

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**



**ФИЗИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ВСЕУКРАИНСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ
МЕТАЛЛУРГИЯ XXI СТОЛЕТИЯ
ГЛАЗАМИ МОЛОДЫХ**

ДОНЕЦК - 2014

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**



**ВСЕУКРАИНСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ
МЕТАЛЛУРГИЯ XXI СТОЛЕТИЯ
ГЛАЗАМИ МОЛОДЫХ
СБОРНИК ДОКЛАДОВ**

ДОНЕЦК - 2014

УДК 669.18:621.7

Металлургия XXI столетия глазами молодых / Материалы Всеукраинской научно-практической конференции студентов. - Донецк: ДонНТУ, 2014. - 180 с.

В материалах сборника представлены результаты научных исследований и технических разработок в области современных металлургических и литейных технологий, обработки металлов давлением, материаловедения, металлургии и термической обработки металлов. Рассмотрены вопросы энергосберегающих технологий, технической теплофизики, экологии и охраны окружающей среды.

Материалы представляют интерес для студентов, аспирантов, научных и инженерно-технических работников металлургического профиля.

В сборнике представлены материалы по устойчивому промышленному развитию, выполненные в рамках гранта № 543966-TEMPUS-1-2013-1-BE-TEMPUS-JPCR «Высшая инженерная подготовка для экологически устойчивого промышленного развития».

Редколлегия:

д.т.н., проф. Сафьянц С.М. (председатель); к.т.н., доц. Пархоменко Д.И. (отв. редактор); д.т.н., проф. Ярошевский С.Л.; д.т.н., проф. Смирнов А.Н.; д.т.н., проф. Рябцев А.Д.; д.т.н., проф. Маняк М.А.; д.т.н., проф. Смирнов Е.Н.; д.т.н., проф. Алимов В.И.; д.т.н., доц. Бирюков А.Б.; к.т.н., доц. Кочура В.В.

Ответственный за выпуск:

Пархоменко Д.И., к.т.н., доц. кафедры «Промышленная теплоэнергетика»

Статьи напечатаны по авторским экземплярам

Адрес редакционной коллегии:

Украина, 83001, г. Донецк, ул. Артема 58, 5-й учеб. корпус, к.5.153

Уважаемые студенты!



В 2014г. во Всеукраинской научно-практической конференции студентов «Металлургия XXI столетия глазами молодых» принимают участие студенты 5 высших учебных заведений Украины.

В сборнике представлены результаты Ваших научных исследований и технических разработок в области современных металлургических и литейных технологий, обработки металлов давлением, материаловедения, металловедения и термической обработки металлов. Рассмотрены вопросы устойчивого промышленного развития, энергосберегающих технологий, технической теплофизики, экологии и охраны окружающей среды.

Доклады в сборнике приведены по секциям:

- 1.Металлургия чугуна
- 2.Металлургия стали
- 3.Электрометаллургия и специальная металлургия
- 4.Литейное производство черных и цветных металлов
- 5.Обработка металлов давлением
- 6.Прикладное материаловедение, термическая обработка металлов и металловедение
- 7.Промышленная теплотехника
- 8.Теплоэнергетика
- 9.Экология и охрана окружающей среды в металлургии.

Надеюсь, что предложенные молодыми исследователями научно-технические решения, приведенные в этом сборнике, будут реализованы и помогут решению стоящих перед отечественной металлургией проблем.

Желаю Вам, уважаемые студенты, плодотворной работы, творческих успехов, крепкого здоровья и благополучия.

Декан
физико-металлургического факультета
Донецкого национального
технического университета,
профессор, д.т.н.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'S.M. Saфьянц'.

С.М. Сафьянц

МЕТАЛЛУРГИЯ ЧУГУНА



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДУТЬЕВОГО РЕЖИМА В СЛОЕВОМ ПРОЦЕССЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЧАСТИЧНО МЕТАЛЛИЗИРОВАННОГО СЫРЬЯ

Двоеглазова А.В (ME14-09)*

Национальная металлургическая Академия Украины

В настоящее время все еще остается актуальной задачей повышение производительности доменной печи и снижения расхода кокса. Решение этой задачи возможно за счет применение частично металлизированных материалов в процессе доменной плавки. Задачей исследования являлась исследование влияние крупности топлива на качество конечной продукции и степень его металлизации, а также определить затрату кокса и эффективность его использования.

На рис. 1 приведена зависимость степени металлизации от крупности топлива. Крупность используемого топлива имеет значительное влияние на показатели металлизации, а также влияет на образование зоны восстановления с одинаковыми возможностями для протекания восстановительных процессов при различных условиях.

При использовании узкокласифицированного топлива, крупностью 3 -8 мм. возможно получить степень металлизации до 9,84%. Но при использовании регенеративного слоя удалось повысить степень металлизации до 14,34%, что видно на рис.1.

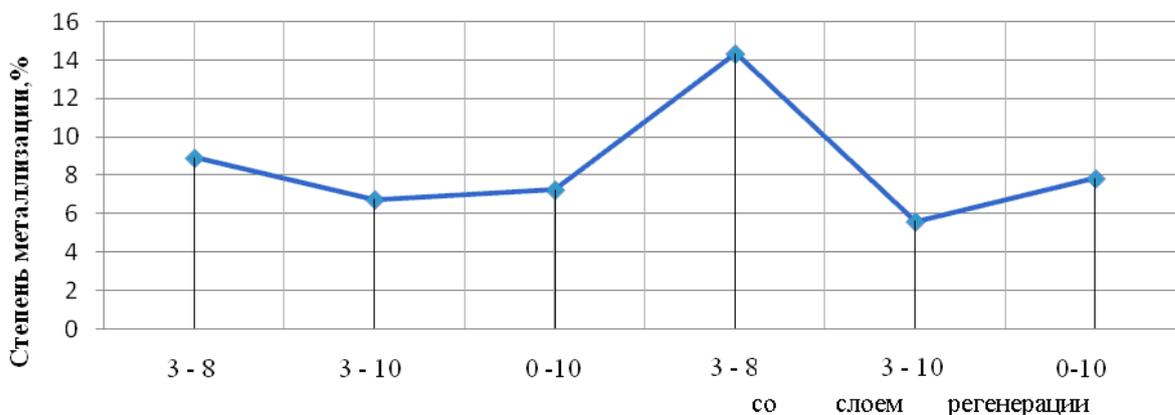


Рисунок 1 – Зависимость степени металлизации от крупности топлива

На рис. 2 видно, при отсутствии слоя регенерации расход кокса значительно ниже, чем при использовании слоя регенерации, но получаемая степень металлизации более низкая, чем при использовании зоны регенерации.

