитывая, что частицы больших размеров и массы при вращении чаши могут подниматься на большую высоту по борту, высота борта регулирует конечный размер сырых окатышей.

Первичный зародыш, как правило, образуется при попадании капли воды в объем сухого материала. Переувлажненные первичные комки обладают высокой пластичностью, что важно для успешного протекания окомкования. Увеличение размера окатыша происходит в результате многократных ударов зародыша о слой материала и борт чашевого окомкователя при движении в окомкователе. Под действием динамических нагрузок окатыши уплотняются. При этом избыточная влага выдавливается на поверхность, что обеспечивает присоединение к комку новых частиц материала.

Необходимо выделить следующие факторы влияющие на качество окатышей:

- качество концентрата, поступающего на окомкование. Из качественных показателей концентрата необходимо выделить его крупность (содержание класса -0,044 мм или удельную поверхность). Увеличение удельной поверхности приводит к росту класса -16+5 мм и увеличению прочности сырых окатышей, повышению производительности чашевых окомкователей. При увеличении влажности концентрата (более 9,8 %) выход кондиционного класса -16+5 мм снижается, увеличивается выход класса +16 мм;
- однородность шихты, которая достигается точной дозировкой её компонентов и эффективной работой смесителей;
- состояние внутренней поверхности окомкователя, которая должна быть достаточно шероховатой, чтобы предотвратить проскальзывание шихты и достаточно гладкой, чтобы обеспечить равномерное скатывание окатышей.

Прочность сырых окатышей повышается с увеличением диаметра окатышей, скорости вращения чашевого окомкователя. Влияние влажности шихты, количества и типа связующего материала не является однозначным. При увеличении влажности до определенного значения наблюдается упрочнение сырых окатышей и увеличение выхода кондиционной фракции, после превышения этого значения прочность снижается и наблюдается непрерывный рост выхода класса +16 мм.

При стабильном качестве шихты, процесс окомкования и качество сырых окатышей определяется режимом работы окомкователя. В случае отклонения качества концентрата и нестабильности шихты, процесс окомкования следует регулировать с учетом факторов, влияющих на качество сырых окатышей.

Чашевые окомкователи ФОК ОАО «ЛГОК» позволяют получать окатыши более равномерного гранулометрического состава при подаче шихты 90-100 т/ч. Окомкователь менее чувствителен к изменению качества шихты. Так при влажности концентрата не более 9,8 % выход фракции -16+8 мм составляет 65-75 % и позволяет вести процесс окомкования с меньшим количеством бентонита в шихте. В таблице приведен порядок регулирования процессом окомкования под воздействием различных факторов в зависимости от причин его нарушения.

Диаметр сырых окатышей уменьшается с уменьшением скорости вращения чашевого окомкователя (менее 5,5 об/мин снижать скорость чашевого окомкователя не рекомендуется, так как это приводит к снижению прочности сырого окатыша), увеличением угла наклона чашевого окомкователя, увеличением количества бентонита в шихте, увеличением количества шихты в чашевой окомкователь, уменьшением количества воды, добавляемой в чашевой окомкователь.

Расчет модели лабораторного окомкователя проводили применяя физическое моделирование чашевого окомкователя ФОК ОАО «Лебединский ГОК». При выборе параметров лабораторной установки соблюдались требования подобия [1]. В табл. 1

приведены параметры промышленного и лабораторного окомкователя. Линейный масштаб моделирования равен 38.

Таблица 1 - Расчет параметров лабораторного окомкователя.

Параметр	Оригинал	Модель	Расчетное уравнение
Диаметр, м	7,5	0,2	$D_M = D_0/M$
Скорость вращения, об/мин	w_0	w_M	$W_M = w_0 * M^{0,5}$
Угол наклона	42-45	42-45	42-45
Расход материала, кг/мин	$Q=1500$		$Q_M = Q_0 / (1,44 * M^{2,5})$

Установка состоит (рис 1) из устройства 1 (дрель), вращающего чашу 2, которая может изменять угол наклона за счет изменения высоты стойки 3. Также чаша может вращаться с различной скоростью вокруг оси проходящей через центр чаши, изменяя при этом частоту вращения оси дрели специальной кнопкой 4. Дрель включается с помощью переключателя 5.

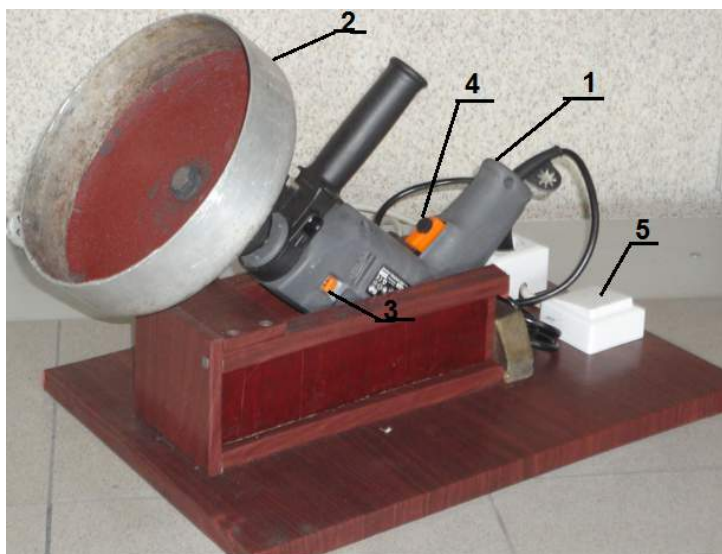


Рис. 1. Лабораторный чашевый окомкователь

1-Устройство для вращения чаши (дрель), 2 - чаша, 3- стойка для изменения угла наклона чаши. 4-регулятор изменения частоты вращения, 5-выключатель устройства.

Исследования оптимальных параметров окомкователя проводили на шихте для офлюсованных окатышей, применяемых для окомкования в условиях ФОК ОАО «ЛГОК». Влажность шихты составляла 9,8%, бентонита содержалось 7%, известняка 2,1%. В лабораторных условиях проведено исследование влияния на качество окомкования угла наклона чаши и скорости вращения чаши.



Рис.2. Окомкование шихты



Рис.3. Рассев окатышей на разных ситах

Результаты экспериментов представлены на рис. 4.

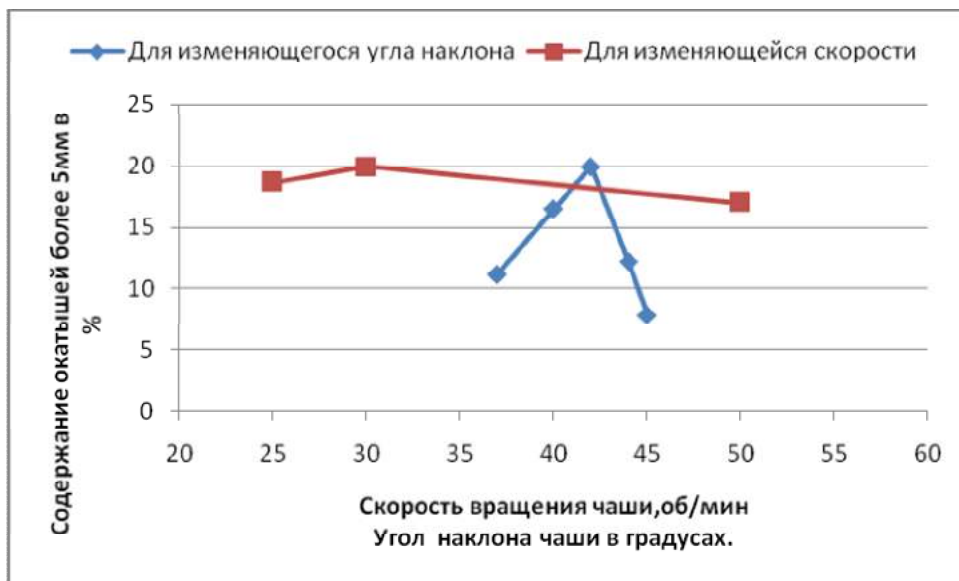


Рис. 4 Влияние угла наклона чаши скорости ее вращения на выход окатышей более 5мм.

Наиболее оптимальный угол наклона 42 градуса и угловая скорость чаши 50 об/мин..При этом выход окатышей более 5мм максимальный составляет 20%

Список литературы:

1.Ковшов В.Н. Постановка инженерного эксперимента/В.Н.Ковшов.-К.-Донецк: Вища школа,1982.-120с.

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В МЕТАЛЛУРГИИ

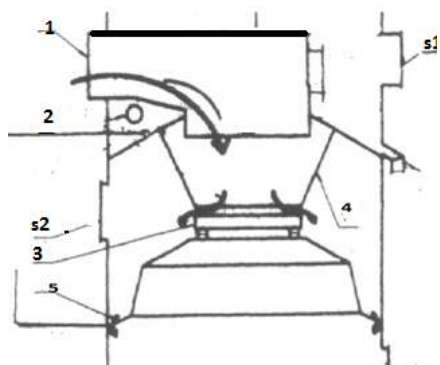
Котельников И. С., студент 4 курса
СТИ НИТУ «МИСУС»

Проблема ресурсосбережения остается одной из важнейших проблем современности. Актуальна она и для нашего, Белгородского региона. Белгородская область характеризуется достаточно высокой плотностью промышленных предприятий, поэтому любое дальнейшее развитие производства обуславливает необходимость снижения потерь ресурсов уже существующих предприятий.

В связи с этим представляется целесообразным проведение работы по обеспечению эффективной работы скрубберов обеспыливания на установках металлизации ОАО «ОЭМК».

Основным источником образования пыли в цехе металлизации является шахтная печь. В ней происходит выделение пыли в местах загрузки окисленных и выгрузки металлизированных окатышей, и на маятниковом питателе. Пыль в атмосферу попадает с дымовыми газами и с аспирационным газом.

Запыленный воздух из мест отбора по воздуховодам подводится к скрубберу обеспыливания через входной патрубок и подается в конфузор зоны промывки, где вступает в контакт с водой, распыляемой тангенциальными форсунками и насыщается влагой.



- 1 - входной патрубок запыленного воздуха,
- 2 – тангенциальные форсунки,
- 3 - регулировочный диск (чаша),
- 4 - зона промывки,
- 5 - направляющие лопатки,
- s1,s2 - наружные люки на скруббере.

Рис.1.Очистительная часть скруббера

В широкой части конфузора расположены тангенциальные форсунки, создающие на его внутренней части сплошную водяную пленку. Скорость воздуха на выходе из конфузора регулируется вручную через люк внутри скруббера обеспыливания посредством изменения зазора между узкой выходной частью конфузора и регулировочным диском.

На выходе из зоны промывки, где скорость воздуха во много раз меньше максимальной скорости в дисковом зазоре, расположены направляющие лопатки, благодаря которым поток газо-водяной смеси прижимается к внутренним стенкам скруббера обеспыливания, где происходит осаждение капель воды и мокрой пыли. Шлам опускается в нижнюю часть скруббера, где, прежде чем его использовать, необходимо подвергнуть обезвоживанию.

Но скруббер с течением времени выходит из строя из-за отложений, которые образуются на форсунке и на стенках скруббера. С течением времени отложений скапливается столько, что необходима остановка для очистки скруббера.

Нами изучена схема работы скруббера, рассмотрены условия, при которых работал скруббер и была смоделирована установка скруббера, где можно было опробовать его работу

и попробовать уменьшить отложения.

Скруббер обеспыливания шахтных печей металлизации имеет входной патрубок с поворотом. В вертикальной части патрубка при работе скруббера происходит достаточное количество отложений, которые изменяют режим работы скруббера. Распыл жидкости в пылегазовый поток начинается после прохождения входного патрубка.

Одной из причин появления отложений пыли на стенках входного патрубка может быть уменьшение скорости пылегазового потока, в результате которого пыль, соприкасаясь с поверхностью, оседает. Для исследования влияния скорости пылегазового потока на отложения пыли в патрубке, необходимо было выяснить качественную картину изменения скоростей потока в зависимости от формы скруббера по изменению перепада давления. Была создана физическая модель скруббера в масштабе 1:50. Для выяснения распределения перепада давлений (скоростей) потока по сечению входного патрубка скруббера обеспыливания, использовали трубку Пито-Прандтля.

Одной из причин отложений пыли на внутренней поверхности входного патрубка может быть уменьшение скорости пылегазового потока. Для выяснения распределения перепада давлений (скоростей) потока по сечению входного патрубка скруббера обеспыливания, использовали трубку Пито-Прандтля. Проведение измерений представлены на рис. 2.

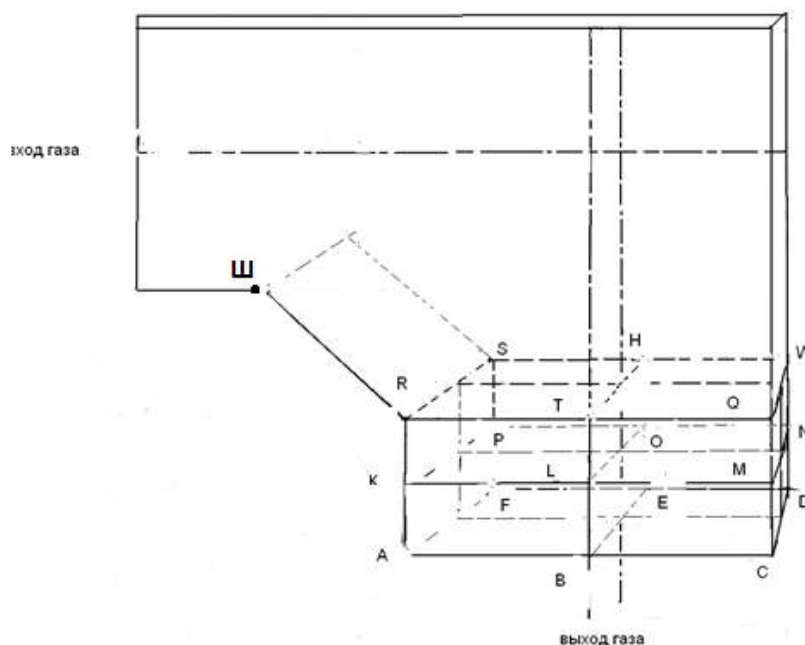


Рис.2. Измерение перепада давления по сечению газопылевого потока в вертикальном патрубке. Сечения по патрубку: нижнее сечение ABCDEF- 1, среднее сечение KLMNOP-2, верхнее сечение RTQWHS -3.

Для горизонтальной части входного патрубка перепад давления по его длине представлен на рис.3.

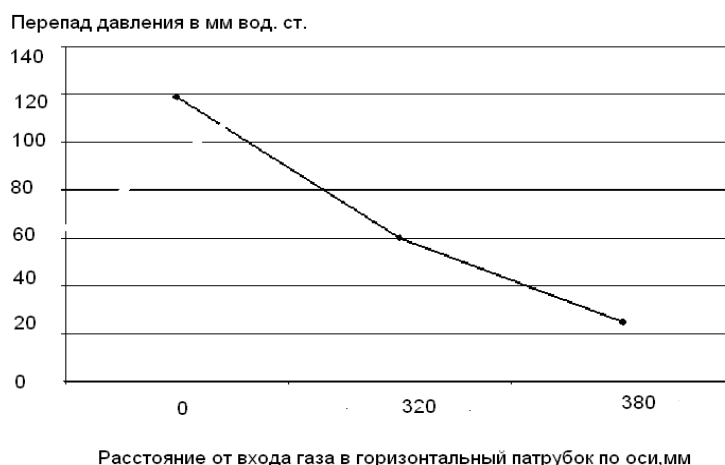


Рис. 3. Перепад давления в пылегазовом потоке по оси горизонтального патрубка

Для вертикального патрубка перепад давления не только уменьшается, но и имеет отрицательное значение в некоторых точках (рис. 4).

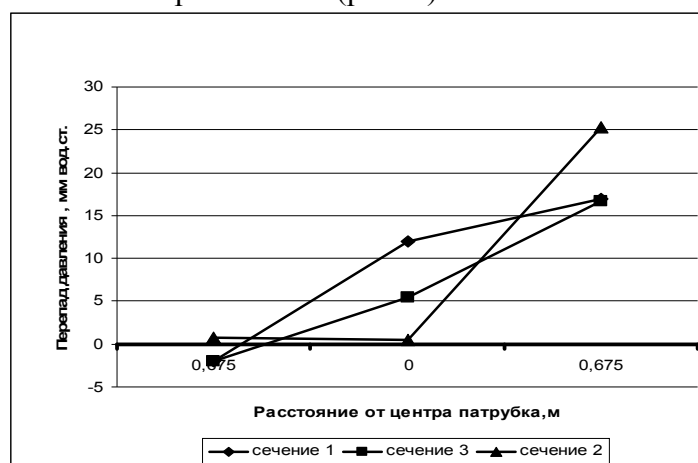


Рис. 4. Перепад давления по сечениям в газопылевом потоке вертикального патрубка

Анализируя результаты экспериментов, можно сделать выводы, что в горизонтальном патрубке в зависимости от расстояния от входа перепад становится меньше, а так как скорость потока определяется перепадом давления, то и скорость уменьшается.

Для вертикального патрубка в нижней его части (сечение 1) перепад давления уменьшается от центра сечения влево до отрицательной величины и увеличивается от центра вправо. Для реально-действующего вертикального патрубка, прежде всего с левой стороны нижнего сечения, наблюдается отложение пыли. Видимо, не последнюю роль в этом играет скорость пылегазового потока.

Уменьшение перепада давления, а, следовательно, скорости перед выходом из вертикального патрубка обусловлено, видимо, наличием сопротивления при повороте потока из горизонтального направления в вертикальное. В нижнем сечении образуется область пониженного давления, в которую подсасываются частицы пыли и оседают на стенки патрубка.

Чтобы увеличить скорость потока в области пониженного давления, необходимо пересмотреть конфигурацию данного патрубка. Для этого необходимо убрать область пониженного давления. Это было проделано на модели и результат оказался положительным. Скорость газопылевого потока увеличилась в 2 раза, тем самым не давая возможности оседать пыли на стенках.

Кроме того, нами проработаны вопросы о покрытии стенок скруббера и форсунок синтетическим веществом, которое не оказывает влияния на дальнейший металлургический передел шлама.

По результатам обследования скруббера в период его очистки, сотрудниками МИСиС была создана новая модель в масштабе 1:10.

Были проведены качественные исследования по осаждению пыли из потока воздуха на центральной форсунке для различных вариантов:

- а) базовый вариант;
- б) покрытие форсунки специальным покрытием.

Пыль получали в лабораторных условиях, пропуская металлизированную мелочь и окисленные окатыши через конусную дробилку, а затем дисковый истиратель. Через форсунку, пропускали воду. Продувку осуществляли с одним и тем же расходом воздуха, в пылесборник насыпали пыль и через каждую секунду проводили распыл пыли в течение 1 минуты, 2 минут и 4 минут. Подавали количество пыли каждый разное: 80г в минуту, 160г за две минуты, 320г за 4 минуты.

В результате экспериментов было установлено, что скорость роста отложений не одинакова во времени при одном и том же расходе воздуха и пыли: за минуту при взвешивании оказалось 0,7г пыли; за 2 минуты 2,12г; за 4 минуты 8,19г.

Данные приведены по результатам нескольких экспериментов, как средние значения. Таким образом, можно сказать, что с течением времени скорость нарастания пыли возрастает.



Рис. 5. Отложения пыли на форсунке

Результаты экспериментов отражены в графиках (Рис. 6.):

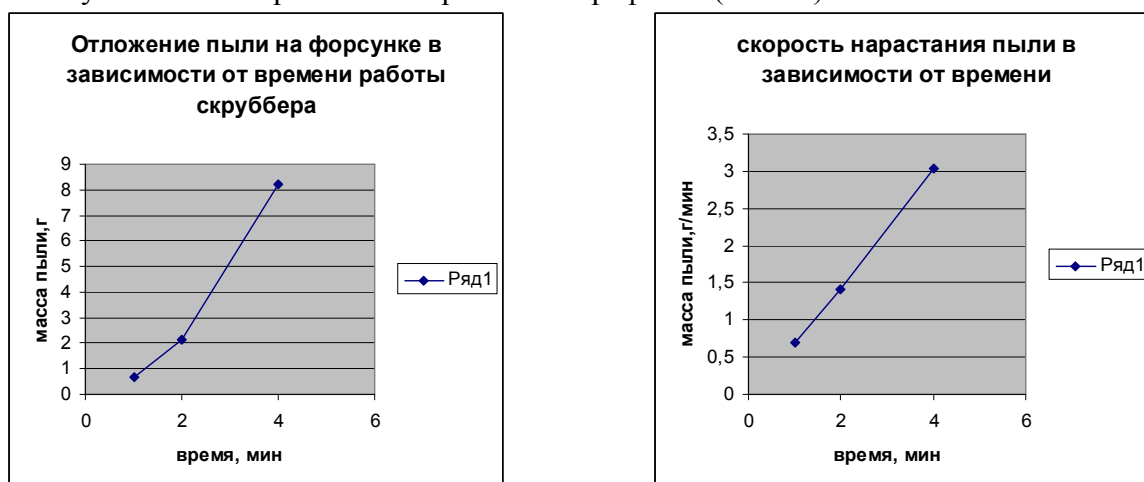


Рис. 6. Графики зависимости отложения пыли на форсунке и скорости нарастания пыли от времени

Таким образом, можно сказать, что с течением времени скорость нарастания пыли возрастает.

При покрытии форсунки противоналипающим покрытием проводились аналогичные исследования, с такими же расходами пыли и воздуха. Отложения образуются по всей форсунке, но незначительные, причем при незначительном постукивании пыль обрушивается.

В настоящее время вопрос ресурсосбережения является весьма актуальным, так как любое предприятие в процессе своей деятельности сталкивается с проблемой нехватки ресурсов. Поэтому важно использовать имеющиеся ресурсы наиболее оптимально. В данной работе представлены методы решения этой проблемы.

Подсчитывая экономию металлизированного продукта, необходимо учесть, что чистка скруббера происходит через 4-5 суток работы, когда отложения убирают отбойным молотком общей массой 1,5 тонны и тогда все вывозится на шлаковый двор. За месяц экономия будет 7,5тонн с одного скруббера, а их 4; тогда за месяц экономия составит 30тонн. И за год – $30 \cdot 12 = 360$ тонн.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ С ПОМОЩЬЮ ВИЗКОЗИМЕТРОВ

Котлярова Е., студентка 3 курса
СТИ НИТУ «МИСиС»

Вязкость - свойство жидкостей и газов сопротивляться внешним силам, вызывающим перемещение слоев жидкости относительно друг друга.[3]

На практике различают динамическую и кинематическую вязкость.

Динамическая вязкость η – это сила сопротивления, которое возникает при перемещении двух слоев жидкости площадью в 1 см^2 , находящихся друг от друга на расстоянии 1 см со скоростью 1 см/с. В единицах СИ динамическая вязкость измеряется в Па·с. Кинематическую вязкость ν ($\text{м}^2/\text{с}$) можно определить по формуле [1, 17]:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

Вязкость определяется с помощью вискозиметров (от латинского *viscositas* - вязкость). [3]

В зависимости от способа измерения различают следующие виды вискозиметров: капиллярные (вискозиметры истечения), шариковые, ротационные, вибрационные и ультразвуковые. [2]

Капиллярные вискозиметры

Капиллярные вискозиметры состоят из 3 основных частей: резервуара для испытуемой жидкости (1) тонкой трубки-капилляра (2) и приемника для жидкости после капилляра (3).

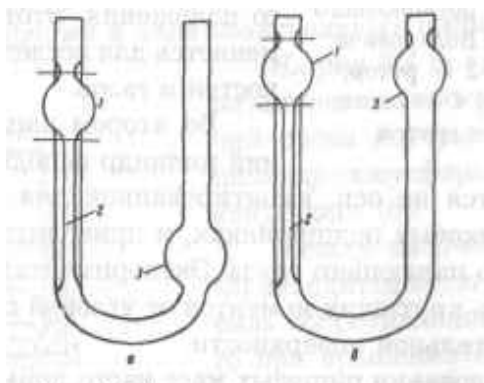


Рис.1 Капиллярные вискозиметры: а – Оствальда; б – Убеллоде

Измерение вязкости в капиллярных вискозиметрах основано на уравнении Пуазейля, связывающего вязкость с расходом продукта:

$$\eta = \frac{\pi R^4 \Delta p}{8 L Q}$$

где: η – коэффициент динамической вязкости, Па·с; R – радиус капилляра, м; Δp – перепад давления на длине капилляра, Па; L – длина капилляра, м; Q – объемный расход материала через капилляр, кг/м³.

Такие вискозиметры применяются для жидкостей, вязкость которых лежит в интервале от 10⁻³ до 10³ Па·с.

Относительная погрешность измерений при использовании капиллярного вискозиметра составляет 0,1-2,5%. [4]

Шариковые вискозиметры

Действие таких вискозиметров основано на измерении скорости движения шарика определенной массы и определенного объема в анализируемой жидкости.

Для вычисления вязкости используют формулу, полученную на основе закона Стокса:

$$\eta = K \cdot (\rho_{ш} - \rho) \cdot t,$$

где K – константа прибора, м²/с²; $\rho_{ш}$ – плотность материала шарика, кг/м³; t – время перемещения шарика на участке h , с; ρ – плотность жидкости при температуре измерения, кг/м³; t – время перемещения шарика на участке h , с.

Вискозиметры с падающим шариком получили широкое распространение для измерения вязкости прозрачных и непрозрачных жидкостей. [6]

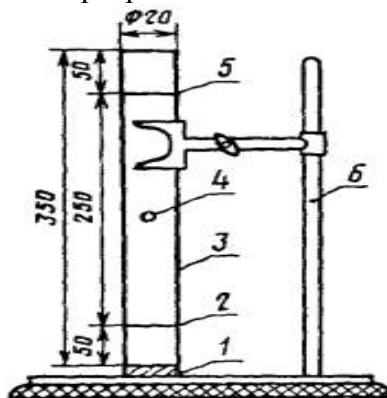


Рис. 2. Шариковый вискозиметр

1 – пробка; 2 – нижняя метка; 3 – трубка; 4 – шарик; 5 – верхняя метка; 6 - штатив

Ротационные вискозиметры

Вискозиметры ротационные используются для измерения вязкости сред при температурах от -60°C (масла) до +2000°C (расплавы металлов и силикатов) и позволяют вести измерения с погрешностью в пределах ±3–5%.

В ротационных вискозиметрах исследуемая вязкая среда помещается в зазор между двумя соосными телами правильной геометрической формы (цилиндры, конусы, и др). Одно из тел, называемое ротором, приводится во вращение с постоянной скоростью, другое остаётся неподвижным. Вращательное движение от одного тела (ротора) передается жидкостью к другому телу. Следовательно, момент вращения, передаваемый от одной поверхности к другой, является мерой вязкости жидкости.

В зависимости от способа монтирования второго цилиндра ротационные вискозиметры делятся на две группы: с неподвижным цилиндром и торсионные вискозиметры. [2]

Вискозиметр с неподвижным цилиндром

Вязкость при таком исполнении вискозиметра рассчитывают по формуле Маргулеса:

$$\eta = \frac{M}{\omega} \cdot \frac{R_H^2 - R_B^2}{R_H^2 \cdot R_B^2} \cdot \frac{1}{2\pi L},$$

где: R_B – радиус внутреннего цилиндра, м; R_H – радиус внешнего цилиндра, м; M – крутящий момент, приложенный к внешнему цилиндру, об/мин; ω – угловая скорость наружного цилиндра, рад⁻¹; L – высота слоя между цилиндрами, м.

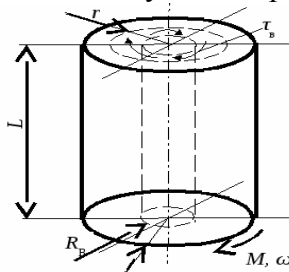


Рис. 3. Вязкозиметр с неподвижным цилиндром

Торсионный вязкозиметр

У торсионных вязкозиметров внутренний цилиндр подвешен на упругой нити. Движение жидкости вызывает закручивание цилиндра на угол, при котором момент упругих сил, возникающих при закручивании нити, уравновешивается моментом сил внутреннего трения вращающейся жидкости. Угол поворота цилиндра φ измеряется.

Вязкость в таком случае определяется по формуле:

$$\eta = (k \cdot \varphi) / (C \cdot \omega),$$

где φ - угол поворота цилиндра; ω - угловая скорость вращения внешнего цилиндра; k – постоянная для подвеса, зависящая от его упругости; C – постоянная вязкозиметра.

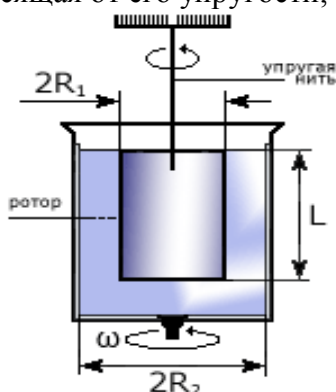


Рис. 4. Торсионный вязкозиметр

Вибрационные вязкозиметры

Вибрационный вязкозиметр в самом простом случае представляет собой резервуар с вязкой жидкостью и некоторое тело (пластина, шар, цилиндр), называемое зондом вязкозиметра, которое производит вынужденные колебания в вязкой среде.

Сущность эксперимента заключается в определении изменений параметров вынужденных колебаний зонда вязкозиметра при погружении его в вязкую среду. Руководствуясь теорией метода вибрационной вязкозиметрии, по значениям этих параметров определяют вязкость среды.

Вибрационный вязкозиметр имеет значительно большую по сравнению с ротационными вязкозиметрами чувствительность и также может быть применён для сред температурой до 2000 °С в инертной атмосфере или вакууме при наличии как больших, так и сравнительно малых масс расплавов.

Относительная погрешность измерений при использовании вибрационного вязкозиметра составляет $\pm 0,5$ –1%. При работе с расплавами в интервале 700–1900 °С общая погрешность вязкозиметра увеличивается и может составить ± 3 –5%. [6]

Ультразвуковые вискозиметры

Принцип действия таких вискозиметров основан на ультразвуковом методе вискозиметрии.

Сущность метода ультразвуковой вискозиметрии заключается в том, что в исследуемую среду погружают пластинку из магнито-стрикционного материала, называемую зондом вискозиметра на которую намотана катушка, в которой возникают короткие импульсы тока длительностью порядка 20 ± 10 мксек, приводящие к возникновению колебаний. В соответствии с законом сохранения, при колебаниях пластинки в катушке наводится ЭДС, которая убывает со скоростью, зависящей от вязкости среды. Затем, при падении ЭДС до определённого порогового значения, в катушку поступает новый импульс. Вискозиметр определяет вязкость среды по частоте следования импульсов.[2, 30]

Главным недостатком капиллярных вискозиметров является непригодность их для исследования нестационарных процессов.

Главным недостатком шариковых вискозиметров является то, что при воздействии падающего шара на продукт реологические свойства последнего меняются, вследствие чего результат каждого последующего наблюдения отличается от предыдущего.

К недостаткам ротационных вискозиметров относятся: значительные тепловыделения при повышенных скоростях деформации, приводящие к искажению результатов испытаний; наличие "донных" эффектов.

Недостатком ультразвуковых вискозиметров является то, что их нельзя отнести к классу вискозиметров с широким диапазоном измерений. К классу высокотемпературных вискозиметров их также нельзя отнести в силу величины относительной погрешности, возникающей при высокотемпературной вискозиметрии и свойств материалов прибора.

Хоть вибрационные вискозиметры и обладают рядом преимуществ (удобство и простота использования; возможность контроля взрывоопасных жидкостей; возможность контроля вязкости жидкостей, находящихся при высокой температуре и высоком давлении), однако они имеют сложную конструкцию.

Для конструирования вискозиметра в лабораторных условиях было решено использовать более простой по конструкции и достаточно точный вискозиметр Энглера. Принцип действия вискозиметра Энглера основан на определении времени на истечение определенного объема жидкости через отверстие, представляет собой сосуд, в который заливают 200 см^3 исследуемой жидкости. Заданная температура (температура, соответствующая условию работы ее в гидросистеме) жидкости в сосуде поддерживается водяной баней, подогреваемой электрическим прибором, и контролируется термометрами. Время истечения жидкости из сосудов через отверстие фиксируется секундомером.

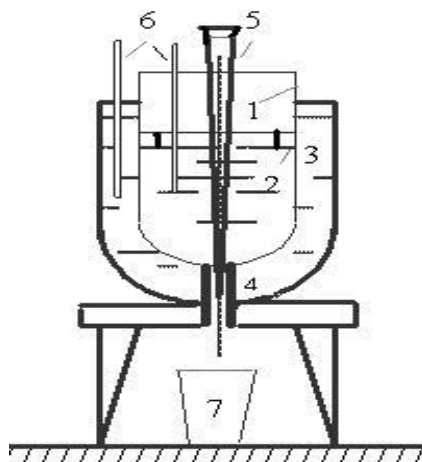


Рис. 5. Вискозиметр Энглера

1 – резервуар для исследуемой жидкости; 2 – исследуемая жидкость; 3 – водяная баня; 4 – отверстие для истечения исследуемой жидкости; 5 – запирающая игла; 6 - термометры ; 7 – мензурка для вытекающей жидкости.

Отношение времени истечения через калиброванное отверстие испытуемой жидкости в объеме 200 см³ к времени истечения такого же количества воды при температуре 20 °С характеризует вязкость жидкости, выраженную в условных единицах – градусах Энглера E°:

$$\frac{t_{\text{ж}}}{t_{\text{в}}} = E^{\circ}$$

Конструктивные элементы проектируемого вискозиметра представлены на рис.4-10.



Рис 6. Термостат для поддержания постоянной температуры водяной бани



Рис. 7. Термометр для определения значений температуры испытуемой жидкости или суспензии



Рис. 8. Термометр для определения значений температуры водяной бани



Рис. 9. Два соосных цилиндра с отверстием в центре: внутренний – для определения вязкости испытуемой жидкости или суспензии; внешний – для поддержания температуры в гидросистеме



Рис.10. Секундомер для измерения значений времени истечения исследуемой жидкости



Рис. 11. Емкость для водяной бани

Для измерения вязкости жидкости и суспензий разработана методика измерений и расчет коэффициентов кинематической и динамической вязкости.

Список литературы:

1. Тимофеева А.С., Федина В.В. Справочник теплофизика-металлурга: уч.пособие. - Старый Оскол: Из-во кпц «Роса», 2008г.-280с.
2. Глухов В.С., Дикой А.А., Дикая И.В. Гидравлика и теплотехника: Конспект лекций. – Армавир, 2012г. – 32с.
3. Брюханов О.Н., Коробко В.И., Мелик-Аракелян А.Т. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. – М.: Инфра, 2008г. – 256с.
4. Измерение вязкости при помощи вискозиметров.
http://www.6yket.ru/proizvodstvo_i_tehnologii/izmerenie_vyazkosti_pri_pomoshhi.html
5. Шариковый вискозиметр. <http://brigadeer.ru/instrument-stolyara/sharikovyj-viskozimetr.html>
6. Вибрационный вискозиметр. <http://www.webkursovik.ru/kartgotrab.asp?id=-105792>

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ С ЦЕЛЮ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА В УСЛОВИЯХ СПЦ-2 ОАО «ОЭМК»

Кужелькова Т.В., студентка гр. ТФА-08-1Д,
научный руководитель: Петрова Л.П.
СТИ НИТУ «МИСиС»

В настоящее время, когда на первый план выходит конкурентоспособность продукции, т.е. качество и цена, а отсюда и экономия энергозатрат, приоритетной становится эффективная работа нагревательных печей- основного потребителя топлива. Для нагревательных печей прокатного производства энерго- и ресурсосберегающая технология нагрева состоит, главным образом, в экономном расходовании топлива и уменьшении угара металла[1].

Снижение расхода топлива определяется в основном выбором оптимального температурного режима нагрева, уменьшением температуры продуктов сгорания, уходящих в печь, глубокой рекуперацией, интенсификацией теплообмена в рабочем пространстве печи, сокращением теплообмена в рабочем пространстве печи, сокращением потерь тепла при использовании более совершенных огнеупорных и теплоизоляционных материалов.

В сортопрокатном цехе нагрева № 2 нагрев исходных заготовок до температуры 1160-1200 °С для последующей прокатки на стане 350 производится в двух методических нагревательных печах с шагающим подом. Производительность одной печи-120 т/час. Тепловая работа печи предусматривает противоточное движение продуктов сгорания к направлению движения металла. Заготовки подаются рольгангом к торцу посада и заталкиваются на подину с помощью торцевого толкателя. Далее заготовки проходят по печи с помощью специального механизма шагания, расположенного под подиной.

В качестве топлива в печи используется природный газ. Плоскопламенные горелки, установленные в плоском своде, работают на воздухе, подогретом до 250 °С. Продукты горения образуются в зоне факела, прилегающего к своду, опускаются до металла и далее проходят вдоль печи. Дым удаляется из печи через свод в районе торца посада и направляется в рекуператор для подогрева воздуха горения.

Рабочее пространство печей нагрева состоит из 3-х зон: методической (неотапливаемой); сварочной; томильной.

В методической зоне трехсторонний нагрев металла от 20 °С до 540 °С осуществляется теплом уходящих газов из сварочной зоны.

В сварочной зоне, которая делится на три зоны, происходит нагрев металлом теплом сжигаемого топлива до технологической температуры. Печь имеет пять зон регулирования теплового режима.

Подвесные кирпичи свода выполнены из шамота ША-1. Изоляция свода выполнена муллитокремнеземистыми плитами МКРП-340. Стены печи выполнены из шамота ША-1, шамота ШБ-1, изоляционный слой из ШЛБ-1,0. Под печи состоит из четырех слоев:

- теплоизоляционного слоя (ШЛ-0,4),
- изолирующего бетона;
- легкого огнеупорного бетона;
- низкоцементного огнеупорного бетона.

При сводовом отоплении тепло, выделяющееся в зоне горения конвекцией и излучением, передается керамической поверхности, которая обеспечивает основную часть поверхности теплового потока на металл. Таким образом, печь с шагающим подом работает в условиях косвенно радиационного режима теплообмена ($Q_{1п'к} > Q_{1п'м}$).

Следуя работам М.А. Глинкова, уравнения для результирующих потоков на металл и кладку печи (при условии, что поверхности кладки и металла представляют собой две параллельные бесконечные плоскости).

$$q_m = [(Q_k - Q_m)(2 - \varepsilon_n) + (Q_n^m - Q_n^k) + q]_k \quad (1)$$

где Q_m и Q_k - эффективные тепловые потоки от металла и кладки;

Q_n^m и Q_n^k - падающие потоки от пламени на металл и кладку.

ε_n - степень черноты пламени (принятая постоянной и не зависящей от температуры).

Из уравнения (1) следует, что при режиме косвенного направленного теплообмена необходимо, развивать собственное излучение кладки стремясь всемерно увеличить ее эффективное излучение Q_k . Для этого требуется, прежде всего соответствующее увеличение температуры кладки, что вызывает необходимость применения высококачественных огнеупорных материалов. Эффективно также использование огнеупоров, обладающих высокой степенью черноты, что одновременно с влиянием температуры излучающей поверхности позволяет получить высокое значение величины собственного излучения кладки.

Влияние степени черноты кладки на интенсивность теплообмена в системе газ-кладка-металл объясняется тем, что на поверхности кладки происходит трансформация спектрального состава излучения: собственное излучение газа, имеющее дискретный спектр, частично поглощаясь кладкой, возвращается обратно в систему в виде собственного излучения кладки, спектр которого является непрерывным. В тех спектральных интервалах, где излучения газов нет (окна прозрачности), металл будет получать тепло от кладки в виде ее эффективного излучения. При увеличении степени черноты кладки, сопровождающемся повышением доли ее собственного излучения в потоке Q_k , происходит возрастание части эффективного излучения, приходящейся на окна прозрачности газа. Это приводит к уменьшению поглощательной способности газа эффективного излучения кладки и, следовательно, к увеличению потока результирующего излучения на поверхность металла.

Однако большинство используемых в промышленности огнеупоров, не бывших в употреблении, имеют низкую степень черноты, которая постоянно повышается, достигая желаемого уровня лишь после 1,5 и более лет эксплуатации. Поэтому целесообразно применять футеровку, имеющую с самого начала эксплуатации высокую степень черноты.

Одним из направлений решений задачи энергосбережения, является применение волокнистых футеровочных и теплоизоляционных материалов, которые сочетают в себе высокотемпературные, огнеупорные и изоляционные свойства, низкую теплопроводность и малоинерционность.

Основой для производства волокнистых материалов являются муллитокремнеземистые и базальтовые волокна с применением высокотемпературных неорганических связывающих. Все волокнистые материалы обладают эластичностью, малой

кажущейся плотностью и малой теплопроводностью трещиностойкостью, значительной прочностью на разрыв и на изгиб, термостойкостью. Низкая теплопроводность позволяет существенно уменьшить габариты печи за счет толщины футеровки с одновременным снижением тепловых потерь через нее.

Кроме того, применение керамоволокнистых материалов за счет высокой степени черноты (до 0,90-0,95, у шамота например 0,6-0,7 при температуре 1200 °С) в сочетании с современными горелками позволяет повысить радиационную составляющую процесса теплопередачи при нагреве заготовок[2].

За последние 20 лет разработаны и применяются неформованные, огнеупорные материалы (бетонные, набивные массы, блоки), которые обладают высокой стойкостью и высокими теплоизоляционными свойствами. Кроме того упрощается монтаж футеровки и ее ремонт.

В настоящее время футеровка печей СПЦ- 2 не соответствует требованиям времени. Это связано в первую очередь с потерями тепла через свод и стены, что влечет за собой повышенный расход газа и низкой стойкостью футеровки. Печи футеруются штучными огнеупорными изделиями, стойкость которых составляет не более 2 лет, с промежуточными ремонтами.

Для сокращения потерь тепла и интенсификации теплообмена в рабочем пространстве печи предлагается:

- футеровку свода выполнить из керамоволокнистых плит НД-3000 ($t_{исп}=1540$ °С; $\rho=416-480$ кг/м³; $\lambda_{1100}=0,2$ Вт/м·К; $\varepsilon=0,9$);
- футеровку стен выполнить трехслойной с рабочим слоем из огнеупорного бетона СМКРБТ ($t_{исп}=1450$ °С; $\lambda_{500}=0,92$; $\lambda_{800}=1,14$; $\lambda_{1000}=1,21$ Вт/м·К), второй слой выполнить из шамота-легковеса ШЛ-0,4, третий теплоизоляционный слой-войлок МКРВ-200.

С целью подтверждения экономической и технологической эффективности предлагаемой реконструкции были выполнены расчеты температурного режима и нагрева металла, а также тепловых балансов печи нагрева до и после замены футеровки.

Результаты расчетов после замены футеровки сведены в таблицу 1 .

Таблица 1.[Тепловой баланс методической печи с шагающим подом после замены футеровки.

Статья прихода	кВт	%	Статья расхода	кВт	%
Тепло от горения топлива	35886,27	91,23	Тепло на нагрев металла	25858,75	65,65
Физическое тепло воздуха	3448,26	8,77	Тепло, уносимое уходящими продуктами сгорания	8292,47	21,05
			Потери тепла теплопроводностью через кладку печи	795,45	2,02
			Неучтенные потери,	4442,15	11,28
Итого:	39334,53	100	Итого:	39388,82	100

Время нагрева металла $\tau=158,5$ мин.

Расход топлива $V=1,0712$ м³/с.

На основе выполненных расчетов можно сделать вывод: при замене футеровки печи нагрева на более совершенную и увеличение степени черноты кладки с $\varepsilon_k=0,7$ до $\varepsilon_k=0,9$

время нагрева заготовок уменьшилось на 4,2 мин, а расход топлива снизился на 0,034 м³/с. (1041,98 тыс. м³/год)

Список литературы:

1. В.Л. Гусовский. Перспективы совершенствования работы нагревательных печей прокатного производства на отечественных металлургических заводах.-« Изв.вузов. Черная металлургия» № 11,2002.-с.57-59.
2. Оснос.С.П., Гололобов О.И. Применение современных волокнистых теплоизоляционных и огнеупорных материалов тепловых агрегатах и сооружениях.-«Строительные материалы и изделия»№11,2002 -с.24-27.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Малахов Д.В., студент,
Трубицына О.В., студент
ОПК СТИ НИТУ «МИСиС»

Энергосбережение - это комплексная многоцелевая и долговременная проблема. Она должна решаться такими методами, чтобы заинтересовать в снижении рационального расходования ТЭР проявлялась не только у государства, но и у каждого производителя и потребителя топлива и энергии.

Разработка энергосбережения проводится в следующем порядке:

- оценка текущего состояния использования ТЭР на предприятии;
- разработка энергетического баланса и определение удельных расходов энергии;
- выявление оборудования с высоким расходом энергии;
- оценка эффективности различных мероприятий по экономии энергоресурсов;
- определение конкретных задач по экономии энергоресурсов;
- составление плана и комплексных программ для решения задач экономии энергии и топлива;
- реализация программ;
- оценка результатов внедрения энергосберегающих мероприятий.

Методика оценки резервов ТЭР:

- 1) анализ фактического энергоиспользования;
- 2) определение резервов экономии ТЭР;
- 3) формирование плана мероприятий по экономии ТЭР.

На сегодняшний день, энергосбережение на предприятиях и в организациях становится насущной задачей. Цена на энергоносители, а с ними и на поставляемую электроэнергию и тепло постоянно возрастает. В себестоимости конечной продукции промышленных предприятий высока доля затрат на тепловую и электрическую энергию (в полтора – два раза выше, чем в промышленно развитых странах), что негативно сказывается на конкурентоспособности товаров и оборудования произведенного отечественным производством. Таким образом, проблему энергосбережения, которая сегодня как никогда актуальна, следует понимать как проблему сокращения энергетических затрат на единицу производимой конечной продукции, т.е. как проблему снижения энергоемкости производства.

Энергоемкость — это показатель, отражающий количество энергии, затраченной за год для производства продукции на единицу ВВП (валовой внутренний продукт). За единицу ВВП обычно берется 1000 долларов США.

Энергосбережение является одним из наиболее эффективных направлений научно-технического прогресса и средством активизации структурной перестройки, определяющим фактором долговременного действия, имеющим экономический эффект для всего народного

хозяйства страны. Оно способствует ускорению темпов роста производства, снижению цен на промышленную продукцию, достижению высоких конечных результатов, решению социальных и экологических задач.

Цель энергосбережения – экономия топлива за счет экономии конечной энергии (электрофизическая, электрохимическая, низко-, средне- и высокотемпературная, силовая, преобразованной энергии (электрическая, пар, горячая вода, обогоруженное топливо и др.), первичных энергетических ресурсов (органическое топливо, гидроэнергия, ядерное топливо, энергия солнца, ветра, геотермальных источников и др.).

К конечной энергии относят энергию, получаемую после преобразования энергоресурсов и используемую в различных процессах потребителей. Установлено, что менять потребление конечной энергии можно путем воздействия на неэнергетическую часть производственных сил общества. Экономия конечной энергии делает возможной экономию энергоносителей и экономию первичных энергоресурсов, поэтому означает подлинное энергосбережение и снижение энергоемкости экономики. Процесс энергосбережения в этой связи зависит от КПД энергоиспользующих установок потребителей, от КПД стадии переработки и преобразующих установок (учетом потерь при распределении энергоресурсов) и КПИ первичных энергоресурсов.

В промышленности более 2/3 потенциала энергосбережения находится в сфере потребления наиболее энергоемкими отраслями - химической и нефтехимической, топливной, строительных материалов, лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной, пищевой и легкой промышленностью.

Для того чтобы рационально тратить топливно-энергетические ресурсы в производстве, не говоря уже о наиболее энергоемких отраслях, необходимо непрерывное управление.

Управление энергосбережением в промышленном производстве включает в себе управление нововведениями в системах энергоснабжения и управление использованием энергии в объединениях (организациях). Управление энергосбережением как всякая система управления предполагает управление средствами труда (энергосберегающими техникой и технологией) и управление людьми (трудовыми коллективами), занятыми обеспечением энергосберегающих мероприятий. В этой связи управление нововведениями (учитывая крупные энергетические маневры и хозяйственные эксперименты) должно включать в себя управление энергосберегающими техникой, технологией, экономико-организационными средствами и управление людьми (трудовыми коллективами), участвующими в процессе разработки, внедрения и эксплуатации перспективного аппарата энергосбережения.

Управление использованием топливно-энергетических ресурсов представляет собой совокупность управления режимами энергопотребления (учитывая интенсификацию использования энергооборудования), экономико-организационными мероприятиями и людьми (трудовыми коллективами), занятыми разработкой, внедрением и эксплуатацией энергетических установок. При рассмотрении системы управления энергосбережением необходимо учитывать иерархию управления и связи – межотраслевые, внутриотраслевые внутри объединений (предприятий).

В плане энергосбережения рациональное использование ТЭР следует рассматривать как введение более целесообразной организации их потребления при заданной структуре энергоприемников и энергоустановок.

Значительные резервы экономии ТЭР в этих отраслях обусловлены несовершенством технологических процессов и оборудования, схем энергоснабжения, недостаточным внедрением новых энергосберегающих и безотходных технологий, уровнем утилизации вторичных энергоресурсов, малой единичной мощностью технологических линий и агрегатов, применением неэкономичной осветительной аппаратуры, нерегулируемого электропривода, неэффективной загрузкой энергооборудования, низкой оснащённостью приборами учета, контроля и регулирования технологических и энергетических процессов, недостатками, заложенными при проектировании и строительстве предприятий и отдельных

производство, низким уровнем эксплуатации оборудования, зданий и сооружений. Решение вышеперечисленных проблем следует решать с помощью следующих трех крупных направлений энергосбережения.

1. Рациональное использование топлива и энергии.
2. Структурная перестройка экономики
3. Внедрение энергосберегающих технологий, процессов, аппаратов и оборудования

РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ МЕТАЛЛИЗОВАННОГО ПРОДУКТА

М.В. Моисеев, студент,
научный руководитель: к.т.н., доц. **А.С. Тимофеева**
СТИ НИТУ «МИСиС»

В современной металлургии железо прямого восстановления получило широкое распространение, что не только диктуется требованиями экологической безопасности к промышленным производствам, но и является идеальным сырьем для производства стали как в электродуговых печах, так и конвертерах.

Белгородская область - это флагман железа прямого восстановления не только в России, но и в Европе. Производство железа прямого восстановления в области составляет 5млн. 230тысяч тонн в год, из которых 2,5 млн. т. горячебрикетированное железо.

Для увеличения эффективности производства и выхода годного металла очень важно иметь качественный металлизированный продукт. Основные характеристики металлизированного продукта – степень металлизации и содержание пустой породы.

Степень металлизации, характеризующую глубину восстановления исходного сырья, определяют как отношение формула 1.

$$M = \frac{Fe_{мет}}{Fe_{общ}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

где $Fe_{мет}$ – содержание железа металлического, %
 $Fe_{общ}$ – содержание железа общего, %.

Степень металлизации применяемого для выплавки стали губчатого железа колеблется в пределах 90 – 97 %. Данный показатель характеризует количество кислорода или оксидов железа в металлизированных материалах, представленных FeO (недовосстановленные оксиды исходного сырья) и Fe₂O₃ (продукты вторичного окисления губчатого железа). Но, как правило, в процессе транспортировки и хранения этот показатель уменьшается, так как происходит процесс вторичного окисления продукта, которое возникает в результате контакта свежевосстановленного железа с окислительной средой атмосферного воздуха. При длительном хранении металлизированный материал разогревается, тем самым ускоряя процесс окисления. В результате, это приводит к увеличению оксидных включений в металлизированном сырье, что усложняет процесс удаления вредных примесей в процессе плавки, приводя к дефектам и, как следствие, к браку.

При транспортировке существует опасность самовоспламенения металлизированного сырья, так как при значительном разогреве и наличии влаги, образуется водород, который может образовывать взрывоопасные смеси или гореть. Проведение погрузочно-разгрузочных работ также сопряжено с опасностью значительного развития процессов вторичного окисления, так как при этом может образовываться большое количество железа мелкой фракции, а, следовательно, увеличение свободной поверхности металлизированного сырья. Закрытое помещение без вентиляции способствует накоплению взрывоопасных веществ. Открытые помещения способствуют поступлению большого количества кислорода воздуха, а следовательно образование большого количества оксидов. Поэтому существует необходимость изучения процесса окисления, его поведение от различных факторов, что

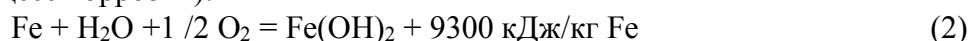
поможет контролировать процесс окисления, и создать необходимые условия при транспортировке и хранении с целью уменьшения окисления.

Склонность губчатого железа к окислению определяется его реакционной способностью, которая измеряется количеством прореагировавшего кислорода с 1 т окатышей за сутки. Этим показателем пользуются все фирмы, производящие металлизированное сырье.

Окисление губчатого железа в смеси кислорода и азота, как правило, протекает в две стадии (первая стадия имеет значительно более высокие скорости, чем вторая). Если в смеси $< 1\% \text{ O}_2$, образуется очень тонкий слой оксидов (толщиной менее 1 нм), и степень вторичного окисления не превышает 1% [2].

При доле кислорода в газовой смеси $> 1\%$ степень окисления растет с увеличением содержания кислорода. При этом конечная степень вторичного окисления зависит от суммарной поверхности пор и их распределения по размерам.

Более интенсивно проходят процессы взаимодействия кислорода с железом в присутствии воды (процесс коррозии):



Гидроксид железа реакции (2) получается пористым и не служит защитой от дальнейшего окисления. При значительном разогреве губчатого железа может идти реакция



Выделяющийся при этом водород может образовывать взрывоопасные смеси или гореть. По содержанию водорода в бункерах с металлизированными окатышами судят о степени разогрева окатышей.

В свою очередь реакционная способность зависит от температуры, при которой храниться металлизированный продукт. Так, с повышением температуры среды, реакционная способность металлизированного продукта увеличивается.

Зависимость от температуры (вблизи 80°C) для окатышей удовлетворительно описывается уравнением [2]:

$$R_B = 0,80219 - \exp(0,1103t - 0,000672t^2) \quad (4)$$

где t - температура окисления.

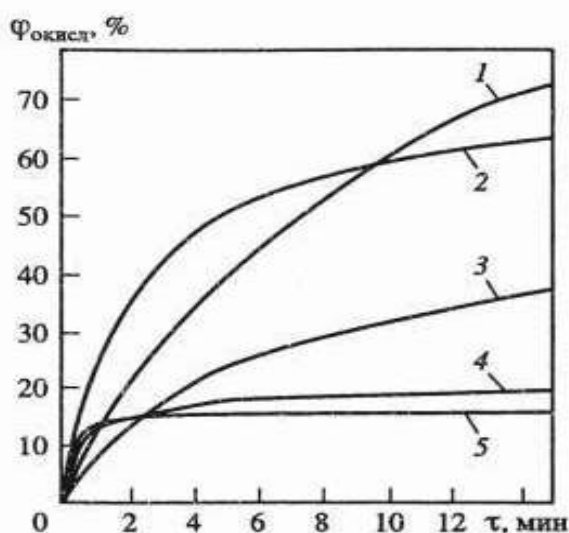


Рис.1. Влияние температуры на степень вторичного окисления губчатого железа (расчет по модели) 1-500 °С; 2-600 °С; 3-400 °С; 4-700 °С; 5-800 °С.

Большое влияние на вторичное окисление оказывает фракционный состав (Рис.2.). Например, за 60 суток хранения на открытом воздухе содержание $\text{Fe}_{\text{мет}}$ в брикетах, не подверженных разрушению, снижается всего на 1%, в то время, как во фрагментах

крупностью более 25мм снижение содержания $Fe_{мет}$ становится заметным по истечении 40 суток хранения, а по истечении 60 суток составляет 5-6 %. Еще более подвержены вторичному окислению фрагменты брикетов кл. -25 +5 и -5 +0 мм. Процесс окисления $Fe_{мет}$ во фрагментах кл. -5мм практически начинается с первых дней хранения на открытом воздухе, а за 60 суток содержание $Fe_{мет}$ в них снижается на 25 - 30 %[3].