При использовании зоны регенерации расход топлива при разной его крупности не имел значительной разницы и колебался в пределах 125,75-132,73кг/т. При использовании узкокласифицированного топлива, крупностью 3-8 мм. Расход топлива минимальный и составил 125,75 кг/т.

*Научный руководитель -к.т.н., доцент кафедры металлургии чугуна Сулименко Е.И.

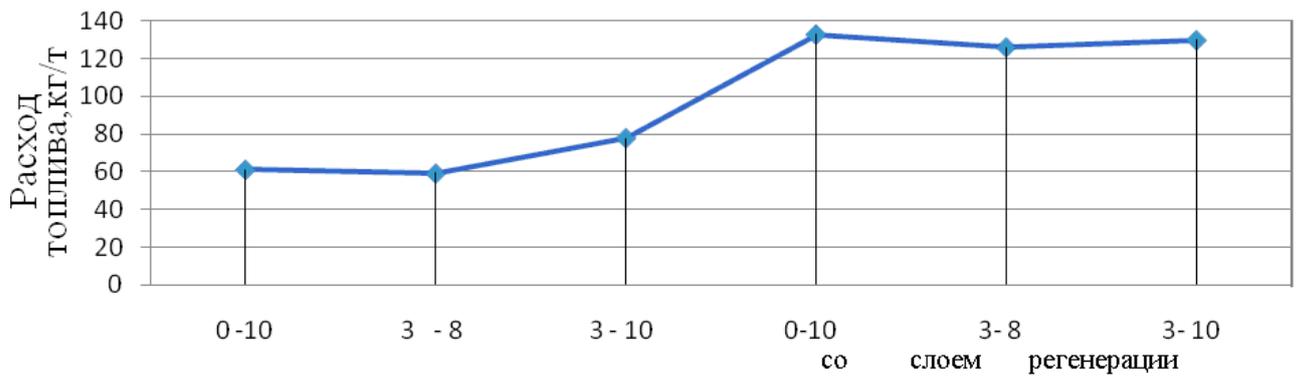


Рисунок 2 – График зависимости расхода топлива от его крупности.

Важным параметром металлизации топлива является эффективность его использования, о чем свидетельствует данные, которые приведены на рис. 3.

Установлено, что без слоя регенерации наблюдалось повышенное содержание остаточного углерода при использовании топлива крупностью 0-10мм и 3-8мм, и снизился при крупности 3-10мм. Слой регенерации обеспечивает оптимальное и постоянное содержание остаточного углерода при использовании узкокласифицированного топлива, крупностью 3-8мм.

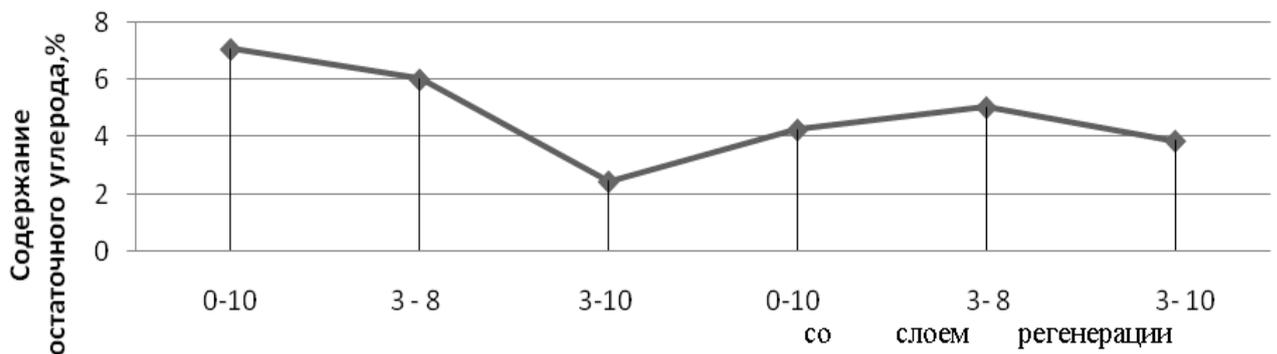


Рисунок 3 – График зависимости содержания остаточного углерода от крупности топлива для класса +5мм.

Таким образом, исследования показали, что использование дутьевого режима при восстановительном процессе без слоя и со слоем регенерации позволило обеспечить в конечном продукте содержание металлического железа в пределах 9,84 – 14,37%, а содержание остаточного углерода в пределах 2,45 – 4,26%.

УПРАВЛЕНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ НА ОСНОВЕ РАСЧЁТНОГО КОНТРОЛЯ ОБОБЩАЮЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДУТЬЕВОГО РЕЖИМА ПЛАВКИ

Шерстюк А.А. (МЕ01-09)*

Национальная металлургическая академия Украины

При выборе оптимальных значений параметров фурм и дутья необходимо исходить из многообразного влияния процессов в фурменных очагах на работу доменной печи. Параметры фурменного газа определяют не только распределение газового потока вдоль радиуса печи, но также температурно-тепловой уровень плавки и газодинамику доменного процесса. Поэтому для обеспечения лучших технико-экономических показателей работы доменной печи необходимо поддерживать на оптимальном уровне значения комплекса обобщающих показателей дутьевого режима плавки.

Наши исследования показали, что необходимым и достаточным набором показателей дутьевого режима доменной плавки для целей оптимизации параметров дутья являются:

- теоретическая температура горения топлива в фурменных очагах (T_T);
- объём образующегося за минуту фурменного газа при температуре T_T и давлении дутья;
- полная механическая энергия (мощность) фурменного газа, которая представляет собой сумму кинетической энергии (мощности) дутья и термодинамической работы увеличения за 1 секунду объёма газа в фурменном очаге.

Расчёт полной механической мощности фурменного газа осуществляется по следующей формуле:

$$E_{\phi z} = \frac{Q_o(1,251 + 178\omega) + 0,782Q_{nz}}{4237920 n^3 \cdot f^2} \left[(Q_o + Q_{nz}) \frac{0,1(t_o + 273)}{273(0,1 + P_o)} \right]^2 + P_o \frac{V_{\phi zc} - V_{oc}}{n}, \text{ вт},$$

где Q_o и Q_{nz} – расходы природного газа и дутья, $\text{нм}^3/\text{мин}$;

ω – содержание кислорода в дутье, доли ед.;

f – площадь свободного сечения воздушной фурмы, м^2 ;

t_o – температура дутья, $^{\circ}\text{C}$.