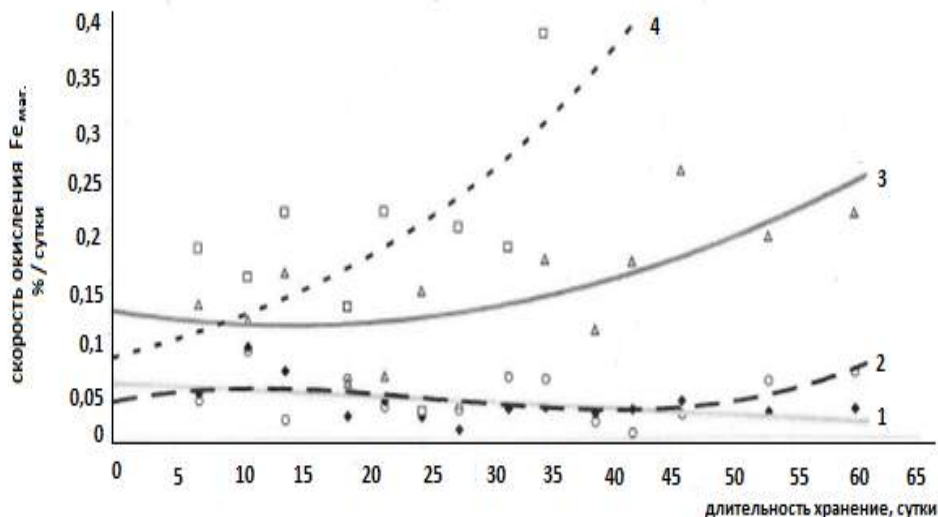


Рис.2. 1-Брикеты 2- Класс +25мм 3- Класс -25+5 мм-чипсы 4- Класс -5 мм металлизированная мелочь [3].

Для определения окисления металлизированного продукта в условиях кафедры ММ СТИ НИТУ МИСиС был сконструирован прибор, представляющий собой непроницаемый сосуд для газа, соединенный с нагнетателем с одной стороны и манометром У-образником с другой. Другой открытый конец трубки манометра соединяется с атмосферой. Определялась реакционная способность окатышей, чипсов, брикетов различного размера (от целых до четвертинок) при неизменной концентрации кислорода в реакционном сосуде, достигаемой периодической добавкой поглощенного кислорода. Метод позволяет определять реакционную способность металлизированного продукта в любых условиях (различное давление, температура, кислород), только сухого.

Реакционную способность металлизированного продукта определяли по формуле (5):

$$R = K \times \frac{(A - B)}{C} \times \frac{(D - E)}{(F - G)} \quad (5)$$

где: R=Реакционная способность: потребление сухим материалом O_2 в день в $Нм^3/$ тонну

A=Вес воды плюс вес образца (в граммах)

B=Вес влажного образца после слива воды (в граммах)

C=Вес сухого образца (в граммах)

D=Показание манометра при 75 % испытательного цикла

E=Показания манометра при 25 % испытательного цикла

F=Время (в минутах) при 75% испытательного цикла

G=Время (в минутах) при 25% испытательного цикла

K=0,132 если значения D и E даются в мм/водяного столба

Для определения реакционной способности чипсов, целых брикетов и четвертинок проводили эксперименты с одним и тем же видом несколько раз (не менее 3 раз), затем находили средние значения перепада давления для каждого вида металлизированной продукции и определяли реакционную способность. Результаты экспериментов представлены на рис.3-5.

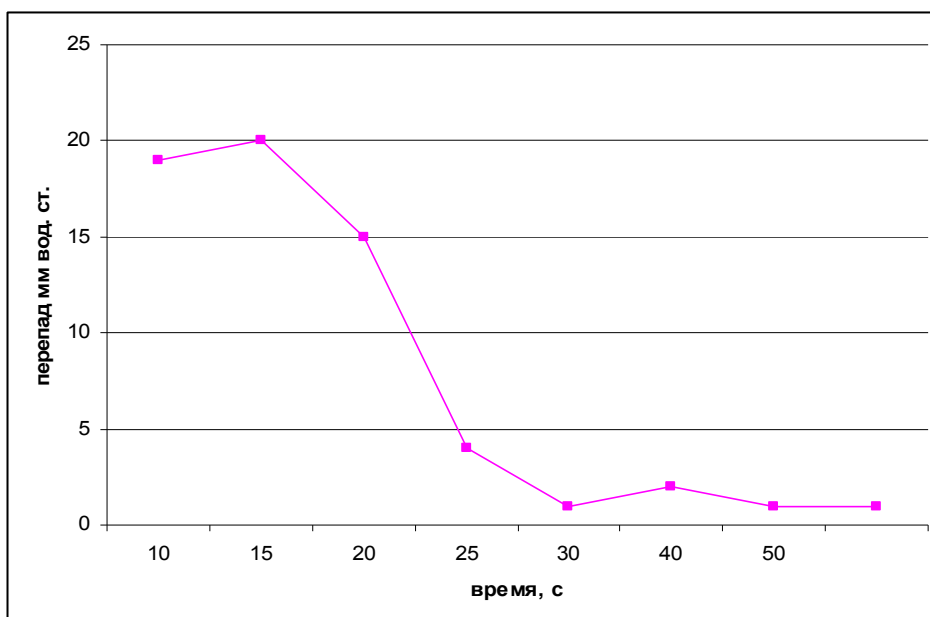


Рис.3. Зависимость перепада давления газа в сосуде от времени для «чипсов»

На Рис.3. видно, что с течением времени относительное давление в сосуде уменьшалось за счет поглощения кислорода чипсами. Но со временем перепад становился меньше.

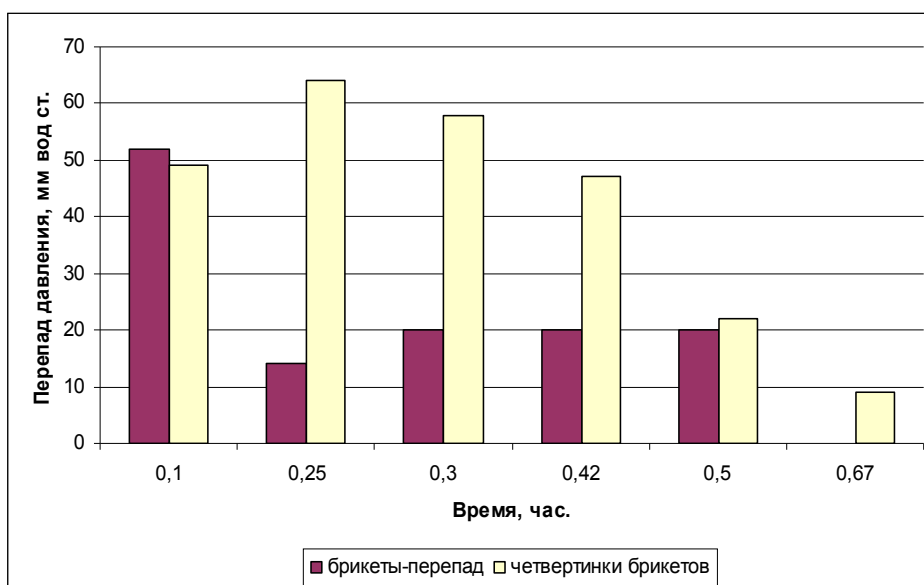


Рис. 4 Зависимость перепада давления газа в сосуде от времени для брикетов и четвертинок брикетов

На Рис.4. представлена зависимость перепада давления в реакционном сосуде от времени для брикетов и четвертинок брикетов, из анализа можно сделать вывод, что с уменьшением размеров, а, следовательно, увеличением свободной поверхности, реакционная способность продукта будет расти, за счет увеличения поверхности контакта газа окислителя с металлизированным материалом.

По полученным результатам рассчитали реакционную способность металлизированного продукта, относительная величина которой представлена на рис.5.

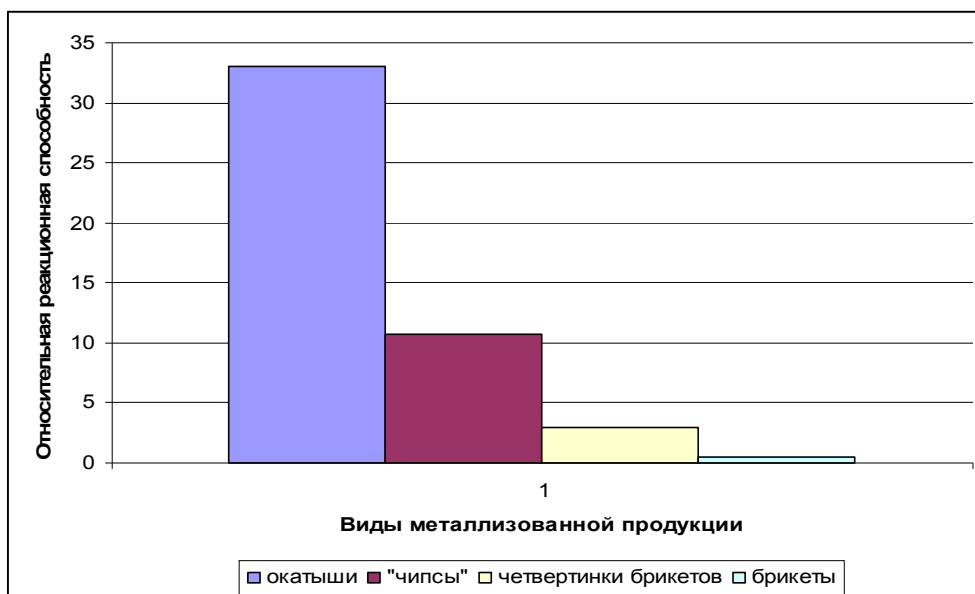


Рис.5. Относительная реакционная способность металлизированной продукции

Выводы: Реакционная способность металлизированного продукта тем выше, чем меньше размер его при одинаковых остальных параметрах. Если брикеты имеют недостаточную прочность, то при транспортировке они разрушаются и при этом теряют свою металлургическую ценность: так целые брикеты имеют реакционную способность в 6 с лишним раз меньшую, чем четвертинки, в 23 раза меньшую чем «чипсы» и 66 раз меньшую, чем у окатышей.

В настоящее время не существует установки по определению реакционной способности влажного металлизированного продукта.

На кафедре ММ СТИ НИТУ МИСиС была создана установка, которая дает возможность с течением времени определять выделение водорода и поглощение кислорода при окислении металлизированного продукта.

При этом регистрируется давление и температура в сосуде с металлизированным продуктом.

В результате исследований можно выяснить:

- какое количество тепла выделяется при окислении влажного металлизированного продукта
- существует ли возможность возгорания и самовоспламенения как целого брикета, так и различных по величине кусков
- какие условия необходимы для безопасной транспортировки ГБЖ и металлизированных окатышей

Важными факторами увеличивающими скорость окисления являются условия среды при которых находится металлизированный продукт, а именно температура и влажность. Так же большое значение имеет величина свободной поверхности, в том числе и пористости материала. В качестве снижения скорости вторичного окисления металлизированного продукта используют следующие технологические приемы, повышение температуры восстановительного газа в шахтной печи, увеличение плотности брикетов, повышении прочности брикетов и офлюсование окатышей, как исходного сырья для производства брикетов. Наиболее эффективным способом снижения скорости вторичного окисления металлизированных брикетов является сохранение их целостности, что может быть достигнуто путем повышения прочности брикетов.

Расчет средневзвешенного значения степени металлизации металлизированного продукта, имеющего различный гранулометрический состав, показал, что для снижения

степени металлизации не более чем на 1% за 30 суток, содержание класса -5мм не должно превышать 4%, а содержание класса +25 мм должно быть не ниже 75%.

Список литературы:

1.Юсфин Ю.С., Гиммельфарб А.А., Пашков Н.Ф. Новые процессы получения металла. М.: Металлургия. 1994. 320с.

2.Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф. Металлургия железа.-М.:ИКЦ «Академкнига»,2007.-464.: ил.

3.Никитченко Т.В. Исследование и разработка технологии производства горячекрикетированного железа из концентратов КМА на промышленной установке металлизации NYL-III дис. На соиск. К.т.н. ,г.Липецк, 2007.-167с.

СПОСОБЫ УПРОЧНЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Некрасова А.А., студентка,

научный руководитель: Родзевич А.П., ст. преподаватель

Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета

В данной работе я рассматривала виды упрочнений покрытий.

Упрочнение деталей дополнительными покрытиями их поверхностей предназначено для защиты от коррозионного влияния сред, в которых происходит эксплуатация машин, и для придания изделиям эстетичного внешнего вида. В качестве материалов для таких покрытий применяют масляные краски, лаки, нитрокраски, эмали, синтетические пластические материалы, цветные металлы и железо.

Способ нанесения покрытий зависит как от производственных условий, так и от физико-химических свойств материалов, применяемых для покрытия. Краски, лаки и эмали наносятся на покрываемые поверхности кистями или пульверизацией с последующим высушиванием покрытий в специальных сушильных камерах. Выбирают материал для покрытия и назначают толщину его слоя с учетом оптимального сочетания технико-экономических требований к качеству покрытий по его долговечности, эстетическому оформлению изделия и затратам на производство покрытий, пользуясь при этом нормативами коррозионной стойкости для каждого вида покрытия, удельными нормами расхода материалов на 1 м².

Металлические покрытия применяются как для коррозионной защиты деталей и придания им внешнего вида в соответствии с требованиями промышленной эстетики, так и для повышения износостойкости.

Для нанесения металлических покрытий применяют следующие способы: гальванические, химические, металлизацию, напыление, электродуговую и газопламенную наплавки, электроискровое упрочнение.

Гальванические способы нанесения упрочняющих и защитных покрытий широко применяют во всех отраслях машиностроения благодаря сравнительной простоте обработки, возможности нанесения покрытий на детали без деформаций на конечных стадиях обработки, низкой удельной себестоимости покрытий по сравнению с себестоимостью покрываемых деталей, значительному (в несколько раз) повышению их долговечности.

Гальваническим способом на поверхности деталей наносятся медь, хром, никель, цинк и другие металлы.

Гальваническое хромирование применяют для повышения износостойкости и коррозионной стойкости деталей. При применении хромирования для защиты от коррозии поверхности деталей покрывают промежуточным слоем меди толщиной 0,03-0,05 мм и слоем никеля толщиной 0,015-0,02 мм или только слоем никеля, после чего наносят слой хрома толщиной 0,01-0,2 мм.

Для повышения износостойкости слой хрома толщиной 0,1-0,2 мм наносят непосредственно на обезжиренные и очищенные поверхности детали. Для этого предпочтительнее наносить слой хрома электролитическим способом.

Осталивание – один из эффективных способов покрытия поверхностей деталей упрочняющим слоем. Для этого осаждают электролит, состоящий из раствора солей хлористого железа или железного купороса. В зависимости от состава электролита и режимов осаждения покрытий получают мягкие покрытия с твердостью, соответствующей углеродистой незакаленной стали, и твердые, приближающиеся к твердости углеродистой закаленной стали (250-600 HV).

Основное преимущество осталивание заключается в большой прочности сцепления покрытия с основным металлом. Эти покрытия не отслаиваются даже при пластических деформациях. Осталивание применяется как при ремонте для восстановления размеров деталей, так и при изготовлении новых деталей. Себестоимость покрытия осталивание в два-три раза ниже, чем хромированием. Толщина слоя после чистовой обработки должна быть не менее 0,3 мм.

Твердое никелирование применяется для повышения износостойкости трущихся поверхностей. Никелевые поверхности имеют меньшую твердость, чем хромовые, но обладают по сравнению с ними следующими преимуществами: сравнительно легко обрабатываются, имеют большую вязкость даже при больших толщинах слоя, коэффициент линейного расширения никеля близок к стали. Толщина покрытия после шлифования должна быть не менее 0,2 мм.

Борирование заключается в осуществлении диффузии бора в поверхностный слой металла с образованием в нем боридов железа, а при наличии углерода – карбидов бора. После борирования поверхностный слой обладает твердостью 2000-2500 HV. Толщина борированного слоя на низколегированной стали при температуре борирования 950 °С до 0,3 мм. Дальнейшее увеличение температуры приводит к возрастанию хрупкости

Борированный слой не изменяет своих свойств при нагреве до 800 °С, прочность его сцепления с основным металлом такая же, как у цементного слоя. Высокая твердость придает борированному слою высокую износостойкость, благодаря чему этот процесс эффективно применяется для упрочнения деталей машин, работающих в тяжелых абразивных условиях с ударными нагрузками. Упрочнение наплавлением материалов с более высокими износостойкими свойствами применяется для повышения долговечности деталей, работающих в условиях трения с большими удельными давлениями или в условиях активного абразивного изнашивания. Применяемые способы наплавки можно разделить на следующие основные виды: газопламенную, электродуговую ручную, электродуговую полуавтоматическую. Газопламенная и электродуговая ручная наплавки применяются в основном на ремонтных работах и в условиях единичного и мелкосерийного производств. В конструкциях деталей новых машин следует предусматривать полуавтоматическую и автоматическую наплавки. В качестве наплавляемых материалов применяют специальные стержневые и порошковые электроды, а для плоских и криволинейных поверхностей – ленточные электроды. Толщину наплавленного слоя можно назначать в зависимости от износа, допускаемого эксплуатационными требованиями, в диапазоне от 0,5 до 3 мм.

Электроискровое упрочнение применяется для упрочнения поверхностей деталей, подвергающихся изнашиванию при трении без смазочного материала (или с небольшим количеством) с большими удельными давлениями, а также в условиях активной эрозии, например букс роликовых подшипников, лопаток газовых турбин, лопаток крыльчаток, дробеметных аппаратов, режущих инструментов, деталей точных приборов.

Нанесение упрочняющего слоя происходит при электроискровом разряде между электродом из упрочняющего материала и покрываемой поверхностью.

В качестве упрочняющих материалов используются высоколегированные стали, твердые сплавы, графит, феррохром и другие.

Электроискровое упрочнение по сравнению с другими способами упрочнения менее производительно, а удельные затраты (на 1 мм³ упрочняющего материала) в несколько раз больше, чем, например, при наплавке. Поэтому назначение для деталей упрочнения этим способом должно обосновываться либо требованиями повышенной износостойкости, либо конструктивными условиями (небольшая площадь и толщина упрочняющего слоя, недопустимость влияния остаточных напряжений в наплавленном слое, которые могут вызвать деформации точных деталей, и т. п.).

Список литературы:

1. http://dljamashinostroitelja.info/2011/01/tehnologicheskie_trebovaniya_k_uprochnyayusc_him_pokrytiyam/
2. Краткий справочник гальванотехника / А.М. Ямпольский, В.А. Ильин – Л.: Машиностроение, 1981. – 269 с

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ ЧЕРЕЗ ФУТЕРОВКУ ПЕЧИ ОТЖИГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Павленко Д.К., студентка гр. М-09-1Д
СТИ НИТУ «МИСиС»

Печи для отжига работают таким образом, что осуществляется нагрев до определенной температуры, а потом медленно охлаждается. Как правило, печь используют для крупно-зернового отжига, т.к в этом случае имеется возможность увеличения размера отдельных кристаллов. Такие печи позволяют добиться стабильности материала и заметно уменьшить тягучесть, это бывает необходимо для некоторых механических процессов.

Устройство печи для отжига применяется также при термообработке снятия напряжения при температурных режимах, таких как 480–680°С, что в результате приводит к перемещению остаточного напряжения заготовки. Напряжение, возникающее в процессе работы печи для отжига, является результатом механической деформации, очень важно, чтобы другие свойства стали не были изменены.

В настоящее время существует большое количество численных методов расчёта потерь тепла через футеровку печи. Аналитическое решение задачи нагрева и охлаждения этих элементов, например, остывающей многослойной подины термической печи в момент ее разгрузки и др., представляет определенные трудности. Существует много различных методов упрощенного решения задач теплопроводности. Одним из наиболее распространенных - численный метод конечных разностей (метод сеток). Этот метод основан на замене производных их приближенным значением, выраженным через разности функций в отдельных точках (узлах) сетки. Окончательный результат решения записывается выражением, по которому последующая температура в данной точке является функцией времени и начальной температуры данной и смежной точек (узлов сетки).

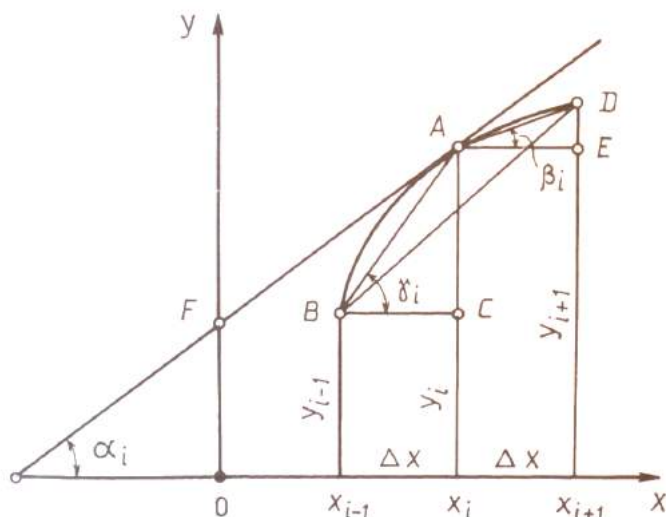


Рис. 1. Определение производной функции $f(x)$

При расчете многослойных стенок можно использовать рассмотренный выше метод численного интегрирования. При этом толщина одного из слоев принимается основной, а толщины остальных слоев многослойной стенки приводятся к эквивалентным значениям, используемым в дальнейшем для расчетов. Чтобы определить температуру наружной поверхности такой составной стенки, можно использовать приближенный метод, который состоит в том, что процесс внешнего теплообмена заменяется процессом теплопроводности в дополнительном фиктивном слое с термическим сопротивлением, равным термическому сопротивлению теплоотдачи. Используя метод конечных разностей, рассмотренную задачу можно решать графически [1].

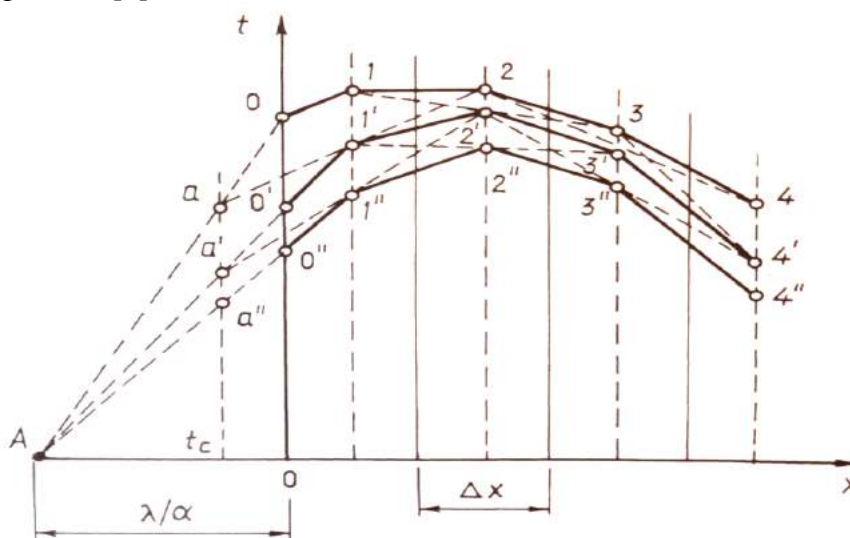


Рис. 2. Распределение температуры по толщине футеровки

Метод конечных разностей позволяет выполнить тепловые расчеты при переменных теплофизических характеристиках (κ , a , α) и температуре окружающей среды. При этом графики распределения температуры будут соответствовать различным отрезкам времени и каждому отрезку времени должна соответствовать своя направляющая точка.

Объектом данного теоретического исследования явилась термическая печь отжига сортопрокатного цеха №2 Оскольского электрометаллургического комбината. Предложенный метод был реализован для расчёта потерь тепла через футеровку печи. Исходными данными являлись следующие: верхний слой выполнен из диатомита толщиной 115 мм, нижний – из огнеупорного шамотного кирпича толщиной 465 мм. Температура

пода перед выкаткой составляет: поверхность со стороны камеры – 830°C , наружная поверхность – 70°C , время охлаждения пода на воздухе – 45 мин, пребывания пода в печи – 2,25ч. Температура в цехе $t_c=20^{\circ}\text{C}$.

Так как время охлаждения разогретого пода значительно меньше времени пребывания пода в печи, можем считать, что по толщине двухслойного пода устанавливается стационарное распределение температуры (описывается уравнением прямой линии в пределах каждого слоя составной стенки).

Температуру на границе раздела слоев из диатомита и шамотного кирпича можно найти из условия равенства тепловых потоков, проходящих через составную стенку.

В качестве расчетных принимаем следующие коэффициенты теплопроводности магнезита и шамота (для ориентировочных средних температур): $\lambda_d=1,3 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; $\lambda_{ш}=0,87 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ [2].

Температура в стыке слоев двухслойного пода:

$$t_{д,ш} = \frac{\frac{\lambda_d}{X_d} \cdot t_{д(п)} + \frac{\lambda_{ш}}{X_{ш}} \cdot t_{ш(п)}}{\frac{\lambda_d}{X_d} + \frac{\lambda_{ш}}{X_{ш}}} = \frac{\frac{1,3}{0,115} \cdot 830 + \frac{0,87}{0,465} \cdot 70}{\frac{1,3}{0,115} + \frac{0,87}{0,465}} = 726,2^{\circ}\text{C}.$$

Средняя температура слоя диатомита:

$$t_{д,ср} = \frac{t_{д(п)} + t_{д(ш)}}{2} = \frac{830 + 726,2}{2} = 778,1^{\circ}\text{C}.$$

Средняя температура слоя шамота:

$$t_{ш,ср} = \frac{t_{д,ш} + t_{ш(п)}}{2} = \frac{726,2 + 70}{2} = 398,1^{\circ}\text{C}.$$

Определим коэффициент температуропроводности диатомита и шамота. Средняя температура слоя диатомита составляет $778,1^{\circ}\text{C}$. Следовательно, удельная теплоемкость диатомита при этой температуре:

$$C_{д,ср} = (0,225 + 0,00006 \cdot t_{м,ср}) \cdot 4,19 = (0,225 + 0,00006 \cdot 778,1) \cdot 4,19 = 1,138 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$$

Плотность диатомита $\rho_d = 700 \text{ кг}/\text{м}^3$. Коэффициент его температуропроводности:

$$a_{д,ср} = \frac{\lambda_{д,ср}}{C_{д,ср} \cdot \rho_d} = \frac{1,3 \cdot 3,6}{1,138 \cdot 700} = 0,0058 \text{ м}^2/\text{ч}.$$

Зная коэффициент температуропроводности, находим длину расчетного участка Δx по толщине диатомитовой кладки:

$$(\Delta x)_d = \sqrt{2 \cdot a_{д,ср} \cdot \Delta \tau} = \sqrt{2 \cdot 0,0058 \cdot 0,375} = 0,0659 \text{ м}.$$

Количество расчетных участков размером $(\Delta x)_d$ в слое диатомита:

$$n_{д=} = \frac{X_d}{(\Delta x)_d} = \frac{0,115}{0,0659} = 1,7$$

Количество расчетных участков размером $(\Delta x)_{ш}$ в слое шамота:

$$(\Delta x)_{ш=} = \frac{X_{ш}}{n_{ш}} = \frac{0,115}{0,0216} = 5,3$$

Для дальнейших расчетов принимаем целое число участков $n_d = 2$. $n_{ш} = 5$. Следовательно, толщина расчетного участка:

$$(\Delta x)_{д=} = \frac{X_d}{n_d} = \frac{0,115}{2} = 0,0575$$

Эти же действия были выполнены и для слоя шамотного кирпича.

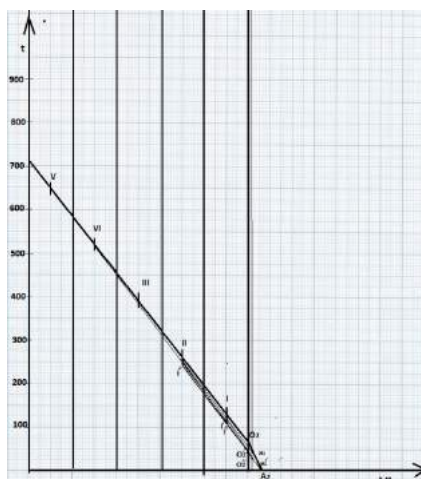


Рис.3. График распределения температуры в многослойной стенке (диатомит)

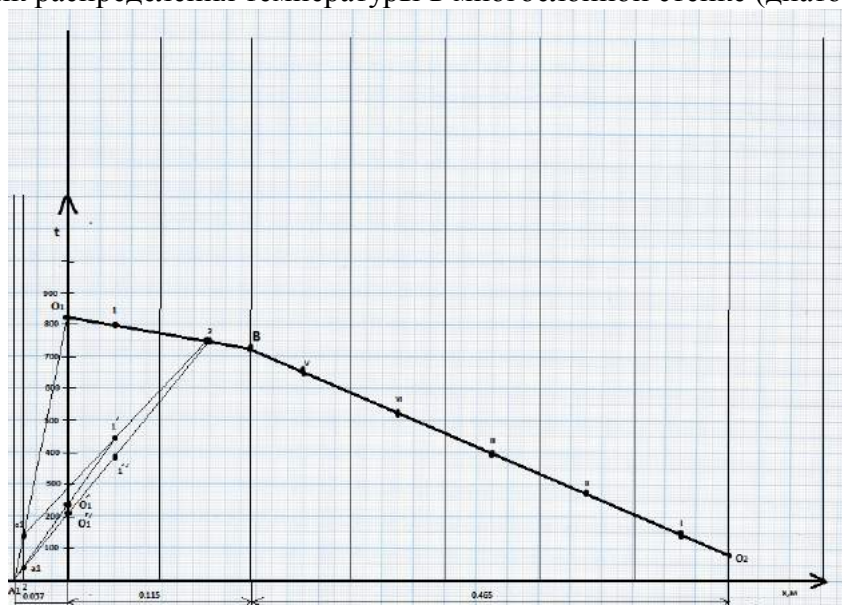


Рис.4. График распределения температуры в многослойной стенке (шамот)
Полученные результаты расчётов могут быть полезны при реконструкции печей.

Список литературы:

1. Кривандин В.А., Белоусов В.В., Сборщиков Г.С. и др. Теплотехника металлургического производства т.2. Конструкция и работа печей: Учебное пособие для вузов - М.: МИСиС, 2001-736с.
2. Мастрюков Б.С. Теория, конструкции и расчеты металлургических печей т.2. Расчеты металлургических печей.- М.: Металлургия, 1986.-376с.

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ В ДУГОВОЙ ПЕЧИ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Плеханов Н.А., студент гр. МЧМ-08 З,
научный руководитель: Петрова Л.П.
СТИ НИТУ «МИСиС»

Работа направлена на исследование совершенствования технологии электроплавки и сокращение расхода электроэнергии в ДСП-150 с использованием подогрева металлизированных окатышей [1].

Стенд для нагрева окатышей представляет собой бункер, футерованный с внешней стороны и помещенный внутрь кожуха. Между бункером и кожухом остается пространство для циркуляции горячих дымовых газов, поступающих из печи по дымоходу, который подводится к нижней части кожуха. В результате циркуляции газов в пространстве между бункером и кожухом, растет температура находящихся в бункере металлizadosанных окатышей до необходимой. Стенд подогрева металлizadosанных окатышей устанавливается на отметке +20,00 под бункерами хранения металлizadosанных окатышей.

Загрузка металлizadosанных окатышей в стенд производится сверху из бункеров самотеком по течке, через съемную футерованную крышку стенда, которая в рабочем состоянии заперта песочным затвором.

Выгрузка нагретых до необходимой температуры металлizadosанных окатышей производится самотеком по трубопроводу запираемому шиберным затвором, подведенным к нижней части бункера.

Для более точной дозировки загрузки металлizadosанных окатышей в дуговую электросталеплавильную печь, между стендом и ДСП можно предусмотреть дополнительный дозировочный бункер вместимостью от 1 до 5 тонн окатышей, также оборудованный шиберным затвором. Промежуточный бункер дозирования устанавливается на отметке +16,00.

Перепад высот между бункерами хранения металлizadosанных окатышей расположенных на отметке +24,00, стендом подогрева металлizadosанных окатышей на отметке +20,00, промежуточным бункером дозирования на отметке +16,00 и сводом дуговой электросталеплавильной печи на отметке 13,63 обеспечивает надежную подачу металлizadosанных окатышей самотеком по трубопроводу.

Данная конструкция стенда для подогрева металлizadosанных окатышей позволяет утилизировать тепловую энергию отходящих горячих печных газов и снизить себестоимость продукции. Стояла задача произвести расчет и найти температуру центра и поверхности окатыша перед загрузкой его в печь.

Расчет производили в следующей последовательности [2]:

Рассчитывали безразмерный критерий Био (Bi) по уравнению вида:

$$Bi = \frac{\alpha \cdot \delta}{\lambda},$$

где δ – характерный размер, мм;

λ – коэффициент теплопроводности окатышей, Вт/м·К;

α – суммарный коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·К:

$$\alpha = \alpha_{\text{конв}} + \alpha_{\text{изл}}.$$

Коэффициент теплоотдачи при излучении определяли по формуле:

$$\alpha_{\text{изл}} = \frac{1}{\frac{1}{A_{\text{ок}}} + \left(\frac{1}{A_{\text{д.г.}}} - 1 \right) \frac{F_{\text{ок}}}{F_{\text{д.г.}}}}$$

где $A_{\text{ок}}$ – поглощательная способность окатышей;

$A_{\text{д.г.}}$ – поглощательная способность дымовых газов,

Для определения степени черноты дымовых газов использовали уравнение вида:

$$\varepsilon_{\text{д.г.}} = \varepsilon_{\text{CO}_2} + \beta \varepsilon_{\text{H}_2\text{O}} + \varepsilon_{\text{SO}_2}$$

где $\varepsilon_{\text{CO}_2}$, $\varepsilon_{\text{H}_2\text{O}}$, $\varepsilon_{\text{SO}_2}$ – степени черноты CO₂, водяных паров и SO₂ соответственно, β – поправка на парциальное давление водяных паров, который определяли по номограммам [1].

Парциальные давления CO₂ и водяных паров равны

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{\% \text{CO}_2}{100} \cdot 98,1, \text{ кПа}; \quad P_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\% \text{H}_2\text{O}}{100} \cdot 98,1, \text{ кПа}$$

где $\% \text{CO}_2$ – процентное содержание CO_2 в дымовых газах,
 $\% \text{H}_2\text{O}$ – процентное содержание H_2O в дымовых газах.

Коэффициент теплоотдачи при конвекции находили из выражения для Нуссельта:

$$Nu = 0,037 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr_{\text{д.г.}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{\text{д.г.}}}{Pr_{\text{ПОВ}}} \right)^{0,25}$$

Затем по номограммам Будрина определяли относительную температуру Θ :

$$\Theta = \frac{T_{\text{д.г.}} - T_{\text{ц(пов)ок}}}{T_{\text{д.г.}} - T_{\text{ок.нач.}}}$$

$$T_{\text{пов}} = T_{\text{д.г.}} - \Theta_{\text{пов}} (T_{\text{д.г.}} - T_{\text{ок}}^{\text{нач}}) = 600 - 0,69(600 - 20) = 199,8^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{д.г.}} - \Theta_{\text{ц}} (T_{\text{д.г.}} - T_{\text{ок}}^{\text{нач}}) = 600 - 0,79(600 - 20) = 141,8^\circ\text{C}$$

Таким образом, у стенки стенда окатыши нагреваются до $199,8^\circ\text{C}$, а в центре стенда до $141,8^\circ\text{C}$.

Проведенные расчеты технологического, энергетического режимов работы и производительности печи доказали перспективность предлагаемого решения, так как себестоимость продукции уменьшится с 5128,13р. до 5030,49р и расход электроэнергии сократится на 35 кВт*ч/т, что позволит окупить капитальные вложения за 3 года.

Список литературы:

1. Дюдкин Д. А. Современная технология производства стали / Д.А.Дюдкин, В.В.Кисиленко. - М : Теплотехник, 2007. - 528 с.
2. Гудим Ю. А. Производство стали в дуговых печах. Конструкции, технология, материалы [Text] : монография / Ю. А. Гудим, И. Ю. Зинуров, А. Д. Киселев. - Новосибирск : НГТУ, 2010. - 547 с.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Попова А., студентка
 СТИ НИТУ «МИСиС»

Сегодня повышение эффективности тепловой работы нагревательных печей, прокатных цехов металлургических предприятий является одной из главных задач. Это связано с тем, что сегодня энергоемкость производства проката в нашей стране достаточно высока. Так сравнивая энергоемкость продукции производимой в нашей стране с энергоемкостью производства европейских стран можно сказать о значительном превышении данного показателя (~2÷4 раза), что можно объяснить значительными потерями энергоносителей в процессе производства.

Как показывает, анализ научно-технической литературы степень внедрения современных энергосберегающих технологий в работу современных нагревательных печей недостаточно высока. Однако следует отметить, что в нашей стране существует достаточно много технологий направленных на повышение эффективности тепловой работы нагревательных печей. Это и использование новых конструкций рекуператоров, рекуперативных и регенеративных горелок, а также использование современных теплоизоляционных и огнеупорных материалов. Несмотря на это, эффективность

использования энергетических ресурсов в современных нагревательных печах остается не на достаточно высоком уровне.

Одним из наиболее эффективных путей решения данной проблемы является внедрение технологий энергосбережения направленных на повышение эффективности использования тепловой энергии. Известно, что при сжигании топлива (газ, мазут и т.д.) выделяется тепло с развитием определённой температуры. Причем чем выше температура, тем выше «полезность» полученной энергии, и как следствие появляется возможность оптимизации тепловой работы нагревательных печей за счет сокращения времени нагрева и снижения удельных энергетических затрат. Получение «полезной» тепловой энергии в первую очередь определяется типом (конструкцией) топливосжигающего устройства. В научно-технической литературе существует такое понятие, как коэффициент активации процесса горения (K_a). Если этот коэффициент равен 1, то тепловой потенциал достигает своего максимального значения.

Сегодня применяемые на нагревательных печах топливосжигающие устройства имеют коэффициент активации горения порядка $0,6 \div 0,65$, что говорит о резервах его повышения, и как следствие повышения эффективности тепловой работы современных нагревательных печей.

Повысить величину K_a можно за счет применения новых конструкций горелок предложенных фирмой НПП «Теска». Сравним энергоэффективность работы горелки НПП «Теска» с работой горелки типа «труба в трубе». При использовании горелки типа «труба в трубе» сжигание природного газа на $10 \div 15\%$ происходит в факеле горелки и до $85 \div 90\%$ в рабочем пространстве печи, при этом процесс горения происходит с высокими потерями тепловой энергии и получением температуры продуктов сгорания $1200 \div 1250^\circ\text{C}$. Тепловой КПД данной горелки составляет 65% , то есть полезность получаемой тепловой энергии $60 \div 65\%$. Использование же горелки НПП «Теска» позволяет сжигать природный газ на 90% непосредственно в горелке и только 10% в коротком жестком факеле на выходе из горелки, в этом случае процесс горения практически изолирован от потерь тепловой энергии. Температура продуктов сгорания достигает $\sim 2000^\circ\text{C}$, при этом КПД горелки составляет 97% , полезность получаемой тепловой энергии – 97% . Исходя из выше сказанного, применение горелок НПП «Теска» с высокой энергоэффективностью позволяет интенсифицировать процесс теплопередачи, сократить время нагрева, снизить потери и, как следствие, сократить удельный расход газа на единицу продукции. Кроме этого, использование НПП «Теска» позволяет усилить конвективную составляющую теплообмена за счет технологии скоростного нагрева, основанного на принудительном распределении тепловых потоков, организованных скоростными факелами горелок.

Анализ результатов расчета теплового баланса нагревательной печи ОАО «ОЭМК» показывает, что использование горелок НПП «Теска» позволяет сократить удельный расход топлива на 15% , снизить время нагрева металла и как следствие увеличить производительность печи, а также повысить равномерность нагрева металла. Кроме этого, согласно литературным данным использование горелок НПП «Теска» позволяет сократить угар металла на 1% , а также снизить количество вредных выбросов CO и NO_x более чем в $2,5$ раза.

АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ С ВРЕМЕННОЙ УТРАТОЙ ТРУДОСПОСОБНОСТИ В СПЦ №1 ОАО «ОЭМК»

Попова И.Н., студентка БТП-08д,
научный руководитель: доц. Спаринская И.П.
СТИ НИТУ «МИСиС»

Несмотря на наметившуюся тенденцию снижения темпов общей смертности в России, более 30% (около 650 тыс. человек) умерших были в трудоспособном возрасте.

Экономические потери в связи с утратой здоровья работников по экспертной оценке (2006 г.) составили более 500 млрд.руб. (около 2% валового внутреннего продукта). Из-за болезней в России в среднем теряется до 10 рабочих дней на одного работающего (в странах Евросоюза – 7,9).

Анализ причин заболеваемости показал, что до 40% заболеваний прямо или косвенно связано с вредными и опасными условиями труда. В России практически каждый пятый работник (20,8%) трудится в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам.

По видам экономической деятельности наибольший удельный вес трудящихся во вредных и опасных условиях приходится на добычу полезных ископаемых (37,9 %), тогда как в среднем по обрабатывающим производствам этот показатель составляет 25,3 % [1].

Если же проанализировать состояние условий труда на предприятиях обрабатывающего производства окажется, что в металлургии удельная доля рабочих мест с опасными и вредными условиями труда значительно превышает показатель добывающей отрасли и составляет 45% от всех рабочих мест. Все это определяет актуальность и необходимость изучения состояния здоровья работников металлургических предприятий с целью выявления профессиональной обусловленности заболеваемости. Полученные данные позволят обосновать и разработать комплексные мероприятия по улучшению здоровья работников путем целенаправленного оздоровления условий труда.

Проведено исследование заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) работников сортопрокатного цеха №1 ОАО ОЭМК за 2009-2012 гг.

Показателями ЗВУТ являются:

- число случаев с временной утратой трудоспособности на 100 работающих;
- число дней временной утраты трудоспособности на 100 работающих;
- средняя длительности одного случая утраты трудоспособности.

Выполнен анализ заболеваемости работников СПЦ №1 по сравнению с заболеваемостью в целом по Белгородской области для выявления производственной обусловленности заболеваемости.

Прокатное производство характеризуется комплексом опасных и вредных факторов среды. Рассмотрим санитарные условия труда.

Нагрев и прокатка металла сопровождаются выделением большого количества тепла. Удельные тепловыделения в печных и станových пролетах прокатных цехов могут достигать 200—250 ккал/м³/час, а в пролете холодильников — 500—600 ккал/м³/час. Основными источниками тепловыделений в прокатных цехах являются прокатываемый и остывающий металл, рабочие пространства нагревательных печей.

Вторичными источниками тепловыделений в прокатных цехах являются раскатное поле, конструктивные элементы зданий, оборудование, окружающее первичные источники: они образуются в результате их нагревания инфракрасным излучением до температуры 40—50°, а иногда и выше.

Температура воздуха в печных и станových пролетах в наиболее жаркие дни лета обычно на 5—10° и больше превышает наружную; в холодное время года она значительно снижается.

Микроклимат печных и станových пролетов отличается большим непостоянством, характеризуясь частыми и значительными колебаниями температуры и скорости движения воздуха, а также интенсивности инфракрасного излучения.

Пыль в прокатных цехах состоит на 80—90% из мелкодробленой в процессе прокатки металла окалины: она характеризуется высокой дисперсностью; пылинки величиной 1 мк и ниже составляют у обжимных станов 86—90% всех пылинок.

В прокатных цехах шум и вибрация обусловлены движением кранов, перемещением прокатываемой продукции при помощи рольгангов, сбросом прокатываемой продукции на транспортеры и т. д. Интенсивность шума при этом колеблется в пределах 75—85 дБ. В основном это шум низких и средних частот [2].

Показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности работников СПЦ №1 для всех классов болезней за период 2009-2012 гг. приведены в таблице 1.

Таблица 1

Причина временной нетрудоспособности (ВН)	Случаи ВН на 100 работающих				Дни ВН на 100 работающих			
	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012
Инфекционные и паразитарные болезни	0,1	0,4	0,71	0,1	0,9	3,32	6,82	1,64
Новообразования	0,7	0,91	0,71	0,41	22,75	25,38	17,7	5,65
Болезни крови	0,5	0,1	0,31	0,31	12,38	0,6	5,49	3,49
Болезни эндокринной системы	0,3	0,2	0,1	0	6,39	2,52	1,12	0
Психические расстройства	0	0,5	0	0	0	3,73	0	0
Болезни нервной системы	2,89	4,33	3,97	2,98	42,2	53	52,8	48,6
Болезни глаза	0,6	1,11	1,12	1,13	7,29	12,29	10,89	12,23
Болезни уха	0,9	1,31	2,24	1,54	11,18	16,21	27,67	18,09
Болезни системы кровообращения	8,28	7,35	8,95	8,94	147,7	136,96	148,93	184,79
Болезни органов дыхания	22,95	23,36	26,55	21,48	212,57	227,49	249,44	208,43
Болезни органов пищеварения	3,29	3,12	4,07	3,29	57,68	53,37	75,99	52,52
Болезни кожи	2,3	1,61	2,24	3,39	45,01	15,91	29,81	40,29
Болезни костно-мышечной системы	15,87	18,83	19,33	16,96	260,08	284,19	296,24	260,64
Болезни мочеполовой системы	2,4	3,32	2,44	2,88	29,84	42,5	32,96	56,22
Беременность, роды	0	0,6	0,31	0,62	0	6,14	4,17	9,87
Отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях	3,99	4,73	3,87	3,19	115,47	117,62	83,11	68,96
Травмы, отравления и др.	8,58	9,67	9,46	10,07	172,65	163,75	207,53	209,04
Всего по заболеваниям	73,65	81,47	86,67	77,29	1144,11	1164,95	1250,66	1179,45

Установлено, что ни один класс болезней не демонстрирует у работников СПЦ №2 стойкого повышения показателей заболеваемости, однако нет и никакой положительной динамики в течение рассматриваемого периода времени.

Сравнение показателей заболеваемости всего населения Российской Федерации и Белгородской области позволит выявить влияние всего комплекса условий на состояние здоровья жителей области – социальных, экономических и экологических, В таблице 2 приведены данные по числу случаев временной нетрудоспособности в указанных регионах за 2009-2011 гг. [3].

Таблица 2

Причина временной нетрудоспособности (ВН)	Случаи ВН на 100 человек					
	Население РФ			Население Белгородской области		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Инфекционные и паразитарные болезни	5,06	4,84	4,81	6,12	5,81	6,5
Новообразования	4,03	4,1	4,17	4,33	4,6	4,81
Болезни крови	1,26	1,22	1,21	1,04	1,01	0,99
Болезни эндокринной системы	5,84	6,96	6,19	6,03	6,31	6,49
Психические расстройства	5,19	5,07	4,95	4,57	4,56	4,39
Болезни нервной системы	5,72	5,73	5,78	9,5	9,05	9,08
Болезни глаза	11,05	11,1	11,07	12,65	12,37	12,15
Болезни уха	3,97	4,13	4,13	4,35	4,55	4,75
Болезни системы кровообращения	22,48	22,78	22,74	30,34	29,44	29,56
Болезни органов дыхания	40,32	38,05	39,03	35,4	32,91	32,44
Болезни органов пищеварения	11,31	11,28	11,22	11,42	11,47	11,1
Болезни кожи	6,32	6,17	6,14	5,87	5,11	6,02
Болезни костно-мышечной системы	12,69	12,85	13,16	16,99	16,98	17,79
Болезни мочеполовой системы	10,99	11,08	11,43	12,58	11,94	12,23
Беременность, роды	8,99	9,26	9,14	6,38	5,46	5,43
Отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях	1,48	1,27	1,23	0,71	0,64	0,75
Травмы, отравления и др.	9,19	9,33	9,34	8,79	8,92	8,61
Всего по заболеваниям	160,72	158,83	160,39	173,54	168,29	170,3

Сравнительный анализ показал, что частота заболеваний в Белгородской области в период 2009-2011 гг. стабильно превышала этот показатель взятый для населения России в целом в 10 классах болезней из 17. Особо обращает внимание, что число случаев заболеваний нервной системы в Белгородской области превышает среднероссийский уровень в 1,57-1,66 раз. Общая заболеваемость в результате составляла в Белгородской области 108% (2009 г.), 106% (2010 г.) и 106,2% (2011 г.) по сравнению с заболеваемостью всего населения России.

Далее исследуем особенности заболеваемости с временной утратой трудоспособности персонала СПЦ №1, сопоставляя данные в показателями для Белгородской области в целом (таблица 3).

Таблица 3

Причина временной нетрудоспособности (ВН)	Случаи ВН на 100 работающих			Случаи ВН на 100 человек		
	СПЦ №1			Население Белгородской области		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Инфекционные и паразитарные болезни	0,1	0,4	0,71	6,12	5,81	6,5
Новообразования	0,7	0,91	0,71	4,33	4,6	4,81
Болезни крови	0,5	0,1	0,31	1,04	1,01	0,99
Болезни эндокринной системы	0,3	0,2	0,1	6,03	6,31	6,49
Психические расстройства	0	0,5	0	4,57	4,56	4,39
Болезни нервной системы	2,89	4,33	3,97	9,5	9,05	9,08
Болезни глаза	0,6	1,11	1,12	12,65	12,37	12,15
Болезни уха	0,9	1,31	2,24	4,35	4,55	4,75
Болезни системы кровообращения	8,28	7,35	8,95	30,34	29,44	29,56
Болезни органов дыхания	22,95	23,36	26,55	35,4	32,91	32,44
Болезни органов пищеварения	3,29	3,12	4,07	11,42	11,47	11,1
Болезни кожи	2,3	1,61	2,24	5,87	5,11	6,02
Болезни костно-мышечной системы	15,87	18,83	19,33	16,99	16,98	17,79
Болезни мочеполовой системы	2,4	3,32	2,44	12,58	11,94	12,23
Беременность, роды	0	0,6	0,31	6,38	5,46	5,43
Отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях	3,99	4,73	3,87	0,71	0,64	0,75
Травмы, отравления и др.	9,19	9,33	9,34	8,79	8,92	8,61
Всего по заболеваниям	160,72	158,83	160,39	173,54	168,29	170,3

Уставлено, что у работников СПЦ №1 частота болезней костно-мышечной системы превышали среднеобластной уровень в 2010 г. - на 11,55%, и в 2011 г. - на 8,66%. Это превышение еще более значимо, если учесть, что уровень заболеваемости в целом по области формируется на фоне всех возрастных групп, в том числе пенсионного возраста, для которого чрезвычайно характерны заболевания опорно-двигательной системы.

Причины костно-мышечной патологии очень разнообразны: наследственная предрасположенность, аутоиммунные нарушения, непереносимость пищевых продуктов и др. Из причин, обусловленных профессиональной деятельностью, можно назвать длительное перенапряжение костно-мышечного аппарата при высокой тяжести труда, воздействие охлаждающего, а также контрастного микроклимата в производственной зоне. Эти причины, по-видимому, и определяют необычно высокий уровень заболеваемости этого класса болезней у работников СПЦ №1.

Частота отклонения от нормы, выявленных при клинических и лабораторных исследованиях, у работников СПЦ №1 превышает показатель для всего населения Белгородской области в 5,6 (2009 г.), 7,4 (2010 г.), 5,16 (2011 г.) раз. Не являясь установленным заболеванием, этот показатель свидетельствует о значительном напряжении компенсаторных механизмов адаптации функциональных систем, которое можно расценить как состояние предпатологии у работников прокатного цеха. Таким образом, можно с уверенностью утверждать о неблагоприятном воздействии факторов производственной среды на состояние здоровья работников СПЦ №1. Приоритетными направлениями оздоровления условий производственной зоны являются снижение тяжести труда, а также нормализация микроклиматических условий в теплый и холодный периоды года.

Список литературы:

1. ohrana-bgd.narod.ru
2. www.stroitelstvo-new.ru/gigiena-truda/prokatnoe-proizvodstvo.shtmlo
3. belg.gks.ru Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области

К ВОПРОСУ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ПЕЧАХ НАГРЕВА СПЦ-1 С ЦЕЛЮ УМЕНЬШЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ УГАРА

А.Е. Рыженкова, студентка гр. ТФА-09-1д,
научный руководитель: Петрова Л.П.
СТИ НИТУ «МИСиС»

Печи нагрева СПЦ-1 предназначены для нагрева металла перед прокаткой до требуемых температур. Для шарикоподшипниковых сталей температура нагрева должна быть не менее 1220 °С.

В связи с этим в процессе нагрева металла на поверхности образуется слой окалины, который в процессе прокатки вкатывается в поверхность металла и приводит к браку и необходимости дополнительной обработки готовой продукции. Под окалиной так же образуется обезуглероженный слой, который снижает твердость поверхности готовой продукции, что особенно критично для подшипниковых сталей.

В настоящее время для облегчения удаления окалины используется нерациональный режим нагрева. В печь подается избыточное количество воздуха для более полного окисления границы раздела металл-окалина и более лучшего отделения её от металла на установке гидросбива. Однако такой режим нагрева ведёт к завышенному угару металла и увеличению обезуглероженного слоя, что отрицательно сказывается на твердости поверхности готового изделия. Также слой окалины уменьшает теплопередачу на поверхность металла, что увеличивает время нагрева и расход газа.

Для устранения этих негативных факторов были проведены исследования в следующих направлениях: уменьшение угара металла и исследование адгезионных свойств окалины.

Наибольшее сцепление окалины с металлом наблюдалось в случае, когда образуется поверхность раздела сталагмитообразного типа. Данный вид поверхности раздела наблюдался при температурах нагрева до 1200 – 1250 °С и более и является следствием развития зерно-границного типа, вызванного температурным воздействием более высокого уровня.

Однако при нагреве до 1000-1100 °С возникает слоевой тип поверхности раздела. В случае слоевого типа строения между металлом и окалиной имеется резкая граница раздела. При таком строении при деформации металла в процессе прокатки окалина отделяется достаточно легко.

Для образования слоистой структуры было предложено нагревать металл в печи до температуры 1100°C, а дальнейший нагрев до температуры прокатки вести в индукционной печи нагрева. Быстрый нагрев в индукционной печи в интервале температур 1100-1220 °C позволит избежать образования поверхности раздела сталагмитообразного типа и позволит легко отделить окалину от металла на установке гидросбива.

Применение измененного теплового режима вместе с индукционной установкой позволит значительно повысить технико-экономические показатели благодаря снижению расхода природного газа и проценту угара металла. Так же уменьшится процент брака по вкатанной окалине. Уменьшение толщины обезуглероженного слоя позволит повысить твердость поверхности готовой продукции и вывести её качество на новый уровень.

Список литературы:

1. Сюсюкин А.Ю. Повышение качества рельсов на основе применения малоокислительных и малообезуглероживающих технологий нагрева непрерывнолитых заготовок. Автореферат дис. ... кандидата технических наук / Сюсюкин Андрей Юрьевич. – Новокузнецк, 2007. – 30 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОКРЫТИЙ ОБОЖЖЕННЫХ ОКАТЫШЕЙ НА ИХ ИСТИРАЕМОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ

Самофалов Д.С., Кузьменко Н.А. - студенты 3 курса,
Тимофеева Д.С.- студентка 2 курса
СТИ НИТУ «МИСУС»

В черной металлургии качество стали напрямую зависит от качества шихтового материала, в последнее время широкое распространение получили железорудный окатыши. При транспортировке окатыши претерпевают неоднократные перегрузки. Качество и количество доставленных окатышей зависит от показателей качества, таких как прочность и истирание. На практике при транспортировке часть сырья дробится и истирается в пыль, которая в свою очередь негативно сказывается на экологии и финансовых затратах.

Поэтому возникает вопрос, как же уменьшить потери при транспортировке, уменьшить финансовые затраты и сохранить экологию. Данная статья посвящена этой проблеме. Как правило, потери на истирание составляют 5-6%, практически проверить окатыши на сопротивление истиранию позволяет испытательный барабан. По количеству образовавшейся пыли при вращении окатышей в барабане судят о потерях, ушедших на истирание. Прочность на истирание зависит от состояния поверхности окатышей и определяет образование мелочи при взаимном трении окатышей. [3,с.35].

Идея работы состояла в том, что бы подобрать покрытие, которое будучи нанесенное на окатыши на конечной стадии производства уменьшило их истирание. Работа состояла из двух этапов.



Этап 1.

На основе теории подобия и моделирования сконструировали установку и рассчитали условия, эквивалентные условиям истирания окатышей в производственных условиях.

1. Объем барабана V_B и объем окатышей $V_{ок}$ в производственном барабане.

$$V_B = \frac{\pi D^2 h}{4} = \frac{3,14 * 1^2 * 0,4}{4} = 0,314(m^3); \quad V_{ок} = \frac{M}{\rho} = \frac{15}{2150} = 0,00697(m^3)$$

2. Коэффициент заполнения барабана:

$$K = \frac{V_{ок}}{V_B} = 0,00697 / 0,314 = 0,022$$

Барабан нашей установки имеет диаметр $D_y = 0,132(m)$, высоту $h_y = 0,183(m)$. Тогда при коэффициенте заполнения 0,022 необходимо для эксперимента брать массу окатышей 0,12кг. Сборочный чертеж установки истирания представлен на рис.1.

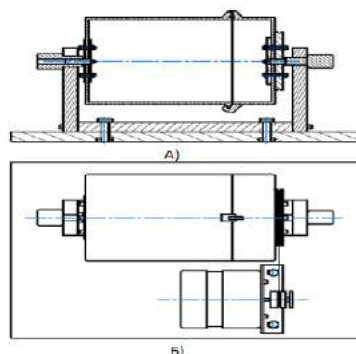


Рис. 1. Сборочный чертеж установки по истиранию окатышей. А)-вид сбоку; Б)-вид сверху.

Установка состоит из вращающегося барабана вокруг собственной оси и системы передаточных шкивов для изменения числа оборотов барабана (рис.2). На платформе находится двигатель, работающий от сети переменного тока, выключатель. Внутри барабана имеются две полки, находящиеся на внутренней поверхности цилиндра и имеющие направление параллельное оси вращения барабана. Для испытания использовались окатыши с

одного конвейера. Количество окатышей для каждой пробы соответствовало рассчитанному (120г) и количество каждого класса в каждой пробе не изменялось

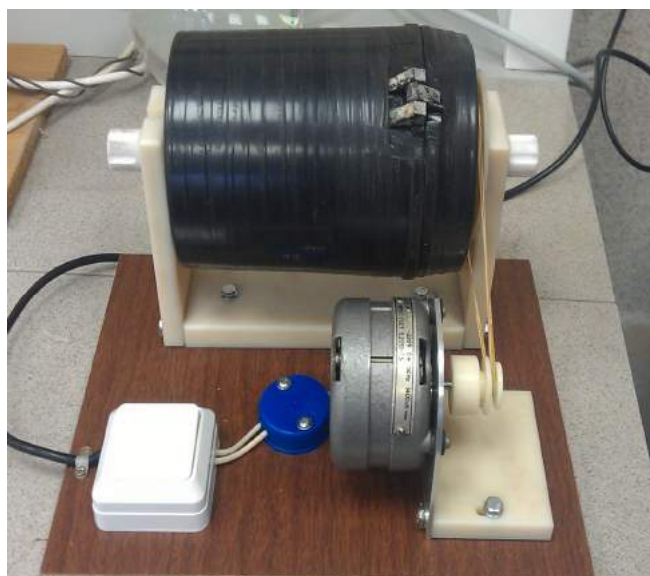


Рис. 2. Установка для истирания окатышей

Результаты экспериментов обожженных окатышей, взятых с рабочего конвейера, представлены в таблице 1.

Таблица 1

№п/п	Начальная масса окатышей, г	Масса окатышей после истирания, г	Количество пыли,г	Истирание, %	Дробление	
					г	%
1.	120,0	118,3	1,7	1,42	0,7	0,58
2.	119,8	118,3	1,6	1,33	0,71	0,59
3.	120,0	118,9	1,65	1,37	0,67	0,55
4.	119,9	118,4	1,5	1,25	0,7	0,58
5.	120,1	118,63	1,47	1,33	0,7	0,58
Среднее значение величин истирания и дробления.				1,34	0,69	0,576

Этап 2.

В качестве покрытий на основании анализа научно-исследовательской литературы были предложены следующие вещества: дисперсия поливинилацетатная гомополимерная грубодисперсная (ПВА), латекс синтетический, материалы лакокрасочные водно-дисперсионные, растворы на основе эпоксидных смол и др.

Для исследования истирания окатышей использовали следующие материалы в виде суспензий:

1. Латекс синтетический
2. Латекс акриловый
3. ПВА

Методика покрытия окатышей суспензией:

1. А).ПВА смешать с водой в объемном отношении 1:1,1:2,1:3
- Б).Латекс акриловый смешать с водой по объему в объемном отношении 1:8, 1:16
- В) Латекс синтетический, готовый к употреблению.

2. Окатыши одинакового состава взвесили (массы должны быть приблизительно одинаковыми).
3. Разложили на ленте (аналог конвейера) по порциям.
4. Через форсунку проводили распыление суспензий на окатыши, фиксируя вес суспензии, пошедшей на распыление (таб.2).

Таблица 2

№ п/п	Вид покрытия	Удельный расход покрытия (кг/т)
1.	ПВА 1:2	0,164
2.	ПВА 1:3	0,166
3.	ПВА 1:1	0,166
4.	Латекс синтетический	1,67
5.	Латекс акриловый 1:9	1,67
6.	Латекс акриловый 1:16	7,80

5. Удельный расход вещества покрытия определяли по формуле:

$$Q = (M - M_0) / M_0, \text{ где}$$

M-масса окатышей с покрытием

M₀-начальная масса окатышей.

6. Последовательно проводили истирание в барабане для окатышей со всеми покрытиями, причем, для каждого покрытия проводились эксперименты не менее 5 раз. Затем результаты усредняли.

Результаты экспериментов по истиранию с применением различных веществ представлены на рис.3.

Анализ результатов эксперимента показывает, что суспензия ПВА 1:2 обладает наименьшей истираемостью, чем суспензии ПВА 1:1 и 1:3. Видимо, применение суспензии 1:1 дает распределение по окатышам не совсем равномерное из-за ее вязкости, а 1:3 – покрывает окатыши очень тонким слоем. Если же говорить о других покрытиях, то они явно имеют больший процент истираемости. Поэтому для уменьшения истирания предлагается использовать суспензию ПВА 1:2.

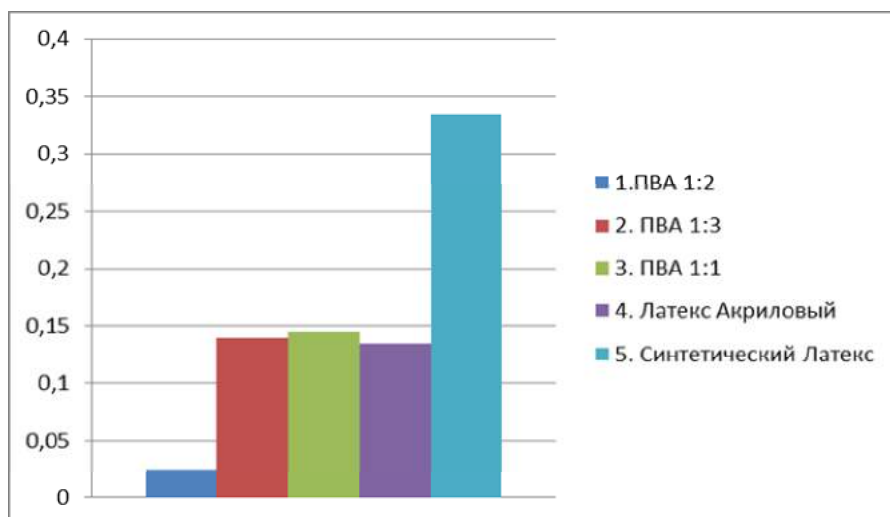


Рис.3. Результаты на истирание окатышей при использовании суспензий для покрытий.

Далее была проверена прочность окатышей на сжатие до покрытия и после покрытия ПВА 1:2 и латекса акрилового. Результаты представлены на рис.4.

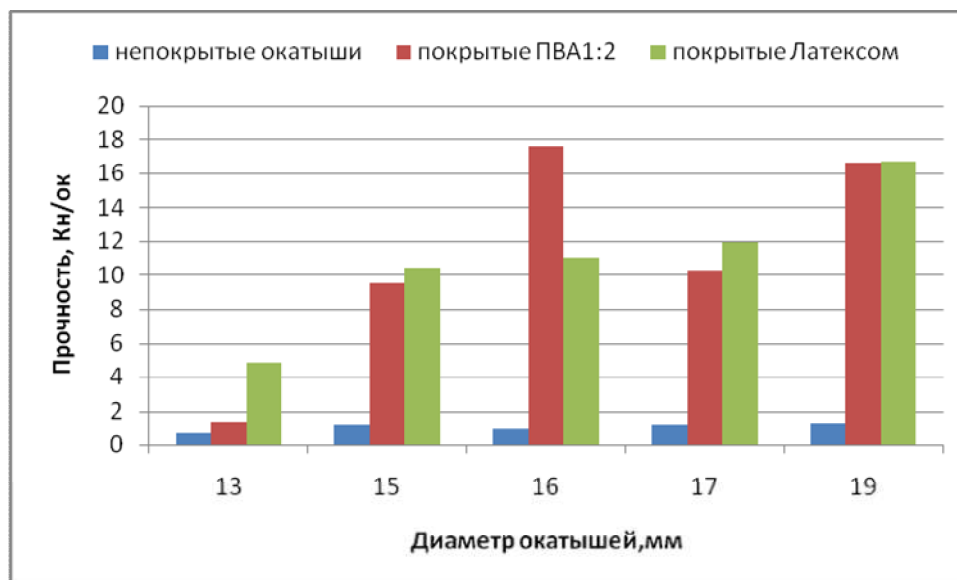


Рис.4. Влияние вида покрытия обожженных окатышей на их прочность.

Сравнивая результаты по прочности, можно определить, что пользоваться можно и ПВА и латексом. Но учитывая, что расход покрытий для латекса больше так как он вязкий и он значительно дороже, то покрывать окатыши выгоднее суспензией ПВА 1:2.

Для внедрения данного предложения необходимо просчитать экономический эффект при использовании предложенного покрытия. Прежде всего необходимо отметить что, данные покрытия практически не оказывают никакого влияния на металлургические свойства окатышей, так как при температуре 30-60 градусов они выгорают, и количество веществ покрытий настолько мало (таб. 3), что особого влияния на работу устройств удаления газов они не оказывают.

Технологическая схема установки покрытия окатышей суспензией ПВА включает следующие основные три стадии:

1. Транспортировка ПВА автоцистерной.
2. Получение суспензии ПВА 1:2. Из расходной цистерны в соответствующие резервуар (вторую цистерну) подаётся ПВА и вода в соотношении 1:2.
3. Покрытие окатышей, для этого необходимо дополнительное оборудование.

Производство окатышей составляет 2млн. т. В год. В случае реализации данного мероприятия, годовое увеличение производства за счет снижения потерь на истирание составит 25140т. Маржинальная прибыль от реализации дополнительно произведенного продукта при средней цене реализации 3575 руб/т. составит 21,4 млн.руб.

Рассчитаем эффективность реализации данного проекта:

Капитальные затраты на закупку оборудования для нанесения покрытия составят 26,61 млн. руб. с учетом ПИР и монтажных работ. Подробный перечень затрат представлен в таблице 4.

Таблица 4 - Капитальные затраты

Статья расходов	Количество, шт.	Сумма, млн.руб.
Оборудование:		
Цистерны для ПВА	2	4,5
Фильтры	2	0,06
Центробежный насос	5	4,7
Диафрагма плунжерная	2	1

Система трубопроводов		2
Система автоматических регуляторов и измерителей		0,95
Пневматический клапан	4	0,3
Обратный клапан	4	1,6
Автоцистерна	1	1,5
Система электроснабжения		2
Монтажные и пусконаладочные работы		3
Проектирование установки		2
Корпус неотапливаемого помещения		3
Итого		26,61

Предполагается организовать круглосуточный режим работы с двенадцатичасовым сменным графиком работы. Поскольку для обслуживания установки требуется 6 человек, необходимо увеличить фонд оплаты труда для $6 \cdot 4 = 24$ человек.

Рассчитаем дополнительные затраты на сырье, вспомогательные материалы и затраты по переделу, необходимые для покрытия годового объема производства окатышей. Данные приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Материальные затраты на проект

Наименование	Кол-во, т.	Цена, руб./т	Сумма, тыс.руб.	Кол-во, кг./т.	Сумма, руб./т
Производство окисленных окатышей с учетом увеличения выхода годного, тыс.т.	2025,14				
Основные материалы:		32000			
ПВА, т.	333,0	3200	10656	0,164	5,26
Вспомогательные материалы:					
Вода	666	10	6,660	0,333	3,33
Затраты по переделу					
Электроэнергия					
ФОТ и отчисления на социальное страхование			943,200		0,4716
Всего			11605,86		9,799

Итого годовой экономической эффект:

21,4 млн.руб. – 11,606 млн.руб. = **9,794 млн. руб.**

Срок окупаемости проекта: $26,61 / 9,794 = 2,71$ года.

Учитывая, что срок амортизации оборудования составит 15 лет, проект экономически выгоден.

Список литературы:

1. Бюллетень научно-технической и экономической информации. Черная металлургия.- 2012, №7.- с. 4.
2. Информационно-аналитический обзор технико-экономических показателей горнорудных предприятий. Часть 1. Производство, поставки, запасы. Октябрь 2012год. Москва 2012г., 25с.
3. Тимофеева А.С., Тимофеев Е.С. Теплофизические особенности производства окисленных окатышей и металлизированного продукта: Учебное пособие. – Старый Оскол: ООО «ТНТ», 2005. – 188 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ САЕ-СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ С МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Саушкина Н.Ф., студентка,
научный руководитель: Ибрагимов Е.А., ст. преподаватель
*Юргинский технологический институт (филиал)
Национального исследовательского Томского политехнического университета*

Компьютерное моделирование литейных технологий за последние годы бурно развивается, уже сегодня можно говорить о экономии времени и материальных ресурсов при проектировании оснастки и геометрии отливки с использованием виртуальных литейных имитаторов.

Компьютерная программа дает возможность и опытному технологу, и начинающему инженеру проследить, что происходит при заполнении расплавом формы и в дальнейшем, – при охлаждении и затвердевании металла. Технолог, пользуясь САЕ-программой, выявляет дефекты различной природы в отливке на стадии проектирования, предлагает различные модификации в конструкции и технологии, сравнивает прогнозируемое качество отливки для предложенных модификаций и выбирает в итоге наиболее оптимальный вариант технологии. Внедрение систем моделирования в производственный цикл машиностроительных предприятий, позволяет значительно сократить время на разработку технологии изготовления той или иной детали, что в целом влияет на стоимость детали и конкурентоспособность предприятия. САЕ-программы различаются функциональными возможностями и типом генерируемой сетки, вследствие чего программы имеют различную стоимость.

Ниже мы рассмотрим наиболее популярные САЕ-системы моделирования литейных процессов доступные на территории Российской Федерации, сравним их основные достоинства и недостатки.

САЕ-система ПолигонСофт

Преимущества	Недостатки
Применима для моделирования большинства литейных технологий	Неудобный интерфейс, сложность ввода данных
Критериальный расчет и анализ многих свойств и параметров	Сложность подготовки сеточной модели.
Имеется модель усадочной макро- и микропористости, которая позволяет прогнозировать образование дефектов в отливках	Необходимость в приобретении дополнительного лицензионного ПО для генерации сеточной модели.

ответственного назначения	
База свойств материалов формы и сплавов, открытой для редактирования и пополнения.	Недостаточная база данных по материалам и сплавам

ПолигонСофт следует использовать в паре с другой литейной программой как проверочное средство для отливок ответственного назначения. Другое применение ПолигонСофт– организация учебного процесса в университетах.

CAE-системаProCAST

Преимущества	Недостатки
Программа ProCAST позволяет моделировать основные виды литья.	Высокая стоимость
Состоит из модулей	Неудобный интерфейс без поддержки русского языка
Инверсный расчет.	Отсутствие отечественной базы данных по материалам и сплавам
	Встроенный генератор свойств дает прогноз с большими отклонениями
	Длительность подготовки сеточной модели

Procast идеален для предприятий авиакосмического производства, где временные затраты (месяц и более) на оптимизацию одной отливки оправдываются достигнутыми целями. Для рядовых предприятий Procast не подходит, т.к. возможности программы в полном объеме использоваться не будут, а проведение моделирования вызовет серьезные сложности и потребует много времени.

CAE-системаSOLIDCast

Преимущества	Недостатки
Состоит из модулей	Недостаточно информативный вывод результатов расчета для визуального анализа
Доступный и понятный интерфейс	Длительность компьютерного расчета
Возможность перевода меню на русский	Отсутствие отечественной базы данных по материалам и сплавам
Относительно низкая стоимость	

Таким образом программа SOLIDCast, литейная программа начального уровня. Моделирует основные задачи, с которыми сталкиваются технологи. Ежегодно выходят новые версии. Можно рекомендовать предприятиям с большой номенклатурой не сложных отливок, т.к., приобретая 1 лицензию, предприятие получает 5 рабочих мест.

Сравним наиболее популярные, широко используемые литейные программы, SOLIDCast и ProCAST.

В SOLIDCast имеется: встроенный генератор расчетной сетки в двух вариантах, автоматическая генерация графиков и диаграмм в постпроцессоре, сравнение результатов моделирования нескольких вариантов технологий изготовления одной и той же отливки. Программы комплекс состоит из 3 модулей– SOLIDCast, FLOWCast, OPTICast. Модуль FLOWCast позволяет проводить гидродинамический расчет заливки металла в форму с учетом температур материалов.металла, наличия холодильников и т.д.Наличие возможности автоматической генерации расчетной сетки позволяет технологу в модуле OPTICast оптимизировать литейную форму в зависимости от выхода годного металла, размеров опоки и др. Дружелюбный интерфейс программы позволяет технологу сравнительно быстро освоить работу в системе.

В ProCAST имеется:не ограниченное количество осей в системе, количество узлов и элементов в сетке, калькулятор термодинамических свойств материалов, все результаты могут быть проанализированы и показаны, в режиме реального времени(за счет использования многоядерного процессора). Программыкомплекссостоитиз 5 модулей (MeshCAST, PreCAST, DataCAST, ProCAST solver, ViewCAST).Все эти модули предназначены для подготовки компьютерной модели к рачсчету процесса заливки и кристаллизации. Отсутствие возможности автоматически генерировать расчетную сетку требует от технолога дополнительной, достаточно трудоемкой работы по ее созданию.

В результатах расчета существенных отличий данных программах не наблюдается, поэтому главным критерием становится цена программы, и легкость ее освоения.ProCAST стоит порядка 60000 Евро за одну лицензию, SOLIDCastпорядка 17500 у.е. за 1 лицензию (5 рабочих мест). К тому же, как уже оговаривалось выше, SOLIDCast достаточно легко освоить, достаточно знать технологу основные принципы работы в системе моделирования.

Из приведенного анализа САЕ систем можно сделать вывод, наиболее перспективной для внедрения в производственный цикл машиностроительных предприятий с металлургическим производством, и доступной является программа SolidCast.

Список литературы:

1. Маклаков С.В. ВРwin и ERwin. CASE-средства разработки информационных систем. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2001 – 304 с.
2. Тихомиров М.Д., Комаров И.А.Основы моделирования литейных процессов. Сравнение метода конечных элементов и метода конечных разностей. Что лучше? "Литейное производство", № 5, 2002, С.22-28
3. Тихомиров М.Д. Основы моделирования литейных процессов. Важные особенности систем моделирования. "Литейное производство", 2004г., №5 , с.24-30.
4. Какую литейную программу выбрать? [Электронный ресурс]: <http://www.lvmflow.ru>(дата обращения 19.04.12).

ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ НА ФАЗОВОЕ РАВНОВЕСИЕ В СИСТЕМЕ CaO — Al₂O₃ — CaF₂

Степанов В.А., аспирант 1 курса
СТИ НИТУ «МИСиС»

Появление металлургии как науки без большой ошибки можно связать с возникновением представлений о металлургических шлаках как сложных оксидных растворах, находящихся в активном взаимодействии с металлическим расплавом и действительно влияющих на его физико-химические свойства. В данной статье рассмотрим влияние экспериментальных методов на фазовое равновесие системы CaO — Al₂O₃ — CaF₂.

Высокотемпературная микроскопия (ВТМ). Метод разработан Велчем. Отличительной особенностью установки является использование термопары, расположенной на столике бинокулярного поляризационного микроскопа, одновременно в качестве нагревателя и термометра (рис. 1.). При помощи системы фазового переключателя переменный ток промышленной частоты полностью отсекается во время одного полупериода для соединения термопары с измерительной схемой. Термопаре из проволоки ПР 5/20 диаметром 0,2 мм придана U-образная форма с расстоянием между ветвями 0,15 мм. Образец на спае термопары помещен в металлическую камеру, продуваемую инертным газом, где он подсвечен вольфрамовой или ртутной газосветными лампами через подвижный конденсор.

Кристаллические вещества в расплаве распознаются по характеру роста кристаллов, их трехмерной форме, двупреломлению и другим особенностям поведения. Идентификация кристаллов по этим характеристикам возможна лишь при наличии предыдущего опыта у оператора. Поэтому первая идентификация фаз делается детальным петрографическим исследованием образца, закаленного прямо на микроскопе. На установке можно наблюдать поведение образца во время нагрева, охлаждения и в изотермическом режиме.

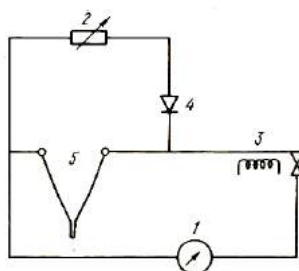


Рис. 1. Электрическая схема высокотемпературного микроскопа:

1 - прибор для измерения температуры; 2 - регулируемый источник питания 50 Гц; 3 - реле-переключатель; 4 - выпрямитель; 5 - термопара-нагреватель.

Температуру ликвидуса фиксировали по исчезновению последнего кристалла около спаея во время нагрева или его неизменность в изотермическом режиме. Эта операция требует 20—30 с. Предельная температура измерения достигала 1800°C.

Для того чтобы оценить возможную потерю фтора в процессе измерений, был проведен химический анализ одного образца после 40-с нагрева до 1566°C. Концентрация фтора в нем снизилась с 5,6 % (11,5 % CaF₂) до 5,5 %, т.е. ее изменение находилось в пределах ошибки химического анализа.

Дифференциальный термический анализ (ДТА). Использована установка, приспособленная для изучения летучих веществ. В ней спай термопары заменен герметичной платиновой капсулой, содержащей образец. Работа проведена на установке Велча. Аналогичная установка использована Мукерджи при изучении летучей системы CaO - CaF₂ - 2 CaO-SiO₂.

Герметичные платиновые капсулы готовили из платиновой трубки длиной 1 см, диаметром 3,2 и толщиной 0,1 мм, заваривая концы капсулы на газовой горелке. Рабочей термопарой служили проволоочки из Pt и Pt - 10 % Rh диаметром 0,2 мм, приваренные к разным концам капсулы. Подобным образом готовили и стандартную термопару, используя в качестве стандартного вещества чистый оксид алюминия. Навеска образцов составляла 25 мг. Печь с нагревателем из Pt — 20 % Rh давала максимально возможную температуру 1750°C при скорости нагрева 5°C/мин.

Закалка в герметичных капсулах. Термопару с двумя держателями для подвески капсулы, сделанными из платиновой проволоки диаметром 0,5 мм, помещали в многоканальную фарфоровую трубку, которую можно было свободно перемещать внутри печи и вынимать из нее. Капсулы с образцом подвешивали на платиновой проволоке диаметром 0,1 мм к держателям и вводили в горячую печь, выдерживая при заданной температуре от 15 до 120 мин в зависимости от разных факторов, которые выявлялись непосредственно в ходе

эксперимента. Во время выдержки перегрев образцов был исключен полностью. Эта мера была необходима для оптического различения равновесных и закалочных кристаллов.

Электрическим пережогом подвески капсулу сбрасывали в холодную воду или эпизодически в жидкий азот, налитые в съемный стакан специальной конструкции, размещенный на нижнем конце печи на расстоянии 30 см от подвески, так что время падения капсулы не превышало 0,3 с. Гарантией ненарушенной герметичности капсулы и отсутствия потери фтора служили раздутое состояние капсулы, отсутствие расплава на ее поверхности и отсутствие влаги внутри нее. Продукты закалки, извлеченные из капсулы сразу после закалки, подвергали немедленному оптическому исследованию в иммерсионных жидкостях, на основании которого определяли режим термообработки следующего образца.

Сравнение экспериментальных методик. Результаты, полученные ВТМ, ДТА и закалкой, не согласуются между собой. Расхождения между ВТМ и закалкой незначительны в области малых содержаний CaF_2 (до 10 %) и растут с увеличением концентраций CaF_2 . Однако расхождения не исчерпываются только различием в температурах фазовых переходов (ликвидус t), но приводят к появлению различных кристаллических фаз (табл. 1).

Таблица 1. **Сопоставление результатов ВТМ, ДТА и закалки**

CaF , %	Температура ликвидуса, °C		
	ВТМ	ДТА	закалка
0	1602±4	-	1600±5
10	1561±4	1501±2	1552±5
20	1482±4	1488±2	1500±5
30	1440±4	1468±2	1492±5

При содержании CaF_2 более 10 % возникающие расхождения объясняются не изменением состава, а различным поведением изучаемых образцов в полуоткрытой и закрытой системах. Учитывая, что ДТА, кроме того, является не абсолютным, а сравнительным методом, трудоемкий метод заливок с применением герметичных платиновых капсул был принят в качестве основного для изучения фазового равновесия в системе $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaF}_2$.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАК КЛЮЧЕВОГО АСПЕКТА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ

Сыроватский Е.Ю., студент 5 курса,
научный руководитель: Удовикова А.А., к.э.н., доц.
СОФ НИУ «БелГУ»

Постоянное совершенствование научно-технического прогресса, автоматизация процесса производства, повышение уровня конкуренции на внутреннем и внешнем рынках обусловили необходимость интенсификации производственных процессов. В результате использования инновационных технологий и увеличения объема производства руководство экономического субъекта воздействует на финансово-хозяйственные и механизмы, с целью обеспечения необходимой финансовой устойчивости и поддержания конкурентоспособных преимуществ. Однако постоянное развитие экономического аспекта деятельности хозяйствующих субъектов вызывает нарастание негативных тенденций экологической безопасности, как в национальном, так и в международном масштабах. Данный фактор обуславливается увеличением доли различных типов отходов производственного процесса, рациональная утилизация которых является приоритетным направлением улучшения

благополучия населения.

Одним из основополагающих и результирующих аспектов повышения уровня жизни населения, как субъектов РФ, так и России в целом, является повышение экологической безопасности. Актуальность проводимого анализа отечественных и зарубежных подходов к регулированию деятельности в экологической сфере заключается в том, что, проводимые государственными структурами экономические реформы приводят к нарастающей дестабилизации экологических механизмов. В связи с этим в стратегии национальной безопасности России до 2020 года отмечена глобальная зависимость всех сфер международной жизни, отличающейся высоким динамизмом и взаимосвязанностью событий [1].

В результате интенсификации производственных процессов, влияния научно-технического прогресса, а также экономических преобразований, все более отчетливо прослеживаются проблемные аспекты обеспечения экологической безопасности, которые в условиях рыночной экономики приобретают общенациональный характер. В сложившейся ситуации основополагающей задачей государственных структур является своевременное выявление и устранение внутренних и внешних угроз экологической безопасности. Как показывает анализ диссертационного исследования Русакова М.И., эффективность проводимых государством административных реформ по вопросам обеспечения экологической безопасности оставляет желать лучшего [4]. Кроме того, как подчеркивает Ф.Г. Мышко, значимость проводимого исследования, посвященного проблемным аспектам обеспечения экологической безопасности, обуславливается отсутствием системной концепции государственного управления сферой обеспечения экологической безопасности [3]. Кроме того, в настоящее время разработанные теоретические концепции в экологической сфере не имеют законодательного статуса, а терминологический аппарат по данной тематике не представляется исчерпывающим.

Вышепредставленные проблемные аспекты освоения экологической безопасности актуализируют необходимость разработки комплексного подхода к созданию общеправовой теоретической и практической концепции данного явления.

В связи со сложившейся неблагоприятной ситуацией в экологической сфере, приоритетной задачей управления является стабилизация и минимизация антропогенного, техногенного и природного риска до приемлемого уровня. Реализация данного аспекта предполагает реализацию перечня мероприятий по предотвращению экологической катастрофы (табл.1).

Таблица 1 - Перечень мероприятий по предотвращению экологической катастрофы

Мероприятие	Принципы осуществления
Экономическая ответственность	Нормы, нормативы, квоты
Перераспределение рисков	Государственное, независимое и взаимное страхование
Формирование и использование общественных фондов	Система комплексной оценки уровня безопасности в регионе
Стимулирование повышения уровня безопасности	Механизмы льготного налогообложения, кредитования, а также бюджетное финансирование мероприятий
Резервирование за счет образования резервов трудовых и материальных ресурсов	Запасы продовольствия, транспорт

Исследуя информацию, представленную в таблице 1, особое внимание следует акцентировать на механизм комплексной оценки уровня безопасности. При этом такую оценку необходимо проводить периодически для своевременного выявления и предупреждения экологических угроз.

Анализируя зарубежный и отечественный опыт реализации программ экологической безопасности, следует констатировать, что создание обеспечения эффективности природопользования возможно лишь благодаря внедрению отдельного приоритетного направления развития рынка, обеспечивающего оказание экологических услуг и создание экологической инфраструктуры.

Акцентируя внимание на Российскую Федерацию, отметим, что проблема обеспечения экологической безопасности включает следующие составляющие:

- аварии с неблагоприятными последствиями, вызванные социально-экологическим кризисом;

- переработка и захоронение радиоактивных и технологических изменений;

- загрязнение природных сред в результате антропогенного воздействия человека.

Последний представленный аспект нуждается в повышенном внимании, в связи с тем, что статистические данные констатируют о возрастании потребляемых человеком природных ресурсов. Исследуя количество потребляемых ресурсов с позиции такой единицы измерения как килокалория, имеем:

- доисторические времена – 2-4 тыс. кил/кал;

- феодальное общества – 20-25 тыс. кил/кал;

- развитие страны (например, США) – 200-250 тыс. кил/кал.

Представленные данные позволяют констатировать о необходимости внедрения нового типа управления экологической безопасностью, способного предотвратить и минимизировать возникающие экологические опасности до приемлемого уровня. Отечественными и зарубежными специалистами в области охраны окружающей среды разрабатывалось множество концепций, наиболее популярными из которых являются:

- энвайроментализм. Представляет собой течение индивидуумов, часть из которых принимает разработанную концепцию целиком.

- теория экологического комплекса. Состоит из четырех взаимосвязанных компонентов: население и популяция, среда обитания, технологии и социальная организация. Проблемным аспектом данной концепции является коллективная адаптация популяции к среде. Это обуславливается тем фактом, что независимо от принимаемых мер по обеспечении экологической безопасности, интенсивно возрастает народонаселение, что в свою очередь, приводит к дестабилизации экологического механизма и катастрофе.

Проанализируем факторы угрозы антропогенной безопасности в виде таблицы 2.

Таблица 2 - Факторы угрозы антропогенной безопасности

Фактор	Сущность	Причины
Парниковый эффект	Повышение температуры нижних слоев атмосферы планеты по сравнению с температурой ее теплового излучения, наблюдаемого из космоса	Производство и использование энергии
Опустынивание, сжигание биомассы, сведение лесов	Деградация земель в аридных и полуаридных и засушливых областях земного шара	Землепользование
Использование пресной воды	Расход воды на сельскохозяйственные и домашние нужды, а также промышленность	Сокращение запасов пресной воды, смывающиеся минеральные удобрения и гербициды, наличие большого количества химических элементов
Диоксидная угроза (Химический СПИД)	Накопление в окружающей среде диоксинов, способных	Сжигание бензина. Промышленного и бытового

	привести к необратимым генетическим последствиям	мусора
Электромагнитные поля	Фундаментальное физическое поле взаимодействует с электрически заряженными телами, а также телами, имеющими собственные дипольные и мультипольные электрические и магнитные моменты	Развитие радиовещания, радиолокации и др. источников волн

Проводя анализ основных антропогенных факторов повышения экологической угрозы, следует констатировать, что между социально-экономическим развитием и экологической безопасностью существует обратная связь, иными словами, прогресс в социально-экономической системе порождает регресс состояния окружающей среды. Однако, наряду с экономическим фактором, следует также акцентировать внимание на техногенный аспект обеспечения безопасности. Академик В.А. Легасов отмечает, что научно-техническая революция привела мир на грань мощнейших кризисных явлений, угрожающих жизни человека. Кроме того, Легасов констатирует о том, что следование сложившимся принципам и традициям приведет мир к необратимой катастрофе. Исследования российских и зарубежных ученых теоретиков и практиков по данной проблеме, свидетельствуют о необходимости максимального снижения выбросов вредных веществ и отходов производства в атмосферу путем создания нанотехнологических разработок.

Значимость рассмотрения экологической обстановки в стране в качестве основополагающего фактора качества жизни подтверждается данными Всемирной организации здравоохранения, согласно которым сокращение продолжительности жизни на 20-30 % определяется экологическими факторами. По мнению российских ученых, сокращение продолжительности жизни на 80% зависит от ухудшения экологии. Н.Н. Моисеев отмечает, что в связи с дестабилизацией биосферы, последствия экологической катастрофы могут проявиться неожиданно.

Первоочередным шагом к совершенствованию экологической безопасности является создание и внедрение безотходных технологий, сущность которых выражается в полном использовании сырья и материалов и утилизации извлекаемых отходов. Преимущества создания безотходного процесса производства очевидны: возможность использования энергетических и вещественных ресурсов в цикле, комплексное использование ресурсов, сохранение сложившегося равновесия окружающей среды. Однако, как и любой технологический процесс, безотходное производство не лишено недостатка, заключающегося в использовании генной инженерии.

В целом, целью создания безопасной техносферы является реализация таких направлений, как:

- создание техники безопасной для природы;
- создание техники безопасной для человека;
- прекращение использования всех видов оружия.

Подводя итог вышесказанному, следует констатировать, что процесс обеспечения экологической безопасности сложен и многогранен, что обуславливается влиянием множества факторов, приводящих к повышению угрозы экологической катастрофы. Для минимизации рисков экологической безопасности следует рекомендовать проведение следующих мероприятий:

- сокращение опасных производств, уровень радиоактивных веществ в которых не соответствует нормативным показателям;
- внедрение экологически безопасных производств
- поиск перспективных источников энергии;

- формирование и реализация государственной программы по созданию стратегических запасов минеральных ресурсов, достаточных для удовлетворения потребностей населения [2];

- взаимовыгодное партнерское сотрудничество;

- постепенное освобождение от ядерного оружия;

- создание и усовершенствование законодательно-нормативной базы по обеспечению экологической безопасности.

Представленный перечень мероприятий не является исчерпывающим и может быть дополнен в связи с интенсивно меняющимися условиями хозяйствования. Достижению конечной цели, а именно, повышению экологической безопасности будет способствовать комплексная реализация saniруемых процедур и мероприятий.

Список литературы:

1) Указ Президента РФ «О стратегии национальной безопасности РФ до 2020 года» от 12.05.2009 №537 [Электронный ресурс]: Консультант-плюс – надежная правовая поддержка, URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=87685>. Дата обращения: 03.05.2013.

2) Алтынбаев, Ж.К. Экологическая безопасность: отечественный и зарубежный опыт в деятельности парламентов и регионов [Электронный ресурс] / Ж.К. Алтынбаев, В.А. Барсанов и др.; аналитический вестник Совета Федерации ФС РФ № 17 (384), URL: http://www.budgetrf.ru/Publications/Magazines/VestnikSF/2009/VSF_NEW200910211148/VSF_NEW200910211148_p_003.htm. Дата обращения: 03.05.2013.

3) Мышко, Ф.Г. Экологическая безопасность [Текст]: монография / Ф.Г. Мышко; ЮНИТИ-ДАНА, Закон и право, 2010. – 175 с.

4) Русаков, М.И. Экологическая безопасность современной России: общеправовой анализ [Электронный ресурс] / М.И. Русаков; автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук, URL: <http://law.edu.ru/book/book.asp?bookID=1369311>. Дата обращения: 03.05.2013.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОТЯЖКИ СЛИТКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА DEFORM–3D

**Таупек И.М., аспирант,
научный руководитель: Алексеев П.Л., доц., к.т.н.
ЭПИ НИТУ «МИСиС»**

Для оценки напряженно–деформационного состояния поковок при применяемом на ОАО «МЗ «Электросталь» технологическом процессе было произведено моделирование операции ковки–протяжки с использованием метода конечных элементов. Моделирование осуществлялось в программном комплексе DEFORM–3D.

Согласно существующему технологическому процессу, протяжка исходного круглого слитка (диаметры поперечных сечений: 370 и 480 мм) до ковки квадратного сечения со стороной 163 мм осуществляется в плоских бойках. Затем в тех же бойках происходит сбивка углов для получения восьмигранного профиля. Далее ковка ведётся в вырезных бойках для получения готового круглого профиля диаметром 170 мм.

Сначала в редакторе SolidWorks были созданы трёхмерные модели используемого инструмента (плоские и вырезные бойки) и слитка, которые затем совмещались в сборку. Далее сборка импортировалась в DEFORM, где модели слитка присваивались реологические свойства стали AISI–321 (данная марка применялась как наиболее близкий аналог отечественной стали 12X18H10T, которая осуществлялась в реальном процессе ковки), производилось разбиение на конечно–элементную сетку.

Затем задавалась последовательность обжатий и кантовок заготовки, соответствующая реальному маршруту ковки и запускался расчёт. После моделирования серии проходов и увеличения длины поковки она, в соответствии с реальным технологическим процессом, была разделена на несколько частей. После разделения и подогрева заготовки моделирование продолжалось до получения готового профиля.

При расчёте моделировался только деформирующий ход бойков (подъем верхнего бойка и подача заготовки осуществлялись между шагами моделирования), поэтому время, затраченное на каждый проход в симуляции, оказывалось меньше времени реального процесса, что могло в итоге вызвать большие погрешности в тепловом поле заготовки. Для предотвращения этого несколько раз за каждый проход и во время кантовок бойки разводились, и производилось охлаждение заготовки. Время охлаждения устанавливалось таким образом, чтобы оно совместно со временем деформации составляли время реального процесса.

Далее производился анализ полученных данных. Были рассмотрены напряжённо-деформационное состояние, тепловое поле заготовки, оценена проработка структуры. На основании анализа можно сделать выводы о неблагоприятной схеме НДС металла во время ковки по существующему технологическому процессу. В частности большая часть формаизменения металла производится во время ковки в плоских бойках, что вызывает сильные растягивающие напряжения, как по бокам заготовки, так и в центральной области. Особенно ярко это проявляется в начальной стадии процесса (когда слиток ещё имеет круглое поперечное сечение) и при сбивке углов.

По мере приобретения заготовкой прямоугольного поперечного сечения НДС улучшается: сжимающие напряжения распространяются до осевой зоны поковки, однако, в боковых областях всё также сохраняются высокие растягивающие напряжения.

Последние проходы в вырезных круглых бойках выполняются с малыми обжатиями и служат для придания восьмигранной заготовке необходимого круглого сечения (по сути, вырезные бойки применяются только для проглаживания).

Как неоднократно описано в литературных источниках [1,2], подобная схема ковки применима для сталей с высокой пластичностью (углеродистые, нержавеющие стали). Поэтому в данном случае возникающие растягивающие напряжения не приводят к возникновению дефектов. Однако при производстве поволоков из жаропрочных сталей (составляющих большую часть производимой предприятием продукции) по подобной технологии высока вероятность появления трещин, разрывов и других дефектов. Что и наблюдается при реальном процессе ковки.

Список литературы:

1. Технология кузнечно-штамповочного производства, издание второе переработанное. Охрименко Я.М. М. Машиностроение, 1976. 560с.
2. Пластическая деформация высоколегированных сталей и сплавов. Дзугутов Я.М. Изд. 2–е, перераб. и доп. М., Металлургия, 1977. 480с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ С ВРЕМЕННОЙ УТРАТОЙ ТРУДОСПОСОБНОСТИ В ПРОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ОАО «ОЭМК»

Чалова Е.И., студентка БТП-08д,
научный руководитель: доц. **Спаринская И.П.**
СТИ НИТУ «МИСиС»

Заболеваемость с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) широко применяется для изучения состояния здоровья работающих. Под ЗВУТ подразумевается совокупность

всех случаев заболеваний в данном году, сопровождающихся утратой трудоспособности и выдачей листка нетрудоспособности (больничного листа).

Изучена заболеваемость с временной утратой трудоспособности в трех подразделениях ОАО ОЭМК: управлении охраной окружающей среды (УООС), теплотехнической лаборатории (ТТЛ) и цехе металлоконструкций (ЦМК) за три года (2010-2012 гг.). Оценивались следующие показатели заболеваемости:

- число случаев заболеваний с временной утратой трудоспособности на 100 работающих;

- число дней временной утраты трудоспособности на 100 работающих.

Динамика показателей заболеваемости в изучаемый период по основным классам болезней в подразделениях отражена в таблицах 1-3.

Таблица 1 – Сведения о причинах временной нетрудоспособности в УООС на 100 работающих

Причина нетрудоспособности	Число случаев ВН. на 100 работающих			Число дней ВН на 100 работающих		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Новообразования	1,96	0,00	0,00	29,41	0,00	0,00
Психические расстройства и расстройства поведения	1,96	0,00	0,00	21,57	0,00	0,00
Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ	-	-	-	-	-	-
Болезни нервной системы	7,84	0,00	1,89	109,80	0,00	15,09
-болезни периферической нервной системы	7,84	0,00	0,00	109,80	0,00	0,00
Болезни глаза и его придаточного аппарата	0,00	0,00	1,89	0,00	0,00	7,55
Болезни уха и сосцевидного отростка	0,00	1,96	0,00	0,00	15,69	0,00
Болезни системы кровообращения	0,00	1,96	5,66	0,00	25,49	73,58
-болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением	0,00	1,96	5,66	0,00	25,49	73,58
-ишемическая болезнь сердца	-	-	-	-	-	-
-цереброваскулярные болезни	-	-	-	-	-	-
Болезни органов дыхания	25,49	43,14	28,30	186,27	413,73	288,68
- острые респираторные. инфекции верх дых. путей	13,73	33,33	26,42	92,16	266,67	264,15
-острый фарингит, острый тонзиллит	5,88	1,96	0,00	54,90	21,57	0,00
-пневмония	1,96	0,00	0,00	5,88	0,00	0,00
-бронхиты, эмфизема	1,96	7,84	0,00	17,65	125,49	0,00
Болезни органов пищеварения	0,00	3,92	5,66	0,00	50,98	67,92
-болезни печени, желчного пузыря желчевыводящих путей и поджелудочной железы	-	-	-	-	-	-
-гастрит и дуоденит	0,00	0,00	5,66	0,00	0,00	67,92
Болезни кожи и подкожной клетчатки	-	-	-	-	-	-
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	5,88	9,80	1,89	90,20	117,65	43,40
-серопозитивный ревматоидный, др. ревматоидные артриты	-	-	-	-	-	-
Болезни мочеполовой системы	9,80	11,76	11,32	223,53	103,92	143,40

-болезни почек и мочевыделительных путей	1,96 7,84	3,92 7,84	9,43 1,89	37,25 186,27	23,53 80,39	120,75 22,64
-воспалительные болезни женских тазовых органов						
Беременность, роды и послеродовый период	0,00	5,88	5,66	0,00	98,04	64,15
Симптомы, прочие отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях	1,96	3,92	5,66	25,49	39,22	130,19
Травмы, отравления и некоторые др. последствия воздействия внешних причин	7,84 0,00	5,88 5,88	3,77 1,89	107,84 0,00	233,33 233,33	152,83 141,51
-переломы верхних и нижних конечностей	1,96	0,00	0,00	25,49	0,00	0,00
-вывихи ,растяжение и перерастяжение капсульно-двигательного аппарата	0,00	0,00	1,89	0,00	0,00	11,32
-поверхностные травмы						
Всего по заболеваниям	62,75	88,24	71,70	794,12	1098,04	986,79

Таблица 2 – Сведения о причинах временной нетрудоспособности в ТТЛ на 100 работающих

Причина нетрудоспособности	Число случаев ВН. на 100 работающих			Число дней ВН на 100 работающих		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Новообразования	-	-	-	-	-	-
Психические расстройства и расстройства поведения	-	-	-	-	-	-
Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ	-	-	-	-	-	-
Болезни нервной системы	3,03	0,00	3,13	33,33	0,00	18,75
-болезни периферической нервной системы	-	-	-	-	-	-
Болезни глаза и его придаточного аппарата	-	-	-	-	-	-
Болезни уха и сосцевидного отростка	-	-	-	-	-	-
Болезни системы кровообращения	9,09	6,25	0,00	106,06	250,00	0,00
-болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением	6,06	3,13	0,00	39,39	46,88	0,00
-ишемическая болезнь сердца	-	-	-	-	-	-
-цереброваскулярные болезни	-	-	-	-	-	-
Болезни органов дыхания	27,27	21,88	28,13	257,58	165,63	256,25
- острые респираторные. инфекции верх дых. путей	18,18	21,88	21,88	169,70	165,63	140,63
-острый фарингит, острый тонзиллит	9,09	0,00	0,00	87,88	0,00	0,00
-пневмония	-	-	3,13	-	-	56,25
-бронхиты, эмфизема	-	-	-	-	-	-
Болезни органов пищеварения	6,06	0,00	0,00	81,82	0,00	0,00
-болезни печени, желчного пузыря желчевыводящих путей и поджелудочной железы	6,06	0,00	0,00	81,82	0,00	0,00
-гастрит и дуоденит	-	-	-	-	-	-
Болезни кожи и подкожной клетчатки	3,03	0,00	0,00	21,21	0,00	0,00
Болезни костно-мышечной системы и	3,03	3,13	3,13	66,67	184,38	281,25

соединительной ткани -серопозитивный ревматоидный, др. ревматоидные артриты	3,03	0,00	0,00	66,67	0,00	0,00
Болезни мочеполовой системы	9,09	6,25	0,00	81,82	140,63	0,00
-болезни почек и мочевыделительных путей	6,06	3,13	0,00	48,48	59,38	0,00
-воспалительные болезни женских тазовых органов	3,03	3,13	0,00	33,33	81,25	0,00
Беременность, роды и послеродовый период	-	-	-	-	-	-
Симптомы, прочие отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях	9,09	28,13	12,50	209,09	306,25	262,50
Травмы, отравления и некоторые др. последствия воздействия внешних причин	0,00	3,13	3,13	0,00	190,63	121,88
-переломы верхних и нижних конечностей	-	-	3,13	-	-	121,88
-вывихи ,растяжение и перерастяжение капсульно-двигательного аппарата	-	-	-	-	-	-
-поверхностные травмы	-	-	-	-	-	-
Всего по заболеваниям	69,70	68,75	50,00	857,58	1237,50	940,63

Таблица 3 – Сведения о причинах временной нетрудоспособности в ЦМК на 100 работающих

Причина нетрудоспособности	Число случаев ВН. на 100 работающих			Число дней ВН на 100 работающих		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Новообразования	0,00	0,76	0,76	0,00	73,28	88,64
Психические расстройства и расстройства поведения	-	-	-	-	-	-
Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ	1,55	0,00	0,76	19,38	0,00	8,33
Болезни нервной системы	2,33	0,76	0,76	107,75	11,45	2,27
-болезни периферической нервной системы	1,55	0,76	0,00	75,19	11,45	0,00
Болезни глаза и его придаточного аппарата	2,33	3,82	1,52	31,78	28,24	12,88
Болезни уха и сосцевидного отростка	-	-	0,76	-	-	6,06
Болезни системы кровообращения	3,88	4,58	0,76	40,31	74,05	9,85
-болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением	2,33	0,76	0,00	28,68	22,90	0,00
-ишемическая болезнь сердца	0,00	1,53	0,76	0,00	17,56	9,85
-цереброваскулярные болезни	0,00	0,76	0,00	0,00	22,14	0,00
Болезни органов дыхания	11,63	33,59	15,91	99,22	298,47	136,36
- острые респираторные. инфекции верх дых. путей	5,43	19,85	12,12	34,11	152,67	99,24
-острый фарингит, острый тонзиллит	0,00	3,05	2,27	0,00	22,90	19,70
-пневмония	0,78	0,76	0,00	23,26	32,82	0,00
-бронхиты, эмфизема	0,00	3,05	0,76	0,00	36,64	6,82
Болезни органов пищеварения	3,10	2,29	3,03	49,61	56,49	85,61
-болезни печени, желчного пузыря	0,78	0,00	0,00	18,60	0,00	0,00

желчевыводящих путей и поджелудочной железы -гастрит и дуоденит	2,33	1,53	0,76	31,01	24,43	6,82
Болезни кожи и подкожной клетчатки	1,55	0,00	0,00	19,38	0,00	0,00
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани -серопозитивный ревматоидный, др. ревматоидные артриты	6,98	12,98	9,85	112,40	224,43	259,09
Болезни мочеполовой системы -болезни почек и мочевыделительных путей -воспалительные болезни женских тазовых органов	2,33 0,78 0,00	2,29 0,00 1,53	1,52 0,76 0,00	61,24 14,73 0,00	34,35 0,00 31,30	26,52 3,79 0,00
Беременность, роды и послеродовый период	0,00	1,53	3,03	0,00	22,90	40,15
Симптомы, прочие отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях	12,40	9,16	6,06	136,43	87,79	122,73
Травмы, отравления и некоторые др. последствия воздействия внешних причин -переломы верхних и нижних конечностей -вывихи ,растяжение и перерастяжение капсульно-двигательного аппарата -поверхностные травмы	15,50 1,55 0,78 6,98	11,45 3,82 0,76 1,53	9,09 1,52 0,76 6,82	410,08 88,37 18,60 127,13	306,11 167,94 5,34 9,92	188,64 103,03 11,36 74,24
Всего по заболеваниям	63,57	82,44	53,79	1087,6	1217,56	987,12

Установлено, что ни один класс болезней не демонстрирует у работников указанных подразделений ОЭМК стойкого повышения показателей заболеваемости, однако нет и никакой положительной динамики в течение рассматриваемого периода времени.

Для сравнительной оценки состояния здоровья работников различных подразделений произведен анализ заболеваемости по основным классам болезней в целом за три года (2010-2012 гг.) (таблица 4).

Таблица 4 – Число случаев нетрудоспособности в подразделениях ОЭМК за три года

Причина нетрудоспособности	Число случаев нетрудоспособности на 100 работающих		
	УООС	ТТЛ	ЦМК
Новообразования	1,96	0	1,52
Психические расстройства и расстройства поведения	1,96	0	0
Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ	0	0	2,31
Болезни нервной системы	9,73	6,16	3,85
Болезни глаза и его придаточного аппарата	1,89	0	7,67
Болезни уха и сосцевидного отростка	1,96	0	0,76
Болезни системы кровообращения	7,62	15,34	16,89
Болезни органов дыхания	96,93	77,28	61,13
Болезни органов пищеварения	9,58	6,06	8,42
Болезни кожи и подкожной клетчатки	0	3,03	1,55
Болезни костно-мышечной системы и соединительной	17,57	9,29	29,81

ткани			
Болезни мочеполовой системы	32,88	15,34	6,14
Беременность, роды и послеродовый период	11,54	0	4,56
Симптомы, прочие отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях	11,54	49,72	27,62
Травмы, отравления и некоторые др. последствия воздействия внешних причин	17,49	6,26	36,04
Всего по заболеваниям	222,69	188,45	199,8

Сравнительный анализ заболеваемости призван установить обусловленность болезней производственными факторами характера и условий труда.

В нашем случае самый высокий уровень заболеваемости демонстрирует коллектив УООС, в том числе по болезням нервной системы, болезням органов дыхания, органов пищеварения, мочеполовой системы. Этот факт трудно объяснить производственной обусловленностью болезней, поскольку УООС является частью административной системы предприятия и его персонал редко подвергается воздействию неблагоприятных факторов производства.

Цех металлоконструкций является производственным подразделением, где условия труда часто не соответствуют санитарно-гигиеническим нормативам. Однако, общий уровень заболеваемости там демонстрирует средние величины. Однозначную производственную обусловленность можно определить только для болезней костно-мышечной системы, число случаев которых превышают в ЦМК аналогичный показатель в других подразделениях в 1,7-3,2 раза. Среди причин болезней этой группы важное место занимает длительное перенапряжение костно-мышечного аппарата при высокой тяжести труда, воздействие охлаждающего, а также контрастного микроклимата в производственной зоне.

Результаты данного исследования подтверждают, что только до 40% заболеваний прямо или косвенно связано с вредными и опасными условиями труда. Уровень заболеваемости формируется под действием целого комплекса факторов, среди которых врожденная предрасположенность, социальные, экономические и экологические факторы и др.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА ЭЛЕКТРОДА НА ХАРАКТЕР ГОРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ В ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

**Ткачев А.С.,
научный руководитель: Кожухов А.А.
СТИ НИТУ «МИСиС»**

Анализ научно-технической литературы [1,2] показал, что применение полых (трубчатых) электродов позволяет снизить величину угла отклонения электрической дуги от оси электрода. Однако данный вопрос требует дальнейшего изучения так как нет достаточных данных о величине диаметра отверстия в полой (трубчатом) электроде на степень отклонения электрической дуги от оси электрода. В связи с этим были выполнены лабораторные исследования на электропечной установке представленной на рис.1.

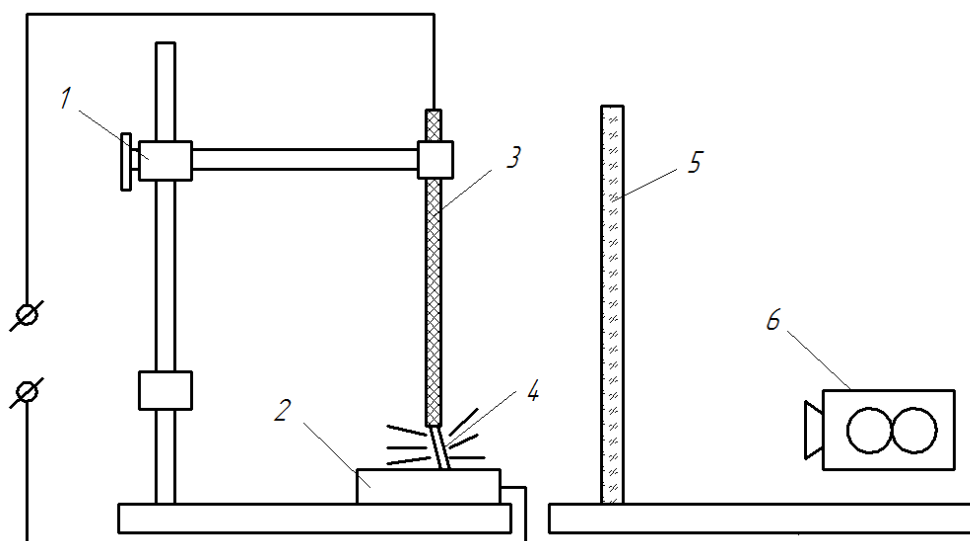


Рис.1. Схема экспериментальной лабораторной установки для изучения угла отклонения электрической дуги: 1 – механизм перемещения электрода; 2 – графитовая пластина; 3 – графитированный электрод; 4 – электрическая дуга; 5 – защитный экран; 6 - видео камера.

В ходе выполнения исследований на электропечной установке использовались графитированные электроды (3) различного типа: сплошные и полые (трубчатые) электроды с наружным диаметром $D_{эл}=35$ мм. Диаметр отверстий в полном (трубчатом) электроде варьировался в соотношении $d_{отв}/D_{эл}$ от 0,05 до 0,5. Электропитание установки осуществлялось от трансформатора представляющего собой два соединенных последовательно выпрямителя с номинальной мощностью $P=23,7$ кВт. Для более устойчивого горения электрической дуги горячей между графитовым и подовым электродом и создания условий, близких к реальным, в дуговых сталеплавильных печах на подовый электрод подкладывалась металлическая заготовка для образования жидкого металла.

В ходе эксперимента велась видео съемка через защитный экран. Результаты видео съемки были подвергались цифровой обработке с помощью программы по реализованной в программе Blitz 3d. Суть обработки заключалась в разбиении полученного в ходе эксперимента видео на кадры с последующим переводом кадров из цветного спектра в серый. Затем каждый кадр подвергался оценке каждого пикселя по яркости (пиксели с высокой яркостью оценивались как электрическая дуга, с низкой - как свободное пространство). Анализ полученного видео по данной методике позволил установить зависимость угла отклонения электрической дуги от диаметра отверстия (рис. 2 и рис. 3) в полном (трубчатом) электроде.