Оптимальное значение обобщающих показателей дутьевого режима плавки должно определяться для каждой доменной печи на основе статистических исследований. Поддержание на оптимальном уровне значений комплекса обобщающих показателей дутьевого режима плавки при корректировках параметров дутья является важной проблемой. Решать эту задачу можно лишь на ЭВМ с использованием специальных поисковых методов.

*Научный руководитель – д.т.н., проф. кафедры металлургии чугуна Тараканов А.К.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ С РАСХОДОМ ПУТ ДО 200КГ/Т ЧУГУНА НА ДНЕПРОДЗЕРЖИНСКОМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ КОМБИНАТЕ

Яцура Л.В. (МЧМ-13ф)*

Донецкий национальный технический университет

В последние 30 лет в мировой практике применение пылеугольного топлива стало определяющим компонентом в развитии доменной технологии. Сегодня в мире с применением пылеугольного топлива выплавляется 600 млн. тонн чугуна в год, доля замены им скипового кокса возросла до 30-50%, а расход кокса практически сократился до 250-350 кг.

На основе принципа полной и комплексной компенсации, промышленный мировой опыт работы доменных печей, свидетельствует об высокой эффективности применения ПУТ: замена ПУТ до 50-70% кокса, прирост производительности до 50%. Комплекс компенсирующих мероприятий ПАО «ДМКД» составлен на основе реальных возможностей доменного цеха. Температурно-природный потенциал горна может быть улучшен за счет вывода ПГ из состава дутья, повышения температуры дутья и содержания в нем кислорода. Суммарный потенциал указанных мероприятий по приросту теоретической температуры горения превышает 500°C, достаточен для повышения расхода ПУТ до 200 кг/т чугуна.

Были выполнены проектные расчеты эффективности вдувания ПУТ 170 кг/т чугуна марки СС (Кузбасс, Россия), для условий ПАО «ДНЕПРОВСКИЙ МЕТКОМБИНАТ», лучший из них представлен в таблице. Угли марки СС имеют наилучший коэффициент замены кокса ПУТ за счет преимуществ технологического анализа (содержание серы, золы). Расчеты технологических режимов выполняются на основе методики проф. Рамма А.Н.

Расчеты эффективности применения ПУТ выполнены для ДП-1м ($V=1500\text{м}^3$). Печь работала на агломерате ($\text{Fe} = 54,2\%$) и коксе Алчевского КХЗ. Базовый период для расчета принят с 1.09.13 по 31.12.13 г. – характеризуется относительно стабильной работой печи с минимальным расходом ПГ, производительностью печи - 2368 т/сутки, расходом кокса – 558, 6 кг/т чугуна.

Благоприятной, с точки зрения использования ПУТ, является работа печи на моношихте (агломерате) с минимальным расходом флюса. Газодинамика печи, в первую очередь, обеспечивается снижением выхода шлака и определяет повышение содержания Fe в шихте, снижением или выводом из состава аглошихты части конвертерного шлака, снижением основности шлака CaO/SiO_2 до 1,10, введением в доменную шихту окатышей ЦГОК, а также введением в аглошихту импортной железной агломерационной руды.

*Научный руководитель – д.т.н., профессор кафедры РТП и МТ Ярошевский С.Л.

Предварительно применены компенсирующие мероприятия: 30% агломерата в шихте заменяем окатышами ЦГОК, повышаем температуру дутья на 165°C и содержание кислорода в дутье на 7,8%, антрацит подаваемый на колошник заменяем на коксовый орешек 40кг/т чугуна, исключаем подачу ПГ.

Таблица - Результаты расчета эффективности вдувания ПУТ для условий ПАО «ДНЕПРОВСКИЙ МЕТКОМБИНАТ»

Наименование	База	Повышение расхода ПУТ, приготовленного из угля марки СС
Производительность, %	100,0	132,1
Удельная производительность, т/м ³ сутки	1,58	2,09
Кокс сухой скиповый, кг/т чугуна	558,6	319,6
Антрацит, кг/т чугуна	17,4	0,0
Коксовый орешек, кг/т чугуна	0,0	40,0
Сумма топлива, кг/т чугуна	576,0	359,6
Окатыши ЦГОК, кг/т чугуна	0,0	500,0
Агломерат ДМКД, кг/т чугуна	1793	1207
Температура дутья, °С	965	1130
Расход природного газа, м ³ /т чугуна	16,6	0,0
ПУТ, кг/т чугуна	0,0	170,0
Содержание кислорода в дутье, %	20,80	27,80
Степень использования СО, доли	0,390	0,471
Выход шлака, кг/т чугуна	465	339
Основность CaO/SiO ₂	1,15	1,10
Расход условного топлива, кг/т чугуна	589	527
Изменение себестоимости чугуна с выпуска, грн/т	0,00	-170,86

В результате теоретических расчетов на основе принципа полной и комплексной компенсации при вдувании ПУТ 170 кг/т чугуна получены следующие данные: повышается производительность на 32% и степень использования СО на 8,1%, снижается выход шлака на 126 кг/т чугуна и сухого скипового кокса на 239 кг/т чугуна. При этом снижается расход условного топлива на 62 кг/т чугуна и себестоимость чугуна с выпуска на 170 грн/т.

Расход вдувание ПУТ в доменную печь является эффективной технологией с точки зрения снижения себестоимости чугуна, повышения производительности печи и защиты окружающей среды.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА НА НЕКОТОРЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ

Донченко М.А (МЧМ м – 13ф) *
Донецкий национальный технический университет

На современных металлургических предприятиях обязательным является наличие отделений внедоменной десульфурации чугуна, которые позволяют решать следующие задачи:

- глубокая десульфурация чугуна для выплавки низкосернистых марок стали;
- устранение периодического повышения содержания серы в чугуне (до 10 – 15% общего его объема), а также последствий нарушений хода доменных печей, вывода промывок и др.;
- десульфурация всего количества выплавленного чугуна при работе доменных печей на шлаках пониженной основности с целью снижения расхода кокса.

В промышленных масштабах для десульфурации чугуна в разное время широко использовали порошкообразную известь, кальцинированную соду, порошкообразный карбид кальция и магниевые реагенты.

Магний является наиболее дорогостоящим и наиболее эффективным из применяемых промышленностью десульфураторов. Применение магния позволяет понижать содержание серы в чугуне до 0,002 – 0,005%. При этом расход десульфуратора минимальный - всего 0,5 кг/т чугуна.

Главным недостатком десульфурации чугуна магнием является необходимость значительного недолива подаваемых на обработку чугуновозных ковшей из-за сильного барботажа металла и возможного его выплескивания из ковшей.

Следует подчеркнуть, что затраты, связанные с десульфурацией чугуна, увеличиваются в такой последовательности: магний > карбид кальция > кальцинированная сода > порошкообразная известь.

По этой причине в последние 10 – 15 лет в мире строятся, главным образом, отделения внедоменной десульфурации чугуна магнием или смесями $Mg + CaO$, $Mg + CaC_2$, $Mg + CaO + CaC_2$.

В Украине ситуация для эффективного использования внедоменной десульфурации более благоприятна, чем за рубежом, поскольку печи работают на относительно основных кальциевых шлаках (CaO/SiO_2 до 1,23), с выходом его 360-450 кг/т чугуна. Эффективность снижения основности шлака усиливается за счет вывода из шихты сырого известняка, значительного снижения выхода шлака, улучшения его физических свойств.

*Научный руководитель – к.т.н., профессор кафедры РТП МТ Мищенко И.М.

Снижение основности шлака например от 1,25 до 1,10 позволяет при прочих равных условиях, снижать температуру его плавления на 35°С, уменьшать вязкость от 0,7 до 0,2 Па·с.

Исследования на ОАО «ЕМЗ» и ОАО «ДМЗ» показывают, что подобное снижение основности шлака может способствовать существенному, на 10-12%, повышению показателя использования обессеривающей способности шлака.

Применение внедоменной десульфурации для снижения содержания серы в чугуна до 0,005—0,001 % обеспечивает: 1) снижение расхода кокса на 25—50 кг/т чугуна; 2) увеличение производства чугуна на 5—10 %; 3) снижение доли покупного скрапа; 4) снижение расхода флюсов, необходимых в производстве стали; 5) кардинальное улучшение свойств стали.

Показатели табл. 1 свидетельствуют о том, что внедоменная десульфурация чугуна, позволяет снижать основность от 1,21 до 1,14-1,16, выход шлака до 311-353 кг/т и уменьшать расход кокса на 12-15 кг/т чугуна.

Таблица 1. – Показатели выплавки чугуна при использовании внедоменной десульфурации

Показатели	Алчевский МК	«Донецксталь»	МК им. Ильича
Хим. состав чугуна, %:			
кремний	0,75	0,67	0,72
марганец	0,10	0,15	0,13
Сера ¹⁾	0,027(0,041)	0,041	0,020
Хим. состав шлака, %:			
MgO	5,46(4,5)	4,3	4,91
Al ₂ O ₃	7,2(7,7)	6,1	6,73
FeO	0,25(0,34)	0,28	0,34
S	1,23(1,06)		1,02
Выход шлака, кг/т	365(311)	399 (326)	453,0
Основность шлака, ²⁾ CaO/SiO ₂	1,20(1,14)	1,21 (1,17)	1,17

1,2) – понижение основности шлака и повышение содержания серы в чугуна обусловлены наличием внедоменной десульфурации чугуна.

КАЧЕСТВО КОКСА И ПОКАЗАТЕЛИ ВЫПЛАВКИ ЧУГУНА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Гриц В. А. (МЧМ 13ас)*

Донецкий национальный технический университет

Кокс, как известно, выполняет в доменной печи три основные функции: является источником теплоты при его сгорании в фурменной зоне, поставляет доменному процессу основные восстановители железа и других элементов из оксидов и , что особо важно, – создает газодинамическую основу доменного процесса, оставаясь во всем объеме печи единственным твердым, разрыхляющим шихту, наиболее газопроницаемым материалом.

В четырех доменных цехах Украины в 2006-2013г.г. успешно освоена технология доменной плавки (см. таблицу1) с вдуванием ПУТ в количестве 136,7 – 172,0 кг/т чугуна, в основном, благодаря применению в доменной шихте

Таблица1. Показатели качества кокса и суммарный удельный расход кокса, коксового орешка и ПУТ на выплавку чугуна

Показатель	Алчевский МК	Донецкста ль	Запорожс таль	МК им. Ильича
Расход , кг/т: кокса	398,5	382,6	381,0	395,4/ 378,8 ¹⁾
ПУТ	142,3	172,0	151,0	136,7/ 154,4
Σ (К+КО+ПУТ)	540,8	574,6	532,0	543,7/ 544,8
Качество кокса, %:				
Зола/Сера	10,5/0, 83	10,4/0,69	11,0/0,73	10,95/0,6 4
M25/M10	91,5/4, 0	88,73/6,53	89,9/6,4	89,87/6,8 4
CSR/CRI	58,85/2 9,80	56,8/29,5	52,5/31,5	54,05/32, 26

1) - в знаменателе, для расхода топлив, показаны лучшие опытные результаты качественного кокса.

Показатели технического анализа кокса, особенно его прочности (M25, M10, CSR) значительно улучшены в сравнении с требованиями СТУ для кокса марки КД1. Достигнуто это в результате освоения производства новых марок кокса класса «Премиум» и уникального кокса из трамбованной шихты, включающей в основном газосырые угли.

* Научный руководитель – к.т.н., профессор кафедры РТП Мищенко И.М.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАГРУЗКИ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДОМЕННУЮ ПЕЧЬ

Джафаров Э.Д. (МЧМ-10а)*

Донецкий национальный технический университет

Доменная печь является агрегатом непрерывного действия, и все ее оборудование должно быть простым по устройству, надежным в работе, долговечным и неприхотливым в эксплуатации. Особенно это относится к оборудованию засыпного аппарата, который работает в условиях высоких температур и запыленности окружающей среды.

Основной причиной низкой стойкости засыпного аппарата типовой конструкции является образование неплотностей по линии контакта конуса с чашей, через которые устремляется с большой скоростью загрязненный колошниковый газ, вызывая абразивный износ конуса и чаши. Изнашивающая способность колошниковой пыли возрастает с уменьшением размера зерен и увеличением содержания частиц кварца.

Методы, предложенные для повышения срока службы засыпных аппаратов, сводятся к следующему.