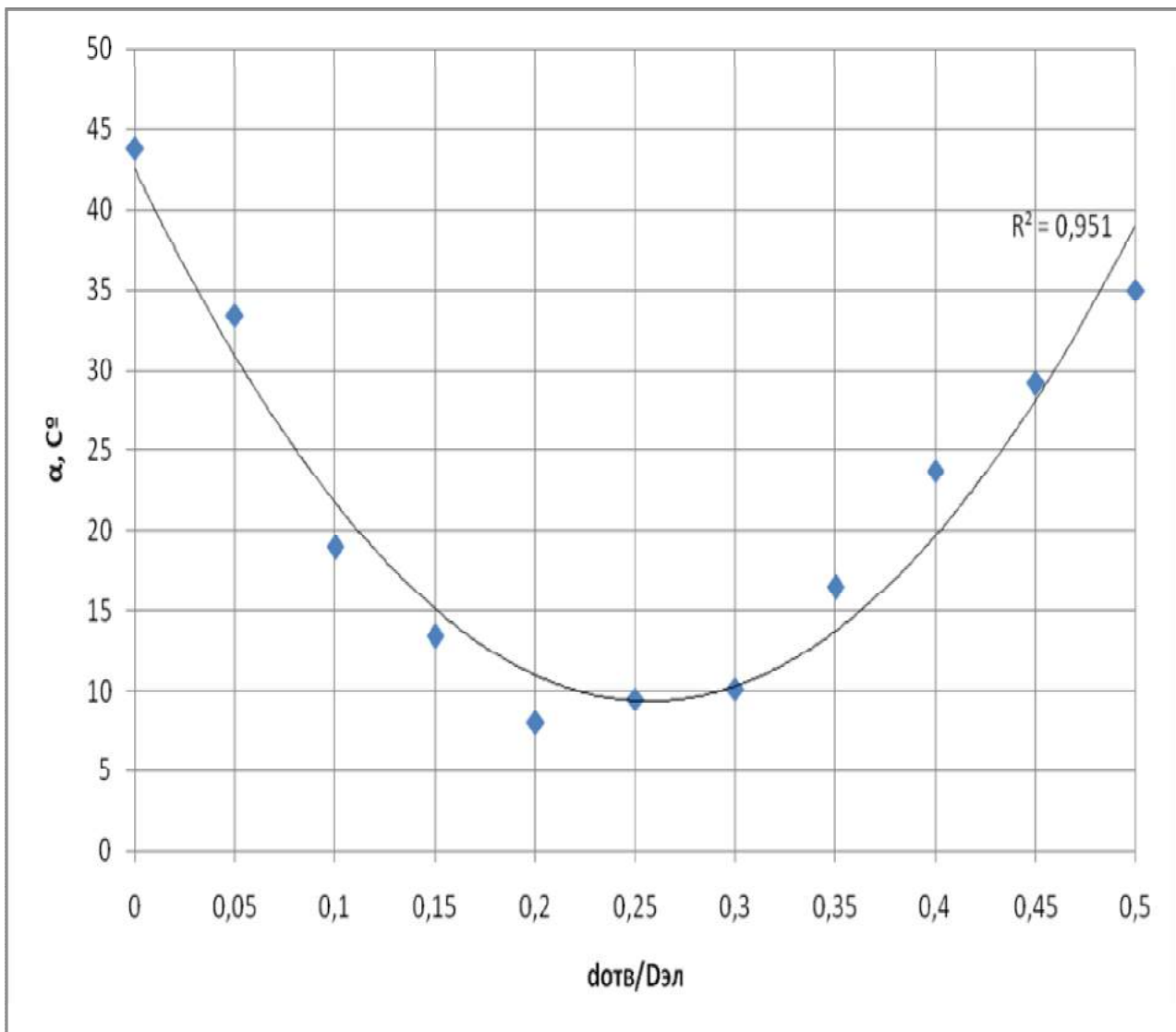
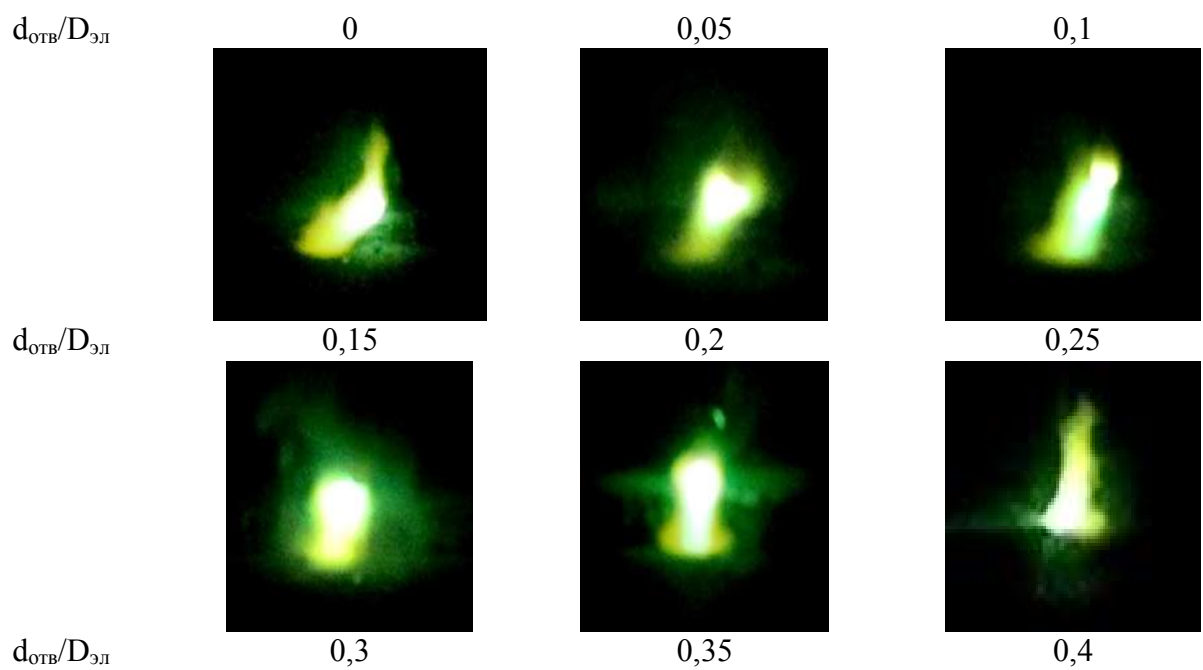


Рис. 2. График зависимости угла отклонения электрической дуги от диаметра отверстия в электроде



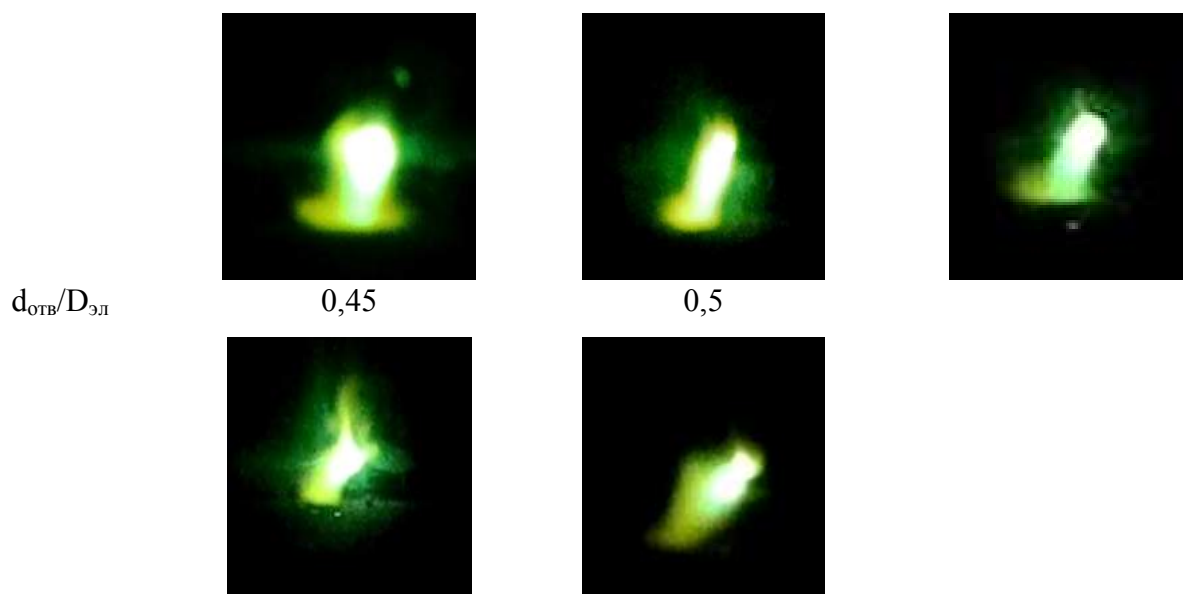


Рис. 3 Фотографии электрической дуги при различном отношении $d_{отв}/D_{эл}$

В результате обработки полученных экспериментальных данных было получено регрессионное уравнение позволяющее оценить влияния диаметра отверстия в полем электроде на угол отклонения электрической дуги:

$$\alpha = 502,6 \left(\frac{d_{отв}}{D_{эл}} \right)^2 - 258,3 \left(\frac{d_{отв}}{D_{эл}} \right) + 42,56 \quad (1)$$

Анализ полученных данных позволяет сказать, что зависимость угла отклонения от диаметра отверстия в полем (трубчатом) электроде носит экстремальный характер. Что можно объяснить характером возникающих электромагнитных полей в полем (трубчатом) электроде. Так наименьший угол отклонения электрической дуги достигается при $d_{отв}/D_{эл}=0,2$.

Список литературы:

1. Егоров А.Е., Никольский Л.Е., Огороков Н.В. О применении трубчатых электродов в дуговых электрических печах. // Электротермия, 1962, №9. с. 27-31.
2. Огороков Н.В., Никольский Л.Е., Егоров А.В. Эффективность работы дуговой печи на трубчатых электродах. //Электротермия, 1962, №9. с. 13-18.

МИСФИТ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ В МОНОКРИСТАЛЛАХ Ni_3Al

Федосеев С.Н., ассистент,

научный руководитель: Лычагин Д.М., проф., д. ф.-м. н.

Юргинский технологический институт (филиал) «Национального исследовательского Томского политехнического университета»

Современное материаловедение авиационного двигателестроения требует создание новых материалов и сплавов для газотурбинных двигателей. Основной интерес при создании литейных жаропрочных сплавов составляют жаропрочные никелевые сплавы (ЖНС) на основе интерметаллида Ni_3Al , т.к. обладают высокой температурой плавления, пониженной плотностью и термической стабильностью структуры до температуры плавления. Важную роль в сопротивлении высокотемпературной ползучести ЖНС играют периоды кристаллических решеток γ - и γ' -фаз и их размерное несоответствие δ или γ/γ' -мисфит, на ряду с такими факторами как γ' -фаза, физико-химические и механические свойства γ - и γ' -фаз.

Наибольшее применение в современном авиастроении нашли жаропрочные никелевые сплавы (ЖНС). Жаропрочные сплавы на основе никеля обладают сложным химическим составом, которые содержат до 10 основных легирующих элементов, не считая многих полезных микродобавок редкоземельных металлов, тщательно сбалансированных для получения необходимых свойств, и имеют гетерофазную структуру, представляющую собой высокодисперсные частицы γ' -фазы, на основе интерметаллического соединения Ni_3Al , равномерно рассеянные в матрице из твердого γ -раствора легирующих элементов в никеле (рис. 1).

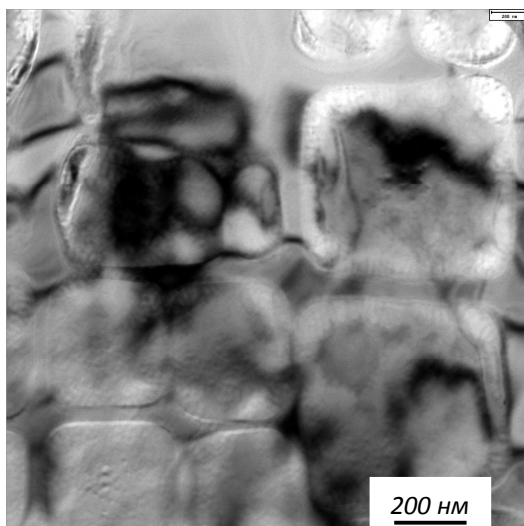


Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение структуры сплава PWA 1480 (светопольное изображение в рефлексе γ' -фазы)

Важнейшим параметром, характеризующим свойства ЖНС при ползучести, является несоответствие параметров решетки неупорядоченной γ - и упорядоченной γ' -фаз для сплавов на основе Ni_3Al , или их соотношение $\gamma/\gamma' = \Delta$, определяемое как мисфит. Величины периодов решеток γ -твердого раствора и γ' -фазы находятся в тесной корреляции со степенью концентрационного твердорастворного упрочнения этих фаз, а параметр несоответствия – со скоростью ползучести и другими высокотемпературными механическими свойствами монокристаллов никелевых сплавов [1].

Упрочнение в сплаве происходит за счет дисперсных частиц γ' -фазы, которые имеют кубовидную форму, и образуются при распаде пересыщенного раствора в процессе охлаждения. Их объемная доля в структуре сплава достигает 60–70 %.

Мисфит γ/γ' зависит от таких факторов как морфологические изменения, происходящие в структуре сплава, обусловленные химической неоднородностью; дефекты самой структуры сплава – наличие дислокаций на межфазных границах, а также перераспределение легирующих элементов (ЛЭ) в фазах ЖНС. Различают нестесненный и стесненный мисфит. Нестесненный мисфит характеризует несоответствие периодов кристаллических решеток γ - и γ' -фаз в нестесненном (изолированном) состоянии и является важной характеристикой сплава, определяющей эффективность дисперсионного упрочнения γ -твердого раствора выделениями γ' -фазы. Стесненный мисфит характеризуется в стесненном (неизолированном) состоянии.

Влияние ЛЭ на размерное несоответствие γ - и γ' -фаз определяется теми элементами, которые наиболее сильно увеличивают период решетки γ -твердого раствора. ЛЭ Al, Ti, Ta, Nb, Pt, Hf преимущественно растворяются в γ' -фазе и поэтому их называют γ' -образующими. Элементы V, Co, Cr, Mo, Re, Ru, Ir главными образом растворяются в γ -матрице и относятся к γ -стабилизирующим элементам. Величина γ/γ' -мисфита может значительно изменяться в пределах дендритной ячейки вследствие остаточной дендритной ликвации легирующих элементов [2].

Относительную разницу параметров решеток двух фаз – мисфит (Δ) определяют рентгенографическим и электронно-микроскопическим методами.

Основным методом определения мисфита является рентгеновская дифрактометрия. Определенная этим методом величина Δ характеризует усредненное значение размерного несоответствия периодов кристаллических решеток γ - и γ' -фаз в стесненном состоянии и является интегральной характеристикой структурно-фазового состояния сплава.

Размерное несоответствие периодов кристаллических решеток фаз или стесненный мисфит Δ рассчитывают из соотношения

$$\Delta = \frac{\alpha_{\gamma} - \alpha_{\gamma'}}{\alpha_{\gamma}}, \quad (1)$$

где α_{γ} и $\alpha_{\gamma'}$ – периоды решеток γ - и γ' -фаз, соответственно [3].

Определение мисфита электронно-микроскопическим методом проводят по методике, суть которой состоит в анализе дислокаций несоответствия, возникающих на γ/γ' межфазных поверхностях, величины их векторов Бюргерса и плотности. Мисфит $\Delta_{ЭМ}$ для случая краевых дислокаций определяют по формуле

$$\Delta_{ЭМ} = \frac{|b|}{d}, \quad (2)$$

где b – вектор Бюргерса дислокаций, d – расстояние между ними [4].

В качестве объекта исследования был выбран жаропрочный сплав PWA 1480. Сплав изучался в исходном состоянии и после специальной обработки. В состав этого сплава кроме никеля в качестве основных легирующих компонент входят: 5%Al, 1,5%Ti, 12%Ta, 10%Cr, 5%Co, 4%W. Основной упрочняющей фазой исследуемого сплава является γ' -фаза. Это ГЦК упорядоченный твердый раствор на основе никеля со сверхструктурой L12 [5]. Морфологически γ' -фаза представляет собой квазикубоиды, часто с довольно четкой огранкой (рис.2). Квазикубоиды γ' -фазы окружены относительно тонкими прослойками γ -фазы, представляющей собой ГЦК неупорядоченный твердый раствор (рис.2, а).

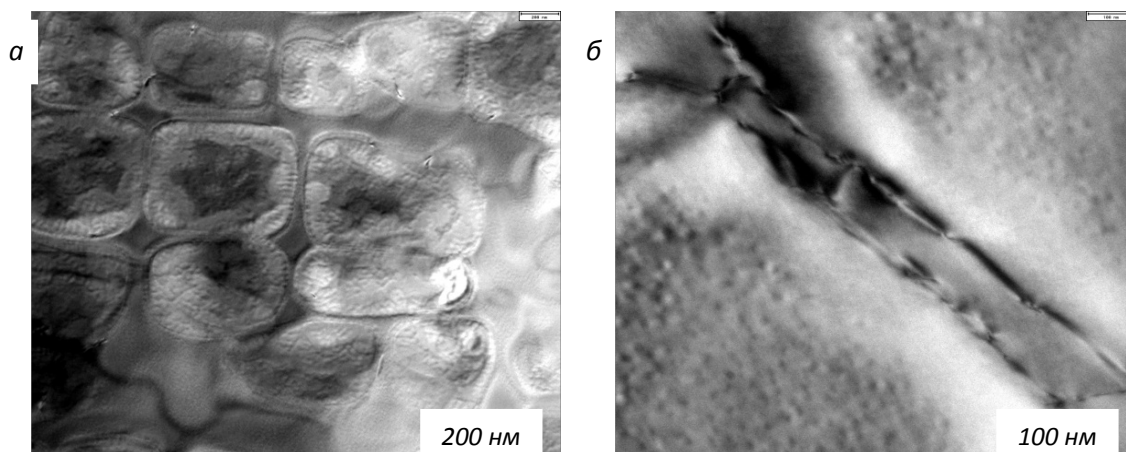


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение структуры сплава PWA 1480 в исходном состоянии

В представленном сечении, в основном, квазикубоиды имеют прямоугольную форму. Отношение их длины к ширине находится в пределах 1,5...2,0. Квазикубоиды квадратной формы встречаются не часто. Средний их размер 1 мкм на 2 мкм. Структура квазикубоидов неоднородна. В центре кубоидов присутствуют мелкие частицы размером около 10 нм. Расстояние между частицами находится в пределах 60...120 нм. От границ кубоидов наблюдается направленный рост дисперсных частиц γ' -фазы. Ширина таких прослоек 200 нм и соответствует ширине прослоек γ -фазы, располагающейся между кубоидами. Внутри прослоек располагаются частицы карбидов диаметром 80...150 нм. Вдоль границ фаз

располагаются дислокации, образующие цепочку, часто из сверхдислокаций. Иногда наблюдаются дислокации в прослойках γ -фазы и в квазикубоидах (рис.2, б).

Сравнение структуры сплава PWA 1480 в исходном состоянии и после обработки указывает на изменение мисфита на границе фаз. Об этом свидетельствует размытие дендритной структуры (рис. 3, а) и практическое исчезновение дислокаций по границе фаз (рис. 3, б). Контраст границы представляет собой двойную линию шириной 10...20 нм.

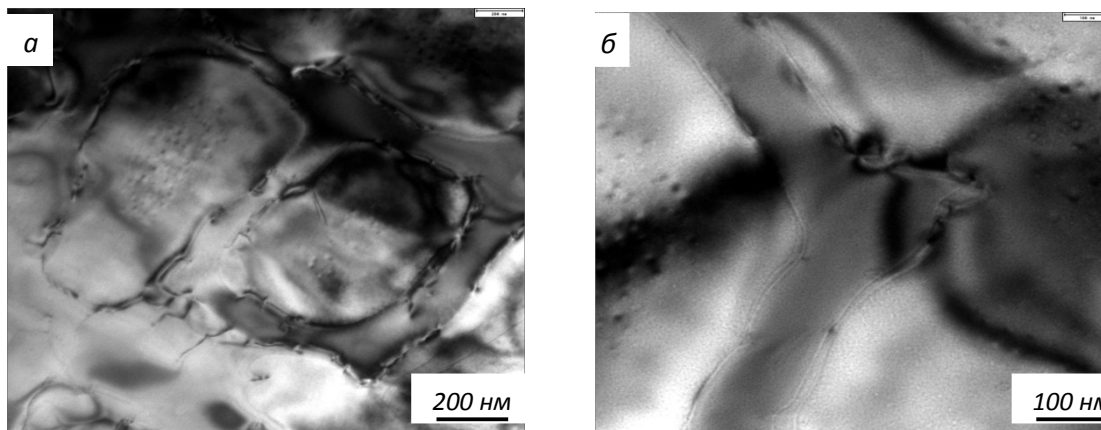


Рис. 3. Электронно-микроскопическое изображение структуры сплава PWA 1480 после обработки

Расчет мисфита по второй формуле дает значения 0,17% и выше для исходного состояния. После обработки воспользоваться этим методом не представляется возможным в связи с отсутствием дислокаций на границе фаз. Однако само их исчезновение свидетельствует об уменьшении или отсутствии мисфита. Для определения мисфита нужно привлекать метод рентгеновской дифрактометрии. Необходимо исследовать изменение концентрационного профиля на границе фаз. Результаты данных исследований являются предметом отдельной публикации.

Таким образом, как следует из литературных данных, мисфит является важной характеристикой ЖНС и оказывает существенное влияние на его служебные характеристики. Проведенные исследования изменения структуры сплава PWA 1480 после обработки показали возможность применения данной методики с целью изменения мисфита. В литературе существует путаница относительно мисфита, по причине разного определения знака мисфита и отсутствие информации о том, какой мисфит исследуется: стесненный или нестесненный. Поэтому возникает необходимость изучения мисфита ЖНС с целью изучения его характеристик и установления его влияния на свойства и параметры ЖНС, для улучшения их рабочих характеристик.

Список литературы:

1. Светлов И.Л., Олдаковский И.В., Петрушин Н.В., Игнатова И.А. Концентрационная зависимость периодов решеток γ - и γ' -фаз никелевых жаропрочных сплавов // *Металлы*. – 1996. – № 6. – С. 150–157.
2. Самойлов А.И., Кириллов К.В., Игнатова И.А., Додонова Л.П. Повышение надежности метода Фурье при определении размерного несоответствия γ - и γ' -фаз в жаропрочных сплавах // *Заводская лаборатория*. – 1990. – № 6. – С. 69–72.
3. Никулина Н.Б., Усиков М.П., Бронфин М.Б., Сорокина Л.И. Электронно-микроскопический метод определения величины несоответствия решеток изоморфных когерентных фаз // *Заводская лаборатория*. – 1991. – № 9. – С. 54–62.
4. Протасова Н.А., Светлов И.Л., Бронфин М.Б., Петрушин Н.В. Размерное несоответствие периодов кристаллических решеток γ - и γ' -фаз в монокристаллах

жаропрочных никелевых сплавов // Физика металлов и металловедение. – 2008. – Т. 106. – № 5. – С. 512–519.

5. Rojer A., Bastie P. Misfit and lattice parameter of single crystal AM1 superalloy: effect of temperature, precipitate morphology and γ - γ' interfacial stresses // Superalloys. The Minerals, Metals and Materials Society, 1996. – P. 221–227.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА КЛЕЕВЫЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ МЕТАЛЛ-РЕЗИНА

Черных С.Г., студент 2-го курса,
Елина А.С., студент 2-го курса
СТИ НИТУ «МИСиС»

Использование углеродных наноматериалов позволяет получить новые полимерные структуры с улучшенными показателями, что немаловажно для развития науки и техники. Один из таких вопросов – получение клеевых композиций для совмещения фаз: металл-резина. Одной из проблем таких систем является низкая устойчивость к термомеханическому воздействию по причине различной природы адгезионных свойств совмещаемых субстратов. Поэтому актуальным является применение углеродных фуллеренов в качестве модификатора клеевых композиций в процессе смешения с участием твердой фазы. Особенный интерес заключается в том, что своё уникальное свойство как модификатор полимеров смесь фуллеренов проявляет при микродозировках [1].

В качестве объектов исследования были выбраны: углеродсодержащий наноматериал – смесь фуллеренов фракции C_{50} – C_{92} , состава: C_{50} – C_{58} (14.69%), C_{60} (63,12%), C_{62} – C_{68} (5.88%), C_{70} (13.25%), C_{72} – C_{92} (3.06%) и синтетические бутилкаучуки, являющиеся основой резиновых клеев: бутилкаучук БК-1675, бромбутилкаучук ББК-239, хлорбутилкаучук ХБК-139. Модификация полимеров фуллереновой смесью указанного состава проводилась путем внесения необходимой концентрации толуольного раствора смеси фуллеренов, в 3% толуольный толуольный раствор анализируемых каучуков, так, что массовое соотношение полимер-модификатор в пересчете на сухое вещество составило 100:0,03.

В качестве основного метода исследования применяли ИК-Фурье спектроскопию нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО), использовали спектрометр NICOLET6700. Выбранный спектральный диапазон составил от 400 до 4000 см^{-1} . Для регистрации оптических характеристик были отлиты монолитные пленки каучуков, толщиной порядка 20 мкм, полученные на алюминиевой подложке из 1% толуольных растворов. Окисление пленок проводили в низкотемпературной лабораторной электропечи SNOL 58/350 при температуре 100 $^{\circ}\text{C}$ в течении 24 часов.

Графическая интерпретация результатов канонического сравнения характеристических частот на ИК спектрах галоидных форм бутилкаучуков представлена на рисунке 3.

В бромбутилкаучуке, модифицированном фуллеренами, происходят измерения в электронном колебательном состоянии линейных групп $-\text{CH}_2-$ для обоих типов колебаний – симметричного и асимметричного и возникают два новых пика, что может быть связано со снятием вырождения колебаний Н-С-Н. Структура полимера в целом разрыхляется, так как наклоны, связанные с С-Н в CH_3 , меньше единицы. Термообработка частично разрыхляет структуру полимера, также подавлены эффекты, связанные с электронными колебаниями [2, 3].

В свою очередь тернарные сравнения ИК-спектров и сравнения более высоких порядков демонстрируют общую картину небольшого уширения пиков валентных колебаний С-Н в хлорбутилкаучуке относительно бутилкаучука и снятие вырождения в симметричных и асимметричных валентных колебаниях С-Н.

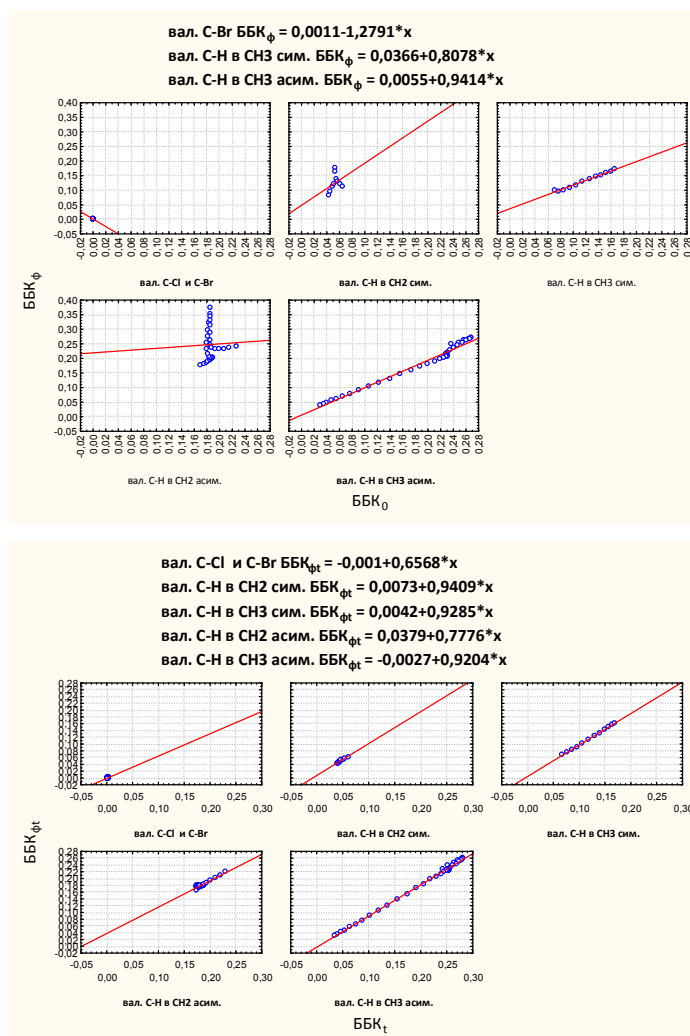


Рисунок 1. Уравнения регрессии и графическая интерпретация результатов канонического сравнения характеристических частот на ИК спектрах галоидных форм бутилкаучуков.

Эти данные позволяют сделать естественное заключение о том, что введение смеси фуллеренов в полимеры класса полиизобутиленов способствует изменению структуры только галоидированных форм. Введение фуллеренов повышает устойчивость эластомеров к воздействию температур и позволяет некоторым образом спрогнозировать повышение эксплуатационных свойств клеевых композиций на их основе за счет разрыхления структуры.

Список литературы:

1. Мищенко С.В. Углеродные наноматериалы: производство, свойства, применение. [Текст] / С.В. Мищенко, А.Г. Ткачев. М.: Машиностроение, 2008. – 320 с., ил.
2. Смагунова А.М. Методы математической статистики в аналитической химии: учеб. Пособие. [Текст] / А.М. Смагунова, О.М. Карпукова. – Ростов н/Д: Феникс, 2012. – 346 с., ил.
3. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия: основы, техника, аналитическое применение. М.: Мир, 1982 – 328с., ил.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ ФУЛЛЕРЕНОВ НА СТИРОЛ-АКРИЛОВЫЕ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Черных С.Г., студент 2-го курса,
Пивикова М.С., студент 2-го курса
СТИ НИТУ «МИСиС»

Изменение структуры полимерных систем углеродными наноматериалами позволяет придать им ряд полезных свойств, а поиск эффективных модификаторов является одной из приоритетных задач теоретических и прикладных научных исследований. В связи с этим в настоящее время внимание исследователей привлекает изучение влияния фуллеренов различных фракций на технологические свойства лакокрасочных покрытий для широкого применения.

В качестве объектов исследования были выбраны: углеродсодержащий наноматериал – фуллереновая смесь фракции $C_{50} - C_{92}$, состава: $C_{50} - C_{58}$ (14.69%), C_{60} (63,12%), $C_{62} - C_{68}$ (5.88%), C_{70} (13.25%), $C_{72} - C_{92}$ (3.06%) и стирол-акриловый пленкообразующий полимер СКС-30-АРК. Модификация полимера проводилась фуллереновой смесью указанного состава в жидкой фазе. Массовое соотношение полимер-модификатор в пересчете на сухое вещество составило 100: 0,03.

Наибольший интерес представляло исследование топографии поверхности пленок стирол-акрилового полимера до и после модификации. Для этих целей был использован метод сканирующей зондовой микроскопии. Измерение проводили при помощи комплекса «NANOEDUCATOR» с вольфрамовым зондом. [2]

Данные полученные при помощи СЗМ представлены на рисунке 1. Следует обратить внимание на «выглаживание» и существенное «разрыхление» структуры анализируемых полимерных композиций под действием вводимого модификатора, что указывает на физико-химическое взаимодействие фуллереновых глобул с макромолекулами исследуемого пленкообразователя. Для уточнения механизма взаимодействия было проведено исследование поверхностного натяжения растворов стирол-акрилового полимера. Измерение проводили методом кольца при помощи тензиометра аналогового KRUS K6. Полученные данные представлены в таблице 1.

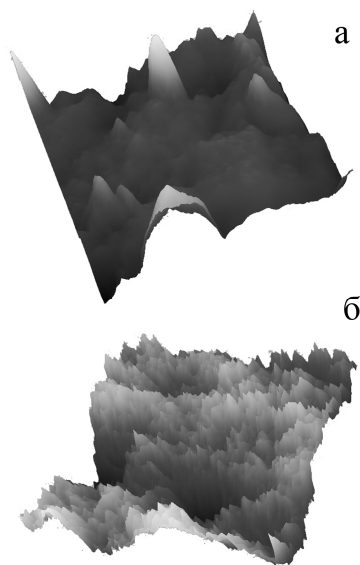


Рисунок 1. Структура поверхности исследуемого полимера: а – до модификации, б – после модификации.

Таблица 1. Изменение величины поверхностного натяжения толуольных растворов СКС-30-АРК.

Полимер, растворитель	Поверхностное натяжение, мН/м ²		
	Без фуллеренов	С фуллеренами	разница
СКС-30АРКП	25.93	25.11	0.82
толуол	25.37	25.03	0.34

Полученные значения разницы в величинах поверхностного натяжения используемого растворителя и анализируемого полимера указывают на лиофильные свойства вводимых фуллеренов особенно по отношению к пленкообразователю.

Таким образом, лакокрасочные покрытия на основе стиролового полимера при введении в них смеси фуллеренов приобретают улучшенные адгезионные, антифрикционные и лиофильные свойства, что позволяет существенно расширить область их применения.

Литература:

1. Мищенко С.В. Углеродные наноматериалы: производство, свойства, применение. [Текст] / С.В. Мищенко, А.Г. Ткачев. М.: Машиностроение, 2008. – 320 с., ил.
2. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. М., Техносфера 2005 г. 144 стр.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА РАЗЛИВКИ СТАЛИ НА ВЫПУКЛОСТЬ УЗКИХ ГРАНЕЙ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ СЛЯБОВ

Шевченко Е.А., аспирант,

научные руководители: Столяров А.М., д.т.н., **Шаповалов А.Н.,** к.т.н.

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»*

Одним из характерных дефектов слабов сечением 270×1200 мм, отливаемых на МНЛЗ №2 «Уральская Сталь» является выпуклость узких граней, составляющая от 2 до 10 мм. Данный дефект оказывает существенное влияние на качество листового проката [1]. Известно [2-3], что выпуклость граней слабовых заготовок существенно зависит от температурно-скоростного режима разлива стали. Характерной особенностью разлива стали на одноручьевой слабовой МНЛЗ в условиях предприятия «Уральская Сталь» является необходимость поддержания достаточно высокой и стабильной скорости вытягивания заготовки из кристаллизатора. В результате этого температурный режим разлива приобретает очень большое значение.

В работе исследован массив данных из 149 плавок стали марок 09Г2С, 10ХСНД и класса прочности К52 с отливкой заготовки сечением 270×1200 мм (таблица 1).

Анализ величины температуры металла в промежуточном ковше показал, что разливаемая сталь в большинстве случаев имела перегрев над температурой ликвидус на верхнем рекомендуемом пределе значений 20-25 °С, а в 20 % случаев – превышала этот предел. Это привело к увеличению величины выпуклости узких граней слабовых непрерывнолитых заготовок (рисунок 1).

Таблица 1 – Параметры разливки металла

Параметр	Значение
Количество плавков, шт.	149
Содержание в металле: азота, % водорода, ppm	0,006...0,014 4,3...9,6
Температура металла в промежуточном ковше*, °С	<u>1523...1543</u> 1534
Величина перегрева металла в промежуточном ковше*, °С	<u>11...30</u> 22
Скорость вытягивания слябов из кристаллизатора*, м/мин	<u>0,8...1,0</u> 0,90

*) В числителе – интервал изменения, в знаменателе – среднее значение

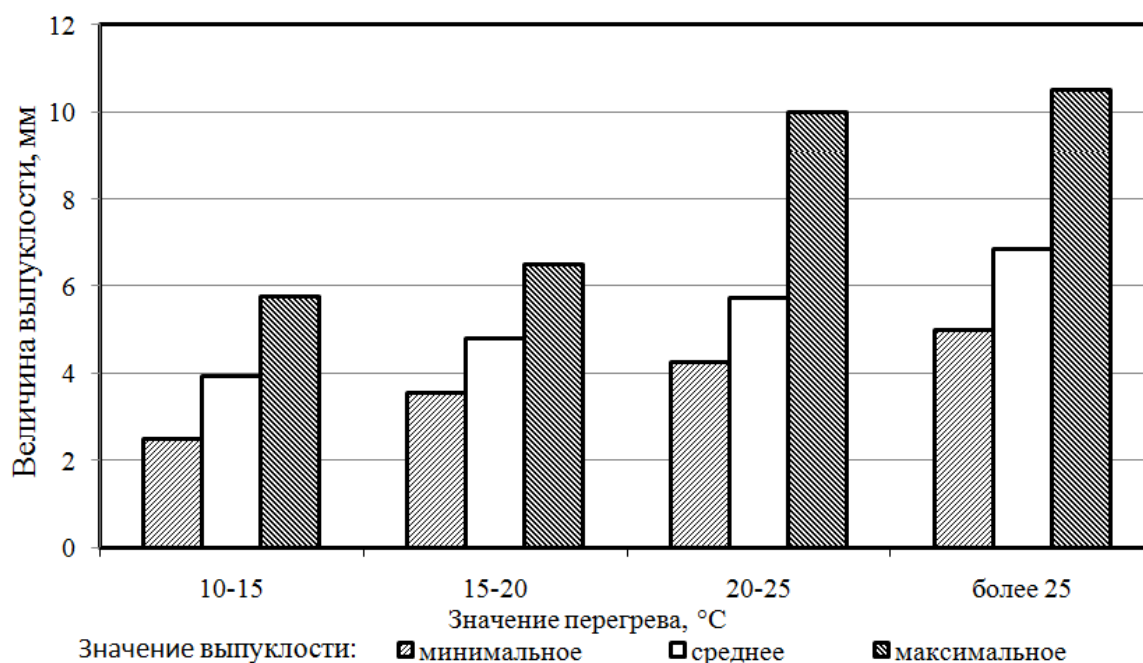


Рисунок 1 – Зависимость выпуклости узких граней слябов от величины перегрева металла в промежуточном ковше МНЛЗ

Из представленных данных видно, что при разливке металла с перегревом над температурой ликвидус более 25 °С среднее значение выпуклости узких граней слябов сечением 270×1200 мм превышает 6 мм, а максимальное значение достигает 10,5 мм. Причиной этого является недостаточная толщина корочки затвердевшего металла на выходе из кристаллизатора при разливке горячего металла с нескорректированной скоростью вытягивания сляба.

Статистическую значимость влияния перегрева металла в проковше на выпуклость узких граней заготовки подтверждает анализ с применением критериев Фишера и Стьюдента (таблица 2).

Таблица 2 – Анализ влияния перегрева металла в промежуточном ковше на выпуклость узких граней слябов

Параметр	Перегрев металла в промежуточном ковше, °С							
	10-15	ост.*	15-20	ост.*	20-25	ост.*	более 25	ост.*
Количество плавков, шт.	5	144	42	107	72	77	30	119
Выпуклость:								
Среднее значение, мм	3,95	5,70	4,80	5,95	5,74	5,54	6,85	5,33
Дисперсия, мм ²	1,51	2,12	0,60	2,43	1,78	2,58	2,71	1,61
F-критерий	1,40		4,03		1,45		1,68	
F _{0,05}	5,65		1,58		1,47		1,56	
t-критерий	2,65		5,97		0,80		4,96	
t _{0,05}	1,98		1,98		1,98		2,02	

*) Ост. – остальной перегрев металла

При сравнении выпуклости узких граней слябов, отлитых из металла с перегревом более 25 °С и всего остального металла, значение t-критерия более, чем вдвое превышает его критическое значение. Это свидетельствует о том, что гипотеза о равенстве средних значений двух выборок отвергается – именно разный перегрев металла в промежуточном ковше является причиной изменения выпуклости узких граней заготовки.

Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, что развитие дефекта выпуклости узких граней слябов сечением 270×1200 мм вызывается превышением перегрева металла в промежуточном ковше величины более 25 °С без соответствующей корректировки скорости вытягивания заготовки из кристаллизатора МНЛЗ. Для поддержания высокой производительности одноручьевого МНЛЗ следует провести дополнительные исследования, направленные на увеличение толщины корочки затвердевшего металла на выходе из кристаллизатора даже в условиях разлива перегретого металла.

Список литературы

1. Шевченко Е.А. Влияние температуры разливаемого металла на качество непрерывнолитого сляба и листового проката / Е.А. Шевченко, А.М. Столяров, А.Н. Шаповалов // Вестник МГТУ. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. - №1. - С.27-30.
2. Смирнов, А.Н. Непрерывная разливка стали: учебник / А.Н. Смирнов, С.В. Куберский, Е.В. Штепан. – Донецк: ДонНТУ, 2011. – 482 с.
3. Kainz, A. From slab corner cracks to edge-defects in hot rolled strip – experimental and numerical investigations / A. Kainz, S. Ilie, E. Parteder // Steel Research Int. – 2008. – V. 79, № 11. – P. 861-867.

РЕКОНСТРУКЦИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ В УСЛОВИЯХ СПЦ-1 ООО «ОЭМК» С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА ПРОИЗВОДСТВО СТАЛЬНОГО ПРОКАТА

Щербакова Е.И., студентка гр. ТФА-08-1Д,
научный руководитель: Петрова Л.П.
СТИ НИТУ «МИСиС»

Печи нагрева СПЦ-1 предназначены для нагрева металла перед прокаткой до требуемых температур. Для шарикоподшипниковых сталей температура нагрева должна быть не менее 1220 °С. В процессе нагрева металла получаются большие тепловые потери, а следовательно и большие материальные затраты на расход газа. Исходя из этого, замена футеровки поможет сэкономить расход газа на нагрев и тем самым денежные средства.

Рабочая поверхность футеровки стен и пережима печи, дымопроводов, борова-рекуператора, дымового шибера, проемов в подине для подвижных стояков, нижнего экрана выполнены из шамотного кирпича класса "А" с содержанием Al_2O_3 не менее чем 35%. Рабочая поверхность подины печи выполнена: в зоне подогрева - из шамотного кирпича; в зонах нагрева и выравнивания - из хромомagneзитового кирпича.

Изоляция стен, пережима, подины печи, дымопроводов, борова-рекуператора, дымового шибера выполнена из легковесного шамотного и диатомитового кирпича и высокоглиноземистых волокнистых плит. Подвесной свод печи выполнен: в зоне подогрева из шамотного кирпича «А»; -в зонах нагрева и выравнивания - из высокоглиноземистого кирпича с содержанием Al_2O_3 не менее чем 72%.

Подвесной свод изолирован высокоглиноземистыми волокнистыми материалами. Заслонки рабочих и смотровых окон, проёмы для телекамер, радиоизотопных приборов, датчиков КИПиА, верхний экран, основания неподвижных стояков, ригели загрузки и выгрузки, борова футерованы огнеупорным бетоном соответствующей марки.

Данная футеровка печи имеет свои недостатки: большие тепловые потери, малый срок службы.

Для устранения этих недостатков предлагается новая футеровка. Самым оптимальным будет являться замена ее на огнеупорный бетон.

Применение футеровки из новых огнеупорных материалов способствует повышению стойкости работы нагревательных печей. Футеровку нагревательных печей целесообразно выполнять из крупногабаритных бетонных блоков и панелей.

Стойкость футеровки из бетонных блоков и панелей за счет более высокой устойчивости кладки опорных стен повышается в 1,5-2 раза по сравнению с футеровкой из огнеупорных кирпичей, поэтому футеровку верхней половины стен повсеместно выполняют из огнеупорных бетонов преимущественно динасоварцитового и шамотного составов. Так снижается расход газа на нагрев.

Для выявления целесообразности реконструкции печи нагрева СПЦ-1 ОАО «ОЭМК» произведены расчеты теплотехнических показателей работы печи в проектном и усовершенствованном режиме работы и сравнены их технико-экономические показатели.

Результаты расчета [1-2] доказали, что расход природного газа снизился с 2170 м³/с до 2120 м³/с. Тепловые потери через кладку уменьшились с 2023 кВт до 1879,7 кВт.

Список литературы:

1. Гусовский, В. Л. Методики расчета нагревательных и термических печей : учебно-справочное издание / В.Л.Гусовский, А.Е.Лифшиц. - М. : Теплотехник, 2004. - 400 с.
2. Теплотехника металлургического производства : учебное пособие для вузов. Т.1 : Теоретические основы / В.А. Кривандин, В.А. Арутюнов, В.В. Белоусов ; Под ред. проф. д.т.н. В.А. Кривандина. - М. : МИСиС, 2002. - 608 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЖУЩЕЙСЯ ПЛОТНОСТИ НА ПОРИСТОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ НЕОФЛЮСОВАННЫХ ОКАТЫШЕЙ ПОСЛЕ СУШКИ

Яврумов А.А., Володина М.А., студенты 5 курса
СТИ НИТУ «МИСиС»

Окатыши - рудный материал, получаемый из мелкой руды или тонкоизмельченных концентратов, в виде весьма прочных комков сферической формы крупностью от 2—3 до 30 мм (обычно 10—15 мм); Окатыши применяются в доменном и сталеплавильном производстве, а также для прямого восстановления железа. Окатыши способны переносить транспортирование с перегрузками и длительное хранение без заметного разрушения или образования мелочи. Окатыши бывают нефлюсованные и офлюсованные. Окатыши, в которых часть окислов (до 95%) восстановлена до металла, называется металлизированными (используются главным образом в электросталеплавильных печах для получения качественной стали).

В последние годы металлурги пришли к убеждению, что преимущество окисленных окатышей заключается в возможности их транспортировки практически на любое расстояние без потери ими прочности. Интеграция производства, резкое усиление промышленных и экономических связей между различными регионами мира — именно это преимущество окатышей выделено как основное при прогнозировании развития металлургического производства. Можно сказать, что возить сырье необходимо все в большей мере и на большие расстояния, а возить можно и выгодно лишь железорудные окатыши.[1]

Для предотвращения разрушения окатышей во время транспортировки и сохранения целостности окатышей для дальнейшего передела необходимо максимально увеличить их прочность. А для этого необходимо исследовать, как влияют на прочность различные физические свойства окатышей: такие как температура в печи, пористость, кажущаяся плотность и другие.

В данной работе проводились эксперименты по выявлению температуры, кажущейся плотности и пористости окатышей на прочность.

Для этого в лабораторных условиях были сделаны следующие эксперименты.

Офлюсованные окатыши были взяты с конвейера обжиговой машины диаметром 8-10мм.

Окатыши подвергались термообработке в муфельной печи SNOL 7,2/1200. В заранее разогретой печи окатыши находились 40 минут порциями по 100 грамм при температурах 300°C, 500°C, 600°C, 800°C, 900°C, 1000°C. (рис.1 – рис.2)

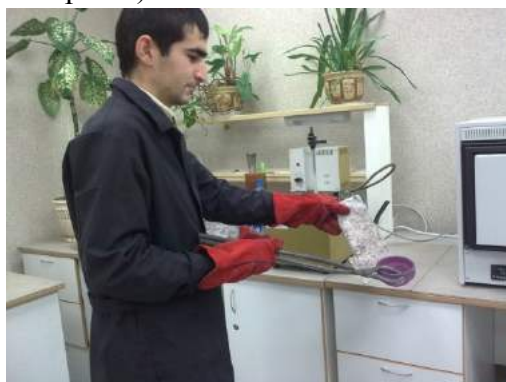


Рис.1 Термообработка окатышей. Рис.2 Извлечение обожженных окатышей из печи.

После проведения сушки, термических разрушений не наблюдалось. После охлаждения окатышей определяли кажущуюся плотность и пористость.

Образцы материала взвешивали на весах с точностью 0, 1 г. Опыты проводились на установке, представленной на рис.3. Каждый образец материала помещали в сито и

опускали в расплавленный парафин, слегка встряхивая и наблюдая, чтобы весь образец был покрыт со всех сторон парафином (рис.4).



Рис.3 Термостат для расплавления парафина.



Рис.4 Извлечение окатыша из парафина.

Далее образец снова взвешивали, после чего опускали его в мерный стаканчик с водой и замеряли объем вытесненной воды.

Используя полученные данные, рассчитывали объема парафина в каждом образце по формуле:

$$V_{\text{п}} = (m_{\text{ок с пар}} - m_{\text{ок}}) / \Pi,$$

где $m_{\text{ок}}$ – масса чистого окатыша

$m_{\text{ок с пар}}$ – масса окатыша с парафином

Π – плотность парафина 900 кг/м^3

Объем каждого образца находили по формуле:

$$V_{\text{м}} = V - V_{\text{п}},$$

где V – кажущийся объем окатыша с парафином.

Произвели расчет кажущейся плотности по формуле:

$$\rho_{\text{к}} = m_{\text{ок}} / V_{\text{м}}$$



Рис.6 Образцы окатышей



Рис.7 Прибор для определения прочности окатышей

Пористость определили по формуле:

$$\Pi = (\rho_{\text{и}} - \rho_{\text{к}}) / \rho_{\text{к}}$$

где $\rho_{\text{и}}$ – истинная плотность $5,1 \text{ кг/м}^3$ (данные ОАО «ЛГОК»).

Определение прочности проводили на приборе (рис.7).

Сухой окатыш помещался под пресс, сверху ставилась емкость в которую медленно насыпалась дробь до тех пор пока окатыш не разрушится, при этом появление первой трещины является разрушением. После чего емкость с дробью взвешивалась и учитывали

массу платформы, на которой она стояла. Обследование окатышей на образование внешних трещин, показало их отсутствие при любой температуре сушки. Результаты экспериментов представлены на рис. 8-10. Каждая точка получена усреднением 5 значений.

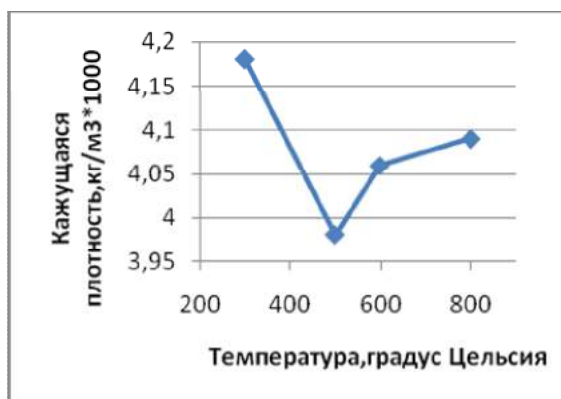


Рис.8. Влияние температуры сушки окатышей на кажущуюся плотность

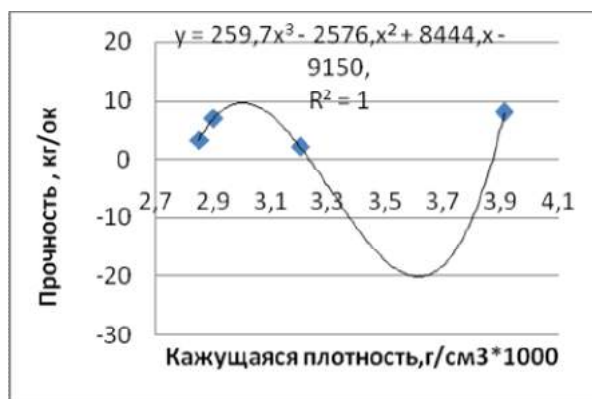


Рис.9. Прочность и кажущаяся плотность окатышей.

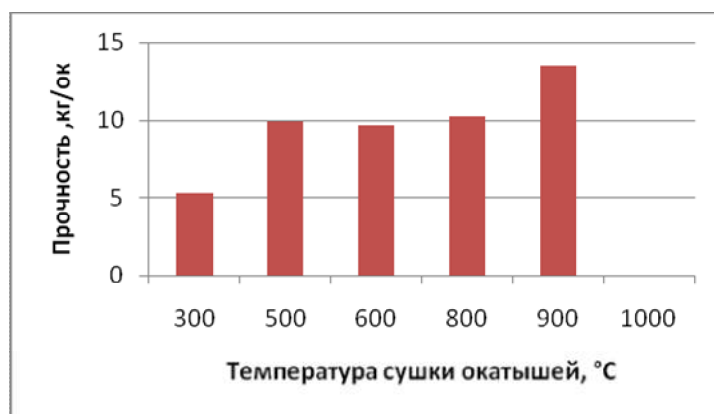


Рис. 10. Влияние температуры сушки на прочность

Как видно из рис. 8 увеличение температуры сушки с 300°C до 500°C способствует снижению кажущейся плотности окатышей и соответственно их пористости, что в свою очередь обеспечивает повышение прочности сухих окатышей. При повышении температуры сушки окатышей до 600°C кажущаяся плотность возрастает, это обусловлено, прежде всего, образованием внутренних трещин в окатыше, что подтверждается и снижением прочности сухих окатышей.

При температуре сушки 800°C и 900°C увеличение кажущейся плотности окатышей, вероятнее всего, обусловлено началом разложения известняка, входящего в состав флюса, с выходом CO₂, что способствует образованию пор большего размера. Но при этом оксид кальция начинает вступать в реакции с оксидом железа с образованием ферритов кальция, о чем свидетельствует повышение прочности сухих окатышей.

Анализируя данные можно сделать заключение, что начальная температура сушки окатышей не должна быть выше 500°C, однако дальнейшее увеличение скорости сушки офлюсованных окатышей может способствовать повышению их прочностных характеристик, для этого следует продолжить исследования, изменяя количество флюса в окатышах.

Список литературы:

1. Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф., Антоненко Л.К., и др. Интенсификация производства и улучшение качества окатышей. – М.: Металлургия, 1994. – 239 с.

2. Воскобойников В.Г. и др. Общая металлургия - 6-изд., перераб. и доп. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2005 - 768 с.

СЕКЦИЯ 2
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ПРОКАТНОГО
ПРОИЗВОДСТВА, ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

РАСЧЕТ ИЗГИБА БАЛКИ С ЦЕЛЬЮ ЭКОНОМИИ МАТЕРИАЛА
И СОХРАНЕНИЕМ ЕЕ ПРОЧНЫХ СВОЙСТВ

Алпеева А. Н., студентка 2 курса,
научный руководитель: Кравцова О.С., доц., к.т.н.
СТИ НИТУ «МИСиС»

Балка - конструктивный элемент, брус, работающий главным образом на изгиб. Профили поперечных сечений балок с целью экономии материала и сохранением прочностных свойств выбирают так, чтобы основная площадь поперечного сечения находилась подальше от осевой линии. Так возникли известные стандартные типы профилей, например, швеллера, железнодорожные рельсы и др. В качестве доказательства рассмотрим следующую задачу.

Балка с прямоугольным поперечным сечением шириной a и толщиной b жестко закреплена одним своим концом в стене. К концу выступающей её части длиной L подвешен груз массой M . Под действием этого груза, а также своей равномерно распределенной массы с линейной плотностью λ балка изогнулась.

Найдем уравнение и функциональный вид осевой линии изогнутой балки, и определим расстояние, на которое опустился не закрепленный конец балки.

Введем декартовую систему координат $OXYZ$ как показано на рис. 1 (z -ось перпендикулярна и направлена от плоскости рисунка к нам).

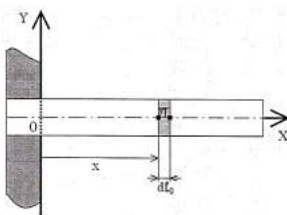


Рис. 1. Балка без нагрузки

Рассмотрим два параллельных поперечных сечения балки, которые находятся на расстояниях x и $x + dl_0$ от начала координат.

При нагрузке, первоначально, горизонтальные плоские слои, лежащие выше осевой плоскости, будут растягиваться, а лежащие ниже – сжиматься. Поэтому поперечные плоские сечения уже не будут параллельными, и угол между ними обозначим как $d\varphi$.

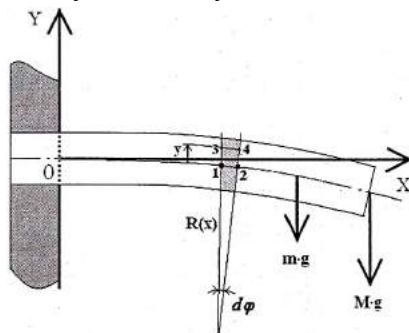


Рис. 2. Балка под нагрузкой

Пусть теперь осевая кривая линия описывается функцией $y = y(x)$, явный вид которой нам необходимо найти. В каждой точке этой кривой можно вписать касающуюся окружность с радиусом $R(x)$. Так как кривая и окружность имеют единую касательную прямую, то геометрический центр вписанной окружности будет лежать на нормали, проведенной к кривой $y = y(x)$ в точке x . Относительное растяжение (удлинение) продольного сечения (между точками 3 и 4 на рис. 2), которое находится на расстоянии y от осевого, можно вычислить следующим образом

$$\varepsilon = \frac{(y + R) \cdot d\varphi - R \cdot d\varphi}{dl_0} = y \cdot \frac{d\varphi}{dl_0} \quad (1)$$

Но отношение дифференциалов в правой части выражения (1) по определению равно обратной величине радиуса кривизны, т.е.

$$\frac{d\varphi}{dl_0} = \frac{1}{R}, \quad (2)$$

где dl_0 - длина дуги осевой линии между точками 1 и 2 (см. рис. 2).

Тогда относительное удлинение (1) можно записать в виде

$$\varepsilon = \frac{y}{R} \quad (3)$$

и согласно закону Гука напряжения в поперечных сечениях определяется выражением

$$\sigma = \frac{E \cdot y}{R}, \quad (4)$$

где E - модуль упругости Юнга – упругая характеристика вещества балки.

Упругие силы, распределенные по произвольному поперечному сечению изогнутой балки, должны образовывать пару сил, момент которых уравнивает полный момент внешних сил.