Снижая скорость газа, можно значительно уменьшить износ стенок конуса и чаши и увеличить тем самым стойкость засыпного аппарата. Этого можно достигнуть с помощью контактных поверхностей, выполненных с лабиринтными уплотнениями (К. В. Олесевич, Е. Д. Штепа, В. И. Лавренюк, А. Д. Танкин, А. Ф. Рыбцов, Ю. М. Герасименко, В. А. Долматов, И. И. Петров) в случае использования лабиринтных уплотнений расход газа через них сокращается до 52,4%, по сравнению с поверхностями обычной конструкции.

С целью увеличения срока службы большого конуса в США предложен конус с теплоизоляцией внутренней стенки. Изолирующее покрытие состоит из слоев огнеупорного цемента, огнеупорного кирпича и прокладки из листового асбеста. Крепится оно к конусу пластинами и кожухом из нержавеющей стали. Такая теплоизоляция может предохранить нижний конус от кратковременных перегревов, а следовательно, и от коробления с последующей потерей герметичности по плоскости контакта с чашей.

Теплоизоляция газопроводов атмосферных клапанов (авторы предложения Н. С. Немцов, И. В. Распопов, И. И. Петров, А. М. Экзархо).

По мнению авторов, во всех случаях работы доменной пёчи с повышенным давлением газа на колошнике целесообразно устранять попадание воды на контактную поверхность конуса и чаши, имеющих наплавку износостойкими сплавами, что может покоробить поверхность конуса и снизить срок службы.

* Научный руководитель - к.т.н., заведующий кафедры РТПиМТ Кочура В.В.

ПОДГОТОВКА КОКСА К ДОМЕННОЙ ПЛАВКЕ

Хромоногих А.В. (МЧМ-13Ам)*

Донецкий национальный технический университет

Основным видом топлива в современной доменной плавке является кокс. Это единственный материал, который сохраняет форму куска в доменной печи на всем пути движения от колошника к горну. Благодаря этому обеспечивается прохождение газового потока через слой жидких, полужидких и твердых материалов в доменной печи. В нижней части печи раскаленный кокс образует своеобразную дренажную решетку, через которую в горн стекают жидкие продукты плавки. Высота столба шихты в современной доменной печи достигает 30 м, поэтому кокс, особенно в нижней части печи, воспринимает большие нагрузки.

Отсюда вытекает основное требование, предъявляемое к коксу: высокая механическая прочность, как в холодном, так и в нагретом состоянии.

Практика и исследования работы доменных печей говорят о том, что только за счет изменения схемы сортировки кокса, без каких-либо других приемов, можно достигнуть существенного улучшения технико-экономических показателей доменного процесса.

Наименее разрушаемой в печи является фракция кокса 40-60 мм. В зависимости от технологических условий допустимо использование кокса фракцией 60-80 мм и в меньшей степени 25-40 мм. Однако фракция кокса 25-0 и 80 мм уже в современных, а тем более в перспективных технологических условиях, нежелательны.

Увеличение расхода коксового орешка фракцией 10-40 мм в количестве от 5 до 30% позволяет улучшить газопроницаемость в «сухой» зоне доменной печи на 7-18%, и снижение расхода скипового кокса на 1,61-4,21%.

На металлургических предприятиях Украины качество кокса по фракционному составу можно существенно улучшить путем его предварительной обработки за счет: выделения из металлургического кокса фракции более 80 мм с последующим ее дроблением с целью снижения содержания фракции более 80 мм до 5%; отсева из металлургического кокса фракции менее 40 мм; выделением на отдельном виброгрохоте из отсева кокса фракции более 10 мм, получение коксового орешка; загрузки коксового орешка в доменную печь в качестве кускового топлива с железорудной шихтой; передачи мелочи кокса фракции менее 10 мм на аглофабрику;

Данная подготовка позволяет сохранить или повысить производительность доменных печей, особенно при их работе с применением большого количества ПУТ и расходом кокса до 300 кг/т чугуна и ниже.

* Научный руководитель – Ярошевский С.Л., проф. кафедры РТПиМТ

ВДУВАНИЕ КОКСОВОГО ГАЗА В ДОМЕННУЮ ПЕЧЬ

Королёв И.С. (МЧМ-10а)*

Донецкий национальный технический университет

При выплавке чугуна в доменных печах расходуется очень дорогое топливо – каменноугольный кокс. В свете уменьшения количества коксующихся углей, ужесточения требований по экологии и желания уменьшить капитальные затраты, уже не одно десятилетие ставится вопрос о замене этого топлива более дешёвым и экологичным. Перспективным и немаловажным вариантом является замена кокса более дешёвыми энергоносителями (газообразными, жидкими, твёрдыми), которые вдувают через воздушные фурмы и используют для нагрева дутья.

Коксовый газ является довольно перспективным заменителем кокса. При исследованиях, проведенных на доменных печах с вдуванием природного и коксового газа, следует, что по количеству вносимых восстановительных компонентов, а именно СО и Н₂, на каждый 1 м³ природного газа приходится 1,8 – 1,9 м³ коксового, но доля водорода в коксовом газе при этом выше, чем в природном. Расход дутья на сжигание у фурм и количество образующихся при этом фурменных газов на единицу восстановителя для коксового газа ниже, чем для природного газа и других добавок. Следовательно, по восстановительному потенциалу образующихся фурменных газов коксовый газ имеет преимущества перед другими дутьевыми добавками, в том числе и природным газом.

Но наряду с преимуществами коксовый газ имеет существенный недостаток – самый низкий тепловой эффект по сравнению с другими добавками, что определяет и низкую теплоотдачу. Поэтому основным эффектом от вдувания коксового газа, как и от природного, является уменьшение теплотребности процесса за счёт снижения степени прямого восстановления в отличие от пылеугольного топлива, где основной эффект достигается за счёт вносимой при сжигании на фурмах теплоты.

При вдувании коксового газа в доменную печь серосодержащие и другие вредные компоненты удаляются из газа, а их остатки, фильтруясь через слой шихтовых материалов, поглощаются компонентами шихты и переходят в шлак. Таким образом, в ходе технологического процесса решается задача защиты окружающей среды от вредных компонентов.

Коксовый газ подаётся для целевых нужд по схеме транспортировки поставщик - потребитель, имеющий непрерывный цикл производства, и с переходом с природного газа на коксовый условия ритмичности процесса ужесточаются.

* Научный руководитель - к.т.н., заведующий кафедрой руднотермические процессы и малоотходное производство Кочура В.В.

АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ФРАКЦИЙ ПОЛИДИСПЕРСНОЙ АГЛОМЕРАЦИОННОЙ ШИХТЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ КОМБИНАТА «ЗАПОРОЖСТАЛЬ»

Мных А.С., к.т.н., доцент
Запорожская государственная инженерная академия

Мировое производство стали за период 1995-2012 гг. увеличилось на 98% и составило 1518 млн. т., потребление стали на душу населения за тот же период времени выросло со 142,6 до 229,4 кг/чел. или на 60,9%. В ближайшем будущем прогнозируется увеличение объемов производства стали до 2100-2200 млн.т. Это повлечет за собой увеличение потребности в сырье (концентрате железной руды, агломерате, чугуне) и энергоресурсах, что в свою очередь, отразится на стоимости последних.

Как известно, основным сырьем для производства чугуна является агломерат железной руды, себестоимость производства которого на отечественных аглофабриках постоянно растет на фоне демпинга цен металлургическими предприятиями Азиатского региона. Данное состояние вопроса обуславливает необходимость дальнейшего исследования агломерационного производства с целью изучения механизмов формирования слоя шихты, сегрегации химических компонентов, теплофизических процессов происходящих в спекаемом агломерате, что направлено на повышение производительности и энергоэффективности производства.

В настоящий момент проведено ряд исследований и синтезирована модель, позволяющая рассчитывать фракционный состав по высоте слоя на агломашине. Данная модель создает предпосылки, в случае использования последней в составе АСУ процессом загрузки агломерационной машины, для получения оптимального распределения топлива и физико-химических компонентов в массе материала. С целью прогнозирования химического состава каждого из горизонтов слоя и обеспечения заданной сегрегации химических составляющих аглошихты, необходимо исследовать химсостав фракций загружаемого материала.

Для анализа и дальнейшего совершенствования процесса формирования структуры слоя агломерационной шихты с заданным распределением физико-химических компонентов по его высоте, на агломашинах № 2,4,5 оборудованных различными типами загрузочных устройств проведены экспериментальные исследования. В процессе экспериментов анализировалась сегрегация по высоте и ширине слоя агломерационной ленты. Для этого на спекательные тележки устанавливался пробоотборник, размером 0,4x0,2x0,5 м, который проходя под загрузочным лотком заполнялся шихтой (масса каждой пробы составляла не менее 20 кг). Затем аглолента останавливалась, пробоотборник извлекался и находящаяся в нем сыпучая масса разделялась по высоте на слои 0,1 м каждый. Далее полученные пробы полидисперсного материала рассеивались по фракциям. Совместно с химлабораторией цеха

каждая из фракций была исследована с целью изучения ее химического состава, результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав фракции агломерационной шихты

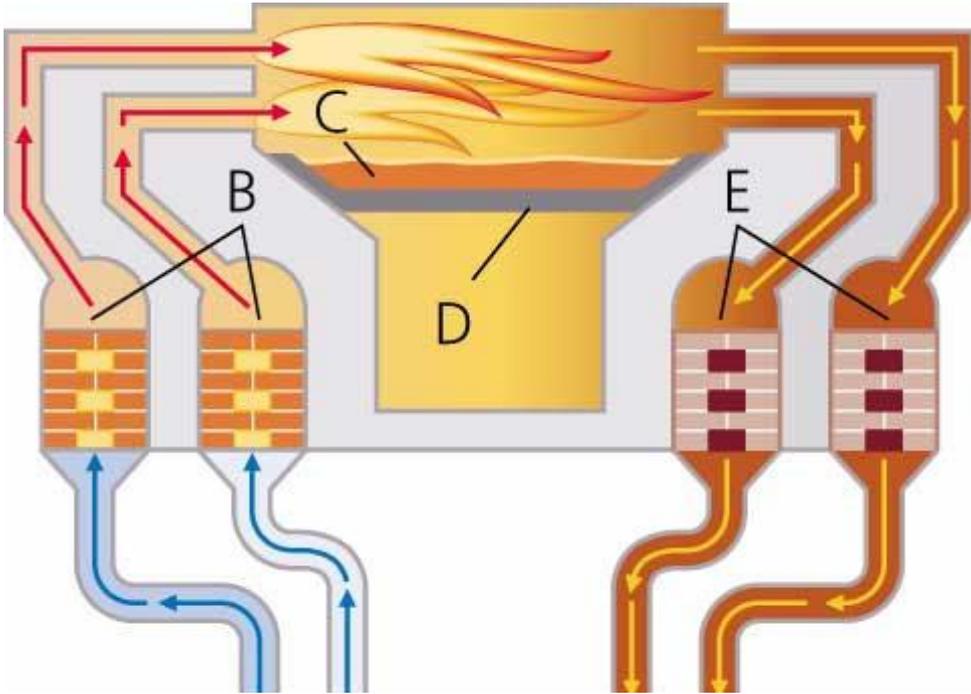
	Фракции	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO	Fe ₂ O ₃	S	Потери	P	MnO	C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Опыт №1	10	8,60	0,55	14,20	1,42	13,50	49,29	0,123	10,442	0,015	0,07	1,79
	8-10	8,65	0,45	13,20	1,12	13,80	49,68	0,127	10,008	0,015	0,07	2,88
	5-8	7,50	0,55	14,80	1,26	13,60	47,68	0,165	10,699	0,016	0,07	3,66
	-5-3	7,55	0,60	12,90	1,12	14,50	50,39	0,161	9,593	0,016	0,06	3,11
	3-1	7,60	0,70	11,90	1,22	15,50	47,42	0,190	11,003	0,017	0,07	4,35
	1	7,60	0,55	13,60	1,12	16,60	46,83	0,209	8,983	0,018	0,07	4,42
Опыт № 2	10	9,25	0,55	12,20	0,64	11,75	55,73	0,114	8,292	0,014	0,08	1,38
	8-10	9,50	0,70	11,30	1,18	12,80	53,73	0,150	7,244	0,016	0,08	3,30
	5-8	7,40	0,55	13,70	1,22	12,80	51,37	0,155	9,849	0,016	0,08	2,86
	-3-5	7,75	0,55	12,40	1,22	14,40	50,51	0,169	9,895	0,016	0,07	3,02
	1-3	7,50	0,60	12,40	1,20	14,80	48,56	0,201	10,891	0,018	0,06	3,77
	1	7,75	0,50	11,20	1,20	17,00	48,32	0,222	9,789	0,019	0,08	3,92
Опыт №3	10	8,30	0,55	13,30	1,00	13,60	50,75	0,157	9,887	0,016	0,06	2,38
	10-8	7,50	0,50	13,10	1,40	14,20	47,86	0,191	10,623	0,016	0,07	4,54
	8-5	7,55	0,70	14,40	1,22	15,20	47,60	0,178	8,924	0,018	0,06	4,15
	5-3	7,90	0,70	12,60	1,24	16,40	48,78	0,180	8,423	0,017	0,07	3,69
	3-1	7,80	0,50	10,70	1,18	15,90	48,33	0,184	11,199	0,017	0,07	4,12
	-1	7,05	0,60	11,30	1,12	17,90	50,04	0,207	8,694	0,019	0,07	3,00