Элементарная сила, действующая на элемент площади $dy \cdot dz$ поперечного сечения, равна

$$dF = E \cdot \varepsilon \cdot dy \cdot dz = E \cdot \frac{y}{R} \cdot dy \cdot dz \quad (5)$$

Полная сила F , действующая на поперечный элемент балки, определяется интегралом

$$F = \frac{E}{R} \iint y dy dz = 0, \quad (6)$$

где интегрирование проводится от $y = -b/2$ до $y = b/2$ и от $z = -a/2$ до $z = a/2$. Равенство нулю полной силы (6) означает, что величины упругой среды линейно распределены по произвольному поперечному сечению.

Результирующий момент сил не равен нулю и определяется следующим интегралом

$$\int y dF = \frac{E}{R} \iint y^2 dy dz, \quad (7)$$

Результирующий момент упругих сил, абсолютную величину которого обозначим буквой K , стремится повернуть поперечное сечение вокруг оси, лежащей в нейтральном слое оси и параллельном z - оси.

Проекция вектора \vec{K} на z - ось положительная, тогда согласно формуле (7) получаем для момента упругих сил следующее выражение

$$K = \frac{E J}{R}, \quad (8)$$

где J – момент инерции поперечного сечения балки, относительно прямой, проходящей через точку 1 параллельно z - оси:

$$J = \iint y^2 \cdot dy \cdot dz \quad (9)$$

Так как на балку действуют внешние силы, то они создают свои моменты K_1 и K_2 :

$$K_1 = -Mg(L-x) \quad (10)$$

$$K_2 = -\frac{1}{2}\lambda g(L^2-x^2) \quad (11)$$

В статическом равновесии сумма момента упругих сил (8) и моментов внешних сил (10), (11) должна обращаться в нуль, в результате получим основное уравнение

$$\frac{E \cdot J}{R} K_1 - Mg(L-x) - \frac{1}{2}\lambda g(L^2-x^2) = 0 \quad (12)$$

Далее найдем соотношение между радиусом кривизны $R(x)$ осевой линии балки под нагрузкой и её уравнением в виде функции $y = y(x)$. Обозначим через α угол между касательной к линии $y(x)$ в точке 1 и положительным направлением x -оси, тангенс которого по определению равен производной:

$$\operatorname{tg} \alpha = y'(x) \quad (13)$$

Легко видеть, что угол между касательными прямыми, проведенными к графику функции $y(x)$ в точках 1 и 2 (Рис. 2), равен разности $(\alpha + d\alpha) - \alpha = d\alpha$, т. е. тому же углу $d\varphi$ между радиусами кривизны в точках 1 и 2. Тогда формулу (2), с учетом, что $d\varphi = -d\alpha$, можно представить в виде

$$\frac{1}{R} = \frac{d\varphi}{dl_0} = -\frac{d\alpha}{dl_0} \quad (14)$$

Дифференциал dl_0 есть длина дуги кривой $y(x)$ от точки 1 до точки 2, которая находится по формуле

$$dl_0 = \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2} = \sqrt{1 + (y'(x))^2} \cdot dx \quad (15)$$

Соотношение (14) перепишем в виде:

$$\frac{1}{R} = -\frac{1}{\sqrt{1 + [y'(x)]^2}} \cdot \frac{d\alpha}{dx} \quad (16)$$

Для нахождения дифференциала $d\alpha$ запишем выражение (13) в виде

$$\alpha = \operatorname{arctg} [y'(x)] \quad (17)$$

и найдем, что

$$d\alpha = \frac{y''(x)}{1 + [y'(x)]^2} \cdot dx \quad (18)$$

Подставим выражение (18) в соотношение (16) и получаем необходимую связь между функцией и ее радиусом кривизны:

$$R(x) = \frac{[1 + (y'(x))^2]^{3/2}}{y''(x)} \quad (19)$$

Подставляя выражение (19) в (12), находим основное уравнение

$$\frac{E J \cdot y''}{(1 + y'^2)^{3/2}} = -Mg(L-x) - \frac{1}{2}\lambda g(L^2-x^2) \quad (20)$$

которая определяет линию, по которой изгибается продольная ось балки.

Уравнение (20) является нелинейным дифференциальным уравнением второго порядка. Но видно, что оно не содержит в явном виде неизвестной функции $y(x)$, поэтому допускает понижение порядка. В самом деле, замена

$$y'(x) = u(x) \quad (21)$$

приводит уравнение (20) к нелинейному дифференциальному уравнению первого порядка с разделяющимися переменными:

$$\frac{EJ \cdot u'}{(1+u^2)^{3/2}} = -MgL - \frac{1}{2} \lambda gL^2 + Mgx + \frac{1}{2} \lambda gx^2 \quad (22)$$

Для упрощения записи введем обозначения:

$$\alpha = -\frac{gL}{EJ} \left(M + \frac{1}{2} \lambda L \right), \quad \beta = \frac{Mg}{2EJ}, \quad \gamma = \frac{\lambda g}{6EJ} \quad (23)$$

Тогда решением дифференциального уравнения (22) будет:

$$y' = \pm \frac{\alpha x + \beta x^2 + \gamma x^3}{\sqrt{1 - (\alpha x + \beta x^2 + \gamma x^3)^2}}, \quad (24)$$

и его решение с учетом условия $y(0) = 0$ может быть представлено в виде определенного интеграла

$$y(x) = \int_0^x \frac{(\alpha x + \beta x^2 + \gamma x^3) dx}{\sqrt{1 - (\alpha x + \beta x^2 + \gamma x^3)^2}}. \quad (25)$$

На практике строительные балки не нагружают до сильного изгиба. Поэтому производная y' очень мала и ею обычно пренебрегают. В результате вместо уравнения (20) рассматривают более простое дифференциальное уравнение

$$y'' = \alpha + 2\beta x + 3\gamma x^2 \quad (26)$$

Его решение находится вычислением двух простых интегралов:

$$y(x) = \frac{1}{2} \alpha x^2 + \frac{1}{3} \beta x^3 + \frac{1}{4} \gamma x^4, \quad (27)$$

а постоянные интегрирования, как и в общем случае, равны нулю.

Расстояние, на которое опустится не закрепленный в стене конец балки, находится из решения (27), в котором надо положить $x = L$, т. е.

$$y(x=L) = L^2 \left(\frac{1}{2} \alpha + \frac{1}{3} \beta L + \frac{1}{4} \gamma L^2 \right), \quad (28)$$

где постоянные α , β и γ определяются по формулам (23).

Подставляя значения этих постоянных, получаем

$$y(x=L) = -\frac{gML^3}{3EI} \left(1 + \frac{5\lambda L}{8M} \right) \quad (29)$$

Если пренебречь массой балки по сравнению с массой приложенной нагрузки ($\lambda L \ll M$), то не закрепленный конец балки опустится на величину равную

$$y(x=L) = -\frac{gML^3}{3EJ}. \quad (30)$$

Исключая R из уравнений (4) и (8), получаем уравнение для определения напряжений:

$$\sigma = \frac{K \cdot y}{J} \quad (31)$$

Хотя задача решалась для балки с прямоугольным поперечным сечением, полученные результаты справедливы для других форм поперечных сечений. Из уравнения (31) следует, что максимальное напряжение при изгибе возникает в точках, наиболее удаленных от осевой линии. В нашем случае при $y = \pm b/2$ имеем $\sigma_{\max} = 6K / (ba^2)$. Из последней формулы видно, что напряжение при изгибе обратно пропорционально третьей степени линейных размеров поперечного сечения.

ВЫБОР МЕХАНИЗМА ДИНАМИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКИ РОТОРА ДЫМОСОСА Д-15000

Бучко И.А., аспирант,
научный руководитель: д.т.н., проф. **Савин Л.А.**
СТИ НИТУ «МИСиС»

Одним из основных источников автоколебаний в роторных машинах являются инерционные силы, вызванные дисбалансом ротора. Дисбаланс может быть вызван неточностями изготовления и монтажа ротора, прогибом ротора в процессе работы, а также влиянием технологических факторов. В последнем случае дисбаланс изменяется в процессе работы, поэтому предварительная балансировка ротора не может исправить проблему. Чтобы иметь возможность исправлять как остаточный, так

В некоторых агрегатах системы динамической балансировки закладываются на этапе проектировки. При этом выбор конкретного исполнительного механизма производится по таким критериям, как скорость и точность регулировки, максимальный достигаемый дисбаланс, сложность исполнения, стоимость. Если же предлагается оснастить системой динамической балансировки агрегат, который был спроектирован без неё, то к вышеперечисленным требованиям добавляются следующие:

1. Минимальное конструктивное изменение ротора. Высверливание ниш и углублений в роторе приводит к изменению его жёсткости, и может отрицательно сказаться на динамике системы.
2. Геометрические ограничения, накладываемые расположением подвижных и статических частей агрегата.
3. Необходимость расположения элементов управления на роторе.
4. Жизнеспособность системы балансировки в условиях технологического процесса (температура, запыленная/агрессивная среда и другие факторы)

Рассмотрим самые распространенные механизмы динамической балансировки с точки зрения данных критериев.

Доливание жидкости. На роторе крепится диск с резервуарами, открытыми с одной стороны (рис. 1) Подавая жидкость в отверстия с частотой вращения вала, можно заполнять конкретный резервуар, меняя дисбаланс диска. Основное достоинство: отсутствие управляющих механизмов на роторе. Основные недостатки: низкая точность балансировки, невозможность работы в запыленной среде, большие размеры системы.

Перекачивание жидкости. На ротор крепится замкнутая гидравлическая система, состоящая из резервуаров и соединительных трубок с насосами (рис. 2) Изменение дисбаланса производится посредством перекачивания жидкости из одного резервуара в другой. Основные достоинства: большие создаваемые дисбалансы, компактная геометрия, возможность работы в агрессивной среде, при разных температурах. Основные недостатки: низкая скорость изменения дисбаланса.

Радиально-угловое позиционирование груза. На ротор крепится диск с грузом, перемещаемым в радиальном направлении (рис. 3) Изменение дисбаланса производится посредством поворота диска относительно вала и отдалением/приближением груза к оси ротора. Основные достоинства: высокая точность балансировки, простота алгоритма управления. Основные недостатки: относительно малый создаваемый дисбаланс, геометрические ограничения, связанные с размером диска.

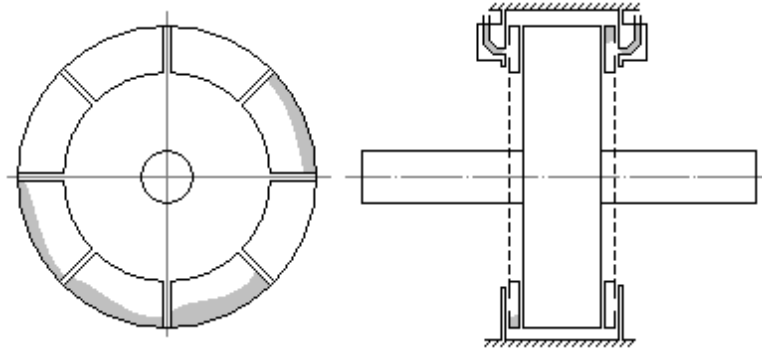


Рисунок 1. Балансировка доливанием жидкости.

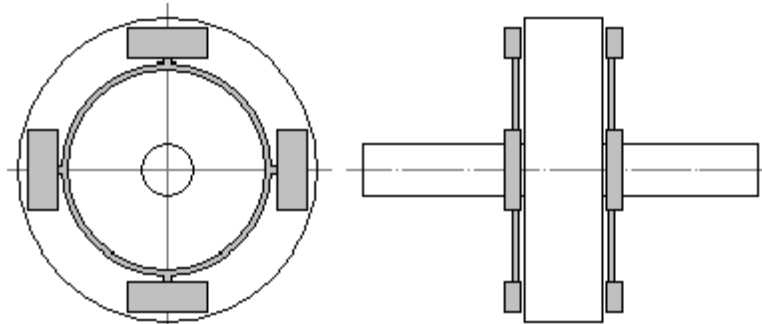


Рисунок 2. Балансировка перекачиванием жидкости.

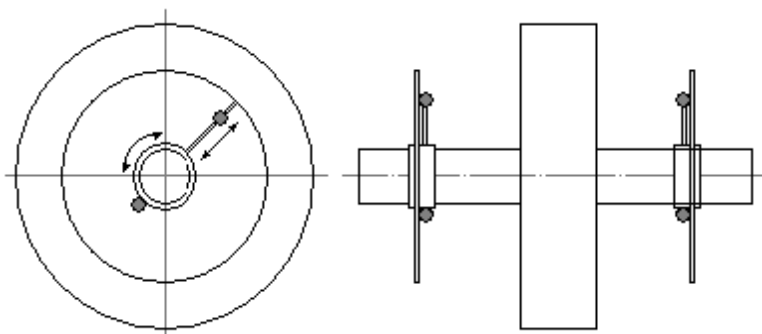


Рисунок 3. Радиально-угловое позиционирование груза.

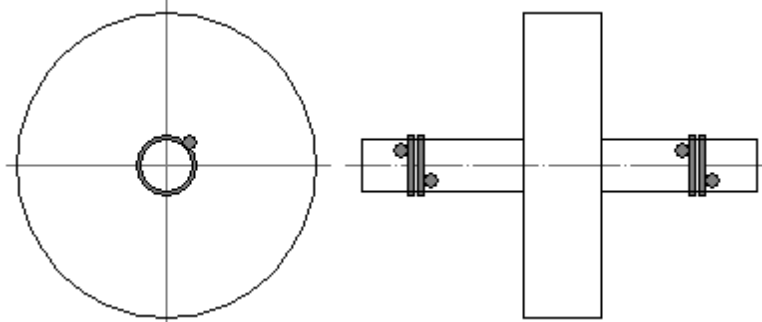


Рисунок 4. Балансировка вращающимися кольцами.

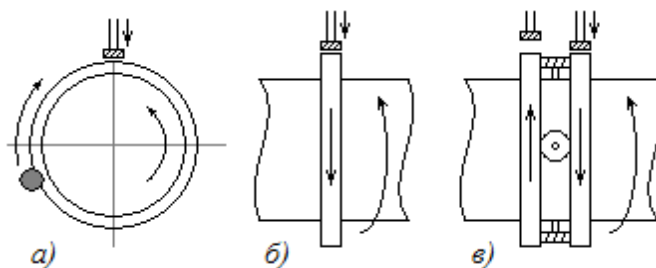


Рисунок 5. Одиночные и сцепленные кольца.

Пара вращающихся колец (рис. 4). На ротор надеваются два кольца с заданными дисбалансами. Поворачивая кольца на разный угол, можно менять суммарный создаваемый дисбаланс. Для осуществления поворота можно оснастить каждое кольцо собственным приводом, либо использовать внешнее торможение магнитным или фрикционным способом (рис. 5.а, 5.б). Во втором случае отсутствует возможность поворота колец по направлению вращения вала. В качестве решения можно использовать вместо каждого кольца пару колец, сцепленных зубчатой передачей, и два тормозных механизма (рис. 5.в). Во всех трех случаях достоинством системы будет компактная геометрия и относительно высокая скорость балансировки. В остальном первый механизм практически идентичен радиально-угловому позиционированию. Второй и третий механизмы не требуют расположения на роторе элементов управления. В отличие от второго случая, третий механизм имеет большую массу, однако позволяет изменять дисбаланс направления вращения вала.

Ротор дымососа Д-15000 массой 13500 кг работает на частоте 1500 об/мин в сильно запыленной среде. Встроенной системы динамической балансировки не имеет. Изменение дисбаланса ротора вызвано налипанием и скалыванием пыли.

К системе динамической балансировки ротора предъявляются следующие основные требования:

- Большие развиваемые дисбалансы;
- Способность работы в сильно запыленной среде;
- Возможность изменять дисбаланс в любом направлении.

Использование системы доливания жидкости невозможно в связи с сильной запыленностью среды.

Использование механизма радиально-углового позиционирования груза нежелательно в связи с геометрическими соображениями и недостаточными развиваемыми дисбалансами.

Использование механизма перекачивания жидкости допустимо в условиях запыленной среды и позволяет развивать достаточные дисбалансы. Единственным существенным ограничением является низкая скорость балансировки.

Наиболее перспективен механизм сцепленных вращающихся колец с внешним торможением. Он позволяет развивать достаточные дисбалансы и имеет высокую скорость регулирования, а также позволяет вынести все элементы управления за пределы ротора.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЬНОКАТАНЫХ КОЛЕЦ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ DEFORM 3D

Гурьянов М.А. студент 5 курса,
научный руководитель: Корнаев А.В.. к.т.н.
СТИ НИТУ «МИСиС»

Важнейшим фактором повышения эффективности прокатного производства является разработка и внедрение новых ресурсосберегающих технологий и соответствующего оборудования.

В настоящее время в нашей стране в большом количестве детали кольцевой формы изготавливаются ковкой на молотах и прессах или литьем с высоким уровнем затрат энергии и металла. Как показывает мировой опыт, замена литья и прессовых операций прокаткой существенно повышает коэффициент использования металла, надежность деталей из этого металла, а также способствует автоматизации технологических процессов.

Прокатка колец - процесс создания бесшовных колец (ободов) заготовок с отверстиями или формирования кольцеобразных толстостенных заготовок между валками, которые контролируют толщину стенок, диаметр кольца, высоту и контур. Продуктами данного процесса являются цельнокатаные бандажные кольца и обода крупного диаметра. Бандажные кольца представляют собой стальные кольца или пояса, которые надеваются на отдельные части конструкции или детали машин для повышения их износостойкости и увеличения прочности деталей. В свою очередь они являются наиболее ответственными и подверженными нагрузке деталями паровых турбин и турбогенераторов. Также бандажные кольца используются при монтаже трубопроводов, где представляют собой кольцо, которое надевается на трубопровод в горячем состоянии для повышения прочности его соединений[2].

Целью работы

Создание модели процесса прокатки кольцевой заготовки в программном комплексе Deform 3D, и дальнейшее достижение стабильности процесса.

Технология прокатки колец

Кольцепрокатный стан состоит из двух вертикальных валков 1 и 2, двух наклонных валков 3 и 4 и четырех направляющих роликов 5. Для обработки внутренних поверхностей используют валки 1 и 2, а для торцевых поверхностей - валки 3 и 4. Валки 2 - 4 приводные а валок 1 - холостой[1] (Рисунок 1). По выходе из прокатного стана бандажи подвергаются растяжке на прессе, которая делает их правильно круглыми и растягивает до нужного размера.

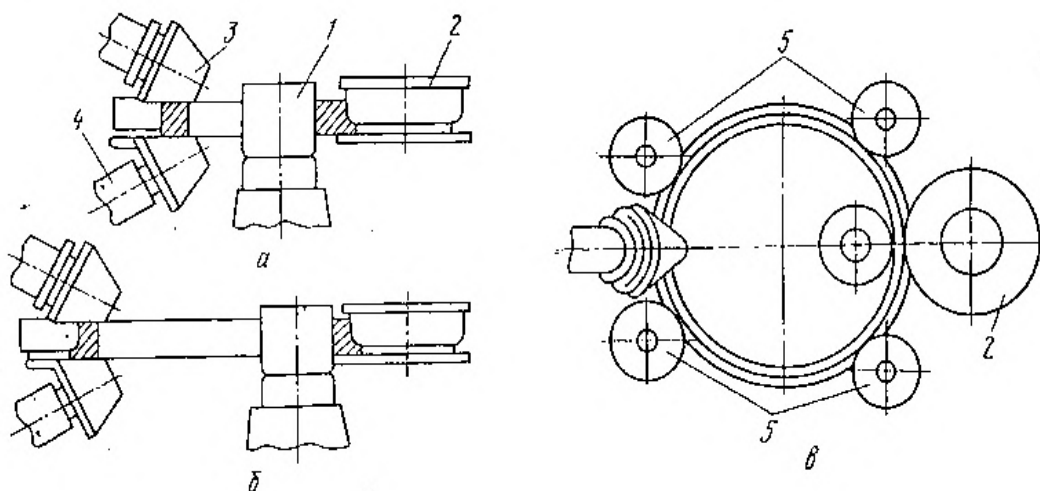


Рисунок 1- а) положение валков в начале прокатки, б) положение валков в конце прокатки, в) вид сверху.

Моделирование процесса

Моделирование процесса раскатки кольца как указывалось выше будет проводиться в программном комплексе Deform 3D. Исходной заготовкой для раскатки является кольцо внешним диаметром 250 мм, высотой 190 мм, и внутренним диаметром 100 мм. Заготовке присваивались свойства американской стали AISI-1050 (аналог отечественной стали 50). Кольцо данной конфигурации было получено из цилиндра, вырезанный из трубной

заготовки стана 700 диаметром 190 мм, высотой 300мм. Предварительно осаженный и прошитый на прессе (операции проводились при температуре 1200°C и скорости движение пуансона 1 мм/с).

Опытная модель включает в себя 2 вала: давящий и приводной. Угловая скорость вращения приводного вала 6.2 рад/с, скорость движения давящего вала 1мм/с[3].

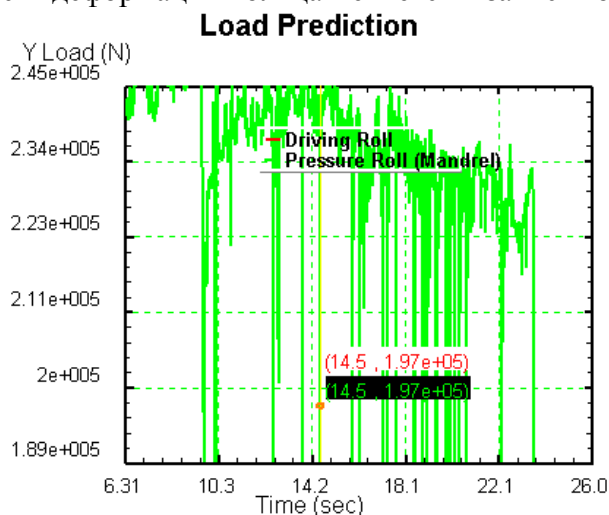
Исходная заготовка представлена как пластичное тело разбитое на 20000 конечных элементов. Начальная температура заготовки 1200°C. Моделирование процессов ОМД методом конечных элементов требует большого количества системных ресурсов и, как следствие, времени. Для уменьшения времени расчета будем рассматривать процесс как изотермический (т.е. с постоянной температурой). Данное допущение не значительно повлияет на процесс, но значительно сократит время расчета.

Результаты расчета и обсуждение(черновой) модели

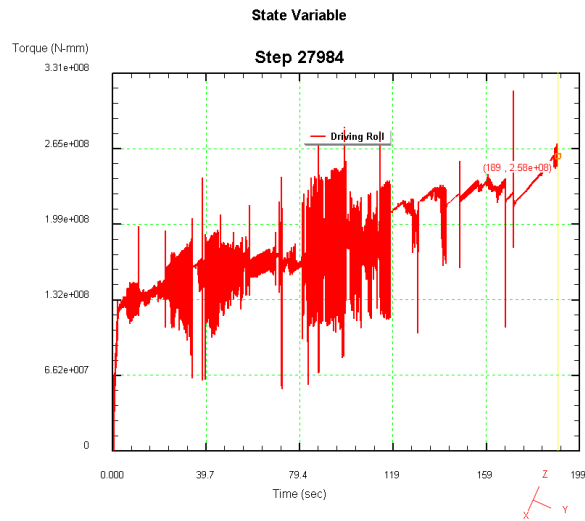
По завершению расчета модели были получены: графики усилия и момента прокатки а также параметры напряженно деформированного состояния графики приведены на рисунке 2.

Как мы можем заметить по графикам представленным на рисунке 2 процесс не стабилен, о чем говорят наличие пиков, и склонность к резкому изменению усилий. В целом напряженно деформированное состояние выглядит приемлемо. Но наличие высокого показателя уширения и как следствие быстрый рост высоты заготовки является неприемлемой так как значительная часть металла уходит не на увеличение диаметра конечного продукта, а на увеличение его высоты. Для решение данной проблемы было решено внедрить в модель дополнительные угловые валки, сдерживающих рост кольца в продольном направлении.

Изучив детально результаты модели было замечено что скорость прокатки слишком высока, давящий валок просто не успевает деформировать кольцо. А само кольцо пробуксовывает в очаге деформации. Для уменьшения пробуксовки мы увеличим силу трения между приводным валком и заготовкой. Чтобы уменьшить пики и увеличить стабильность процесса было решено изменить параметры сетки, разбив заготовку на большее количество конечных элементов. Так же необходимо изменить скоростной режим прокатки, так как скорость деформации кольца меняется в зависимости от диаметра.



a)

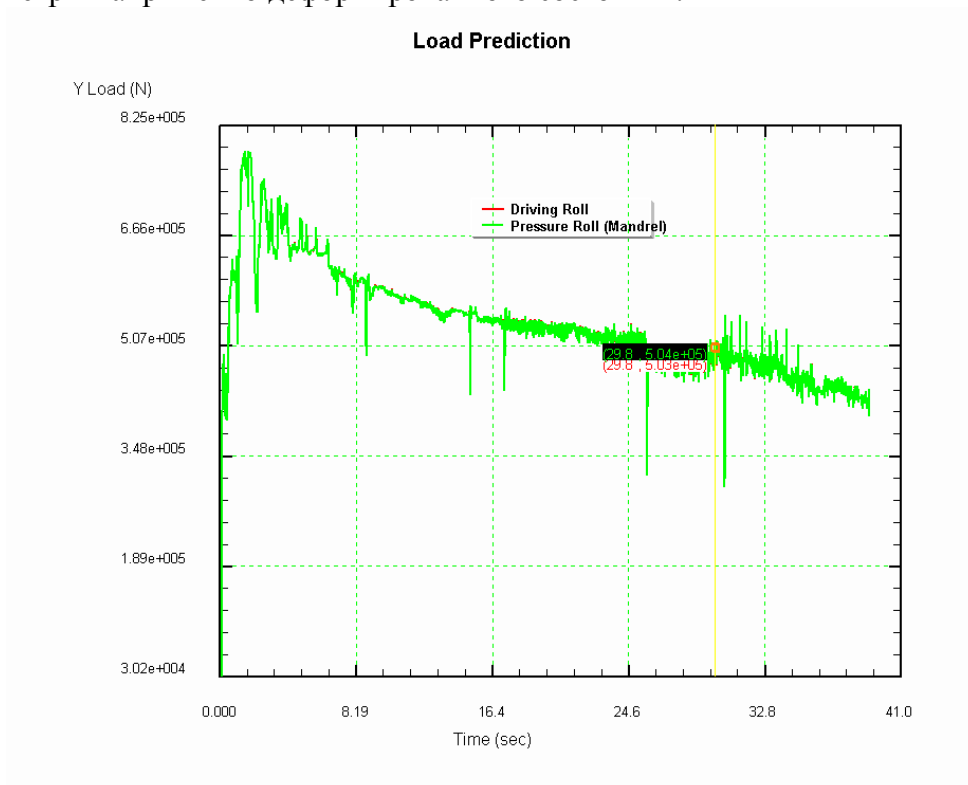


б)

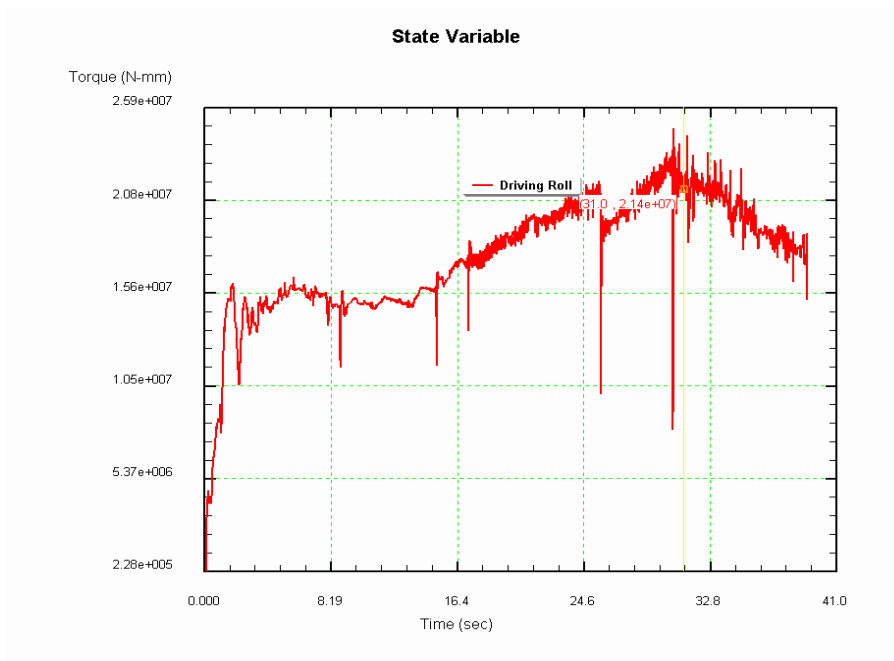
Рисунок 2- а) график усилия б) график момента

Результаты второй модели

По завершению расчета новой модели с угловыми валками и корректировкой параметров прокатки были получены: графики усилия и момента прокатки(рисунок 3) а также параметры напряженно деформированного состояния.



а)



б)

Рисунок 3- а) График усилий, б) График моментов

Как мы можем заметить полученный процесс является стабильным, что объясняется внедрением особого скоростного режима прокатки который в отличии от предыдущего не является статичным. Скорость движения давящего валка, и скорость отвода угловых валков меняются по мере роста кольца.

Во время прокатки толщина поперечного сечения кольца уменьшается, следовательно усилия для его деформации тоже уменьшаются как можно заметить на графики усилий (рисунок 3-а). А вытяжная способность увеличивается вследствие чего скорость роста внешнего диаметра кольца увеличивается по времени. Следуя из данных факторов можно сделать вывод что скорость отвода угловых валков должна расти вместе с ростом диаметра кольца, а скорость давящего валка падать с уменьшением толщины поперечного сечения. График скоростного режима приведен на рисунке 4.

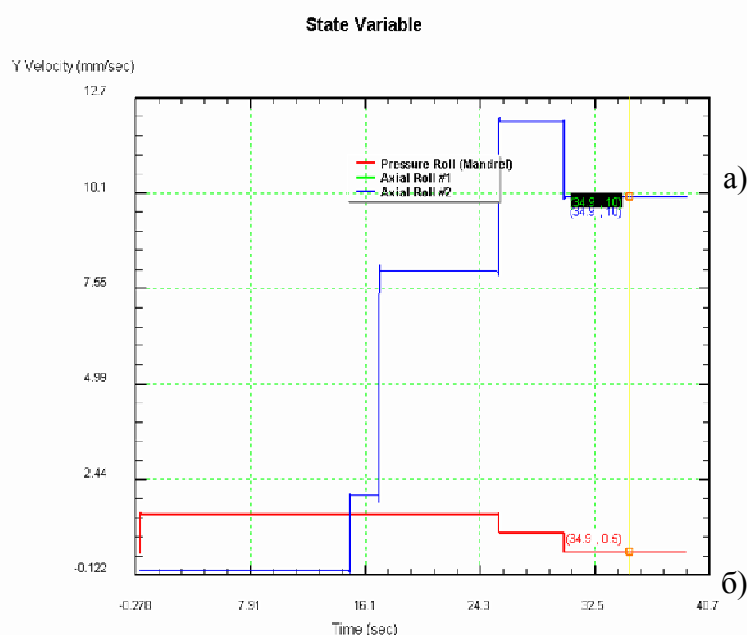


Рисунок 4- а) скорость угловых валков. б) скорость давящего

Вывод

В конце концов нам удалось получить адекватную модель кольцепрокатного стана. Для достижения этого результата было необходимо подобрать определенный скоростной режим и внести некие коррективы в сам процесс прокатки. Такие как уменьшение сетки, увеличение силы трения и внедрение угловых валков

Список литературы:

- 1) В.Б. Бахтинов Прокатное производство. М. Металлургия 1987г. 416с
- 2) Н.М. Рябыкин, Ю.В. Процев. Методика расчета основных параметров раскатных кольцевых заготовок // Кузнечно-штамповочное производство.- 2003- №12- С 19-29
- 3) Т. Хюльсхорт, Г. Вигельс, Х. Ван, Р. Копп. Моделирование на экспериментальном гибком стане кольцевой прокатки.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ И УСЛОВИЯ ПРИЛИПАНИЯ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРАНУЛ СМАЗКИ В ЗАДАЧАХ ГРАНИЧНОГО ТРЕНИЯ

Гурьянов М.А. студент 5 курса,
научный руководитель: Корнаев А.В. к.т.н.
СТИ НИТУ «МИСиС»

Известно, что фуллереноподобные материалы могут обладать заданными физическими свойствами [1], легко заполнять микронеровности шероховатых поверхностей трения и создавать на них адгезионный слой, слой «прилипания». Явление «прилипания» движущейся среды к шероховатой поверхности наблюдается повсеместно. Например, скорость воздуха на поверхности движущегося автомобиля равна скорости автомобиля, поэтому тонкий слой пыли на поверхности автомобиля не сдувается в процессе движения. Другим похожим примером является пыль на лопастях вентилятора, которая также не сдувается стремительным потоком движущегося воздуха. Условие «прилипания» смазочного слоя к трущимся поверхностям является одним из обязательных условий возникновения эффекта жидкостного трения. При этом смазочная среда образует неподвижный относительно поверхности трения слой, а трение поверхности с движущейся смазочной средой становится по сути внутренним, то есть определяется свойствами смазки, а не материалов пары трения. Следовательно актуальной стоит задача создания математических моделей движения микроскопических гранул, и их взаимодействия между собой. Данная работа посвящена моделированию шероховатой поверхности с адгезионным слоем из микроскопических гранул смазки.

Геометрическим аспектом условия «прилипания» твердой ультрадисперсной смазки является необходимость заполнения впадин микронеровностей шероховатой поверхности.

Моделирование шероховатой поверхности было выполнено в программном комплексе Matlab. За основу было взято параметрическое уравнение окружности (1) имитирующую микроскопическую гранулу молекулы фуллерена.

$$\begin{aligned}x &= r \cdot \cos \alpha \\y &= r \cdot \sin \alpha\end{aligned}\quad (1)$$

Для генерации шероховатой поверхности было использовано распределение Гаусса[3]. Гауссовские пики распределялись по длине контрольного участка случайным образом по равномерному закону(рисунок 1).

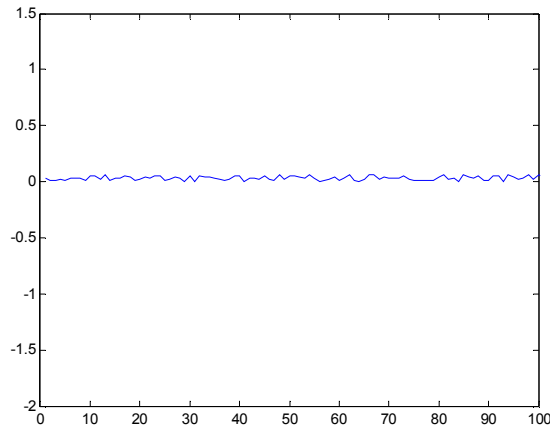


Рисунок 1. Шероховатость.

По данному закону распределения были расположены гранулы на нижней поверхности. Далее гранулам были заданы физические свойства, такие как масса, упругость, вязкость и расписаны условия возникновения трения(2)[2] при возникновении деформации.

$$T = fP, f = \begin{cases} f_n, & \text{если } T < T_{кр}, \\ f_c, & \text{если } T \geq T_{кр}. \end{cases} \quad (2)$$

Где f_n - коэффициент трения покоя, f_c -коэффициент трения скольжения, p -сила прижима.

Аналогично была смоделирована верхняя движущая поверхность, имитирующая движение детали или вала(рисунок 2).

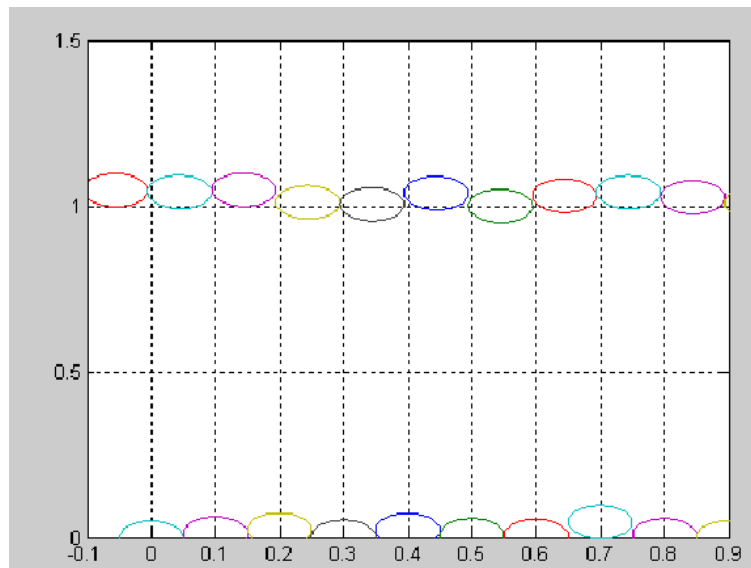


Рисунок-2. Готовая модель

Вывод: Разработана математическая модель шероховатой поверхности и условие прилипания которая позволит в перспективе сформировать модель «течения» гибридной гидродинамической смазки узла трения гранулированными материалами.

Список литературы:

- 1) Вуль А.Я., Соколов В.И. Исследования наноуглерода в России: от фуллеренов к нанотрубкам и наноалмазам. Российскиенанотехнологии. 2007, том 2 № 3-4 – С. 17-36.
- 2) Корнаев А.В. ктн, Гурьянов М.А. Модель трение качения-скольжения гранулы с вязкоупругим свойствами сопротивления деформации.
- 3) Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. Ч. 1. – М.: Мир, 1990. – 400 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СТАЛИ МАРКИ 20ХГНМТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ КАЧЕСТВА

Дементенко А.В., студентка гр. СТС-08-1д,
научный руководитель: д.т.н., проф. Бессмертный В.С.
СТИ НИТУ «МИСиС»

На данный момент на ОАО «ОЭМК» функционирует система управления качеством с использованием основных инструментов качества, а именно: диаграммы Парето, схемы Исикавы, стратификации, контрольных листков, гистограммы, графиков, контрольных карт Шухарта.

По выборкам стали марки 20ХГНМТА в 90 значений по механическим свойствам за 2010, 2011 и 2012 года нами был проведен статистический контроль качества с помощью построения контрольных карт и гистограмм. Рассмотрим контрольную $\bar{x} - \bar{R}$ карту на примере предела текучести за 2010, 2011, 2012 года, представленную на рисунке 1.

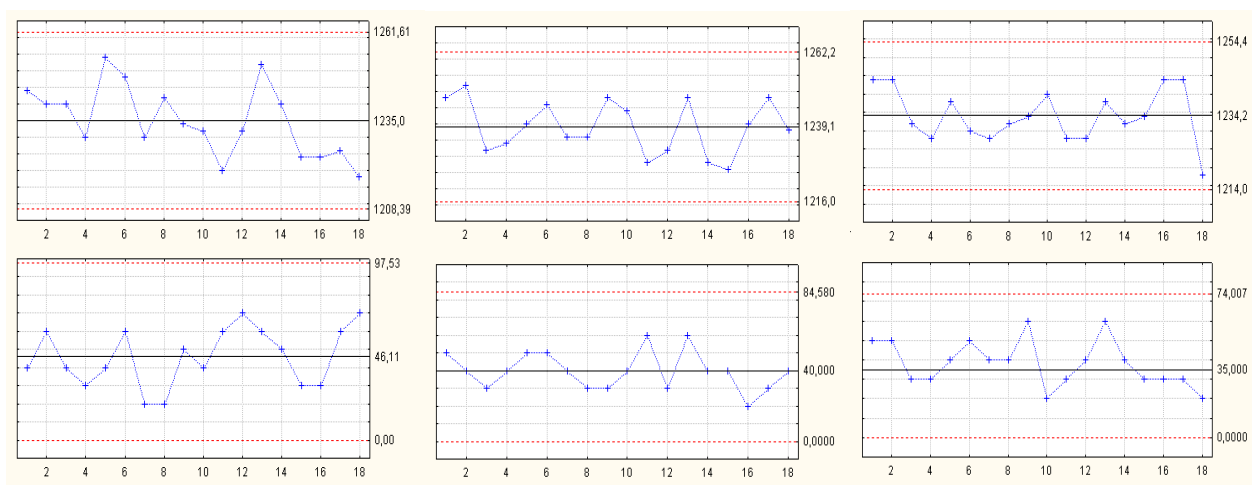


Рисунок 1 - Контрольная $\bar{x} - \bar{R}$ карта по пределу текучести за 2010, 2011, 2012 года

Как видно из рисунка 1, процесс производства стали марки 20ХГНМТА можно назвать стабильным, так как все точки находятся в пределах установленных границ. Если смотреть динамику за 3 года, то можно сделать вывод о том, что поле допуска с каждым годом становится меньше. С одной стороны это ужесточает требования к технологическому процессу, а с другой есть возможность сделать процесс более точным по отклонениям значений. Также наблюдается наличие трендов и серий, что указывает на отклонения в технологическом процессе, которые необходимо проанализировать и скорректировать.

Так же наблюдается приближение к центральной линии, что свидетельствует о том, что в подгруппах смешиваются данные различных распределений, что делает размах контрольных пределов слишком широким. В этом случае надо изменить способ разбиения данных на подгруппы. Карта размаха показывает, что разброс данных достаточно велик, а также на

ней наблюдается приближение точек к контрольным границам, что говорит о необходимости корректирующих действий. Аналогичные выводы можно сделать относительно контрольных $\bar{x} - \bar{R}$ карт за 2010, 2011, 2012 года по оставшимся свойствам, а именно: временному сопротивлению (Мпа) и ударной вязкости (КСУ)[2].

Рассмотрим гистограмму на примере предела текучести за 2010, 2011, 2012 года, представленную на рисунке 2.

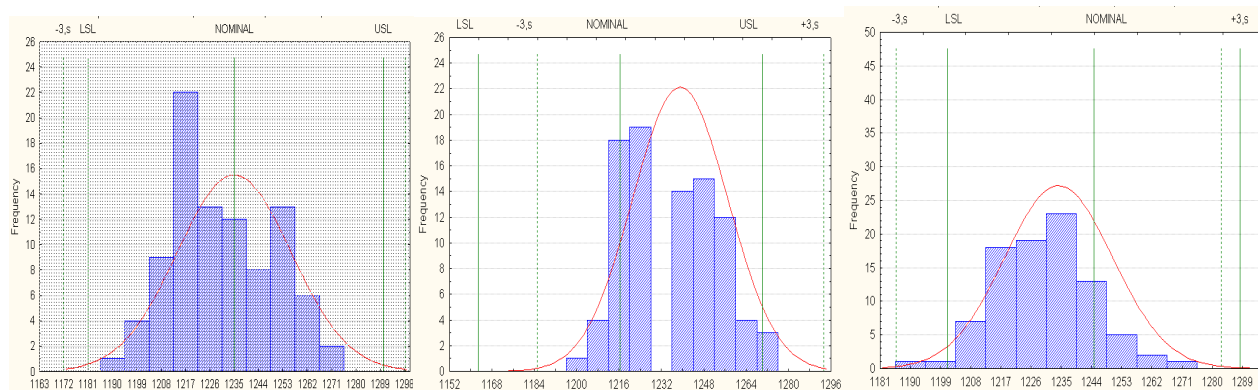


Рисунок 2 - Гистограмма по пределу текучести за 2010, 2011, 2012 года

Анализируя рисунок 2 можно сделать вывод о том, что тип гистограмм – преимущественно двухпиковое распределение, это объясняется тем, что в процессе работы были какие то изменения и произошло смешивание, исходя из этого, следует производить обследование послойно, то есть произвести стратификацию, исследовать причины выявленных различий и принять соответствующие меры для их устранения. Также необходимо добиться смещения среднего ближе к центру поля допуска.

При сравнении данной гистограммы с нормой можно сказать, что начиная с 2011 года гистограмма не всегда полностью входит в интервал, ограниченный контрольным нормативом. Можно отметить то, что разброс значений велик, при этом существует возможность появления брака, поэтому необходимы меры для уменьшения разброса.

Аналогичные выводы можно сделать относительно гистограмм за 2010, 2011, 2012 года по оставшимся свойствам, а именно: временному сопротивлению (Мпа) и ударной вязкости (КСУ) [3].

Исходя из анализа рассмотренных контрольных карт и гистограмм можно сделать вывод о том, что существующая на данный момент на ОАО «ОЭМК» система управления качеством с использованием основных инструментов качества не достаточна эффективна.

С целью совершенствования системы управления качеством нами предложено использование новых инструментов и их внедрение:

1. диаграмма сродства (affinity diagram);
2. диаграмма связей (interrelationship diagram);
3. древовидная диаграмма (tree diagram);
4. матричная диаграмма (matrix diagram);
5. стрелочная диаграмма (arrow diagram);
6. диаграмма процесса осуществления программы (Process Decision Program Chart – PDPC)
7. матрица приоритетов (matrix data analysis)[4].

Рассмотрим наиболее подробно некоторые из семи новых инструментов управления качеством применительно к стали марки 20ХГНМТА.

1. Диаграмма сродства – инструмент, позволяющий выявить основные нарушения процесса путём объединения устных данных. Диаграмма сродства: качество стали марки 20ХГНМТА представлена на рисунке 3.

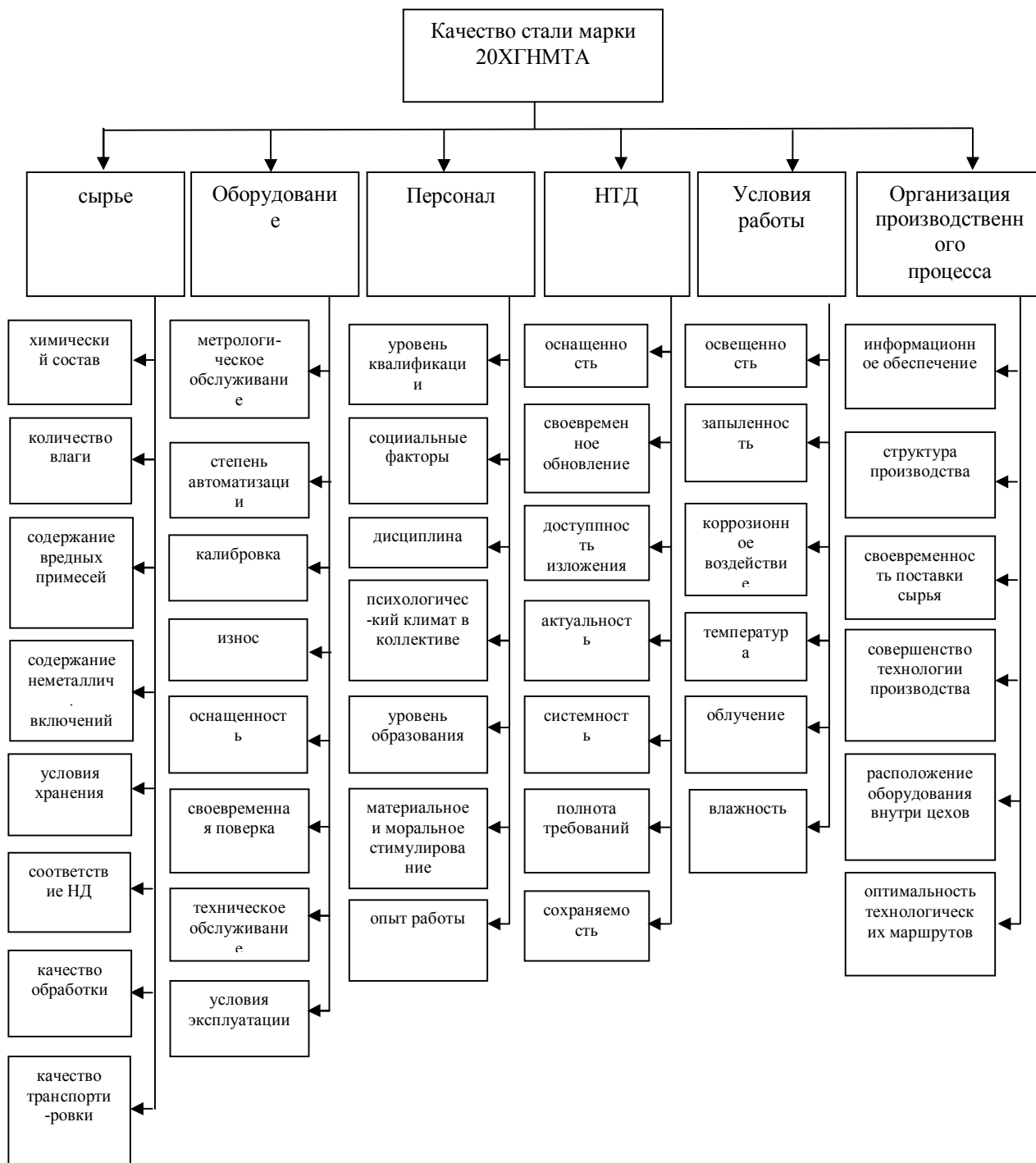


Рисунок 3 - Диаграмма средства: качество стали марки 20ХГНМТА

Как видно из рисунка 3, диаграмма средства позволяет создать некую иерархию по основным направлениям, что упрощает дальнейшую работу.

2. Древоподобная диаграмма - инструмент, обеспечивающий путь разрешения существенной проблемы, центральной идеи, или удовлетворения нужд потребителей, представленных на различных уровнях. Древоподобная диаграмма: качество стали марки 20ХГНМТА представлена на рисунке 4.



3. Матричная диаграмма – инструмент, позволяющий выявить логические связи между основной идеей, проблемой или различными данными. Матричная диаграмма: качество стали марки 20XГНМТA представлена на рисунке 5.

		1	2	3	4	5	6
		Инженерные характеристики					
Требования потребителей	Ранг						
1 Прочность	0,30	○		◎			
2 Нагрузочная способность	0,15	○					△
3 Долговечность	0,25		○				◎
4 Прокаливаемость	0,10	◎				○	
5 Механические свойства	0,20			○	◎		
Абсолютная важность		2,7	0,45	0,9	1,35	2,25	2,65
Относительная важность, %		26,3	4,4	8,7	13,1	21,8	25,7
Цели		35	0,10	8	0,17	4	20
Единицы измерения		HRC	%	балл	%	%	лет
Бенчмаркинг	+2						
	+1	□	◇	□	◇	◇	◇
	0	△		△		△	△
	-1	◇	□	△	□	△	△
	-2		△		△	□	△
Решение		3	1	2			

Инженерные характеристики:

1. Твердость, HRC
2. Загрязненность, %
3. Зернистость, балл
4. Содержание углерода, %
5. Содержание легирующих элементов, %
6. Срок эксплуатации, лет

- ◇ - ОАО «ОЭМК»
- △ - ОАО «Северсталь»
- - ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»

Рисунок 5 - Матричная диаграмма: качество стали марки 20XГНМТA

4. Стрелочная диаграмма — инструмент, позволяющий спланировать оптимальные сроки выполнения всех необходимых работ для скорейшей и успешной реализации поставленной цели. Стрелочная диаграмма: качество стали марки 20XГНМТA представлена на рисунке 6.

№ п/п	Операция	Длительность (недель)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Определение привлекательности рынка	1	→								
2	Определение сильных и слабых сторон конкурентов	1	→								
3	Определение возможностей комбината	1	→								
4	Выработка конкурентной стратегии	1		→							
5	Реализация конкурентной стратегии	3			→						
6	Ожидание реакции конкурента	1						→			
7	Анализ реакции конкурента	1							→		
8	Выработка и нанесение ответного удара	2								→	

Рисунок 6 - Стрелочная диаграмма: качество стали марки 20ХГНМТА

5. Диаграмма процесса осуществления программы PDPC – инструмент для оценки сроков и целесообразности проведения работ по выполнению программы в соответствии со стрелочной диаграммой с целью их корректировки в ходе выполнения. Диаграмма процесса осуществления программы PDPC: качество стали марки 20ХГНМТА представлена на рисунке 7.

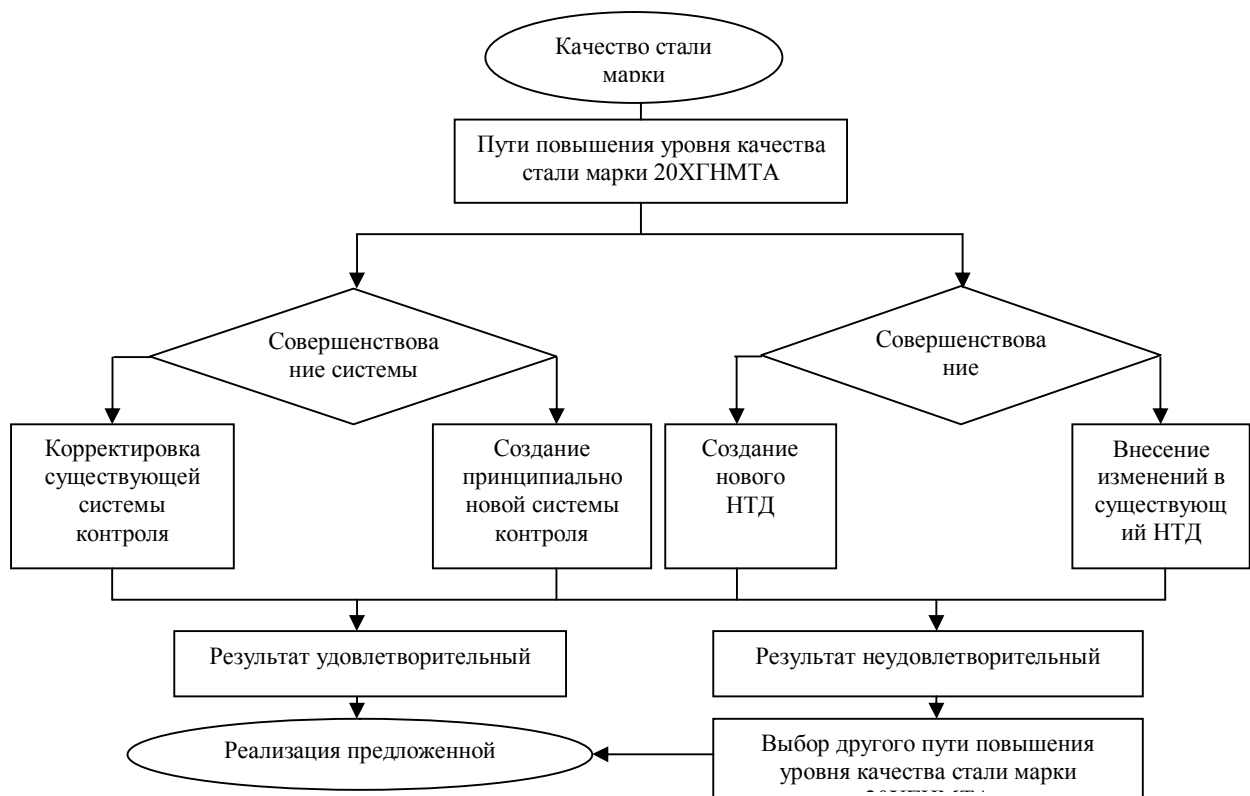


Рисунок 7 - Диаграмма процесса осуществления программы PDPC: качество стали марки 20ХГНМТА

Таким образом, в данной работе на основе основных и новых инструментов качества была исследована эффективность системы управления качеством стали марки 20ХГНМТА, были сформулированы следующие выводы:

- существующая на данный момент на ОАО «ОЭМК» система управления качеством нуждается в совершенствовании, так как такие инструменты как контрольные карты и гистограммы свидетельствуют о неудовлетворительном состоянии технологического процесса (наблюдается большой разброс значений, выход значений за границы, неравномерное распределение);

- необходимо совершенствование системы управления качеством на предприятии ОАО «ОЭМК» с использованием новых инструментов качества;

- новая система управления качеством с использованием новых инструментов качества позволит определить и устранить причины разлада технологического процесса.\

Список литературы:

1. ТУ 14-1-5509-2005 Прокат сортовой из стали марки 20ХГНМТА, предназначенный для изготовления тяжело нагруженных шестерен.
2. Барабанова О.А., Васильев В.А., Москалев П.В. Семь инструментов управления качеством. Бенчмаркинг. Развертывание функции качества.-М.:МАТИ,2010.-43с.
3. Леонов И. Т. Управление качеством продукции. М.: Изд-во стандартов, 2006.-375с.
4. Мишин В. М. Управление качеством : учебник для вузов / В. М. Мишин. – 2-е изд., перераб. и допол. – М. : Юнити-Дана, 2007. – 463 с.

СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ПФЭ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОКАТКИ С НАТЯЖЕНИЕМ

Жеглов С.С., студент 5 курса,
научный руководитель: Доронин О.Н., ст.преподаватель
СТИ НИТУ «МИСиС»

На непрерывных станах прокатка осуществляется одновременно в нескольких клетях, и в большинстве случаев между клетями возникает натяжение полосы. Одной из причин этого служит такой подбор окружных скоростей валков двух смежных клетей, когда валки последующей клетки стремятся в каждую единицу времени пропустить большее количество металла, чем могут выдать валки предшествующей клетки. Таким образом, имеет место условие:

$$v_2(1 + S_2)F_2 \geq v_1(1 + S_1)F_1 \quad (1)$$

где v_1 и v_2 — окружные скорости валков в предыдущей и последующей клетях; S_1 и S_2 — опережение в предыдущей и последующей клетях; F_1 и F_2 — площади поперечного сечения раската в предыдущей и последующей клетях.

Натяжение применяется при прокатке ленты и листов, сортовых профилей, проволоки и труб на непрерывных станах. В результате рассогласования скоростей валков в полосе возникают растягивающие усилия (натяжение), которые позволяют снизить удельное давление в среднем на 14%. [1]

Согласно рекомендациям [2], при горячей сортовой прокатке величину межклетевых натяжений выбирают так, чтобы напряжения растяжения в металле не превышали 20 – 40% предела текучести. При удельных натяжениях, не превышающих половины предела текучести прокатываемого материала, относительное удлинение составляет 0,0015.

Несмотря на то, что, наиболее распространенным способом создания натяжения и подпора при прокатке на непрерывных станах является рассогласование окружных скоростей валков смежных клетей на сегодняшний день не существует модели связывающей

непосредственно скорости полосы и усилие натяжения, создаваемое в межклетевом промежутке. Вместе с тем, современные программные комплексы моделирования процессов ОМД, такие как Deform3D и QForm, позволяют с высокой точностью моделировать процессы прокатки с натяжением.

Постановка цели и задачи

Учитывая сложность учета процессов происходящих в очаге деформации при прокатке с натяжением, наиболее рациональный подход, по нашему мнению, заключается в создании регрессионных моделей с использованием методов планирования эксперимента. Однако, постановка полнофакторного эксперимента (ПФЭ) точного задания интервалов варьирования факторов, что чрезвычайно затруднено отсутствием модели процесса прокатки с натяжением связывающей скорости полосы в смежных проходах и натяжения в ней.

В связи с этим, целью данной работы являлась разработка рекомендаций по составлению плана ПФЭ при моделировании прокатки с натяжением.

Для обеспечения организации процедуры кодирования переменных для полного факторного эксперимента, необходимо обеспечить одинаковое натяжение полосы в различных межклетевых промежутках непрерывной группы.

Согласно рекомендациям [2], запишем следующую систему уравнений

$$\begin{cases} \frac{l_i - l_{i-1}}{l_{i-1}} = 0,0015 \\ T = (0,2 - 0,4)\sigma_m \end{cases} \quad (2)$$

т.е. при натяжении, с усилием не превышающем 20 – 40% предела текучести σ_T . При удельных натяжениях, не превышающих половины предела текучести прокатываемого материала, относительное удлинение составляет 0,0015.

При этом, очевидно, что простое расогласование скоростей на одну и ту же величину в разных проходах не позволяет выполнить условие равного натяжения в различных межклетевых промежутках (3) из-за того, что сечение полосы непрерывно уменьшается в каждом из проходов.

$$\frac{T_{i-1}}{F_{i-1}} = \frac{T_i}{F_i} \quad (3)$$

Из первого уравнения системы (2) с учетом закона постоянства объёма можно записать:

$$\frac{l_{i-1}}{l_i} = 1 - 0,0015 \frac{l_{i-1}}{l_i} \Rightarrow \frac{l_{i-1}}{l_i} = 1 - 0,0015 \frac{F_i}{F_{i-1}} \quad (4)$$

С учетом, закона постоянства секундных объемов, коэффициент расогласования скоростей k для обеспечения равномерного натяжения имеет вид:

$$K_1 = \frac{v_{i-1}}{v_i} = (1 - 0,0015 \cdot \frac{F_i}{F_{i-1}}) \quad \text{для случая натяжения} \quad (5)$$

$$\text{и } K_1 = \frac{v_{i-1}}{v_i} = (1 + 0,0015 \cdot \frac{F_i}{F_{i-1}}) \quad \text{для случая подпора} \quad (6)$$

Такой подход позволяет задать одинаковое натяжение между клетями в группе и применить метод ПФЭ. Что обеспечит выполнение условия определения уровней варьирования значений факторов.

При правильном задании уровней варьирования факторов возможно построение плана полного факторного эксперимента (ПФЭ). Модель такого эксперимента $N = R^k$, где N – число опытов. Планирование эксперимента превращается в процедуру выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью. Как видно, в полном факторном эксперименте число опытов – это полное сочетание всех уровней факторов. Планирование эксперимента начинается с выбора числа факторов (k) и числа их уровней (R). Так как мы изучаем два уровня (подпор, натяжение) а в качестве факторов будет рассмотрены 6 клетей наш план будет выглядеть так:

$N = 2^6$. Количество опытов составило 64.[3] Регрессионная модель ПФЭ, полученная в результате проведения такого эксперимента, описывает влияние нескольких факторов на показатель (отклик, функцию). Число членов уравнения (модели) равно N , факторы входят в том же виде, как и в плане. Коэффициенты обозначаются индексами, соответствующими индексам факторов в степени, с которой они вошли в модель. [3]

При реализации ПФЭ $N = 2^6$ модель будет иметь вид:

$$\begin{aligned}
 y = & b_k + b_i x_i + b_j x_j + b_z x_z + b_v x_v + b_q x_q + b_y x_y + b_{ij} x_i x_j + b_{iz} x_i x_z + b_{iv} x_i x_v + b_{iq} x_i x_q + \\
 & b_{iy} x_i x_y + b_{jz} x_j x_z + b_{jv} x_j x_v + b_{jq} x_j x_q + b_{jy} x_j x_y + b_{zv} x_z x_v + b_{zq} x_z x_q + b_{zy} x_z x_y + b_{vq} x_v x_q + \\
 & b_{vy} x_v x_y + b_{qy} x_q x_y + b_{ijz} x_i x_j x_z + b_{ijv} x_i x_j x_v + b_{ijq} x_i x_j x_q + b_{ijy} x_i x_j x_y + b_{izv} x_i x_z x_v + \\
 & b_{izq} x_i x_z x_q + b_{izy} x_i x_z x_y + b_{ivz} x_i x_v x_z + \\
 & + b_{ivq} x_i x_v x_q + b_{ivy} x_i x_v x_y + \\
 & b_{ijzv} x_i x_j x_z x_v + b_{ijzq} x_i x_j x_z x_q + b_{ijzq} x_i x_j x_z x_q + b_{ijvq} x_i x_j x_v x_q + b_{ijvy} x_i x_j x_v x_y + \\
 & b_{ijqy} x_i x_j x_q x_y + b_{izvq} x_i x_z x_v x_q + b_{izvy} x_i x_z x_v x_y + b_{izqy} x_i x_z x_q x_y + b_{ivvq} x_i x_v x_v x_q + \\
 & b_{ijzvv} x_i x_j x_z x_v x_q + b_{ijzvy} x_i x_j x_z x_v x_y + b_{ijzqqy} x_i x_j x_z x_q x_y + \\
 & + b_{ijvqy} x_i x_j x_v x_q x_y + b_{izvqy} x_i x_z x_v x_q x_y + b_{ijzvvqy} x_i x_j x_z x_v x_q x_y
 \end{aligned}$$

Для проверки правильности принятой методики планирования эксперимента было проведено моделирование процесса сортовой прокатки с натяжением (подпором) в условиях черновой группы клеток стана 350 ОЭМК.

Стан 350 по расположению рабочих клеток является непрерывным и имеет две параллельные линии прокатки (мелкосортная и среднесортная) и общую для них черновую группу, состоящую из 6 клеток, с чередующимися горизонтальными и вертикальными валками. Такое чередование валков обеспечивает кантовку раската на 90 градусов без использования дополнительного оборудования. Мелкосортная непрерывная линия состоит из 18 чередующихся клеток, разделенных на 2 промежуточные группы (4 и 8 клеток) и одну чистовую (6 клеток). Среднесортная непрерывная линия состоит из 10 чередующихся клеток, также разделенных на 2 промежуточные группы по 4 клетки и одной чистовой, состоящей из 2 клеток.[4]

В данной работе внимание уделено черновой линии, в частности влиянию натяжения на энергосиловые параметры, в условиях непрерывной группы клеток. Так как прокатка в черновой группе клеток может проходить как в ручном, так и в автоматическом режиме мы путем рассогласования скоростей между клетями можем задавать как подпор, так и натяжение. На данный момент мы не можем оценить влияния натяжения (подпора) в реальных условиях т.к. это будет не целесообразно. Для моделирования процесса НЗС мы воспользуемся системой автоматизированного проектирования.

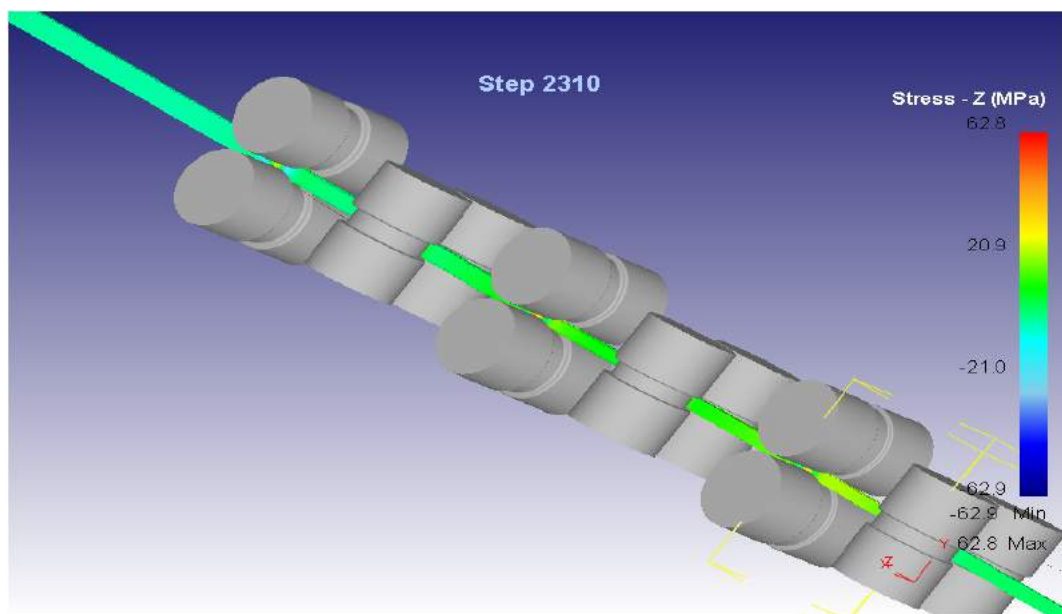


Рисунок 1. Модель НЗС в программном комплексе Deform 3D

На данном рисунке изображена работающая модель шестиклетьевой черновой группы стана 350. Из модели в программе Deform3D видно, что натяжение, заданное по данной методике, действительно равномерно в каждом МКП.

Список литературы:

1. Чекмарев А. П., Нефедов А. А., Николаев В. А. Теория продольной прокатки. – М.: «Металлургия», 1965. 214с.
2. Мещеряков В. Н., Диденко Е. Е. Математическое описание механической системы двух смежных клеток чистой группы непрерывного стана горячей прокатки / Моделирование процессов и систем №4-2010, с.18-23
3. Соловьев В.П., Богатов Е.М., Организация эксперимент. – Старый Оскол: ТНТ, 2012. – 256с.
4. Сборник технологических инструкций (прокатное производство). – Старый Оскол: ОЭМК, 1990.

АНАЛИЗ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЁРДОСТИ ПО МЕТОДУ БРИНЕЛЯ

Зиновьева Е.А., студентка гр. СТС-09-1д
СТИ НИТУ «МИСУС»

Сергиев К.А., инженер
ОАО «ОЭМК»

научный руководитель: проф., д.т.н. Сергиев А.П.
СТИ НИТУ «МИСУС»

Интерес к твердости материала люди проявляли с самых давних времен. Например, плотник без топора не мог приступить ни к одной работе, относящейся к его ремеслу. Главнейшее качество хорошего топора – способность сохранять остроту лезвия длительное время, которая зависит от имени мастерового изготовителя. Они имели личное клеймо и высоко ценились на ярмарках. На спор плотники ударяли топоры лезвием по лезвию, у кого топор оставался без зарубки, тот считался победителем.

В настоящее время большинство испытаний твердости производится в порядке обычных контрольных операций, имеющих очень важное практическое значение, как способ

проверки качества заготовок и отдельных деталей, а также правильности технологических процессов и термической обработки материалов.

Испытание твердости вдавливанием получило признание у металлургов вскоре после того, как в 1900 г. Бринель [1] предложил свой способ испытания твердости шариком. Он делал отпечатки 10 мм стальным шариком на ровной плоской поверхности испытуемого образца, пользуясь постоянной стандартной нагрузкой (500 кг для цветных металлов и 3000 кг для стали) и измерял диаметр остаточного восстановленного отпечатка после снятия нагрузки.

При испытании различных образцов по способу Бринеля получают отпечатки различных размеров. Хотя при этом и сохраняется закон пропорциональных сопротивлений, однако условия геометрического подобия не удовлетворяются.

В качестве примера рассмотрим 2 варианта отпечатков шариком диаметром D , образующих хорды d_1 и d_2 с центральными углами φ_1 и φ_2 .

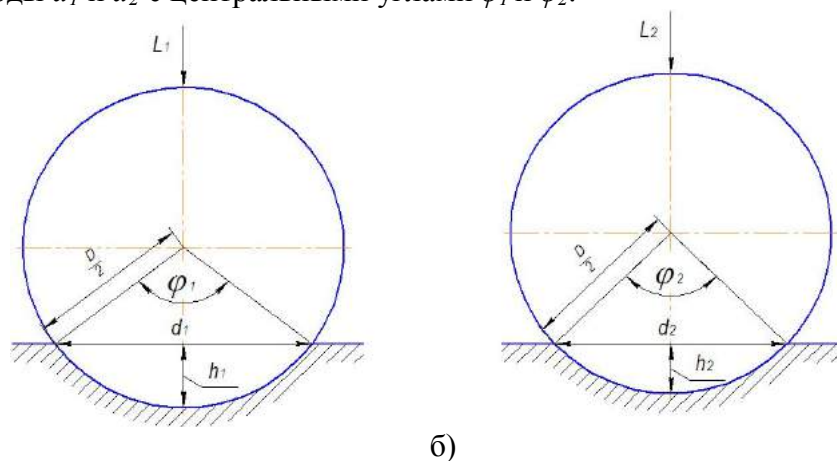


Рисунок 1 – Схема сопоставления параметров отпечатка шариком вдавливанием на хорду d_1 (а) и вдавливанием на хорду d_2 (б)

На рис. 1а показано, что отпечаток диаметром d_1 сделанный шариком с диаметром D на глубину h_1 , при приложенной нагрузке L_1 , имеет угол вдавливания φ_1 . Если тем же самым шариком сделать отпечаток, приложив меньшую нагрузку L_2 , то глубина вдавливания будет характеризоваться глубиной h_2 и хордой d_2 , то новый отпечаток будет иметь меньший угол вдавливания φ_2 . При этом $h_2 < h_1$ и $d_2 < d_1$.

Соответственно новый отпечаток будет иметь меньший центральный угол $\varphi_2 < \varphi_1$, поэтому оба эти отпечатка не будут геометрически подобными. Число твердости второго образца НВ при получении отпечатка меньшего диаметра будет меньше, чем у первого образца. Бринель объяснял это явление исключительно изменением степени наклепа образцов при вдавливании, т. е. твердению при деформации в холодном состоянии. Влияние этого момента на результат испытания Бринель пытался свести к минимуму. Он предложил определять твердость по вычислению площади сферической поверхности, а не по площади проекции восстановленного отпечатка, хотя последнее по общему признанию всех исследователей вопроса о твердости до Бринеля являлось более правильным. Результат совместного влияния на изменение размеров отпечатка, упругого последействия материала и деформации вдавливаемого наконечника известен под названием восстановление (уменьшение глубины) отпечатка.

Основным недостатком измерения твердости по методу Бринеля является неточность определения диаметра отпечатка. Измерение его истинных размеров затрудняется образованием на испытуемой поверхности второго контура отпечатка, вызываемого пластической деформацией материала. В некоторых случаях вдавливаемый наконечник выдавливает деформируемый металл на поверхность образца, образуя таким образом вокруг отпечатка как бы выступающую воронку. Диаметр отпечатка, замеренный на поверхности

деформированного металла, может быть примерно вдвое больше диаметра невосстановленного отпечатка. Это явление называется наращиванием.

В качестве примера рассмотрим результаты исследования Фосса и Брумфильда [2] по особо точному замеру восстанавливаемого шарикового отпечатка, сечение которого представлено на рисунке 2.

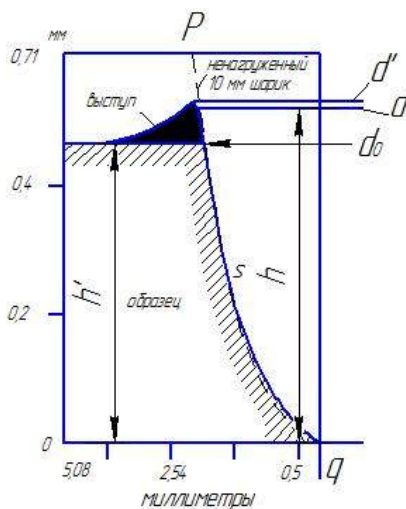


Рисунок 2 –Отпечаток, показывающий наращивание металла по краю отпечатка:

d_0 - диаметр отпечатка по исходной поверхности; d - диаметр восстановленного отпечатка; d' -диаметр отпечатка по вершине; h -глубина восстановленного отпечатка; h' -глубина отпечатка от начальной поверхности

Линия ps , проведенная черточками, определяет кривизну поверхности ненагруженного шарика, расположенного на дне восстановленного отпечатка. Нижняя пунктирная линия sq представляет очертание невосстановленного отпечатка. Из данного отпечатка ясно, что за исключением очень незначительного отклонения в верхней части, нагруженный шарик находится в соприкосновении с металлом, образующим выступающую кромку на поверхности образца по краям отпечатка.

Этот вывод подтверждается также опытами Мозера[3] с шариками, покрытыми слоем ламповой сажи. Следовательно, можно считать установленным, что на наращивание выступающей кромки расходуется часть усилия вдавливания, и для получения истинных результатов испытания это следует учитывать при измерении отпечатка. Если явление наращивания не принимается во внимание, то установлено, что закон пропорционального сопротивления не соблюдается. В этом случае получается отпечаток с диаметром d . Если же при этом производится измерение глубины отпечатка, то следует измерять максимальную глубину восстановленного отпечатка h , а не его глубину от начальной поверхности испытания h' .

С другой стороны, металл, обладающий высокой сжимаемостью, будет при вдавливании стремиться сжаться ещё больше, и противодействие расширению на поверхности отпечатка вызовет растяжение материала за краями отпечатка. Это приведёт к образованию отрицательного выступа, или вмятию, схематично показанному на рисунке 3.

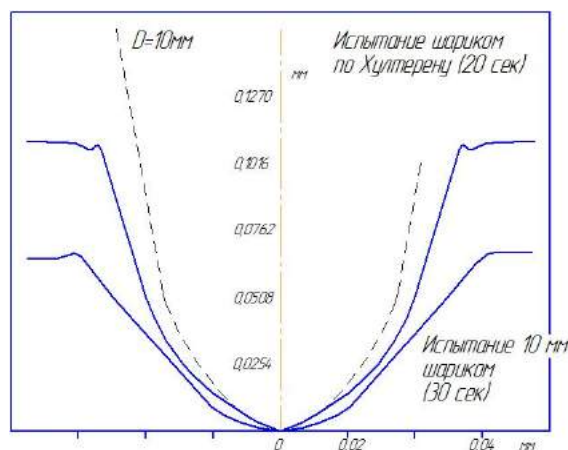


Рисунок 3 – Восстановленный отпечаток, показывающий вмятие металла по краям отпечатка

Из всего выше сказанного можно сделать вывод, что испытания твёрдости по Бринелю не являются достаточно точными.

Несмотря на имеющиеся противоречия, в 1924 г. испытание твёрдости по Бринелю было признано стандартным. Хотя, данный способ имеет ряд существенных недостатков, он приводит к желаемым результатам, удовлетворяющим производство, благодаря простоте и удобству обслуживания, не требующего высококвалифицированного персонала.

Список литературы:

1. Brinell, J.A., II Congres Int. des Methodes dessai, Paris, 1900.
2. Foss, F. and Brumfield, R., PASTM (1922). 22,312.
3. Moser, M., S. und E. (1925). 45, 343.
4. О'Нейл Г. «Твёрдость металлов и её измерение», перевод с англ. Н.Д.Агеев, ГНТИ по чёрной и цветной металлургии. М-Л, 1940, 376с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ПРОКАТА ИЗ СТАЛИ 20ХГНМТА

Колесникова В.И., студентка гр. СТС-08-1д,
научный руководитель: к.ф.-м.н., ст. преподаватель **Корнаева Е.П.**
 СТИ НИТУ «МИСиС»

Машиностроение является основным потребителем продукции металлургических предприятий, и ключевое место в этом занимает конструкционная сталь, используемая для деталей различного функционального назначения. Высокие потребительские свойства деталей машин могут быть достигнуты только в результате комплексного подхода, учитывающего металлургические, технологические и эксплуатационные особенности. В формировании свойств стали участвуют не только внешние воздействия, используемые при технологическом переделе, но и макро- и микростроение, созданное в металлургическом производстве и переданное готовым изделиям. Особая роль в этом отводится составу стали, степени ее загрязнённости, зерненному строению, химической и структурной неоднородности и т.д. [1]

Требования, предъявляемые к тяжело нагруженным зубчатым колёсам из стали 20ХГНМТА, определяются в первую очередь, условиями их эксплуатации. Сталь должна иметь одновременно высокие показатели механических свойств, таких как статическая прочность и сопротивление усталости, которые зависят от микроструктуры.

Аустенит является важнейшей структурной характеристикой стали, определяющей ее свойства, особенно ударную вязкость. Чем меньше и равномернее зерно, тем выше значение

ударной вязкости. Также, чем мельче зерно, тем выше значения прочности и пластичности. На состояние аустенита в стали влияет различный диапазон факторов, во многом зависящий от условий производства.

Склонность к росту зерна стали зависит от содержания в ней легирующих элементов. Малая склонность к росту аустенитного зерна – технологическое преимущество большинства легированных сталей. Все легирующие элементы снижают склонность аустенитного зерна к росту, кроме марганца и бора. Элементы, не образующие карбидов (кремний, кобальт, медь, никель), слабо влияют на рост зерна. Карбидообразующие элементы (хром, молибден, вольфрам, ванадий, титан) сильно измельчают зерно.[2] Основной причиной такого действия легирующих элементов считается образование труднорастворимых в аустените карбидов и оксидов, которые являются барьерами для растущего зерна.

Учитывая, что рост зерна аустенита является сложным, многофакторным процессом, не имеющим достаточно точного физического описания, для оценки влияния легирующих элементов целесообразно использовать полиномиальную интерполяционную модель, построенную по результатам эксперимента. Такая модель может содержать нелинейные члены, а также некоторое взаимодействие факторов [3].

На основе экспериментальных данных методами многомерного регрессионного анализа с последовательным отсеиванием незначимых параметров была получена модель (1) [3]. При создании интерполяционной модели использованы данные для сталей, содержащие элементы и примеси в следующих пределах: $C \leq 0,83\%$; $Mn \leq 2,0\%$; $Si \leq 1,0\%$; $Cr \leq 2,0\%$; $Mo \leq 1,0\%$; $Ni \leq 3,0\%$; $V \leq 0,5\%$; $W \leq 1,0\%$; $Ti \leq 0,15\%$; $Al \leq 0,2\%$; $Cr \leq 1,0\%$; $Nb \leq 0,2\%$; $S \leq 0,04\%$; $P \leq 0,04\%$; $N \leq 0,025\%$; $B \leq 0,01\%$.

Для стали 20ХГНМТА модель принимает вид:

$$\ln(F) = (-1.3 - 2.9Si - 2.0Cr - 3.0Mo + 22Al + 30Ti - 500B - 1.6Cu + 1.1MnCrMo) + (7.4 + 0.82Mn + 1.6Si + 3.3Cr + 4.4Mo + 0.41Ni - 60Ti - 43Al + 0.95Cu + 560B - (0.27Cr + 0.75Mo)Mn - (0.67Mo + 0.05Ni + 1.8Ti + 1.5Al)Cr)T \cdot 10^{-3} + (-0.45Mn + 0.3Si - 0.9Cr - 1.3Mo - 0.26Ni + 25Ti + 20Al)T^2 \cdot 10^{-3}$$

Эта модель соответствует модели:

$$\ln(F) = a + bT + cT^2 \quad (1)$$

где F – средняя площадь зерна;

T – температура нагрева;

a, b, c – коэффициенты, учитывающие хим. состав.

Данная модель позволяет в пределах исследованных сталей рассчитать размер аустенитного зерна в зависимости от состава стали и температуры нагрева перед прокаткой. Так как готовый прокат из данной марки стали согласно техническим условиям [4] не подвергается термомеханической обработке и отжигу, то использование модели (1) позволяет рассмотреть влияние отдельных элементов в сложных системах на рост аустенитного зерна [3].

Для исследуемой марки стали 20ХГНМТА с использованием модели (1) было определено влияние легирующих элементов в соответствии с требованиями к хим. составу и текущему содержанию элементов для отобранных 90 проб за 2012 г. (рисунок 1а). Анализ влияния хим. состава на рост зерна аустенита на основе модели (1) проводился путем варьирования содержания каждого из основных элементов при фиксированных прочих (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав стали 20ХГНМТА.

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Al	Ti	Mo	B	N
0.18	0.26	0.82	0.018	0.009	0.84	0.84	0.05	0.015	0.053	0.2	0.0004	0.005

На рисунке 1б представлен характер влияния содержания марганца в стали и температуры нагрева заготовки в печи на рост зерна аустенита, остальные факторы модели (1) зафиксированы. В характерном температурном режиме нагрева (1150°C) влияние марганца отрицательно сказывается на рост зерна аустенита. Для текущего уровня хим. состава и температуры нагрева зерно аустенита достигает размера до 10^{-3} мм² (6-7класс). Так как исходный размер зерна до пластической деформации влияет на рост зерна в процессе рекристаллизации, поэтому размер зерен можно регулировать температурой нагрева в печи.

Анализируя гистограмму по содержанию Mn, видно, что она смещена к нижней границе допуска, однако принимая во внимание отрицательную роль марганца на рост зерна аустенита, можно сделать вывод о том, что необходимо сузить границы поля допуска, а именно уменьшить верхнюю границу.

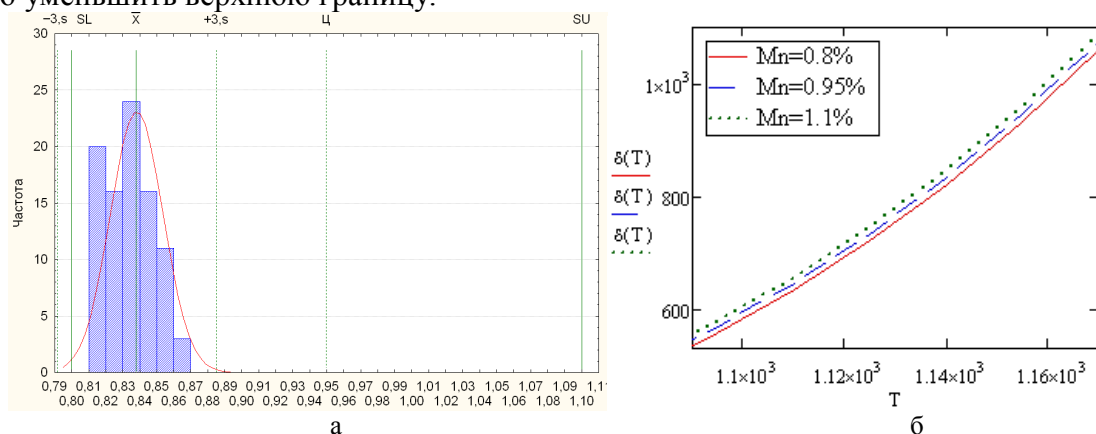


Рис.1. а - гистограмма по содержанию марганца; б - зависимость размеров аустенитного зерна от температуры и содержания марганца

На рисунке 2 представлена гистограмма распределения по молибдену и характер влияния молибдена и температуры нагрева на рост аустенитного зерна. Влияние Mo в диапазоне [0.2;0.3] несущественно при прочих равных условиях. Однако необходимо учитывать взаимное влияние Mo и Mn (рисунок 3): увеличением Mo снижает эффект влияния марганца. Принимая во внимание характер гистограммы по содержанию молибдена, гистограмма смещена к нижней границе допуска и процесс не настроен на центр допуска, поэтому необходимо ввести корректирующие воздействия по настройке среднего значения на поле допуска, таким образом, увеличится содержание Mo, что способствует измельчению зерна аустенита. Что касается температуры нагрева, то как и в прошлом случае она оказывает существенное значение, в связи с чем существующая температура нагрева провоцирует крупное зерно аустенита.

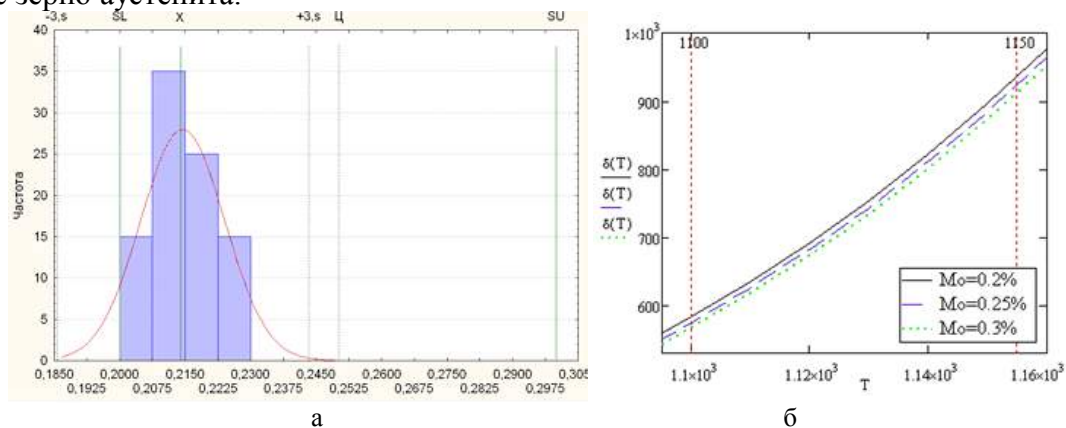


Рис.2. а - гистограмма по содержанию молибдена; б - зависимость размеров аустенитного зерна от температуры и содержания молибдена

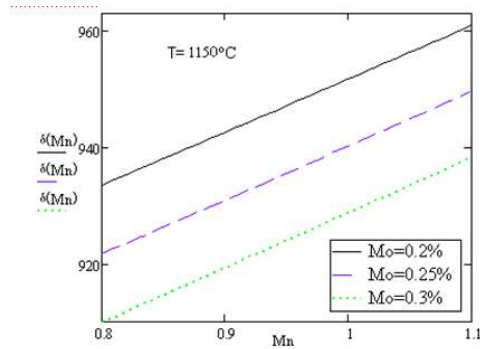


Рис. 3. Взаимное влияние молибдена и марганца при $T=1150^{\circ}\text{C}$

На рисунке 4 представлена гистограмма распределения по содержанию титана и характер влияния титана и температуры нагрева на рост аустенитного зерна. Как видно из рисунка 4б повышение содержания титана позволяет снизить рост аустенитного зерна. По гистограмме на рисунке 4а видно, что среднее значение содержания титана несколько занижено относительно центра допуска, к тому же учитывая характер влияния титана, необходимо увеличить нижнюю границу допуска с последующей настройкой процесса на центр. Что касается температуры нагрева, то все также необходимо добиться ее снижения.

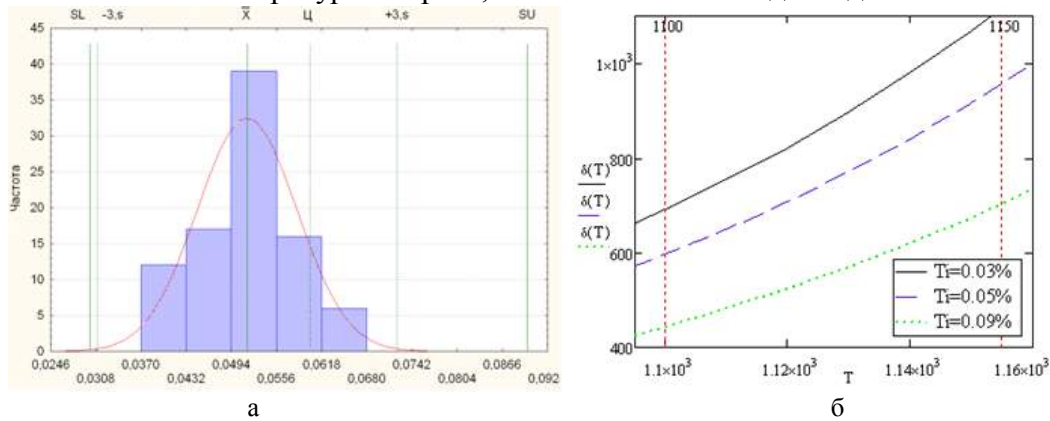


Рис. 4. а - гистограмма по содержанию титана; б - зависимость размеров аустенитного зерна от температуры и содержания титана

Помимо влияния легирующих элементов, существенный вклад на размер аустенитного зерна оказывает повышение температуры. Так нагрев исходной заготовки из стали 20ХГНМТА в диапазоне $[1090;1170]^{\circ}\text{C}$, регламентированном технологической инструкцией по нагреву (ТИ) вызывает существенный рост аустенитного зерна. При существующей средней температуре нагрева исходной заготовки до 1150°C размер зерна аустенита после нагрева при существующем уровне содержания легирующих элементов может опускаться до 6 класса. В свою очередь крупнозернистая структура вытравленных объемов аустенита, по сравнению с мелкозернистой, приводит к уменьшению ударной вязкости и снижению усталостной прочности [5].

Одним из наиболее мощных средств регулирования величины зерна является горячая пластическая деформация. Конечно, немаловажную роль при этом оказывают температура нагрева перед деформацией, температура окончания деформации и температурно-временные условия последующей термической обработки [3].

В виду того, что температура нагрева оказывает существенное влияние на размер аустенитного зерна после нагрева, что при заданных скоростных и деформационных режимах отрицательно скажется на размер зерна готового проката, поэтому помимо рекомендаций относительно легирующих элементов, необходимо ввести корректирующие воздействия и по температуре нагрева.

Для понижения температуры нагрева предлагается на протяженных участках стана: между печью нагрева, гидросбивом и первой клетью черновой группы, а также от черновой до промежуточной группы установить изолирующие экраны, что позволит снизить тепловые потери, которые в основном происходят за счет излучения [6].

Для применяемых на стане 350 режимов калибровки для круга 70 из исходной заготовки кв.170×170 был проведен расчет температурного режима по методике Иванцова [7], учитывающий тепловые потери излучением, деформационный разогрев и охлаждение от гидросбива. Для тех же режимов калибровки, но с установкой экранов над рольгангом проведены расчеты тепловых потерь излучением на указанных участках. Расчеты проводились по ф. Стефана-Больцмана [8]:

$$Q = \varepsilon_n c_0 F_1 \left(\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right), \quad (2)$$

где Q – излучаемая в единицу времени энергия;
 ε_n – приведенная степень черноты;
 c_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела;
 F_1 – площадь поверхности излучающего тела;
 T_1 – температура излучающего тела;
 T_2 – температура экрана.

Тогда изменение температуры можно рассчитать исходя условия $Q = mc\Delta T$, учитывая, что Q – энергия в единицу времени. Результаты расчета при средней температуре существующего нагрева до 1150°C представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение температуры от исходной T=1150 °C

	от печи до гидросбива, ΔT	гидросбив, ΔT	от гидросбива до клетки 1Г, ΔT	от клетки 6Г до 7В, ΔT	Tконца прокатки,
без экранов	31,4 °C	23,5 °C	21,7 °C	49,7 °C	981 °C
с экранами	21,1 °C	23,5 °C	14,7 °C	26,0 °C	1018 °C

Таблица 3 – Изменение температуры от исходной T=1100 °C

	от печи до гидросбива, ΔT	гидросбив, ΔT	от гидросбива до клетки 1Г, ΔT	от клетки 6Г до 7В, ΔT	Tконца прокатки,
с экранами	18,28 °C	23,5 °C	13,7 °C	23,0 °C	983 °C

Исходя из приведенных расчетов, для того чтобы температура конца прокатки оставалась исходной, используя экранирование, температуру нагрева в печи можно снизить до 1100 °C, что соответствует требованиям ТИ. Результаты расчета при температуре нагрева 1100 °C с применением экранирования приведены в таблице 3. Снижение температуры нагрева в печи способствует получению меньшего размера аустенитного зерна, относительно существующих температурных режимов, к тому же установка экранов обеспечивает равномерное остывание заготовки по всей длине, что способствует снижению нагрузок на оборудование, а также снижение температуры нагрева является эффективным с точки зрения энергозатрат.

Таким образом, в данной работе на основе регрессионной модели (1) было исследовано влияние легирующих элементов в стали 20ХГНМГА и температуры нагрева заготовки перед прокаткой, было сформулированы следующие выводы и рекомендации:

- отрицательное воздействие на рост аустенитного зерна в заданных нормативных границах оказывает увеличение марганца, поэтому необходимо снизить верхнюю границу допуска;

- элементы такие, как титан и молибден оказывают сдерживающий эффект на рост аустенитного зерна, а судя по результатам хим. анализа наблюдаются заниженные значения

этих элементов, поэтому необходимо ввести корректирующие воздействия по настройке процесса на центр поля допуска.

- применение экранирования при существующих скоростных и деформационных режимах позволяет снизить температуру нагрева в печи, при этом сохранив температуру конца прокатки исходной. Снижение температуры нагрева в печи согласно модели (1) позволяет снизить размер аустенитного зерна, что позволит повысить механические свойства проката, такие как ударную вязкость и усталостную прочность.

Список литературы:

1. Швейва Т.В. Повышение потребительских свойств стальных изделий нейтрализацией структурной наследственности при технологическом металлопеределе в машиностроении: дис. ...канд. техн. наук. – Набережные Челны, 2012. – 152 с.
2. Третьякова Н.В. Электронный конспект лекций по материаловедению. URL:http://gendocs.ru/v31434/лекции_по_материаловедению?page=6
3. Винокур Б.Б., Пилюшенко В.Л, Касаткин О.Г. Структура конструкционной легированной стали. – М.: Металлургия, 1983. – 216 с.
4. Насонова О.Ю. Повышение конструктивной прочности Cr-Mo-V сталей методами термической и термомеханической обработок: дис. ...канд. техн. наук. – Екатеринбург, 2007.- 142 с.
5. ТУ 14-1-5509-2005 Прокат сортовой из стали марки 20ХГНМТА, предназначенный для изготовления тяжело нагруженных шестерен.
6. Производство проката из рессорно-пружинной стали. Жадан В. Т., Воронцов Н. М., Кулак Ю. Е. и др. – М.: Металлургия, 1984. – 216 с.
7. Результаты моделирования охлаждения заготовок при прокатке на сортовых станах с применением экранов / Перерва В.Я, Шевченко Г.Л., Усенко А.Ю., Пульпинский В.Б. // Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика: зб. наукових праць. – Днепропетровск., 2011.- № Вып. 3.-с.183-189
8. Уйгели В.В., Пратуевич А.Е., Корнаев А.В. Технология пластической обработки специальных сталей и сплавов.- Старый Оскол: «СТИ МИСиС», 2004, - 110с.
9. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи.–2-е изд., стереотипное– М.:Энергия, 1977. – 344 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ БАРАБАННО-ВИНТОВОГО СУШИЛЬНОГО АГРЕГАТА НА ПРЕДМЕТ ОХЛАЖДЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

Кошуков А. В., аспирант,
научный руководитель: Севостьянов В. С., проф., д.т.н.,
Емельянов Д. А., студент,
научный руководитель: Ильина Т. Н., проф., д.т.н.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

В настоящее время одной из основных задач промышленности строительных материалов является не только производство эффективных, относительно дешевых строительных материалов, но и поддержание хорошей экологии окружающей среды. Для этого необходимо разрабатывать оборудования, позволяющие перерабатывать отходы различных отраслей промышленности и получать из них новые продукты, используемые в строительстве. Одной из главных проблем промышленности строительных материалов является сушка и охлаждение, занимающая по материальным затратам около 40% стоимости готовых продуктов.

Сушка, равно как и охлаждение, является одним из самых энергоемких процессов, поэтому в области техники сушки экономия энергетических ресурсов проблема актуальная [1]. Создание высокоэффективных и экономичных типовых сушильных аппаратов и установок позволит значительно снизить энергозатраты.

Целью исследования является выявления зависимостей температуры выходного продукта от скорости вращения и степени загрузки барабанно-винтового сушильного агрегата (БВСА). Для этих целей был использован БВСА для сушки гранулированных и сыпучих материалов. Агрегат представляет собой горизонтальный цилиндрический вращающийся барабан, опирающийся по краям на опорные ролики, разделенный перегородками на камеры, крайние из которых загрузочная и выгрузочная, при этом последняя имеет с торца выгрузочные окна. Наружную поверхность барабана от загрузочной части до выгрузочной охватывает неподвижно закрепленный на барабане полый нормальный геликоидальный параллелепипед. В выгрузочной камере встроен патрубок для подачи холодоносителя, заканчивающийся раструбом для равномерного распределения потока. В процессе перемещения материал пересыпается и обдувается встречным потоком холодоносителя. Это создает возможность увеличения контакта каждой гранулы с подаваемым воздухом [2].

В ходе исследования были взяты гранулированные стабилизирующие добавки для щебеночно-мастичного асфальтобетона. Строящийся технологический модуль в г. Белгороде будет производить такие гранулы с выходной температурой 120 °С, поэтому стоит вопрос охлаждения гранулированных стабилизирующих добавок для дальнейшей их транспортировки. В качестве холодоносителя использовался атмосферный воздух с температурой 18°С. За основные изменяемые параметры были взяты скорость вращения и степень загрузки барабанно-винтового сушильного агрегата.

Основные результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость температуры выходного продукта от скорости вращения и степени загрузки барабанно-винтового сушильного агрегата.

№	$t_{\text{вх}}, ^\circ\text{C}$	$n, \text{об/мин}$	$t_{\text{носит}}, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	$t_{\text{вых}}, ^\circ\text{C}$
1	120	8	18	6	24
2	120	8	18	10	26
3	120	8	18	13	30
4	120	8	18	15	32
5	120	10	18	6	30
6	120	10	18	10	32
7	120	10	18	13	34
8	120	10	18	15	36
9	120	12	18	6	33
10	120	12	18	10	35
11	120	12	18	13	36
12	120	12	18	15	38

На основе полученных данных построим график зависимости температуры выходного продукта от скорости вращения и степени загрузки барабанно-винтового сушильного агрегата.

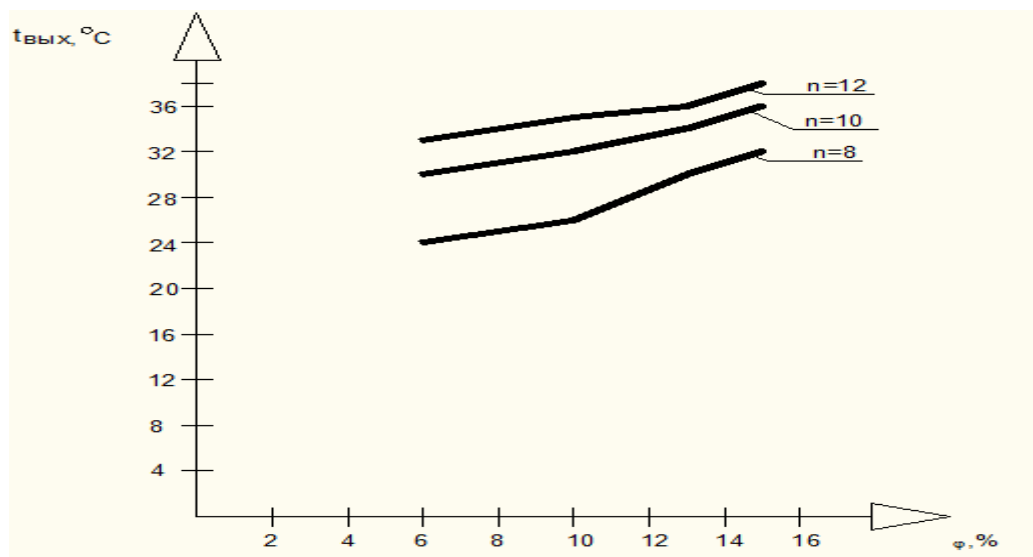


Рис. 1. график зависимости температуры выходного продукта от скорости вращения и степени загрузки барабанно-винтового сушильного агрегата

На основе полученного графика, в зависимости от необходимой конечной температуры продукта, можно подобрать оптимальное число оборотов и степень загрузки БВСА, тем самым снизив потребление электроэнергии и увеличив срок службы установки.

Список литературы:

1. Б.С. Сажин., Основы техники сушки. Химия 1984.-320 с.
2. Патент 2301385 РФ. Барабанно-винтовой сушильный агрегат/ Авторы: Гридчин А. М., Севостьянов В. С., Лесовик В. С., Чвшин Ю. Г., Макридин А. А., Чашин Г. П. Опубл. 20.06.2007.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕМОНТНЫМИ И СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫМИ РАБОТАМИ НА ОБЪЕКТАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

Кучеренко Н.А., студентка 4 курса,
научный руководитель: к.т.н., доцент **Ерёменко А.Ю.**
СТИ НИТУ «МИСУС»

Одним из факторов, влияющих на повышение производительности работы технологического оборудования и повышение эффективности работы предприятия в целом, является снижение продолжительности выполнения ремонтных работ (РР), а также сокращение сроков выполнения строительно-монтажных работ (СМР) инвестиционных объектов.

В настоящее время выполнение СМР и РР характеризуются высокой трудоёмкостью, высокими материальными и энергетическими затратами, требует высокого уровня взаимодействия ремонтных, технологических, финансовых, коммерческих и многих других служб предприятия. Отсутствуют взаимосвязанные управленческие решения на различных иерархических уровнях с их взаимной координацией и обратной связью, что приводит к увеличению непроизводительных затрат рабочего времени. Также одной из причин неудовлетворительного выполнения РР и СМР является отсутствие должной квалификации и специальной подготовки. Всё это говорит о том, что проблема обеспечения и выполнения СМР и РР актуальна и требует большого внимания.

Основные требования к системе оперативного управления СМР и РР:

- наличие единого центра диспетчеризации производства работ;
- Обработка больших объёмов информации в режиме он-лайн и выдача оптимального управленческого решения;
- прогнозирование всех вариантов последствий предпринятых корректирующих действий и перестроение сетевого графика выполнения работ в соответствии с внесенными коррективами;
- снижение принятия решений от субъективных факторов;
- использование для построения исходного выполнения работ и его оперативной корректировки технически-обоснованной базы норм длительности выполнения ремонтных (строительно-монтажных) операций.

Анализ современных средств интеллектуализации систем принятия управленческих решений позволяет предположить о возможности разработки экспертных систем для оперативного управления РР и МСР.

Классическая экспертная система состоит из двух основных блоков – базы данных и базы знаний. Учитывая динамический характер системы, в свою очередь база данных может быть разбита на:

- динамическую базу данных, которая основана на формировании текущей информации о ситуации на объекте;
- статическую – основанную на базе данных, не изменяющихся во времени (например, нормы длительности выполнения ремонтных операций, оптимальный состав и численность бригад, необходимы для выполнения этих работ и т.д.).

Формирование базы знаний осуществляется специалистом по знаниям. Она устанавливает основные зависимости между факторами, оказывающими влияние на ход выполнения работ, их последовательность, взаимосвязи, возможность-невозможность параллельного выполнения работ, численность и состав ремонтных и технологических бригад и многое другое.

Ход выполнения РР (МСР) в данной экспертной системе представлен на рисунке 1.

Информация о продолжительности выполнения работ между контрольными точками, введённая координатором в аналитический блок базы знаний экспертной системы, отправляется в статистическую базу данных, где после сравнительного анализа с данными, полученными от предыдущих ремонтов, экспортируются в блок статической базы данных в виде норм длительности выполнения РР, представленных в матричной форме или в виде регрессионных зависимостей.

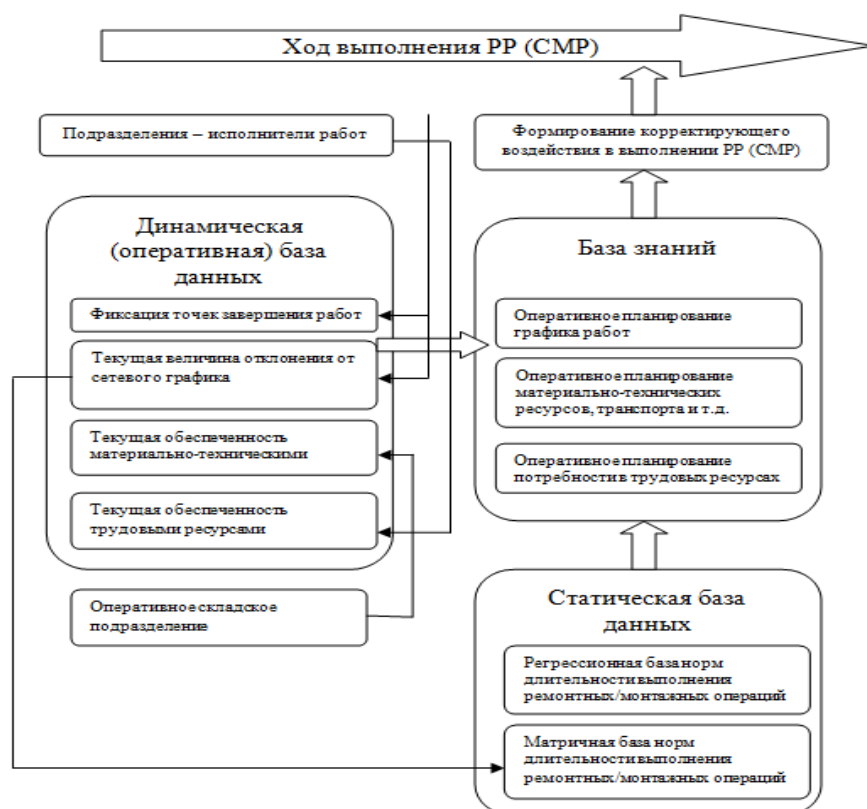


Рисунок 1 – Построение экспертной системы управления РР (СМР)

Список литературы:

1. Г.В.Соплкин, Н.А.Ченцов, В.А.Сидоров. Принципы построения экспертной системы обслуживания оборудования. СБ научных статей «Прогрессивные технологии и системы машиностроения». Вып. 3 Донецк, ДонГТУ, 1996. С115-124
2. Г.В.Сопилкин. Оптимизация длительности текущих и капитальных ремонтов. Металлургическая и горнорудная промышленность. 1994. №12 С69-71
3. Гайфулин Б.Н. Современные системы управления предприятием. КомпьютерПресс. 2011 г. №9 С46-55

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ВЕКТОРА ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЯ РОТОРА СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ БЕЗДАТЧИКОВЫМ СПОСОБОМ

Лицин К.В.*, Басков С.Н.**

* аспирант, ФГБОУ ВПО «Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова».

** доцент, кандидат технических наук, НФ НИТУ «Московский Институт Стали и Сплавов»

Для реализации управления синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ) по стандартным схемам (с использованием ПИ-регулятора) необходим тахогенератор и (или) датчик положения ротора. Вычисляя производную от положения, можно определить скорость. Эта величина используется в уравнениях двигателя во вращающейся системе координат, а также в уравнениях перехода из статорной системы в роторную систему. При питании вентильного двигателя угол поворота необходим для определения времени коммутации транзисторов или тиристоров. Однако использование датчиков определения положения ротора надежность всей системы, увеличивают стоимость привода, ухудшают массогабаритные показатели. Кроме этого, при определении скорости путем дифференцирования угла поворота помехи могут существенно повлиять на процесс управления [1].

В настоящее время просматривается тенденция к отказу от использования датчиков механических величин (Sensorless Control) и восстановления вектора состояния системы с помощью различных оценивающих моделей.

Задачей данной статьи является представления наиболее адекватной структуры бездатчикового определения положения вектора потокосцепления ротора синхронного двигателя.

Абсолютное большинство бездатчиковых систем определения положения вектора потокосцепления ротора основаны на косвенном определении электрического положения ротора двигателя по направлению изображающего вектора составляющей магнитного потокосцепления якоря, обусловленной постоянными магнитами.

Принцип «бездатчикового» управления, основанный на измерении ЭДС одной из фаз двигателя на данном интервале времени, отключенной от источника питания, является одним из наиболее распространенных [2].

Коммутация токов двигателя осуществляется путем фиксации момента перехода через ноль ЭДС отключенной фазы, который со сдвигом на 90 электрических градусов определяет середину соответствующего импульса тока. К преимуществам данного способа управления следует отнести его простоту, но очевидны и следующие недостатки:

- сложность определения момента перехода ЭДС через ноль на малых скоростях;
- задержку на включение очередного состояния коммутатора удается точно сформировать лишь при постоянной частоте вращения ротора.

Наряду с рассмотренным способом используют более сложные методы косвенного оценивания положения ротора [3]:

- по третьей гармонике ЭДС вращения;
- по изменениям индуктивностей фаз двигателя.

Большинство методов «бездатчикового» векторного управления основаны на косвенном определении электрического положения ротора двигателя по направлению изображающего вектора составляющей магнитного потокосцепления якоря, обусловленной постоянными магнитами [4].

Одна из возможных структур вычислителя положения ротора СДПМ по измерениям токов и напряжений двигателя приведена на рисунке 1 [5].

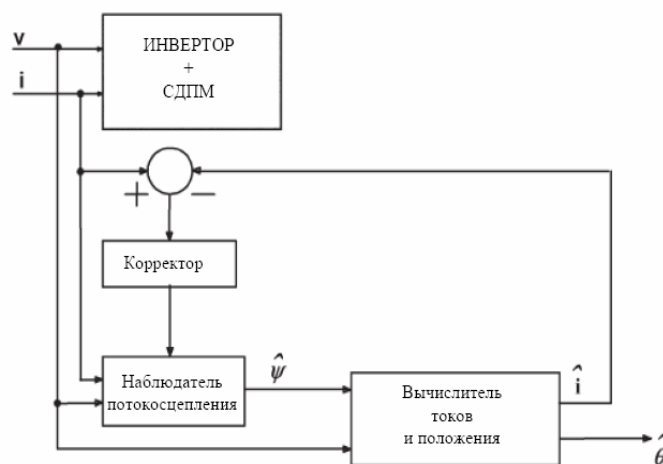


Рисунок 1 – Структурная схема вычисления положения ротора двигателя

В свою очередь, наблюдатель потокосцепления имеет структуру, изображенную на рисунке 2 и соответствующую векторному уравнению равновесия напряжений статора 1:

$$\frac{d\Psi}{dt} = U - R_s I - L_\sigma \frac{dI}{dt}, \quad (1)$$

где R_s , L_s - активное сопротивление и индуктивность рассеяния обмотки якоря,

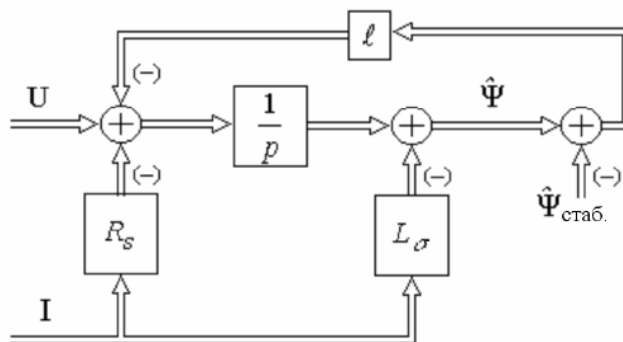


Рисунок 2 – Структурная схема наблюдателя вектора потокосцепления

Обратная связь с коэффициентом l и стабилизирующая оценка потока призваны обеспечить асимптотическую устойчивость наблюдателя, и синтезируются дополнительно.

Таким образом, представленная схема наблюдателя на основании значений напряжения и тока статора позволяет определить вектор потокосцепления ротора синхронного двигателя без использования датчика положения.