Перед использованием, экспериментальные данные были обработаны, с целью устранения возможной ошибки измерений, путем вычисления критерия Кохрена. Для значений не соответствующих критерию однородности результатов эксперимента, проведены дополнительные замеры, а так же произведено усреднение данных.

Установлено, что некоторые составляющие шихты, такие как , достаточно равномерно распределены по фракциям, содержание монотонно снижается с уменьшением размера фракции, концентрация напротив, с уменьшением размера фракции возрастает. Закономерность распределения имеет экстремальный характер, с максимальным содержанием компонента во фракции со средним диаметром 6,5 мм. Описанные выше исследования, с использованием программного обеспечения MathLab, позволили получить зависимости содержания химических компонентов от фракционного состава материала.

Таким образом, получены функциональные зависимости содержания химических компонентов в различных фракциях агломерационной шихты для условий комбината «Запорожсталь». Данные результаты обуславливают возможность управления процессом формирования структуры слоя загружаемого на паллеты материала, с целью обеспечения оптимального распределения топлива и физико-химических компонентов, что позволит улучшить тепловой режим процесса спекания и качество получаемого спека.

МЕТАЛЛУРГИЯ СТАЛИ



РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОТЛИВКИ ИЗ СТАЛИ С ШИРОКИМ ИНТЕРВАЛОМ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ В НЕОХЛАЖДАЕМОМ КОКИЛЕ

Збинец А.В., (МЛ-03-09)*

Национальная металлургическая академия Украины

Среди реализованных в практике литейного производства технологий, использующих давление как эффективный фактор влияния на качество литого металла, достойное место занимают процессы получения отливок под газовым давлением (низким регулируемым, противодействием, всесторонним и т.д.). К числу способов кристаллизации металлов и сплавов под сверхатмосферным регулируемым давлением относится процесс газодинамического воздействия на расплав, затвердевающий в литейной форме.

Наиболее существенными параметрами процесса кристаллизации металлов и сплавов под давлением являются величина давления, способ его подачи на кристаллизующийся расплав, а также характер и продолжительность действия.

При осуществлении технологии газодинамического воздействия, динамика изменения давления в системе отливка-устройство для ввода газа определяется динамикой изменения прочностных свойств слоя затвердевшего металла, увеличивающегося от поверхности отливки.

При условии стабильности геометрических размеров отливки, затвердевающей в кокиле или в разовой песчаной форме, в качестве параметра, необходимого для расчета динамики нарастания давления в системе отливка-устройство для ввода газа, представляется целесообразным использование сопротивления деформации материала отливки (σ) в диапазоне рабочих температур. Поэтому актуальной задачей является определение режимов газодинамического воздействия с учетом различных вариантов осуществления технологического процесса, а также конфигурации, размеров и материала отливок.

Целью работы является определение области допустимых значений давления при реализации газодинамического воздействия на затвердевающий в кокиле металл цилиндрической отливки из стали X18Ф1.

Отливку из стали X18Ф1 высотой 350 мм заливали в неохлаждаемый стальной кокиль со средним диаметром рабочей полости 240 мм и толщиной стенки 100 мм. Заливку осуществляли непосредственно из печи. Температура выпуска стали X18Ф1 - 1550 °С.

На рисунке 1 представлена кинетика затвердевания цилиндрической отливки из стали X18Ф1.

* Научный руководитель – к.т.н., профессор В.Ю. Селиверстов

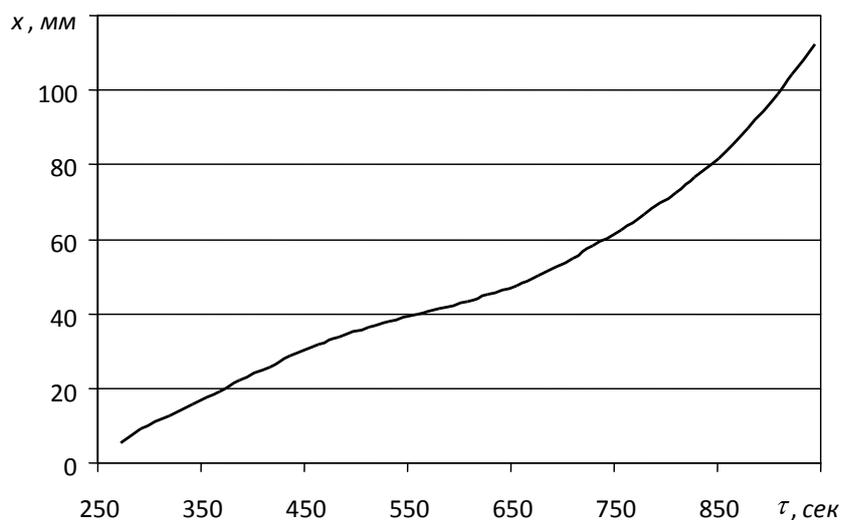


Рис. 1 – Кинетика затвердевания цилиндрической отливки из стали X18Ф1 (б)

Для учета растягивающих напряжений, возникающих в слое затвердевшего металла отливки под влиянием гидростатического напора, проводили расчет их значений в соответствии с кинетикой затвердевания отливки.

Затем рассчитывали динамику изменения максимально возможного давления в системе отливка-устройство для ввода газа, основываясь на значениях временного сопротивления материала отливки (σ_B) при средней температуре образующегося затвердевшего слоя.

Для реализации варианта технологии, предусматривающего минимальную деформацию металла отливки, затвердевающего под регулируемым газовым давлением, расчет динамики его увеличения проводили основываясь на значениях сопротивления деформации металла (σ) при средней температуре образующегося затвердевшего слоя.