Список литературы:

1. Корельский Д.В., Потапенко Е.М., Васильева Е.В. Обзор современных методов управления синхронными двигателями с постоянными магнитами. // Научный журнал "Радиоэлектроника. Информатика. Управление", 2001. – С. 155 –159.
2. Acaruleg P.P., Watson I.F. / Review of Position Sensorless Operation of Brushless Permanent Magnet Machines // IEEE Trans Ind. Electron. vol. 53, No 2, p. 352-362, Apr. 2006.
3. Панкратов В.В. Вентильный электропривод: от стиральной машины до металлорежущего станка и электровоза. «Электронные компоненты», № 2, 2007.
4. P. P. Acarnley and J. F. Watson, "Review of Position-Sensorless Operation of Brushless Permanent-Magnet Machines", *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 53, no. 2, pp. 352–362, Apr. 2006.

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКАЯ МУФТА С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ПЛАНЕТАРНЫМ ПЕРЕДАТОЧНЫМ МЕХАНИЗМОМ

С.В.Мироненко, аспирант,
научный руководитель: М.Б.Бородина, к.т.н., доц.
 СТИ НИТУ «МИСиС»

Для повышения надёжности силовых приводов созданы схемы и конструкции гидромеханических муфт нового типа с передачей момента зацеплением, в которых изменение параметров реализуется в основном за счёт изменения давления в гидропневмодемпфере гидросистемы [1]. Эти муфты обладают широкими возможностями управления изменением давления в демпфере и, следовательно, управлением параметрами муфты в процессе её работы.

Возможности управления параметрами гидромеханических муфт нового типа зависят от выбора кинематической схемы передаточного механизма муфты. Анализ таких муфт показал, что их можно разделить на муфты с подвижной и неподвижной гидросистемой, а также на муфты с размыканием передаточного механизма при срабатывании и с постоянной кинематической связью полумуфт [2].

Варианты некоторых передаточных механизмов с постоянной кинематической связью полумуфт представлены на рисунке 1.

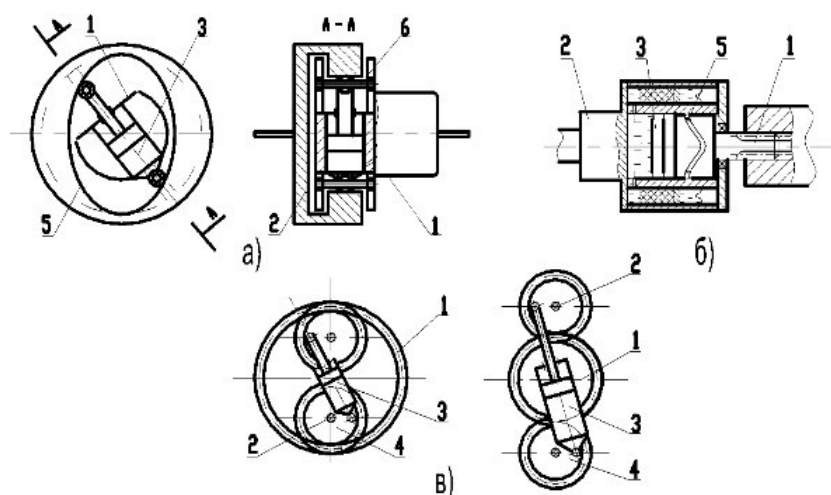


Рис.1. Передаточные механизмы: а) кулачковый (с плоским дисковым кулачком), б) пространственный кулачковый, в) зубчатые.
1, 2 – полумуфты, 3 – гидроцилиндр, 4 – сателлиты, 5 – кулачок, 6 – ось роликов.

Все эти схемы с подвижной гидросистемой, что значительно усложняет управление муфтой в процессе работы привода.

Все эти схемы с подвижной гидросистемой, что значительно усложняет управление муфтой в процессе работы привода.

Размыкание полумуфт усложняет управление при срабатывании муфты и её восстановлении, так как появляются дополнительные задачи управления:

- обеспечить быстрое размыкание и снижение нагрузки на шлицы в момент выхода полумуфт из шлицевого зацепления;

- обеспечить своевременное и безударное восстановление муфты после срабатывания.

Учитывая недостатки существующих конструкций, можно повысить управляемость муфты путём разработки схемы с постоянной кинематической связью полумуфт и неподвижной гидросистемой. Такой вариант возможен при использовании планетарного дифференциального механизма [4].

Выполнение передаточного механизма планетарным (рис.2) позволяет увеличивать угол относительного закручивания полумуфт при упругом демпфировании практически до бесконечности, так как угол относительного закручивания полумуфт не будет зависеть от параметров передаточного механизма. Большой угол относительного вращения полумуфт, может обеспечить в ряде случаев разгон высоко инерционной технологической машины до рабочих параметров без привлечения дополнительного привода, то есть у муфты появляется новая функция – она может работать как муфта включения.

Муфта работает следующим образом. На установившемся режиме работы технологической машины момент от ведущей полумуфты 1 через солнечное колесо 17 (рис.3,а) передаётся через сателлиты 18 на водило 19, связанное с ведомой полумуфтой 2. В этом состоянии подвижный элемент золотникового гидрораспределителя 7 находится в нижнем положении (на рис.3,б), что обеспечивает гидравлическую связь напорной линии гидромашины 4 с гидродемпфером 5. При этом коронное колесо 20 удерживается от поворота шестерней 22, связанной с гидромашинной 4, вал которой не вращается, так как давление в гидромашине 4 равно давлению в гидродемпфере 5.

При возрастании момента на полумуфте 2 коронное колесо 18 проворачивается, и гидромашинная 4, демпфируя нагрузку, начинает работать в режиме насоса, закачивая жидкость через дроссель 14 в гидродемпфер 5, до тех пор, пока давление в гидромашине 4 не уравновесится давлением в гидродемпфере. При этом накапливается в гидродемпфере 5 часть энергии.

В случае снижения момента на полумуфте 2, гидромашина 4 начинает работать в режиме мотора, проворачивая коронное колесо 18 в обратную сторону и возвращая энергию, накопленную в гидродемпфере 5, в привод до тех пор, пока не установится равновесное состояние. Ускоренное возвращение жидкости в гидромашину 4 обеспечивается обратным клапаном 16.

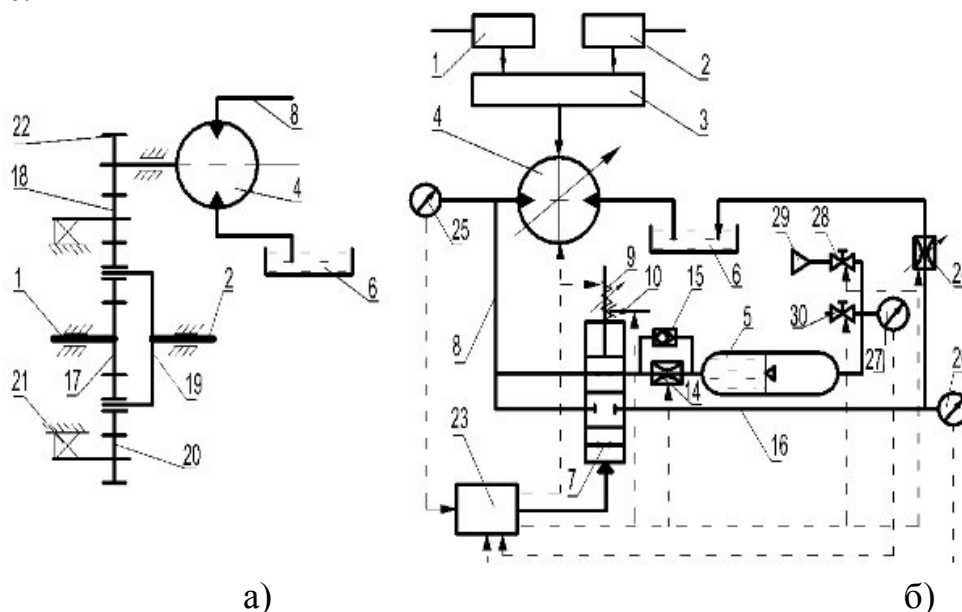


Рис.3. Гидромеханическая муфта с планетарным дифференциальным передаточным механизмом: а) планетарный механизм; б) гидросхема муфты

1, 2 – полумуфты; 3 – передаточный механизм; 4 – гидромашина; 5 – гидропневмодемпфер; 6 – слив; 7 – гидрораспределитель; 8, 16 – гидролинии; 9 – упругий элемент; 10 – фиксатор; 14 – гидродроссель; 15 – обратный клапан; 17 – солнечное колесо; 18 – сателлиты; 19 – водило; 20 – коронное колесо; 21 – подшипник; 22 – шестерня; 23 – система управления; 24 – управляемый гидродроссель; 25, 26, 27 – датчики давления; 28, 30 – вентили; 29 – источник высокого давления газа.

При этом в линии 8 создаётся давление пропорциональное передаваемому моменту.

При кратковременном (ударном) возрастании рабочей нагрузки выше допустимой, возрастает давление в напорной линии 8. Часть жидкости при этом перетекает в гидродемпфер 5, сжимая в нем рабочее тело. При этом из-за гидравлических сопротивлений в системе и в дросселе 14 происходит рассеивание части энергии и затухание возможного колебательного процесса. Это позволяет исключить «ложное» срабатывание муфты.

Если момент на муфте превышает допустимый достаточно продолжительное время, то растёт давление в напорной магистрали 8 и датчик давления 25 передаёт сигнал системе управления 23, которая смещает вверх золотник гидрораспределителя 7. При этом сжимается упругий элемент 11 и срабатывает фиксатор 10. Рабочая жидкость из гидромашин 4 поступает на слив 6 по магистрали 16, резко падает давление в гидросистеме и гидромашин 4 не удерживает коронное колесо 20 дифференциального передаточного механизма 3. Гидромашин 4 работает в режиме холостого хода насоса, коронное колесо 20 вращается, что обеспечивает остановку полумуфты 2, связанной с водилом 19. Это практически означает размыкание (срабатывание) предохранительной муфты.

После снижения нагрузки до допустимой величины или после устранения причины перегрузки привода, система управления открывает фиксатор 10, упругий элемент 11 возвращает золотник гидрораспределителя 7 в исходное положение, вытесняя рабочую жидкость через обратный клапан 13 в гидросистему. Гидродемпфер 5 соединяется с гидромашин 4, которая, работая как гидромотор, проворачивает коронное колесо 20 и муфта приходит в исходное состояние, то есть самовосстанавливается.

Система управления по моменту на муфте 23 выполнена на электромеханической базе, получает данные о текущем давлении в гидросистеме с датчиков давления 20 и 21, осуществляет управление открытием и закрытием вентилей 22 и 24, через которые осуществляется изменение давления в газовой полости гидродемпфера (сброс через вентиль 24, подкачка через вентиль 22 насосом 23), а также управление раскрытием дросселей 12 и 26.

Управление изменением давления в газовой полости демпфера 5 позволяет управлять упругими характеристиками муфты, что даёт возможность регулировать упругость муфты на разных этапах работы и избегать резонансных зон.

Список литературы:

1. Гидростатические муфты приводов тяжело нагруженных машин/ Шевченко Б.А., Рыбак Л.А., Булавин К.А., Бородина М.Б.// журнал «Приводная техника», № 3, 2002 г. с. 21-24.
2. Использование гидростатических муфт для защиты приводов тяжело нагруженного оборудования. / Шевченко Б.А., Булавин К.А., Бородина М.Б.// журнал «Сталь», №3, 2006 г. с. 68-72
3. Бородина М.Б., Савин Л.А. Комплексные исследования динамики предохранительной муфты с гидромеханическим исполнительным механизмом // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, №4, 2010 г. - с. 20-27.
4. Бородина М.Б., Савин Л.А., Шевченко Б.А. Шевченко А.Г. Гидромеханическая муфта. Заявка на патент РФ на изобретение №2012110183 (015291) от 19.03.2012

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ С ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ РЕВЕРСИВНОЙ ВЫРУБКИ

Проскурин А.А., аспирант,
научный руководитель: д.т.н., проф. Сергиев А.П.
СТИ НИТУ «МИСЦС»

Для определения высоты заусенцев при заданной программе выпуска вырубленных изделий $N(0 \leq N \leq N_{max})$, получено выражение:

$$h = \sqrt{\frac{N \cdot k_0 \cdot s \cdot w}{A \cdot (1 - f) \cdot \left(1 + \frac{\sigma_u}{\sigma_p}\right)}}, \quad (1)$$

Как видно из формулы (1) число изделий N_{max} , штамповка которых возможна до образования заусенцев предельной высотой h_{max} увеличивается с ростом значений коэффициента A , увеличением ширины корня заусенцев z_{max} и ростом предела прочности на изгиб инструментального материала σ_u , а также уменьшением относительной глубины пластического внедрения режущей кромки до начала образования скалывающихся трещин k_0 , толщины заготовки s , максимального разрушающего растягивающего напряжения обрабатываемого материала σ_p , средней величины коэффициента трения f и средней толщины слоя, в пределах которого происходит разрушение адгезионных связей и вынос продуктов разрушения w .

Увеличение числа изделий N_{max} , возможна только за счет увеличения предельной высоты заусенцев h , в пределах допустимых отклонений согласно технологических условий

на деталь, а также при увеличении зазора z_{max} т.е. допустимого износа инструмента, что соответственно увеличивает значения изгибающего момента и величину σ_u , или использование материала с отличающимися физико-механическими характеристиками: f и σ_p . Значения параметров k_0 и σ_u функционально связаны с величиной зазора z и изменяются по мере износа пуансона и матрицы, то есть с увеличением зазора z . Поэтому в реальных условиях регулировать значения k_0 и σ_u с целью увеличения числа изделий N_{max} не представляется возможным. Регулирование N_{max} путём изменения средней величины коэффициента трения f можно осуществить путём применения смазки. Однако в большинстве случаев требуется последующее удаление смазки с деталей, что значительно увеличивает трудоёмкость изготовления изделий и введение дополнительных операций обезжиривания промывки и сушки.

Из проведенного анализа очевидно, что величина образующихся при листовой вырубке заусенцев, не зависит от адгезионного износа пуансона и матрицы при листовой вырубке, то есть объема металла, удаляемого с поверхности инструмента в ходе скользящего контакта, а возрастает с увеличением площадки скользящего контакта инструмента F_i , среднего давления q_i , средней величины коэффициента трения f и числа площадок контакта m .

Минимизация величины заусенцев и их полная ликвидация может быть достигнута изменением максимального разрушающего растягивающего напряжения обрабатываемого материала σ_p , снижение которого будет оказывать доминирующее действие на процесс образования заусенцев. По физической сущности σ_p тесно коррелируется с истинным сопротивлением разрушению S_k .

Стандартное испытание на растяжение не позволяет однозначно вычислить значение истинного сопротивления разрушению S_k , поэтому целесообразно рассмотреть некоторые исследования по вычислению S_k . Людвик [1] предложил построение истинной диаграммы растяжения S_k на равномерном участке деформации как функцию относительного сужения ψ , выраженное через относительное удлинение δ .

Вычисление S_k по формуле Людвика $S_k = \sigma_e (1 + \delta)$, приводит к большому разбросу значений, так как величина δ очень чувствительна к случайным факторам (дефекты, риски и т.п.). Наиболее стабильное значение обеспечивается при вычислении поперечного сужения ψ . Этим обстоятельством воспользовался Мёлендорф [1], предложив строить истинную диаграмму растяжения в зависимости от относительного сужения (Рисунок 1). При построении кривой по Мёлендорфу напряжение и относительное сужение рассчитывают по наиболее узкому сечению образца.

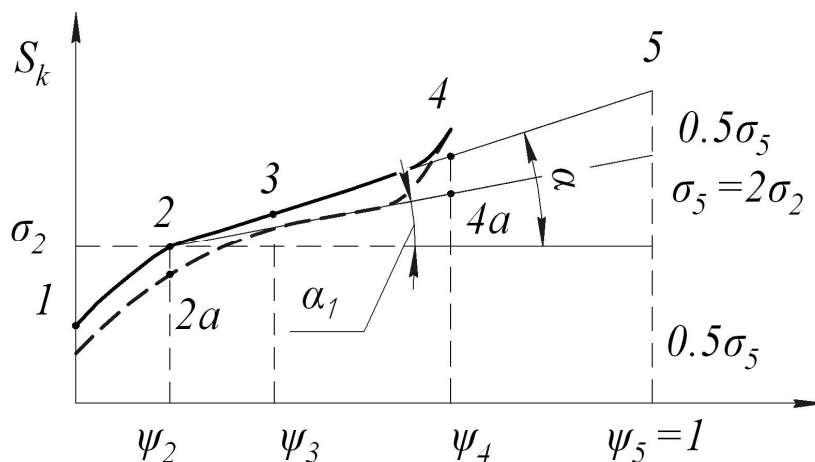


Рисунок 1 – Кривая деформации по Мёлендорфу.

Для построения достаточно измерить две точки: первую на участке равномерного удлинения в начале образования шейки (точка 2), вторую, замерив диаметр шейки после разрыва (точка 4).

Совпадение касательной с кривой в точке 2 позволяет считать, что дальнейший ход кривой может быть вычислен по уравнению (2)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d\sigma_2}{d\psi_2} = \frac{\sigma_2}{1-\psi_2}, \quad (2)$$

Полученная зависимость (2) позволила Кёрберу [2, 3] сформулировать оригинальное правило, суть которого раскрывается после некоторых преобразований. Возможность вычислить значение напряжения предельной деформации $\psi=1$, т.е. для деформации 100% сжатия поперечного сечения. Тогда $\sigma_5 = 2\sigma_2$, таким образом напряжение соответствующее $\psi=1$ равняется удвоенному истинному напряжению соответствующему началу образования шейки. Это заключение лежит в основе правила Кёрбера – истинное напряжение соответствующее 100% сжатию поперечного сечения ($\psi=1$, т.е. разрушению) равно удвоенному истинному напряжению соответствующему началу сосредоточенной деформации.

На основании правила Кёрбера, Чехальский и Мёлендорф получили выражение истинного сопротивления разрушению в зависимости от временного сопротивления относительного сужения ψ :

$$S_k = \sigma_d(1 + \psi), \quad (3)$$

Как установлено при анализе формулы (1), уменьшению величины заусенцев будут способствовать уменьшение пластичности материала и снижение максимального усилия вырубки, что можно достигнуть, используя эффект Баушингера [4].

При растяжении пластичного материала его удлинение сопровождается наклепом, поэтому, несмотря на уменьшение площади сечения образца, происходит увеличение нагрузки и соответствующее увеличение местного напряжения. Этот процесс продолжается до тех пор пока не будет исчерпана способность металла к наклепу (ресурс пластичности).

Величина относительного сжатия площади поперечного сечения образца до начала образования шейки является показателем способности металла к упрочнению.

Представляет интерес диаграмма растяжения, построенная Стредом [5] по истинным напряжениям S в зависимости от относительного диаметра образца $\frac{d_i}{d_0}$.

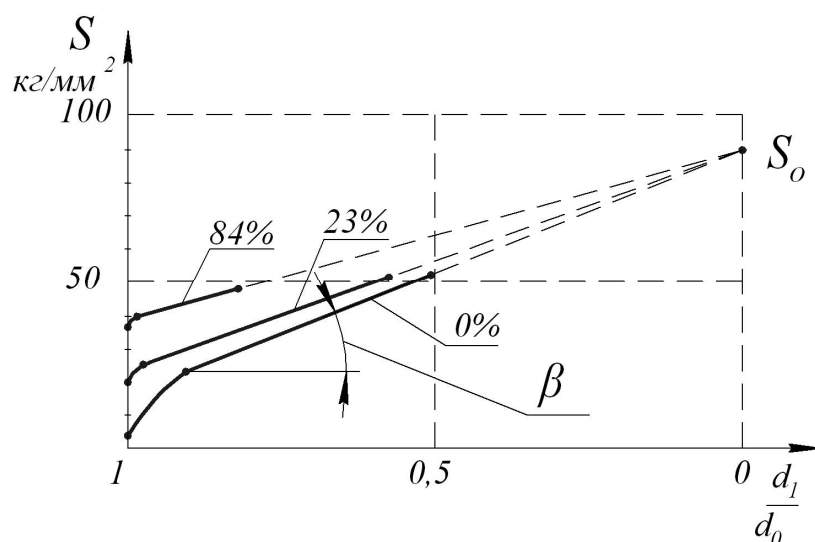


Рисунок 2. Диаграмма растяжения Стёда

Из диаграммы видно, что отрезок кривой от точки максимального напряжения (σ_0) до точки разрыва S_0 является прямолинейным. Это позволяет экстраполировать все кривые, полученные для разных предварительно деформированных сжатием материалов. Все кривые сходятся в точке теоретического сжатия диаметра до 0, т.е. когда величина относительного сжатия достигает 100%.

Участок прямой описывается уравнением:

$$S = S_0 - \beta \cdot d, \quad 4)$$

где βd – величина характеризует способность к упрочняемости (наклепу), т.е. является мерой ресурса пластичности.

Логично предположить, что снижение пластичности материала и максимального разрушающего напряжения, которые можно достигнуть предварительным деформированием противоположного знака, используя эффект Баушингера [1], который снижает уровень пластичности на 25-30%, будет способствовать уменьшению величины заусенцев.

Проведенный анализ кривой растяжения показал, что поперечное сужение является мерой пластичности и способствует к наклепу (упрочнению), поэтому при подборе материалов склонных к упрочнению, целесообразно руководствоваться значением величины поперечного сужения.

Правомерно предположить, что для пластичных материалов (алюминий, медь) величина эффективной предварительной пластической деформации будет наблюдаться при более значительной величине, чем для стали и латуни.

Согласно наших рекомендаций использование реверсивной вырубки целесообразно для материалов, имеющих высокую степень пластичности, например для стальных сплавов подбирался по параметру относительного поперечного сужения ψ и представлен в таблице 1.

Таблица 1. Перечень стальных сплавов

№п/п	Марка материала	σ_b , МПа	δ , %	ψ , %
1	35Г2	620	13	40
5	15ХФ	740	13	50
7	30ХМА	930	12	50

Для цветных сплавов подбор осуществлялся по параметру относительного удлинения δ и представлен в таблице 2.

Таблица 2. Перечень цветных сплавов

№п/п	Марка материала	σ_b , МПа	δ , %
1	Латунь Л68	290-340	50
4	ЛМц58-2	380-470	30
6	БрБ2	390-590	20-30

Для вырубки материалов с исходными свойствами, полученные в виде холоднокатаной полосы с низкими значениями относительного удлинения не целесообразно использовать реверсивную вырубку, поскольку их ресурс пластичности исчерпан. Вырубка таких материалов возможна и обычным способом за одно нагружение. В качестве примера ряд таких материалов представлен в таблице 3.

Таблица 3. Перечень материалов склонных к упрочнению

№п/п	Марка материала	σ_b , МПа	δ , %
1	Л90	350	3
2	ЛМц58-2	590	3
3	БрБ2	590-930	2.5

Представленная в таблицах 1 и 2 подборка, позволяет, в широком диапазоне применяемых материалов рекомендовать целесообразность применения реверсивной вырубki по сравнению с обычной. А так же может быть использована, при проектировании профилей кулачков для первичной реверсивной и окончательной вырубki. Для практической реализации способа, возможно проектировать кулачки не для каждого материала в отдельности а разбить их на несколько групп.

Таким образом, теоретически обоснованно и экспериментально подтверждено положительное влияние предварительной деформации противоположного знака на процесс разрушения металлов, т.е. целесообразность применения эффекта Баушингера в технологическом процессе листовой штамповки.

Список литературы:

1. Машиностроение. Энциклопедический справочник. Том 2. М. 1947 г. С.275.
2. Körber F. Mitt K. – W. Inst.f. Eisenforsch. 3.1. 1922 Stahl und Eisen. 42.365.1922/
3. Körber F., Rohland W. Mitt K. – W. Inst.f. Eisenforsch. 5.37.1924.5.55.1924.
4. Bauschinger J. Mittheilungen aus dem mechanisch technischen Laboratorium der Technischen Hochschule in Munchen / J. Bauschinger — 1886, 1887. — Н. XV.
6. Stead J., JISI (1923) 1, 377.

ФОРМИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО СЛОЯ, УПЛОТНЁННОГО ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ СИЛАМИ, ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ КАМЕРЕ

Секирин Р.Ю., аспирант,
научный руководитель: Сергиев А.П., д.т.н.
СТИ НИТУ «МИСиС»

Сформированный рабочий слой, уплотнённый центробежными силами, является необходимым условием обработки деталей. Величина центробежных сил, формирующих уплотненный рабочий слой, определяется конструктивными параметрами камеры и её угловой скоростью вращения, а также плотность рабочей среды. Если уплотненный рабочий слой не вполне сформирован, наблюдается неравномерное погружение в него обрабатываемых деталей и, как следствие, неравномерный съём металла по высоте изделия.

Рабочая среда состоит из твердой и жидкой фракций и обладает всеми свойствами жидкости, такими как: текучесть, деформируемость, сплошность. Для описания её движения используем известный в механике сплошных сред приём описания двухфазных систем, состоящих из твёрдой и жидкой фракций с усреднённой плотностью ρ [1]. При этом учитываем, что как твердые частицы, так и жидкость практически несжимаемы. Поэтому в дальнейшем, говоря о движении рабочей среды, будем подразумевать под ней вязкую несжимаемую жидкость.

Рассмотрим вращающуюся вокруг собственной оси камеру, высотой H , радиусом внутренней поверхности R и радиусом полусферы R_1 , в которой находится рабочая абразивная среда. Когда камера приводится во вращение с некоторой угловой скоростью ω , то наружные слои рабочей среды, прилегающие к внутренней поверхности камеры, под действием сил трения также придут в движение; и постепенно, вследствие наличия в рабочей среде сил вязкости, пропорциональных величине внутреннего трения, во вращательное движение вовлекается весь объем рабочей среды, находящийся в камере, образуя под действием центробежных сил уплотненный рабочий слой.

Через некоторое время после начала вращения рабочая среда, находящаяся в камере, становится неподвижной относительно внутренней поверхности камеры. Следовательно, взаимное перемещение слоев рабочей среды друг относительно друга и внутренне трение будут отсутствовать: $V_x = V_y = V_z = 0$.

Рассмотрим силы, приложенные к выделенному из рабочей среды элементарному объёму в виде параллелепипеда с рёбрами Δx , Δy , Δz . В движущейся рабочей среде действуют центробежная сила и сила тяжести (рис. 1).

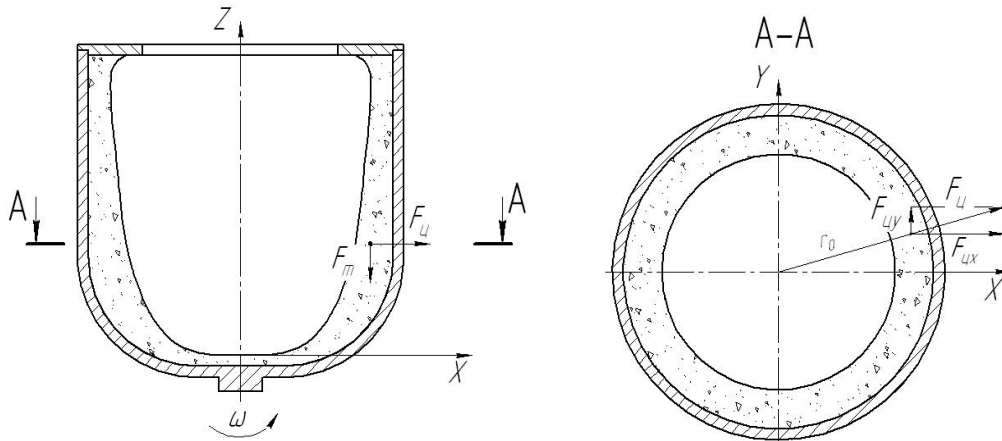


Рисунок 1. Схема действия сил на элементарный объём рабочей среды

Следовательно, производные вектора скорости на оси x , y и z будут равны нулю. Считая V малым переходим к дифференциальной форме:

$$a_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = a_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = a_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = 0; \quad (1)$$

Домножив каждую часть выражения (1) на dx , dy , dz соответственно и суммируя их, получим следующее равенство:

$$a_x dx + a_y dy + a_z dz = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz \right). \quad (2)$$

Следовательно, дифференциальное уравнение равновесия рабочей среды будет иметь вид:

$$F_x dx + F_y dy + F_z dz = \frac{1}{\rho} dp. \quad (3)$$

Поскольку в динамике сплошных сред принято рассматривать не сами силы, а плотность их распределения в пространстве [2], выражение (3) примет следующий вид:

$$\frac{1}{\rho} dp = \omega^2 x dx + \omega^2 y dy - g dz \quad (4)$$

Проинтегрировав выражение (4), получим зависимость величины гидростатического давления от координаты любой точки рабочей среды:

$$p = \rho \frac{\omega^2 (x^2 + y^2)}{2} - \rho g z + C \quad (5)$$

Постоянная интегрирования C определяется из условия, что при $x = 0$, $y = 0$, $z = z_0$ на свободной поверхности рабочей среды давление равно атмосферному, то есть $p = p_0$. Следовательно, $C = p_0 + \rho g z_0$.

Учитывая, что $x^2 + y^2 = r^2$, получим:

$$p = p_0 + \rho \frac{\omega^2 r^2}{2} - \rho g (z - z_0) \quad (6)$$

Уравнение поверхностей, в каждой точке которых давление постоянно, имеет вид:

$$dp = d \left(\frac{\rho \omega^2 r^2}{2} - \rho g z \right) = 0, \quad (7)$$

Проинтегрировав выражение (7), получим:

$$\frac{\rho\omega^2 r^2}{2} - \rho g z + C_1 = 0. \quad (8)$$

Постоянная C_1 определяется при условии, что $r = 0, z = z_0$. Следовательно: $C_1 = \rho g z_0$. Тогда выражение (8) примет вид:

$$\frac{\omega^2 r^2}{2g} = z - z_0 \quad (9)$$

Уравнение (8) является уравнением параболоида вращения с осью z . На рисунке 2 представлено формирование параболы в зависимости от значений угловой скорости вращения камеры ω .

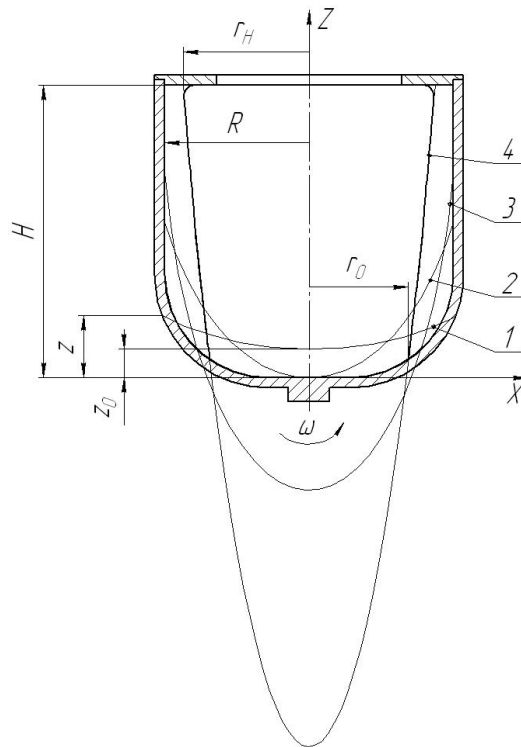


Рисунок 2. Изменение кривизны свободной поверхности рабочей среды в зависимости от величины угловой скорости вращения камеры.

Кривая 1 на рисунке 2 ограничивает свободную поверхность рабочей среды. С ростом угловой скорости вращения камеры ω парабола становится более вытянутой (рис. 2, кривая 2) и, следовательно, что при некотором значении ω , которому соответствуют $z_0 = 0$, начнется формирование уплотненного рабочего слоя. При дальнейшем увеличении угловой скорости вращения ω координата вершины параболоида смещается по оси z в область отрицательных значений (рис. 2, кривая 3). Параболоид продолжает вытягиваться до $z=H$ определенного значения, так как дальнейшему смещению координаты вершины параболоида по оси z в область отрицательных значений препятствует крышка камеры (рис. 2, кривая 4).

Угловая скорость вращения камеры определяется выражением (10):

$$\omega = \sqrt{\frac{2g(z - z_0)}{r^2}}. \quad (10)$$

При $z = H$ свободная поверхность рабочей среды имеет радиус r_H , следовательно:

$$\omega = \sqrt{\frac{2g(H - z_0)}{r_H^2}}. \quad (11)$$

Выражение (11) является необходимым и достаточным условием для формирования уплотненного слоя рабочей среды и устанавливает взаимосвязь между угловой скоростью вращения цилиндрической камеры, ее размерами и геометрией рабочего слоя.

Список литературы:

1. Аверин С.И. Механика жидкости и газа: Учебник для вузов [Текст]/ Аверин С.И., Минаев А.Н., Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г. М.: Металлургия. 1987. – 304с.
2. Повх И.Л. Техническая гидромеханика [Текст] / Изд-во «Машиностроение», 1969. – 524с.

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ СТАЛИ МАРКИ 40ХГМА В УСЛОВИЯХ ОАО «ОЭМК» ЗА СЧЕТ МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ БОРОМ

Скорых Е.Л., студентка гр. СТС-08-1д,
научный руководитель: ассистент Смирнова О.А.
СТИ НИТУ «МИСиС»

За последние годы, в связи с реформированием мирового рынка нефти и газа, интенсивно строятся новые нефте- и газодобывающие системы, работающие как в суровых климатических условиях Севера (при значительных минусовых температурах), так и в средах с повышенным коррозионным влиянием и внешнего давления на металл (дно морей, озер, рек)[1].

Прогнозы развития ТЭК (Топливо-энергетического комплекса) РФ говорят о том, что объемы добычи нефти вырастут на 3,9%, а газа - на 8,7%. Спрос на трубы нефтяного сортамента будет расти со средним темпом не менее 5,2% в год.

Доля труб нефтегазовой отрасли: обсадные, насосно-компрессорные, бурильные, нефтепроводные, сварные бурильные трубы в общем объеме производства отечественных труб растет, что связывается с расширением добычи и транспортировки газа и нефти.

По реалистическому варианту развития металлургии, общие объемы производства стальных труб нефтяного сортамента к 2015 г. должны достигнуть 12,5 млн т (рост к 2006 г. - 158%) – рисунок 1.

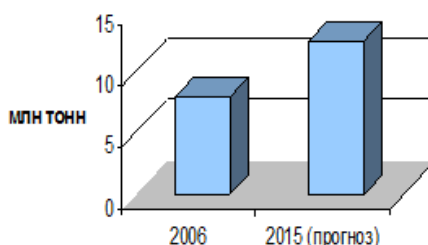


Рисунок 1 – Производство труб нефтегазового сортамента

Шесть ведущих нефтегазовых компаний (ОАО «Газпром», ОАО «Газпром Нефть», ОАО «Лукойл», ОАО «Сургутнефтегаз», ОАО «Роснефть» и ОАО ТНК ВР) потребляют 70 - 80 % выпускаемых российскими заводами насосно-компрессорных и 30 - 49 % бурильных труб.

По оценкам экспертов в 2012-2013 гг. при оптимистичном прогнозе ожидается рост объема рынка бурильных труб порядка 10-15%.

Экстремальные условия эксплуатации труб в нефтяной отрасли, такие как значительные минусовые температуры, коррозионно-активные среды, циклические нагрузки, растягивающие напряжения, внутреннее и наружное рабочее давления, приводят к их разрушению.

Сталь, используемая для изготовления труб нефтяного сортамента, должна обеспечивать следующие высокие механические свойства:

- прочность и пластичность;
- ударную вязкость и хладостойкость;
- хорошую свариваемость как в заводских, так и в «полевых» условиях;

- изотропию механических свойств по всей трубной заготовке;
- стойкость к образованию трещин.

Как и к любой другой продукции, к сталям для изготовления труб так же предъявляют требования, которые с развитием новых технологий, становятся более жесткими.

Кроме того, необходимо помнить, что повышение требований к данной продукции, требует, как правило, от производства перехода на новый качественный уровень. Встает вопрос о конкурентоспособности, которая включает такие основные элементы как: качество, срок эксплуатации и цену. Таким образом, обеспечение качества исходного сырья, в том числе трубной заготовки является конкурентным преимуществом.

Стремление к повышению качества и конкурентоспособности, а так же для обеспечения высокого комплекса специальных свойств продукции без дополнительных затрат на ее производство выдвигает в число первостепенных задач расширение выпускаемого сортамента и применение экономнолегированных сталей, в том числе за счет микролегирования металла бором.

Под термином микролегирование подразумевается введение в металлический расплав небольшого (до 0,1 % по массе) количества легирующих элементов для изменения свойств [2]. Микролегирование производят в основном при внепечной обработке расплава.

Особенностями борсодержащих сталей являются их высокая технологическая пластичность, благоприятное соотношение прочностных и пластических свойств в термоупрочненном состоянии. Применение этого класса сталей позволяет снижать расход легирующих элементов при сохранении требуемых прочностных характеристик металла [3].

Микролегирующие добавки бора позволяют значительно повысить прокаливаемость и связанные с этим свойства. Бор относится к элементам внедрения и имеет очень малую растворимость в твердом растворе (< 0,003%). Оптимальное содержание бора в стали составляют, как правило, 0,001-0,005%; при содержании бора более 0,006% сталь становится красноломкой (то есть разрушается при обработке в нагретом до красного каления состоянии) [4].

В работах [5, 6] были проведены исследования четырех составов борсодержащих сталей (таблица 1) в сравнении с базовыми молибденсодержащими сталями 32ХГМА (Mn 0,75-0,95%, Cr 0,95-1,10%, Mo 0,30-0,40%) и 32ХМА-3 (Mn 0,75-0,95%, Cr 0,80-1,00%, Mo 0,50-0,65%, Ni 0,30-0,50%).

Выплавка экспериментальных борсодержащих марок стали была проведена в условиях ОАО «Уральская сталь» и ОАО «Волжский трубный завод».

Таблица 1 - Химический состав экспериментальных сталей (массовая доля элементов, %)

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Nb	V	B	Al	Ti	S	P	Cu	N
Cr – Mn – Nb – B (32ХБРА)														
0,33	0,34	0,78	1,37	-	0,31	0,08	-	0,003	0,022	-	0,002	0,010	0,13	0,009
Cr – Mn – Nb – V – B (32ХФРА)														
0,34	0,40	0,82	1,18	-	0,31	0,05	0,05	0,004	0,023	-	0,002	0,009	0,14	0,009
Cr – Mn – Mo – B (32ХГМРА)														
0,32	0,35	0,83	0,86	0,16	0,33	-	-	0,003	0,017	0,024	0,004	0,010	0,20	0,007
Cr – Mn – Nb - V – Mo – B (32ХБРА)														
0,33	0,35	0,81	0,86	0,16	0,31	0,05	0,05	0,003	0,018	0,024	0,004	0,008	0,20	0,007

Из рисунка 2 видно, что при одинаковой Mn – Cr основе комплексы микролегирования 0,08 Nb – 0,003 B (32ХБРА) и 0,05 Nb – 0,05 V – 0,004 B (32ХФРА) на прокаливаемость влияют идентично добавкам молибдена 0,30-0,35% в стали 32ХГМА, 0,16% Mo – 0,003% B в стали 32ХГМРА обеспечивают прокаливаемость в 1,5 раза выше, чем у стали 32ХГМА.

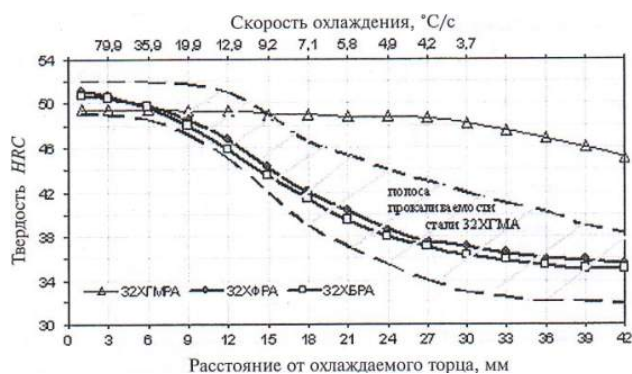


Рисунок 2 – Полоса прокаливаемости марки стали 32ХГМА и кривые твердости сталей 32ХБРА, 32ХФРА, 32ХГМА

Поскольку общепризнанным положением является, что ключевой фактор достижения высокой прочности и специальных свойств в производстве труб нефтяного сортамента – прокаливаемость, отвечающая содержанию мартенсита при закалке не менее 50% и 90% в структуре в зависимости от назначения труб, то представляет интерес определение действия данного фактора в случае применения микролегирования стали бором.

В работе [5] определены оценки прокаливаемости в трубах различных типоразмеров. И установлено, что достижение не менее 90 % мартенсита в микроструктуре возможно для марок стали 32ХБРА, 32ХФРА в трубах с толщиной стенки 13 мм, а марки стали 32ХГМА, 32ХГМФРА обеспечивают «сквозную» прокаливаемость в трубах с максимальной исследуемой толщиной стенки 23 мм.

Качественный фазовый анализ при электронно-микроскопических исследованиях по длине торцевых проб из марок стали 32ХФРА, 32ХГМА свидетельствует о наличии в микроструктуре феррита (α - Fe), остаточного аустенита (γ - Fe) и карбидов (Fe_3C) в закаленном состоянии. Основной структурной составляющей является реечный мартенсит. Установлено, что микроструктура состоит из нескольких типов: мартенсит, бейнит (нижний и верхний) и в малом количестве присутствует избыточный феррит, то есть микроструктура является смешанной с доминированием мартенсита[5]. Так же было выявлено, что данная микроструктура является одним из ключевых факторов в достижении высокого комплекса свойств прочности и хладостойкости.

Проведенный комплекс исследований экспериментальных сталей в работе [6] с полной или частичной заменой молибдена на микролегирование бором свидетельствует о достижении требований, установленных современными стандартами APISpec5CT, ISO 11960, ГОСТ Р 53366. Марки сталей 32ХБРА и 32 ХФРА рекомендованы к изготовлению труб групп прочности С95 и ниже с проведением отпуска выше 600°С для гарантированного выполнения норм при испытании на ударный изгиб. Совместное легирование бором и молибденом в малых количествах решает задачу получения требуемого комплекса прочностных характеристик и сопротивления разрушениям при температуре 0°С. Стали 32ХГМА, 32ХГМФРА находят применение при изготовлении толстостенных труб (толщина стенки до 30 мм) групп прочности Р110 и выше взамен базовых молибденсодержащих сталей.

Трубы нефтяного сортамента, предназначенные для эксплуатации в холодных макроклиматических районах, наряду с высоким комплексом прочных характеристик должны обладать требуемым уровнем хладостойкости. Дополнительным требованием технических условий ОАО «Газпром» на поставку высокопрочных труб в хладостойком исполнении является контроль ударной вязкости (KCV_{-60}) и доли вязкой составляющей (DVC_{-60}) при температуре испытания минус 60°С с получением не менее 70 Дж/см² и 50%, соответственно.

Применительно к изготовлению труб из экспериментальных борсодержащих сталей требуемое сопротивление хрупкому разрушению ($KCV_{-60} \geq 70$ Дж/см²) достигается на сталях

32ХБРА, 32ХФРА при проведении высокого отпуска 700°С, что соответствует уровню свойств групп прочности N80 тип Q и C95($KCV_{-60}=92..120$ Дж/см²); на сталях 32ХГМРА, 32ХГМФРА доступен более широкий диапазон температур отпуска от 600°С и выше($KCV_{-60}=101...138$ Дж/см²) [6].

На основании результатов исследований проводимых в работах [5, 6] для осуществления экономически эффективного легирования и микролегирования стали, в том числе бором, было определено, что равное соотношение прочности и хладостойкости достигается уже при 0,15...0,20% молибдена и 0,003...0,004% бора вместо 0,30...0,65% молибдена в стали без добавок бора.

Так в соответствии с указанными в работах [5, 6] рекомендациями в условиях ОАО «Синарский трубный завод» были освоены новые хромомарганцевые борсодержащие марки стали. Предложенные марки стали 32ХГМРА, 32ХГМФРА аттестованы в качестве материала для производства высокопрочных труб, стойких против воздействия низких температур и сероводородсодержащих коррозионно-активных сред. Ожидаемый экономический эффект, рассчитанный исходя из годового объема производства труб данного сортамента в условиях ОАО «СинТЗ» составляет 34 млн.рублей.

Трубная заготовка из стали 40ХГМА, производимая в условиях ОАО «ОЭМК», применяется для изготовления бурильной трубы, используемой в нефтяной промышленности.

Для определения качества исследуемой марки стали были построены гистограммы (рисунок 3) по данным о ее механических свойствах, таких как твердость, ударная вязкость и предел текучести (по 90 проб за 2012год).

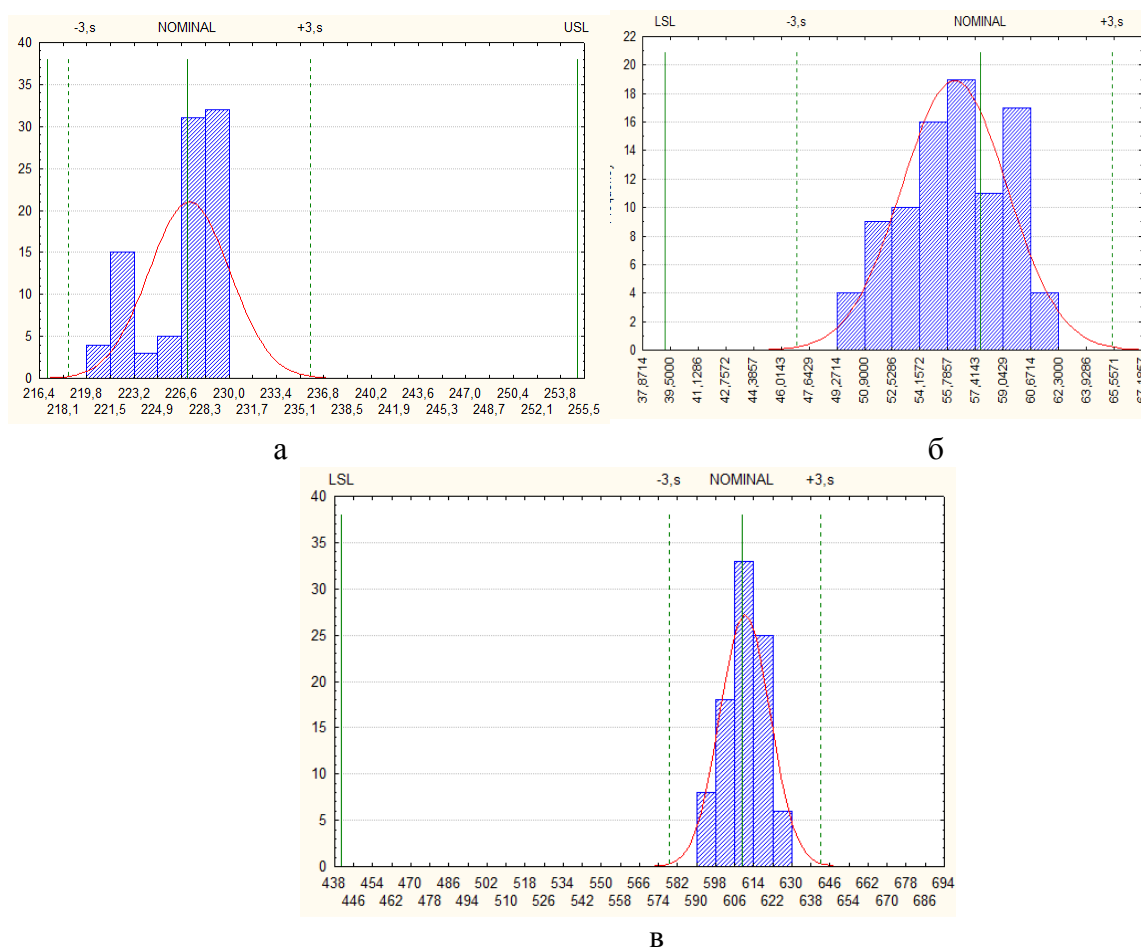


Рисунок 3 – Гистограммы по механическим свойствам: а - твердость, б – ударная вязкость, в – предел текучести

Анализируя представленные гистограммы и данные об экспериментальных борсодержащих сталях [5,6] можно отметить, что:

- твердость экспериментальной стали 32ХГМА достигает значения 477НВ, в то время как максимальное значение твердости исследуемой марки 40ХГМА равно 230НВ при установленном пределе допуска 255НВ;

- максимальная ударная вязкость исследуемой марки при испытаниях при температуре +20°С (62,3 Дж/см²) значительно меньше, чем у экспериментальной 32ХГМА после термической обработки, для которой испытания проводились при -60°С (101...138 Дж/см²);

- значения предела текучести у исследуемой марки 40ХГМА хоть и удалены от нижней границы поля допуска (590...630 МПа), но все же не достигают 965 МПа как у борсодержащих марок.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что для улучшения технологических и эксплуатационных свойств, а так же для повышения конкурентоспособности трубной заготовки марки стали 40ХГМА необходима реализация микролегирования этой стали бором.

Для того, чтобы реализовать производство борсодержащей стали в условия электросталеплавильного цеха ОАО «ОЭМК» предлагается осуществлять присадку ферробора в виде порошковой проволоки.

В соответствии с этим проволоку с наполнителем «ферробор» следует вводить на агрегате комплексной обработки стали (АКОС) после присадки всех материалов. Обработку плавки на АКОС производить в соответствии с действующими технологическими инструкциями со следующими особенностями:

- раскисление шлака производить алюминием;
- перед подачей плавки на УЦВС (установка центрального вакуумирования стали) производить присадку алюминия проволокой;
- потери температуры при вакуумировании принять 40-50°С; вакуумирование производить по действующей технологической инструкции;
- за 3-7 минут до ввода силикокальция производится корректировка содержания алюминия на рекомендованное значение;
- перед отдачей плавки на разливку производится обработка силикокальцием проволокой;
- после ввода силикокальция вводить порошковую проволоку с ферробором;
- после добавления ферробора продувка аргоном прекращается, и плавка передается на установку непрерывной разливки стали (УНРС).

Стоит отметить так же, что технологию производства рекомендуется производить с вакуумированием стали. Так как при изготовлении экспериментальных плавки стали 20Г2Р в условиях ОАО «ОЭМК» по рекомендациям указанным в работе [3] было определено, что на плавках с вакуумной обработкой прочностные свойства стали больше на 10-15%.

Осуществление микролегирования бором стали 40ХГМА в условиях ОАО «ОЭМК» способствует достижению высокого комплекса свойств прочности и хладостойкости для данной марки стали, предоставив возможность потребителям использовать изготовленную из нее трубную заготовку в качестве материала для производства высокопрочных буровых труб, устойчивых к воздействию низких температур и коррозионно-активных сред. Тем самым повысит конкурентоспособность и может значительно расширить круг потребителей, а также дать возможность выхода данной продукции (трубной заготовки из стали 40ХГМА микролегированной бором) на мировой рынок.

Список литературы:

1. Нуриахметов Д. Тенденции развития производства электросварных труб большого диаметра для магистральных трубопроводов// Бюллетень. Черная металлургия. -2001.- №5.-С.7-14.

2. Дюдкин Д.А., Кисиленко В.В., Павлюченков И.А., Болотов В.Ю. Прецизионная обработка металлургических расплавов. – М.: Теплотехник, 2007. – 424 с.
3. Потапов А.И. Исследование процессов микролегирования стали бором с целью совершенствования технологии производства борсодержащей стали // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 2013.- 25с.
4. Явойский В. И. Теория процесса производства стали / В. И. Явойский. – М. : Металлургия, 1973. – 816 с.
5. Софрыгина О.А. Повышение технологических и эксплуатационных свойств высокопрочных трубных сталей за счет рационального легирования и микролегирования // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Екатеринбург, 2012.- 24с.
6. Софрыгина О.А., Овчинников Д.В., Жукова С.Ю., Пышминцев И.Ю., Битюков С.М. Влияние микролегирования бором на структуру и свойства высокопрочных труб нефтяного сортамента // Сталь. 2011. №4. С. 64-69.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ

Шаршакова Е.Э., студентка гр. СТС-09-1д

СТИ НИТУ «МИСиС»

Сергиев К.А., инженер

ОАО «ОЭМК»

научный руководитель: проф., д.т.н. **Сергиев А.П.**

СТИ НИТУ «МИСиС»

В качестве альтернативных направлений методу Бринеля были проведены многочисленные исследования, в основу которых положены различные гипотезы, некоторые из них представляют определенный интерес.

Руссель [5] предложил пользоваться при испытаниях стандартным шариком постоянного диаметра D и считать мерой твердости металла силу или нагрузку в кг, необходимую для вдавливания при испытании 1 мм^3 материала в массу образца, что реализовать в виде технического решения с достаточной точностью весьма проблематично.

Матсумура [1] измерял глубину отпечатка при вдавливании 4-мм алмазного шарика. Для измерения твердости он предложил пользоваться работой, поглощаемой единицей объема образца, для получения отпечатка глубиной 0,05 мм. Достоверность и воспроизводимость результатов в значительной мере будет зависеть от параметров поверхностного слоя и методов изготовления образцов.

Хонда и Такахаси [2] предложили при статическом испытании шариком определять и измерять твердость как работу, затрачиваемую на получение отпечатка, величина которого составляет единицу объема. При вычислении результатов этих испытаний они пользовались размерами невосстановленных отпечатков, считая, что упругая деформация должна быть включена в работу, совершаемую при вдавливании, но методология вычисления работы не раскрыта и оценить адекватность не предоставляется возможным.

Измерение глубины отпечатка при испытании шариком было проведено Мартенсом [3] в 1905 году. Он отметил влияние упругого последствия и, установив, что $D' > D$, произвел ряд опытов по определению зависимости глубины восстановленного отпечатка от начальной поверхности h' от изменения величины нагрузки L , прилагаемой при испытании.

Мартенс показал графически, что кривая $h' = f(L)$ выходит из начала координат и поднимается до некоторого определенного значения h' оставаясь прямолинейной (рис. 1). Вполне возможно, что в пределах этого прямолинейного участка

$$L \approx h', \text{ или } L = gh' \quad (1)$$

и что величина твердости, вычисленная по измерению h' в этом интервале не будет зависеть от нагрузки, приложенной при испытании.

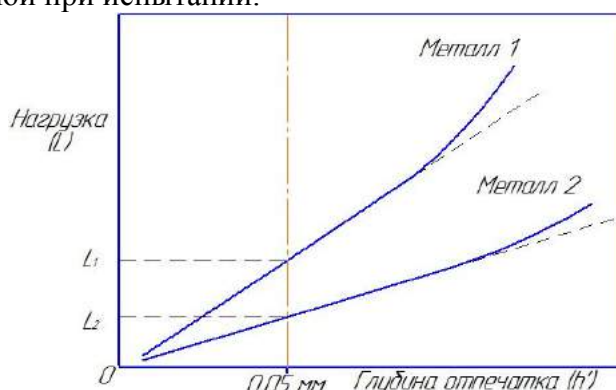


Рисунок 1 – Кривые твердости двух металлов, построенные при испытании по Мартенсу L_1, L_2 - нагрузки, прилагаемые при испытании, h' - глубина отпечатка.

Мартенс, исходя из того, что при испытании 5-мм шариком различных металлов величина h' , равная 0,05 мм, получалась на прямолинейном отрезке кривой, считал, что относительная сравнительная твердость различных металлов, получающаяся при данном испытании, будет пропорциональна нагрузкам, необходимым для получения на них отпечатка глубиной $h' = 0,05$ мм. Поэтому твердость по Мартенсу ($P_{0,05}$) определяется как нагрузка, необходимая для получения отпечатков глубиной 0,05 мм.

Вследствие уменьшения глубины отпечатка числа твердости по Мартенсу для наиболее твердых образцов значительно выше, чем их твердость по Бринелю; в случае же мягких металлов между значениями твердости по Мартенсу и по Бринелю не наблюдается большой разницы. Недостатком метода Мартенса является влияние физико-механических параметров поверхностного слоя.

Более полный анализ условий испытания твердости шариком был сделан Е. Мейером в 1908 году [4], который измерял восстановленные отпечатки, сделанные твердыми стальными шариками на 18 различных металлах, начиная от свинца и кончая никелевой сталью. Он доказал, что если металл выдерживался под нагрузкой в течение достаточно долгого времени для достижения состояния равновесия, то имеет силу следующее выражение

$$L = ad^n. \quad (2)$$

Это уравнение известно под названием закона Мейера и может быть написано в логарифмической форме

$$\lg L = \lg a + n \lg d. \quad (3)$$

Мейер отказался от способа вычисления твердости, предложенного Бринелем, и обосновал способ подсчета твердости как среднего давления P_m , при котором число твердости определяется по площади проекции поверхности отпечатка. Поэтому величина P_m , известная как твердость по Мейеру, выражается в виде:

$$P_m = \frac{4L}{\pi d^2} \quad (5)$$

или

$$P_m = \frac{4a}{\pi} d^{n-2}. \quad (6)$$

Таким образом, n фактически показывает тенденцию изменения d в зависимости от L .

При любом размере отпечатка нагрузка вдавливания L изменяется пропорционально диаметру отпечатка в степени 2,0, т. е. $d^{2,0}$. При испытании d увеличивается вместе с уве-

личением угла вдавливания, a , следовательно, и вместе с увеличением степени деформации. По числовому выражению показателя степени n измеряем тенденцию изменения сопротивления металла вдавлыванию.

Для материала, имеющего $n = 2$, имеем постоянную a , равную $\frac{L}{d^2}$. При умножении на $\frac{4}{\pi}$ мы получаем постоянную $a \cdot \frac{4}{\pi}$ равную

$$\frac{L}{d^2} \cdot \frac{4}{\pi} = P_m. \quad (7)$$

Отсюда следует, что при любом угле отпечатка твердость по Мейеру P_m (среднее давление) остается постоянной.

Таким образом, доказано, что сопротивление материала вдавлыванию не может быть выражено простым однозначным числом, исключая случай, когда $n = 2$, так как оно изменяется в зависимости от степени деформации. Простое однозначное числовое выражение твердости может быть правильно указано только при определенной степени удельной деформации, обеспечивающей получение сравнимых значений твердости. Это числовое выражение твердости, конечно, представляет только отдельную точку кривой, характеризующей зависимость между твердостью и деформацией.

Мейер применял способ концентрических отпечатков, при котором шарик повторно вдавливался при более высокой нагрузке в измеренный отпечаток, полученный при низкой нагрузке. Затем определяется размер диаметра второго отпечатка, после чего шарик вдавливался в тот же отпечаток при еще более высокой нагрузке. Таким образом, на одном участке образца можно сделать пять концентрических отпечатков при различной нагрузке. Преимущество этого способа заключается в том, что для испытания требуется небольшая площадь на поверхности образца, и неоднородность материала оказывает меньшее влияние на получаемые результаты, чем в случае нескольких отпечатков, сделанных на одном образце обычным путем. Этот способ был отмечен как вполне удовлетворительный при испытаниях 10-мм шариком меди и других более твердых металлов, но он не применим для испытания мягких металлов, подобных свинцу. Повседневный опыт подсказывает, что на практике желательнее пользоваться, по крайней мере, тремя, а еще лучше четырьмя нагрузками.

После опубликования результатов работы Мейера отрицательная сторона способа испытаний твердости по методу Бринеля должна сделаться очевидной.

Список литературы:

1. Matsumura, T., Engng. Mems Kyoto Univ. (1932).7.
2. Honda, K. and Takahasi, K., JISI (1924).1. 323.
3. Martens, A., Berlin Sitzb.(1905).p. 1035.
4. Meyer, E., ZVDI (1908). 52. 645.
5. О'Нейль Г. «Твёрдость металлов и её измерение», перевод с англ. Н.Д.Агеев, ГНТИ по чёрной и цветной металлургии. М-Л, 1940,376с.

СОПОСТАВЛЕНИЕ МЕТОДИК РАСЧЕТА УСИЛИЯ ПРИ ПРОКАТКЕ-РАЗДЕЛЕНИИ

Шляхов А.Н., студент 5 курса,
научный руководитель: Доронин О.Н., ст.преподаватель
СТИ НИТУ «МИСиС»

Слиттинг-процесс — технология прокатки в металлургии с продольным разделением полупродукта — раската. Её применение позволяет значительно интенсифицировать производство, снизить затраты энергетических и материальных ресурсов, что является ключевыми показателями в плане рентабельности и конкурентоспособности. Технология прокатки «слиттинг-процессом», достаточно широко применяется на предприятиях Японии, Канады, США, Швеции, ФРГ, Южной Кореи, Китая, Египта и позволяет на 10—30 % снижаться расход энергии при нагреве и прокатке, на 20—35 % повысить производительность прокатного стана, уменьшить потери металла — на 3—5 кг на одной тонне, понизить расход валков [1] [2]. Опыт применения этой технологии показывает снижение общих затрат по прокатному переделу 20—30 %. Многоручьевая прокатка-разделение включает формирование из заготовок профилей, соединенных перемычкой в калибрах, состоящих из двух и более расположенных рядом ручьев и их последующее разделение в потоке прокатного стана. Разделенные профили могут либо далее прокатываться одновременно в нескольких нитках в готовые профили, либо являться готовой продукцией данного стана. Принципиальная схема прокатки-разделения приведена на рисунке 1.

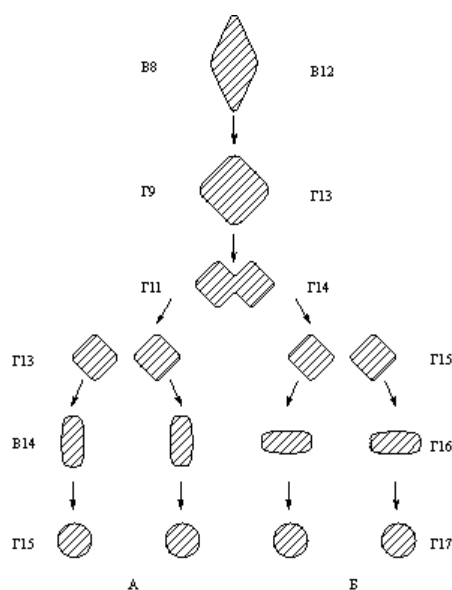


Рисунок 1 - Принципиальная схема двухручьевой прокатки-разделения при производстве арматурных профилей. Цифры — номера клеток с вертикальными (В) и горизонтальными (Г) валками.

Несмотря на недостатки технологии «слиттинг-прокатки», такие как: наличие шейки разрыва перемычки, необходимость использования разделяющего устройства, низкая продольная устойчивость раската, сложность регулировки вводной привалковой арматуры и т.п. эта технология широко применяется в современно металлургическом производстве.

Одной из основных задач проектирования технологических процессов прокатки является аналитическое определение усилий, действующих в очаге деформации. Наиболее широкое распространение для определения контактных усилий в очаге деформации получили методики усреднения, такие как Метод приведенной полосы и соответственной полосы.

Метод «соответственной» полосы заключается в замене сечения сложной формы равновеликим прямоугольным (ящичным) с тем же отношением характерных размеров (ширины и высоты полосы).

$$F' = F, \quad (1)$$

$$B_1' / H_1' = B_1 / H_1 \quad (2)$$

где F', B_1', H_1' – площадь, ширина и толщина «соответственной» полосы с усредненными геометрическими размерами;

F, B_1, H_1 – площадь, ширина и высота действительного сечения прокатанной полосы.

Метод «приведенной» полосы аналогичен методу «соответственной» полосы но согласно допущениям этого метода равны не отношения характерных размеров сечений, а ширины.

$$B_1 = B_1', \quad (3)$$

$$F = F'. \quad (4)$$

где B_1', F' – площадь и ширина «приведенной» полосы.

Одной из особенностей рокатки-разделения является наличие разрезных калибров (Рисунок 1, Г11, Г14). В данных калибров обжатие основной части полосы имеет достаточно низкие значения. Однако, на участке тонкой перемычки степени деформации достигают огромных значений.

Задачу определения контактных усилий в разрезных калибрах можно решать методами механики сплошных сред, однако, данный подход достаточно сложен и требует задания специфичных граничных условий.

Современный программный комплекс Deform3D позволяет произвести постановку расчетного эксперимента прокатки в разрезном калибре и определить основные энергосиловые параметры такой прокатки.

Целью данной работы являлось сопоставление результатов определения средних контактных давлений при прокатке-разделении в разрезных калибрах полученных методом «соответственной» полосы и в результате расчетного эксперимента в программном комплексе Deform3D.

Согласно рекомендациям по расчету формы калибров для прокатки-разделения [3], для расчетов принята схема прокатки-разделения профиля круг 13мм по следующей схеме:

- 1) исходная прямоугольная полоса, получаемая в ребровом ящичном калибре;
- 2) 1-й разрезной калибр (вытяжка 1,35);
- 3) 2-й разрезной калибр (вытяжка 1,2)
- 4) 2 калибра ребровой овал (вытяжка 1,2)
- 5) 2 калибра круг 13 мм (чистовой).

Расчет формоизменения в последних калибрах осуществлялся против хода прокатки. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет геометрических параметров «соответственной» полосы

№ кле ти	Форма калибр а	Размеры полосы		Размеры профиля		«соответст венная» полоса		Выт яжк а	Ско рост ь прок атки	Темп ерату ра полос ы
		hвр	Вк	Н	В	Н'	В'			
		мм	мм	мм	мм	мм	мм			
16В	Ребр. ящ.	12,9	26,0	30,9	24			1,1	6,03	1022
17Г	1-й разр.	8,5	30,4	20,0	8,2	19,0	28,9	1,35	7,99	1035
18В	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1035

19Г	2-й разр.	7,5	30,0	16,0	10,4	15,2	28,5	1,20	9,63	985
20В	---	---	---	---	---	---	---	---	---	979
21Г	2 х овал	6,2	11,7	14,4	11,7			1,20	11,7	973
22В	---	---	---	---	---	---	---	---	---	976
23Г	2 х круг	5,5	13,0	13	13,0			1,20	14,0	978
24В	---	---	---	---	---	---	---	---	---	986

Для данного режима формоизменения «соответственной» полосы методом термомеханических коэффициентов рассчитаны средние контактные давления P для прокатки в первом и втором разрезных калибрах при прокатке профиля круг 13мм, сталь 55. Результаты расчета приведены в таблице 2.

Для более точного определения P при прокатке в разрезных калибрах проведено моделирование прокатки в калибрах «1-й разрезной» и «2-й разрезной» в программном комплексе Deform3D. Процедура моделирования приведена на рисунке 2.

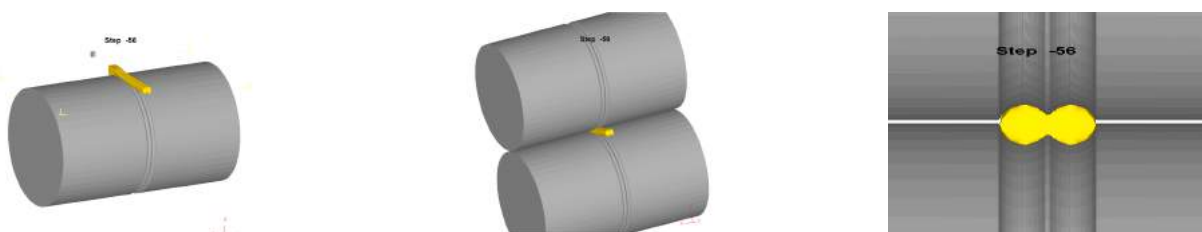


Рисунок 2 – Моделирование процесса прокатки в разрезном калибре

Результаты определения P в программном комплексе Deform3D приведены в таблице 2.

Таблица 2 – сопоставление методик расчета P методом соответственной полосы и в ПК Deform3D.

Калибр	Форма калибра	Метод «соответственной полосы»	Deform3D	$\Delta\%$	k
		P , кН	P , кН		
21Г	1-й разрезной	8,576	2,26	279%	3,79
23Г	2-й разрезной	4,680	3.79	33%	1.33

Таким образом, в результате сопоставления результатов определения средних контактных давлений при прокатке-разделении в разрезных калибрах полученных методом «соответственной» полосы и в результате расчетного эксперимента в программном комплексе Deform3D показано, что расчетное усилие определенное методом «соответственной» полосы в 5.2 раз больше аналогичного для условий моделирования.

Исходя из выше приведенного, для аналогичных условий прокатки-разделения можно резюмировать, что расчет усилия прокатки методом «соответственной» полосы дает завышенные результаты до 5 раз.

Список литературы:

1. Формоизменение металла при прокатке в двухручьевых разрезных калибрах /Г. П. Перунов, В. К. Смирнов, Ю. В. Инарович, В. В. Лиманкин// Производство проката. – 2006. №6.

2. Следнев В.П. Спаренная прокатка сортовых профилей.-М.: Металлургия, 1988.-168с.
3. Canadians license bar-slitting technology//Iron and steel international.-1978.-V.51.-N^o1.-P.13.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СТАЛИ 42ХМФА ПУТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЕЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ПЕРЕВОДА НА СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Щербак Е.А., студентка гр. СТС-08-1д,
научный руководитель: д.т.н., проф. **Бессмертный В.С.**
СТИ НИТУ «МИСиС»

Автомобилестроение является одним из крупнейших потребителей конструкционных материалов в мире. При этом рост требований к ресурсам формирует конкуренцию между производителями различных материалов, стимулирует прогресс в разработке их новых видов и повышение качества. В настоящее время поставки металлопроката для нужд автомобилестроения производятся по индивидуальным техническим спецификациям, учитывающим необходимые качественные показатели, для получения заданных свойств в конечных изделиях. Освоение такой системы заказов требует от технических служб коренного пересмотра подходов к разработке технологии производства стали и проката [1].

Несмотря на рост использования в автомобилестроении новых конструкционных материалов ведущую роль в производстве продолжает играть стальной прокат. Так, в среднем на российский легковой автомобиль приходится 75% готового проката, метизов и стальных труб, а 25% составляют литейный чугун, цветные металлы, пластмасса, резина, стекло и прочие материалы. Уступая пластмассам и легким металлам по удельному весу, стальные изделия обеспечивают более высокую прочность и, соответственно, надежность и безопасность.

Во времена СССР потребление стали в отрасли было гораздо выше при сравнимых объемах выпуска автомобилей из-за использования более ресурсоемких технологий (рис.1). Так, в 1990 г. при объеме производства автомобилей на уровне 1,82 млн. ед. потребление всех видов проката черных металлов составляло 3,64 млн. т, а в 2008 г., при сравнимом объеме производства (1,8 млн. ед.), потребление достигло лишь 2,5 млн. т. [2].

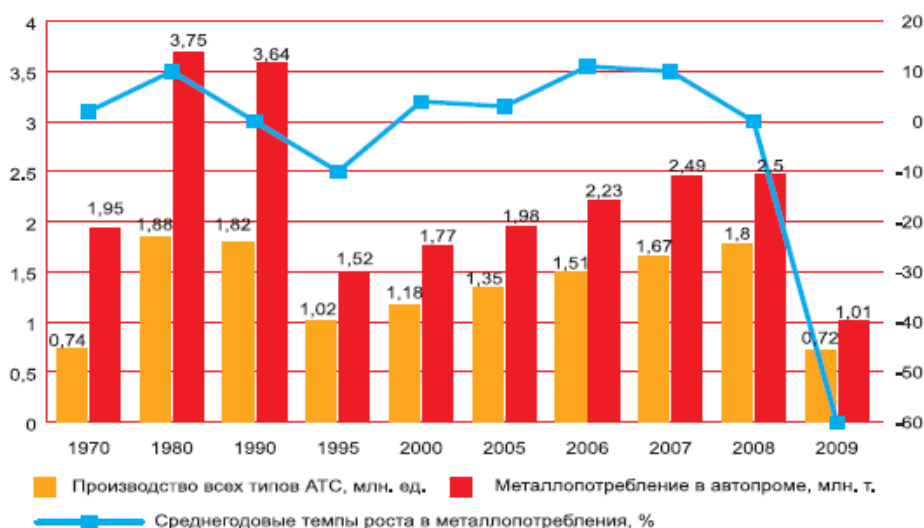


Рисунок 1 - Потребление стали автомобильной промышленностью

Анализ изменения потребления стальной металлопродукции показывает необходимость улучшения свойств стали, направленных на достижение требуемых свойств, и, как следствие, повышение спроса на стальной прокат. Одним из методов

совершенствования является регулирование химического состава путем микролегирования ниобием.

Производство и применение этого металла в настоящее время во всем мире быстро возрастает год от года (9–15% в год) (рис.2). Это обусловлено востребованностью современной мировой промышленностью сочетаний его уникальных свойств. Россия, судя по опыту развитых стран, к 2020 г. будет использовать не менее 5-6 тыс.т ниобия. Более высокий уровень спроса на ниобий со стороны российской промышленности также вероятен [3].

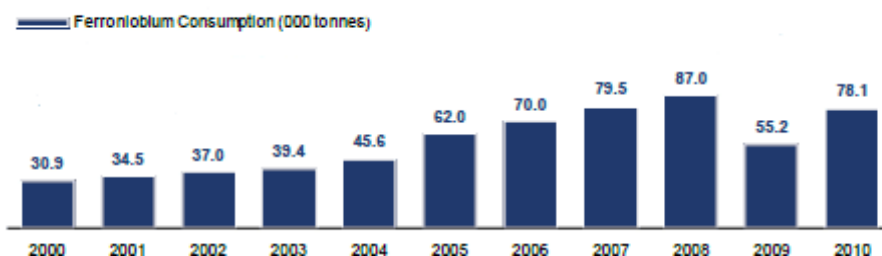


Рисунок 2 - Потребление ниобия в 2000-2010 гг.

Поскольку требования потребителей в целях повышения качества металлопродукции увеличиваются, сталелитейные заводы должны повышать интенсивность использования ниобия для производства стали, способного удовлетворить эти требования. Учитывая также, что ниобий составляет очень небольшой процент общей стоимости проката, но добавляет значительную ценность механическим свойствам, интенсивность его использования в металлургии будет продолжать расти.

Основными свойствами ниобия являются высокая пластичность, коррозионная стойкость, способность образовывать жаропрочные и сверхпроводящие сплавы. При легировании сталей ниобий придает им высокую прочность, антикоррозионные свойства и морозостойкость, что немаловажно в условиях нашей страны [4].

Ниобий известен как легирующий элемент, позволяющий изменять в широких пределах механические свойства. По литературным данным выяснилось, что при микролегировании ниобием в количестве 0,02-0,04% повышается предел текучести (на 10-15%), предел прочности (на 8-15%), ударная вязкость (на 12-25%). Также установлено, что ниобий и марганец повышают прочностные характеристики, но эффект легирования марганцем значительно повышается при микролегировании стали ниобием. Результаты научных исследований влияния ниобия и марганца на характеристики прочности и ударной вязкости приведены на рис.3.

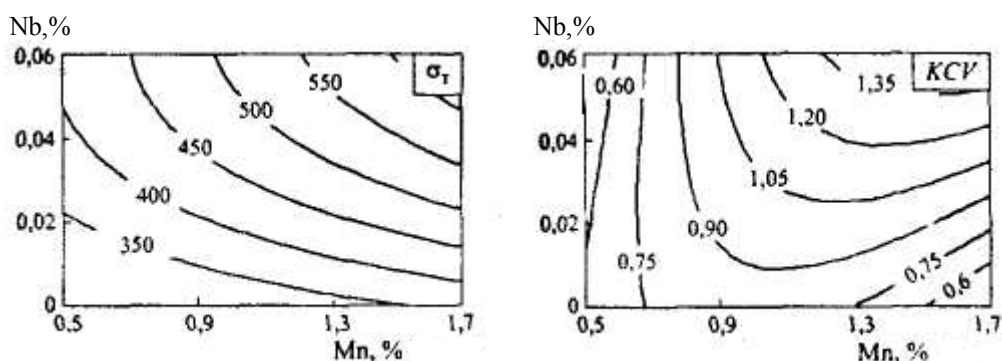


Рисунок 3 - Комплексное влияние марганца и ниобия на предел текучести σ_T (МПа), ударную вязкость KCV. Цифры у кривых – значения соответствующих характеристик

Данные результаты полностью подтверждают литературные данные о роли ниобия: малые добавки ниобия в количестве 0,02% увеличивают прочностные характеристики.

Сталь 42ХМФА, используемая для изготовления коленчатых валов двигателей должна обладать высокой прочностью и вязкостью. Данная сталь имеет следующий химический состав (таблица1).

Таблица 1 - Химический состав стали 42ХМФА

Марка стали	Массовая доля элементов, %									
	угле-рода	крем-ния	марганца	хро-ма	молиб-дена	вана-дия	серы	фос-фора	меди	никеля
42ХМФА	0,40-0,44	0,17-0,37	0,50-0,80	1,00-1,30	0,35-0,45	0,08-0,12	0,015-0,030	не более		
								0,025	0,30	0,30

Важной особенностью стали являются ее механические свойства: предел текучести, временное сопротивление, относительное удлинение, относительное сужение и ударная вязкость. Нормы механических свойств стали марки 42ХМФА приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Механические свойства стали 42ХМФА

Режим термической обработки заготовок	Предел текучести σ_T , Н/мм ² (кгс/мм ²)	Временное сопротивление σ_B , Н/мм ² (кгс/мм ²)	Относительное удлинение δ_5 , %	Относительное сужение ψ , %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ² (кгс·м/см ²)
	Не менее				
Закалка при температуре 860°С, охлаждение – масло. Отпуск при температуре 670°С, охлаждение - масло.	715 (73)	830 (85)	12	42	78 (8)

Механические свойства, приведенные в таблице 2, являются основными характеристиками выпускаемой марки стали, так как они определяют поведение материала при воздействии внешних нагрузок [5].

Свойства материала или изделия в значительной степени определяются технологическим процессом их изготовления. Таким образом, чтобы обеспечивать требуемое качество продукции, необходимо управлять технологическим процессом. Одной из задач статистических методов контроля является определение состояния технологического процесса, его динамики. Для решения этой задачи используется статистическое регулирование технологических процессов.

Для исследуемой марки стали были построены контрольные $\bar{X} - R$ карты по пределу текучести и ударной вязкости за 2010, 2011 и 2012 года (рис. 4,5).

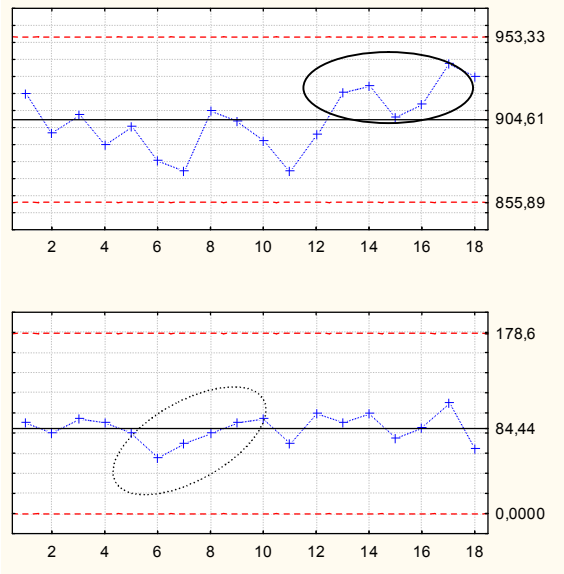
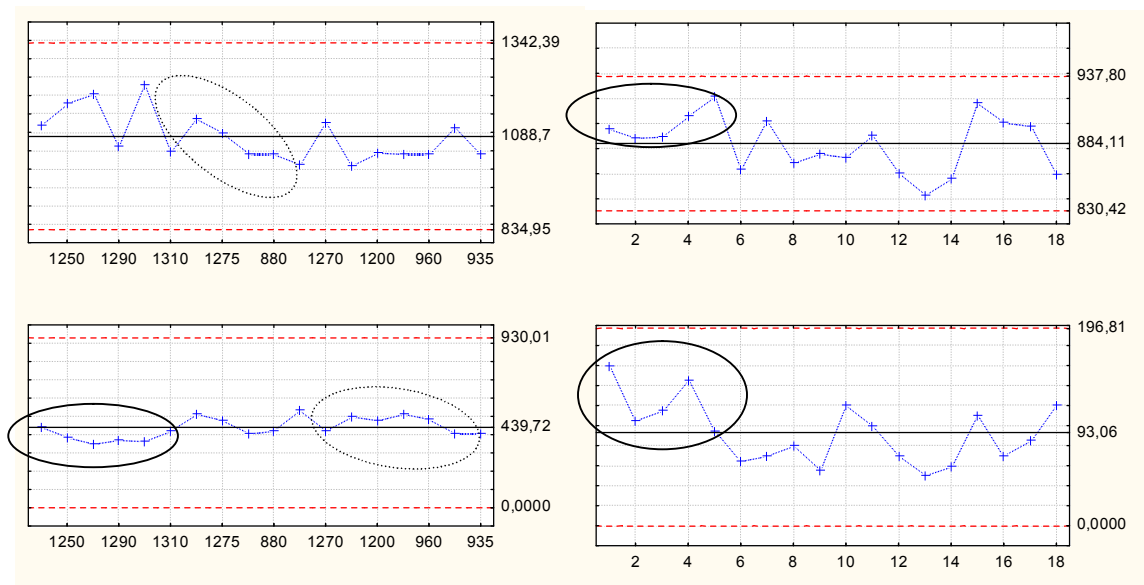
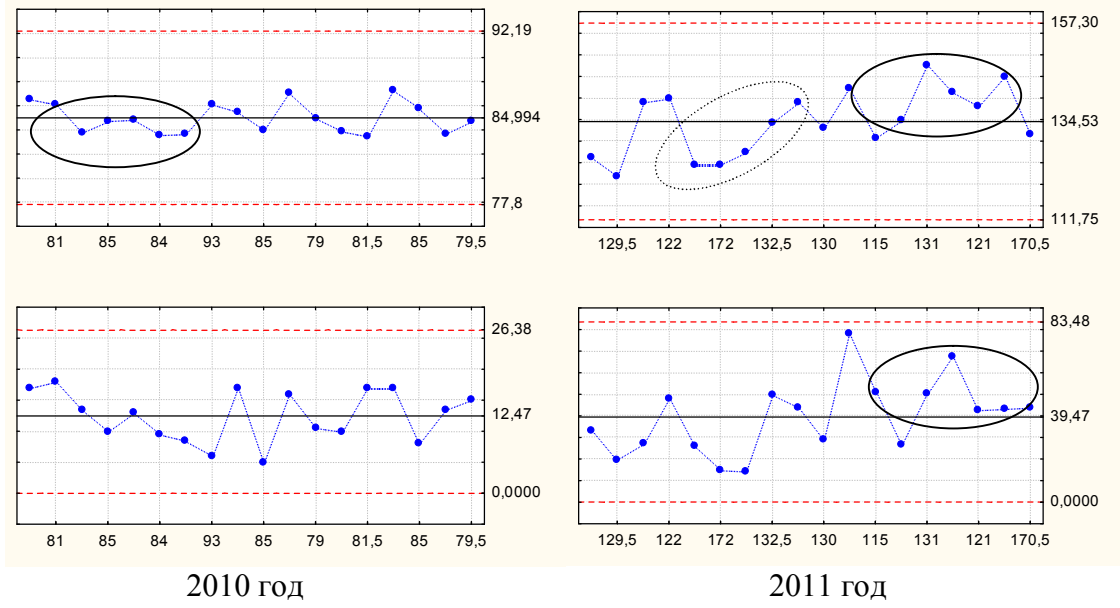
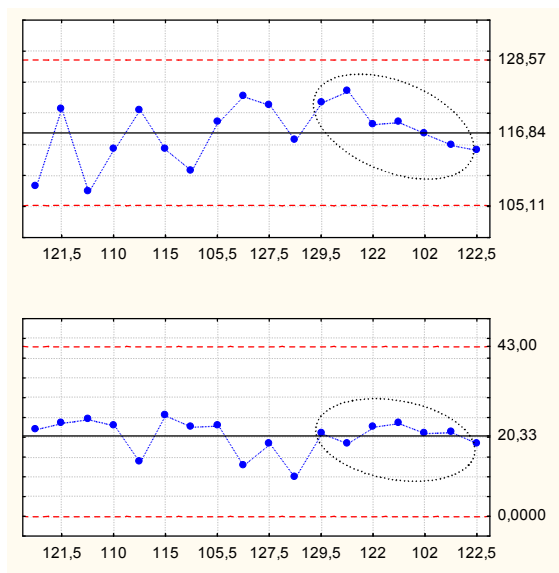


Рисунок 4 - Контрольные $\bar{X} - R$ карты по пределу текучести за 2010, 2011, 2012 года





2012 год

Рисунок 5 - Контрольные $\bar{X} - R$ карты по ударной вязкости за 2010, 2011, 2012 года

Анализируя контрольные карты по пределу текучести и ударной вязкости за три года можно сказать, что все точки находятся внутри границ регулирования, однако есть точки близкие к границам и точки, которые приближаются к средней линии, следовательно технологический процесс находится в разлаженном состоянии и требует корректировки. Серия и тренд показывает, что в технологическом процессе имеются отклонения. Рассчитанные границы регулирования сужены, это говорит о том, что технологический процесс очень жесткий. Предполагается, что при введении эффективной добавки в сталь технологический процесс будет более стабильным.

Для удобства управления технологическим процессом сталь 42ХМФА нами была переведена на стат. методы [6]. В результате получены следующие уравнения регрессии для расчета показателей предела текучести и ударной вязкости проката из стали 42ХМФА:

$$\sigma_T = -794,6 + 1629,2 \cdot C + 545,0 \cdot Cr + 1048,3 \cdot Mo$$

$$KCU = 581,4 - 275,9 \cdot Cr - 158,5 \cdot Mn - 2853 \cdot Al + 402 \cdot Ni - 309,5 \cdot Cu$$

Подставив значения получаем:

$$\sigma_T = -794,6 + 1629,2 \cdot 0,414 + 545,0 \cdot 1,135 + 1048,3 \cdot 0,360 = 875,85 \text{ Н/мм}^2$$

$$KCU = 581,4 - 275,9 \cdot 1,135 - 158,5 \cdot 0,675 - 2853 \cdot 0,012 + 402 \cdot 0,062 - 309,5 \cdot 0,075 = 130 \text{ Дж/см}^2$$

Также рассчитали уравнение регрессии при добавление в сталь легирующего элемента - ниобий.

$$\sigma_T = -794,6 + 1629,2 \cdot 0,414 + 545,0 \cdot 1,135 + 1048,3 \cdot 0,360 + 0,03 \cdot x = 875,85 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_T = -794,6 + 1629,2 \cdot 0,414 + 545,0 \cdot 1,135 + 1048,3 \cdot 0,360 + 0,03 \cdot x = 963,4 \text{ Н/мм}^2$$

$$0,03 \cdot x = 87,55$$

$$x = 2918$$

$$KCU = 581,4 - 275,9 \cdot 1,135 - 158,5 \cdot 0,675 - 2853 \cdot 0,012 + 402 \cdot 0,062 - 309,5 \cdot 0,075 + 0,03 \cdot x = 130 \text{ Дж/см}^2$$

$$KCU = 581,4 - 275,9 \cdot 1,135 - 158,5 \cdot 0,675 - 2853 \cdot 0,012 + 402 \cdot 0,062 - 309,5 \cdot 0,075 + 0,03 \cdot x = 146 \text{ Дж/см}^2$$

$$0,03 \cdot x = 16$$

$$x = 533$$

По данным уравнениям видно, что в при добавлении ниобия в количестве 0,03% предел текучести увеличился на 10%, а ударная вязкость на 12%.

Выводы по данной работе:

- проанализировали динамику потребления стали автомобилестроением и сделали вывод, что для большего спроса на металлопрокат необходимо улучшать свойства стали;
- выяснили, что такой элемент как ниобий в настоящее время широко используется во всем мире в качестве легирующего элемента;
- анализ статистического регулирования технологическим процессом стали 42ХМФА с использованием контрольных карт показал, что процесс очень жесткий и требует корректировки, которой может послужить ввод легирующего элемента - ниобия;
- с помощью перевода стали 42ХМФА на статистические методы, управление технологическим процессом станет удобнее. Расчет уравнения регрессии при добавлении в сталь ниобия показал, что предел текучести увеличился на 10%, а ударная вязкость на 12%, что немаловажно при изготовлении такой детали, как коленчатый вал.

Список литературы:

1. Милошич В.Г. Индустрия// Инженерная газета.-2003.- №30.- стр. 1-3
2. Викторов И.В. Металлургия для автопрома//Автобизнес.-2010.-№113
3. Интернет - ресурс: <http://www.iamgold.com/English/Operations>
4. Петров И. Е. Редкий ниобий на редкоземельном рынке//Промышленные ведомости. - 2004.-№8.
5. ТУ 14 - 1 - 5520 - 2005 Прокат сортовой из стали марки 42ХМФА, предназначенный для изготовления коленчатых валов двигателей.
6. СТП - 092 - 2009 Статистический контроль. Порядок проведения.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Щербаков А.В., студент гр. МТЭПО-12,
научный руководитель: Авдеева Н.Е., преподаватель
ОПК СТИ НИТУ «МИСиС»

Среди некоторых видов металлургического оборудования доля машин с выработанным ресурсом уже превышает 50%. Эксплуатация техники в «предотказном» состоянии приводит к постоянному увеличению доли затрат на ее содержание в себестоимости добычи и переработки продукции металлургического производства. В настоящее время рост расходов на эксплуатацию и ремонт горно-добывающего и металлургического оборудования на металлургических предприятиях опережает рост стоимости основной продукции. Если имеющаяся тенденция сохранится, то уже через 5–7 лет затраты на ремонт сравняются со стоимостью нового металлургического оборудования.

Актуальность проблемы повышения эффективности работы машиностроительного и ремонтного производства с целью обеспечения успешного решения задач управления надежностью металлургического оборудования определяется действием целого комплекса факторов и тенденций, среди которых помимо старения техники следует выделить:

- напрямую связанное с уменьшением надежности металлургического оборудования, снижение уровня безопасности и эффективности его работы;
- недостаточный уровень квалификации кадров в машиностроительном и ремонтном производстве, не позволяющий выйти на оптимальное соотношение критерия «цена-качество»;
- сохраняющие свою силу негативные последствия распада комплекса добывающего и металлургического машиностроения (как сокращение номенклатуры, так и уменьшение объемов производства);
- процессы монополизации в металлургическом машиностроении;

- определяемую изменением структуры промышленного производства тенденцию формирования преобладающей части производственных мощностей ремонтного производства на металлургических предприятиях, с одновременным прекращением функционирования существовавших ранее централизованных отраслевых ремонтных структур (таких как, например, «Уралцветметремонт», «Уралчерметремонт» и проч.).

В настоящее время основной объем ремонта **металлургического оборудования** выполняется металлургическими предприятиями, эксплуатирующими оборудование. Связанное с этим распыление производственных мощностей приводит к увеличению в ремонтном производстве доли ручного труда, снижению качества работ, нарушениям регламента ремонта, росту доли запасных частей, произведенных в условиях единичного и мелкосерийного производства (а значит их существенному удорожанию). И как результат – трудоемкость ремонтов значительно превышает трудоемкость изготовления добывающего и металлургического оборудования.

Переломить преобладающие пока негативные тенденции можно с помощью специализации ремонтного производства. Зарубежный и отечественный опыт показывает, что наиболее эффективной формой ее реализации является создание межотраслевых производственных мощностей по ремонту оборудования в местах наибольшего сосредоточения предприятий горно-добывающего и металлургического комплекса.

Наряду с созданием специализированных ремонтных предприятий требует развития фирменный ремонт металлургического оборудования, выполняемый заводами-изготовителями. Опыт фирм [Sandvik](#) [Corgomant](#) (Швеция), «Комета» (Финляндия) и других показывает высокую эффективность таких производственно-технических структур. Предпосылки для реализации аналогичных подходов имеются и в отечественной практике (например, на базе ОАО «Уралмаш», АООТ «Завод бурового и металлургического оборудования», АООТ «Копейский машиностроительный завод», АООТ «Артемовский машиностроительный завод» и др.).

Качество фирменного ремонта значительно выше, чем при других формах его организации, поскольку работы выполняются квалифицированным персоналом, в полной мере использующим нормативную и эффективную материально-техническую базы. Кроме того, фирменный ремонт дает возможность наладить надежную обратную связь между производителями и эксплуатирующими организациями, позволяет в серийном производстве использовать базу данных о надежности и эффективности металлургического оборудования для модернизации действующих и создания новых образцов металлургической техники, благодаря чему процесс управления надежностью и качеством ремонта приобретает системный и непрерывный характер.

Наряду с развитием специализации ремонтного производства и укрупнением объемов однородных ремонтных работ необходимо значительное увеличение централизованного выпуска запасных частей на специализированных ремонтных предприятиях. Заводы металлургического машиностроения все еще выпускают недостаточное количество запасных частей для производимого ими металлургического оборудования, считая их производство невыгодным и трудоемким (и, действительно, при существующем ценообразовании от реализации запасных частей предприятия получают прибыли на единицу трудовых затрат в 2–3 раза меньше, чем от реализации машины в целом). Целесообразно формировать цену на запасные части таким образом, чтобы рентабельность их производства была в 3–7 раз выше, чем у основной продукции, так как даже в этом случае для металлургических предприятий они обойдутся значительно дешевле, нежели изготовленные силами собственных небольших ремонтных подразделений.

Особого внимания заслуживает организация специализированных производств запасных частей для металлургического оборудования с выработанным ресурсом и снятого с серийного производства, поскольку сохранение первоначальных (или близких к ним) параметров металлургического оборудования в значительной мере зависит от качества запасных частей и ремонта.

Эффективная стратегия эксплуатации металлургического оборудования с выработанным ресурсом может быть обеспечена на основе адаптированного к конкретным условиям технического регламента. По инициативе и активном участии специалистов металлургических предприятий проведен технологический аудит, по результатам которого разработаны технические регламенты. Выполненная работа позволила выявить и обосновать перспективные направления решения проблемы эксплуатации металлургического оборудования с выработанным ресурсом. В дальнейшем предусматривается развитие специализированных ремонтных, диагностических и экспертных подразделений, обеспечивающих более эффективный регламент эксплуатации и ремонта.

Традиционно считалось, что ППР способствует снижению темпа выхода оборудования из строя и уменьшению потерь из-за аварийных остановок. Однако такое предположение не совсем верно, так как не учитывает вносимую ремонтом дополнительную вероятность отказов оборудования (статистика показывает, что темп выхода из строя сразу после ремонта резко увеличивается). Поэтому более целесообразным представляется, при условии постоянного контроля безразборными методами технического состояния оборудования – диагностики, вести его эксплуатацию до вероятности отказа, не превышающей вероятность отказа после ремонта.

На основе анализа изменений измеренных диагностических параметров эксплуатируемого оборудования, возможно предсказывать необходимость и планировать сроки проведения ремонта, т.е. ремонтировать не все подряд, а только действительно нуждающиеся в этом агрегаты. Такой вид обслуживания называется «предупредительным», или «ремонтом по фактическому техническому состоянию» (РФС). Основная идея РФС состоит в устранении отказов оборудования путем применения метода распознавания технического состояния по совокупности диагностических признаков. Его основное достоинство — минимизация ремонтных работ (за счет исключения ремонта бездефектных узлов) и увеличение (на 25–40%) межремонтного ресурса по сравнению с ППР.

Ремонт по фактическому техническому состоянию обладает целым рядом преимуществ по сравнению с ППР, среди которых особо следует выделить:

- возможность планирования и выполнения технического обслуживания и ремонта без остановки производства, практически исключив отказы оборудования;
- увеличение эффективности производства от 2 до 10% (усредненные расходы на ремонт при аварийных отказах оборудования в среднем в 10 раз превышают стоимость ремонта при вовремя обнаруженном дефекте);
- более эффективное планирование расхода запасных частей и инструмента;
- возможность сокращения резервного оборудования;
- улучшение условий труда и устранение нарушений экологических требований;
- снижение энергозатрат;
- более действенную регламентацию взаимоотношений эксплуатирующих организаций с производителями оборудования и исполнителями сервисных услуг.

Для решения этих задач должна быть подготовлена новая методология управления надежностью металлургического оборудования на всех стадиях его жизненного цикла на основе мониторинга технического состояния, позволяющая обоснованно выбирать межремонтный период, продолжительность ремонтного цикла и срок службы металлургического оборудования, а также рациональную структуру ремонтного производства металлургического предприятия. Основным критерием для принятия этих решений становится ее отношение «стоимость-качество ремонта» и «стоимость-надежность» металлургического оборудования. [1, 2].

Следующим важным направлением подетальной специализации, как с полным, так и с неполным циклом, является совмещение фирменного обслуживания близко расположенных металлургических предприятий. Опыт показывает, что подетально-специализированные предприятия или подразделения обеспечивают увеличение выработки на одного работающего на 15–20% наряду со значительным снижением себестоимости изготовления и

ремонта без ухудшения качества продукции. В случае развития таких тенденций следует ожидать в перспективе, что специализированные машиностроительные и ремонтные предприятия будут перестраиваться в технологически специализированные сборочные предприятия.

Анализ тенденций развития машиностроительного и ремонтного производства подсказывает необходимость комплексного развития всех видов специализации с организацией выпуска деталей и узлов на подетально-специализированных, а заготовок – на технологически специализированных предприятиях с передачей их на головные предприятия. Концентрация однородных работ расчленяет производственный процесс изготовления или ремонта на простейшие операции и закрепляет их за определенным оборудованием и рабочим местом. В результате существенно повышается производительность труда, качество изделий и создаются условия для совершенствования и типизации технологических процессов, их механизации и автоматизации.

Список литературы:

1. Ловчиновский, Э.В. Реорганизация системы технического обслуживания и ремонта предприятий [Текст] / Э.В. Ловчиновский – М.: «Реинжиниринг бизнеса», 2005. – 385 с.
2. Седуш, В.Я. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин [Текст] / В.Я. Седуш: Учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. – К.: НМК ВО, 2008г. –368 с.
3. Ширман А.Р., Соловьев А.Д. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования[Текст] / А.Р. Ширман – Москва, 2006г.– 276с
4. Сидоров В.А. Аксиомы работоспособного состояния металлургического оборудования / Проблемы механики горно-металлургического комплекса: Тезисы докладов международной научно-технической конференции, 25 – 28 мая 2004 год. – Днепро-петровск, НГУ, 2004. С. 103 - 104
5. Глухоманюк, Г.Г. Роль высокочастотной области спектра вибрационного сигнала в вибродиагностике механизмов. [Текст] / «Контроль. Диагностика» №2. 2001.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

МЕТАЛЛУРГИЯ, МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОТЕХНИКА, ЭКОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

- Боев А.В.**, студент 3 курса, 3
научный руководитель: **Старых Г.А.**
СТИ НИТУ «МИСиС»
**МЕТАЛЛУРГИЯ, МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОТЕХНИКА, ЭКОЛОГИЯ И
ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И
ТЕХНОЛОГИИ**
- Шарафутдинова А.С.**, студент, **Болотов И.Б.**, студент, 6
научный руководитель: **Родзевич А.П.**, ст. преподаватель
Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета
**АКТУАЛЬНОСТЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА
ООО «ЮРМАШ»**
- Булгаков В. П.**, студент 4 курса, гр. МТЭПО 09, 8
научный руководитель: **Александров В.Ф.**, преподаватель
ОПК СТИ НИТУ «МИСиС»
**ТОНКОЕ ГРОХОЧЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**
- Зильберберг Ю.Л.**, аспирант, 12
Холгобина И.Н., студентка 4 курса
СТИ НИТУ «МИСиС»
**ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ГАЗА
В ФУРМЕННОМ ПОЯСЕ НА ОБРАЗОВАНИЕ НАСТЫЛЕЙ В ШАХТНОЙ
ПЕЧИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ**
- Д.И. Иванов**, аспирант, 15
научный руководитель: доц., к.т.н. **В.И. Стадничук**
СТИ НИТУ «МИСиС»
ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ КОЛОСНИКА ПОСЛЕ ЛИТЬЯ
- Ивахнюк С. В.**, студент 18
научный руководитель: **Родзевич А. П.**, ст. преподаватель
Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета
НИКЕЛИРОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ
- Казарцев В.О.**, аспирант, 19
научный руководитель: **Харламов Д.А.**, к.т.н., доц.
СТИ НИТУ «МИСиС»
**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ ФАКЕЛА И ОПТИМИЗАЦИЯ
РЕЖИМА ОБЖИГА ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ**
- Кониная В.С.**, студентка 4 курса 25
СТИ НИТУ «МИСиС»
**ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ПУТЕМ
ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТОПЛИВА**

<p>Косминская Е.А., Руднев Г.В., студенты 5 курса, научный руководитель: проф. Бондарев Н.И. СТИ НИТУ «МИСиС» АНАЛИЗ ТРАВМАТИЗМА НА ОАО «ОЭМК» В СРАВНЕНИИ С ДРУГИМИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ РОССИИ</p>	28
<p>Костин Н., студент 5 курса СТИ НИТУ «МИСиС» РАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СТЕНДА ЧАШЕВОГО ОКОМКОВАТЕЛЯ И ИСЛЕДОВАНИЕ ОПТИМЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЕГО РАБОТЫ</p>	30
<p>Котельников И. С., студент 4 курса СТИ НИТУ «МИСиС» РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В МЕТАЛЛУРГИИ</p>	34
<p>Котлярова Е., студентка 3 курса СТИ НИТУ «МИСиС» ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ С ПОМОЩЬЮ ВИЗКОЗИМЕТРОВ</p>	38
<p>Кужелькова Т.В., студентка гр. ТФА-08-1Д, научный руководитель: Петрова Л.П. СТИ НИТУ «МИСиС» ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА В УСЛОВИЯХ СПЦ-2 ОАО «ОЭМК»</p>	43
<p>Малахов Д.В., студент, Трубицына О.В., студент ОПК СТИ НИТУ «МИСиС» ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ</p>	46
<p>М.В. Моисеев, студент, научный руководитель: к.т.н., доц. А.С. Тимофеева СТИ НИТУ «МИСиС» РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ МЕТАЛЛИЗОВАННОГО ПРОДУКТА</p>	48
<p>Некрасова А.А., студентка научный руководитель: Родзевич А.П., ст. преподаватель Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета СПОСОБЫ УПРОЧНЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ</p>	53
<p>Павленко Д.К., студентка гр. М-09-1Д СТИ НИТУ «МИСиС» РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ ЧЕРЕЗ ФУТЕРОВКУ ПЕЧИ ОТЖИГАС ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ</p>	55
<p>Плеханов Н.А., студент группы МЧМ-08 З, научный руководитель: Петрова Л.П. СТИ НИТУ «МИСиС» УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ В ДУГОВОЙ ПЕЧИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ</p>	58

<p>Попова А., студентка СТИ НИТУ «МИСиС» ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА</p>	60
<p>Попова И.Н., студентка БТП-08д научный руководитель: доц. Спаринская И.П. СТИ НИТУ «МИСиС» АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ С ВРЕМЕННОЙ УТРАТОЙ ТРУДОСПОСОБНОСТИ В СПЦ №1 ОАО «ОЭМК»</p>	62
<p>А.Е. Рыженкова, студентка гр. ТФА-09-1д, научный руководитель: Петрова Л.П. СТИ НИТУ «МИСиС» К ВОПРОСУ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ПЕЧАХ НАГРЕВА СПЦ-1 С ЦЕЛЬЮ УМЕНЬШЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ УГАРА</p>	66
<p>Самофалов Д.С., Кузьменко Н.А. - студенты 3 курса, Тимофеева Д.С.- студентка 2 курса СТИ НИТУ «МИСиС» ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОКРЫТИЙ ОБОЖЖЕННЫХ ОКАТЫШЕЙ НА ИХ ИСТИРАЕМОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ</p>	67
<p>Саушкина Н.Ф., студентка, научный руководитель: Ибрагимов Е.А., ст. преподаватель <i>Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ САЕ-СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ С МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМ ПРОИЗВОДСТВОМ</p>	73
<p>Степанов В.А., аспирант 1 курса СТИ НИТУ «МИСиС» ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ НА ФАЗОВОЕ РАВНОВЕСИЕ В СИСТЕМЕ САО — Al_2O_3 — CaF_2</p>	75
<p>Сыроватский Е.Ю., студент 5 курса, научный руководитель: Удовикова А.А., к.э.н., доц. СОФ НИУ «БелГУ» ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАК КЛЮЧЕВОГО АСПЕКТА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ</p>	77
<p>Таупек И.М., аспирант, научный руководитель: Алексеев П.Л., доц., к.т.н. ЭПИ НИТУ МИСиС ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОТЯЖКИ СЛИТКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА DEFORM-3D</p>	81
<p>Чалова Е.И., студентка БТП-08д, научный руководитель: доц. Спаринская И.П. СТИ НИТУ «МИСиС» СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ С ВРЕМЕННОЙ УТРАТОЙ ТРУДОСПОСОБНОСТИ</p>	82

В ПРОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ОАО «ОЭМК»

- Ткачев А.С.,** 87
научный руководитель: **Кожухов А.А.**
СТИ НИТУ «МИСиС»
**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА ЭЛЕКТРОДА НА
ХАРАКТЕР ГОРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ В ДУГОВОЙ
СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ**
- Федосеев С.Н.,** ассистент, 90
научный руководитель: **Лычагин Д.М.,** проф., д. ф.-м. н.
*Юргинский технологический институт (филиал) «Национального исследовательского
Томского политехнического университета»*
МИСФИТ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ В МОНОКРИСТАЛЛАХ Ni₃Al
- Черных С.Г.,** студент 2-го курса, 94
Елина А.С., студент 2-го курса
СТИ НИТУ «МИСиС»
**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ
НА КЛЕЕВЫЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ МЕТАЛЛ-РЕЗИНА**
- Черных С.Г.,** студент 2-го курса, 96
Пивикова М.С., студент 2-го курса
СТИ НИТУ «МИСиС»
**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ Фуллеренов
НА СТИРОЛ-АКРИЛОВЫЕ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ**
- Шевченко Е.А.,** аспирант, 97
научные руководители: **Столяров А.М.,** д.т.н., **Шаповалов А.Н.,** к.т.н.
*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»*
**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА РАЗЛИВКИ СТАЛИ
НА ВЫПУКЛОСТЬ УЗКИХ ГРАНЕЙ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ СЛЯБОВ**
- Щербакова Е.И.,** студентка гр. ТФА-08-1Д, 100
научный руководитель: **Петрова Л.П.**
СТИ НИТУ «МИСиС»
**РЕКОНСТРУКЦИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ В УСЛОВИЯХ СПЦ-1
ООО «ОЭМК» С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА ПРОИЗВОДСТВО
СТАЛЬНОГО ПРОКАТА**
- Яврумов А.А.,** Володина М.А., студенты 5 курса 101
СТИ НИТУ «МИСиС»
**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЖУЩЕЙСЯ ПЛОТНОСТИ НА
ПОРИСТОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ НЕОФЛЮСОВАННЫХ ОКАТЫШЕЙ
ПОСЛЕ СУШКИ**

СЕКЦИЯ 2
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ПРОКАТНОГО
ПРОИЗВОДСТВА, ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

- Алпеева А. Н., студентка 2 курса, 105
научный руководитель: Кравцова О.С., доц., к.т.н.
СТИ НИТУ «МИСиС»
**РАСЧЕТ ИЗГИБА БАЛКИ С ЦЕЛЬЮ ЭКОНОМИИ МАТЕРИАЛА
И СОХРАНЕНИЕМ ЕЕ ПРОЧНЫХ СВОЙСТВ**
- Бучко И.А., аспирант, 109
научный руководитель: д.т.н., проф. Савин Л.А.
СТИ НИТУ «МИСиС»
**ВЫБОР МЕХАНИЗМА ДИНАМИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКИ РОТОРА
ДЫМОСОСА Д-15000**
- Гурьянов М.А. студент 5 курса, 111
научный руководитель: Корнаев А.В.. к.т.н.
СТИ НИТУ «МИСиС»
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЬНОКАТАНЫХ
КОЛЕЦ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ DEFORM 3D**
- Гурьянов М.А. студент 5 курса, 116
научный руководитель: Корнаев А.В. к.т.н.
СТИ НИТУ «МИСиС»
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ И УСЛОВИЯ
ПРИЛИПАНИЯ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРАНУЛ СМАЗКИ В ЗАДАЧАХ
ГРАНИЧНОГО ТРЕНИЯ**
- Дементенко А.В., студентка гр. СТС-08-1д, 118
научный руководитель: д.т.н., проф. Бессмертный В.С.
СТИ НИТУ «МИСиС»
**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
СТАЛИ МАРКИ 20ХГНМТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ
ИНСТРУМЕНТОВ КАЧЕСТВА**
- Жеглов С.С., студент 5 курса, 123
научный руководитель: Доронин О.Н., ст.преподаватель
СТИ НИТУ «МИСиС»
**СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ПФЭ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОКАТКИ
С НАТЯЖЕНИЕМ**
- Зиновьева Е.А., студентка гр. СТС-09-1д 126
СТИ НИТУ «МИСиС»
Сергиев К.А., инженер
ОАО «ОЭМК»
научный руководитель: проф., д.т.н. Сергиев А.П.
СТИ НИТУ «МИСиС»
АНАЛИЗ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЁРДОСТИ ПО МЕТОДУ БРИНЕЛЯ
- Колесникова В.И., студентка гр. СТС-08-1д, 129
научный руководитель: к.ф.-м.н., ст. преподаватель Корнаева Е.П.
СТИ НИТУ «МИСиС»
**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ПРОКАТА
ИЗ СТАЛИ 20ХГНМТА**

- Кошуков А. В.**, аспирант, 134
научный руководитель: Севостьянов В. С., проф., д.т.н.,
Емельянов Д. А., студент,
научный руководитель: Ильина Т. Н., проф., д.т.н.
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ БАРАБАННО-ВИНТОВОГО СУШИЛЬНОГО АГРЕГАТА НА ПРЕДМЕТ ОХЛАЖДЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА
- Кучеренко Н.А.**, студентка 4 курса, 136
научный руководитель: к.т.н., доцент Ерёменко А.Ю.
СТИ НИТУ «МИСиС»
ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕМОНТНЫМИ И СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫМИ РАБОТАМИ НА ОБЪЕКТАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ
- Лицин К.В*., Басков С.Н.**** 138
* аспирант, *ФГБОУ ВПО «Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова».*
** доцент, кандидат технических наук, *НФ НИТУ «Московский Институт Стали и Сплавов»*
СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ВЕКТОРА ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЯ РОТОРА СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ БЕЗДАТЧИКОВЫМ СПОСОБОМ
- С.В.Мироненко**, аспирант, 140
научный руководитель: М.Б.Бородина, к.т.н., доц.
СТИ НИТУ «МИСиС»
ГИДРОМЕХАНИЧЕСКАЯ МУФТА С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ПЛАНЕТАРНЫМ ПЕРЕДАТОЧНЫМ МЕХАНИЗМОМ
- Проскурин А.А.**, аспирант, 143
научный руководитель: д.т.н., проф. Сергиев А.П.
СТИ НИТУ «МИСиС»
ВЗАИМОСВЯЗЬ ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ С ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ РЕВЕРСИВНОЙ ВЫРУБКИ
- Секирин Р.Ю.**, аспирант, 147
научный руководитель: Сергиев А.П., д.т.н.
СТИ НИТУ «МИСиС»
ФОРМИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО СЛОЯ, УПЛОТНЁННОГО ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ СИЛАМИ, ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ КАМЕРЕ
- Скорых Е.Л.**, студентка гр. СТС-08-1д, 150
научный руководитель: ассистент Смирнова О.А.
СТИ НИТУ «МИСиС»
ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ СТАЛИ МАРКИ 40ХГМА В УСЛОВИЯХ ОАО «ОЭМК» ЗА СЧЕТ МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ БОРОМ
- Шаршакова Е.Э.**, студентка гр. СТС-09-1д 155
СТИ НИТУ «МИСиС»
Сергиев К.А., инженер
ОАО «ОЭМК»

научный руководитель: проф., д.т.н. Сергиев А.П.

СТИ НИТУ «МИСиС»

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ

Шляхов А.Н., студент 5 курса,

158

научный руководитель: Доронин О.Н., ст.преподаватель

СТИ НИТУ «МИСиС»

**СОПОСТАВЛЕНИЕ МЕТОДИК РАСЧЕТА УСИЛИЯ ПРИ ПРОКАТКЕ-
РАЗДЕЛЕНИИ**

Щербак Е.А., студентка гр. СТС-08-1д,

161

научный руководитель: д.т.н., проф. Бессмертный В.С.

СТИ НИТУ «МИСиС»

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
СТАЛИ 42ХМФА ПУТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЕЕ ХИМИЧЕСКОГО
СОСТАВА И ПЕРЕВОДА НА СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ**

Щербаков А.В., студент гр. МТЭПО-12,

166

научный руководитель: Авдеева Н.Е., преподаватель

ОПК СТИ НИТУ «МИСиС»

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

**"ДЕВЯТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ "
СБОРНИК НАУЧНЫХ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ДОКЛАДОВ
ДЕВЯТОЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ**

Компьютерная верстка: *Д.А. Проскурин*
Е.Г. Кабулова

Технический редактор: *Н.И.Иванова*

Подписано в печать 27.08.2013г. Бумага для множительной техники.
Формат 60x90^{1/8} Усл. Печ. Листов 20,7 Тираж 5 экз. Заказ 191

Отпечатано с готовых оригинал-макетов в отделе оперативной печати
Старооскольского технологического института
Старый Оскол, м-н Макаренко, 42