Обеспечение условия минимальной деформации отливки при газодинамическом воздействии на расплав в литейной форме осуществляется за счет минимальных значений скоростного и степенного коэффициентов.

Особенностью данной расчетной схемы является использование расчетного значения сопротивления деформации, которое выражается в относительных единицах (коэффициентах) в зависимости от каждого параметра (температуры, скорости и степени деформации) в отдельности. Для обеспечения условия минимальной деформации отливки при газодинамическом воздействии на расплав в литейной форме необходимы минимальные значения скоростного и степенного коэффициентов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АГРЕГАТЕ КОВШ-ПЕЧЬ

Замковой О.В. (МЕ-04-09м)*

Национальная металлургическая академия Украины (г. Днепропетровск)

Внепечная обработка стали на электродуговой установке ковш-печь (УКП) и вакуумной установке - одно из инновационных направлений в современной металлургии. Важным направлением по усовершенствованию технологии внепечной обработки стали являются снижение удельного расхода электрической энергии. С учетом плохой наблюдаемости основного регулируемого параметра процесса – температуры расплава (контролируется путем периодических замеров) необходимо прогнозировать ее с помощью математических моделей, что является важным условием для оптимизации энергетического режима внепечной обработки стали.

Разработанная динамическая модель теплоэнергетических процессов на УКП включает следующие подсистемы: «Дуга», «Добавки», «Поверхность», «Стенки», «Днище». В данных подсистемах оцениваются основные статьи энергетического баланса установки. При заданной начальной температуре стали перед обработкой на установке $T_{п-к.нач}$, температуре футеровки ковша $T_{фут}$, а также массе $M_{расп}$ и теплоемкости расплава $C_{расп}$ определяется текущее значение температуры жидкой стали $T_{расп}$. В подсистеме модели «Дуга» определяется энергия электрических дуг установки, поступающая на нагрев расплава.

$$E_{дуг} = K \cdot \sqrt{3} \cdot U_{2,j} \cdot I_{2,j} \cdot \cos \varphi_j \cdot \eta_{эл} \cdot t_{нагр}, \quad (1)$$

где $K = 0,1 \dots 1$ – коэффициент, учитывающий потери мощности дуг на облучение стенок ковша и свода УКП в зависимости от толщины шлакового покрова; $U_{2,j}$, $I_{2,j}$ – соответственно номинальные напряжения и токи на вторичной обмотке трехфазного трансформатора j – ой ступени напряжения, $\cos \varphi_j$ – коэффициент мощности трансформатора ступени напряжения j ; $\eta_{эл}$ – электрический к.п.д. УКП, $t_{нагр}$ – время нагрева металла.

В подсистемах модели «Добавки», «Поверхность», «Стенки», «Днище» производится определение энергетических потерь расплавом вследствие нагрева, расплавления введенных шлакообразующих и легирующих материалов, потерь через границу расплав-шлак, теплопередачи через футеровку ковша. При расчетах тепловых потерь вследствие нагрева футеровки ковша и теплопередачи через нее считали, что стенки ковша представляют собой цилиндр, а днище ковша – плоскую поверхность. Для границы расплав – футеровка и наружной поверхности ковша задавали

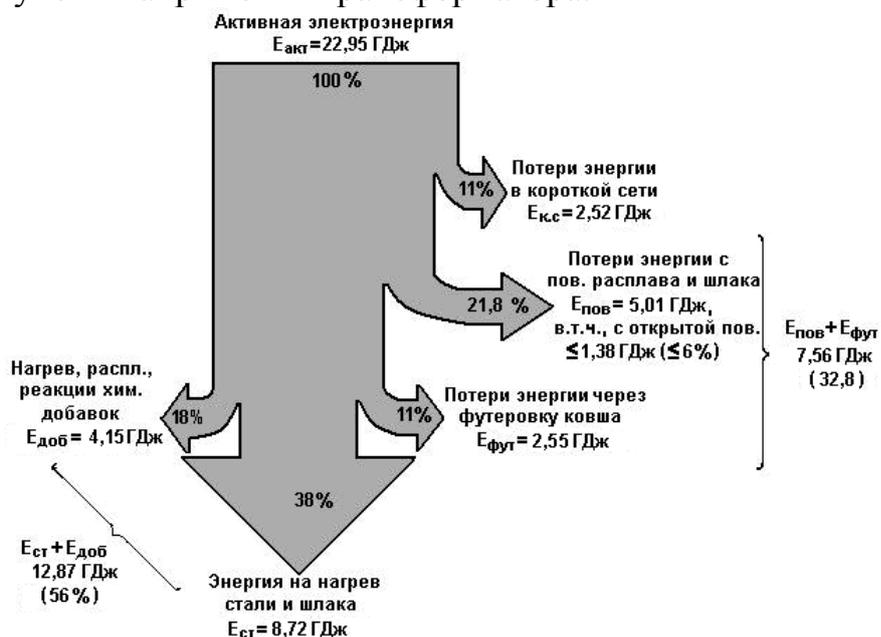
* Научный руководитель - к.т.н., доцент кафедры электрометаллургии НМетАУ Жаданос А.В.

граничные условия 3-го рода, а на стыках слоев футеровки и корпуса ковша – граничные условия 4-ого рода.

УКП, под который адаптировалась разработанная модель, имеет следующие технологические параметры: $M_{расп} = 160$ т, $U_{2,j} = 270-390$ В, $I_{2,j} = 20,8-46,3$ кА, активная мощность $P_{акт} = 8,8-21,6$ МВт, длина электрической дуги $L_d = 60-135$ мм, $P_{дуг} = 8,1-18,8$ МВт, $\cos\varphi = 0,66-0,86$, $\eta_{эл} = 0,84-0,91$. В качестве параметров, которые подстраивались в модели, учитывались, коэффициент теплоотдачи стали, степень черноты системы поверхность шлакометаллического расплава – водоохлаждаемая крышка УКП. Максимальное отклонение между модельными и экспериментальными данными не превышают $\pm 5^\circ$. Установлено, что приращение температуры расплава во время нагрева на УКП без учета введения шлакообразующих, легирующих добавок, раскислителей хорошо описывается уравнением вида:

$$\Delta T_{расп} = (a_j \cdot H_{шл} + b_j \cdot M_{расп} + c_j \cdot Q_{Ar} + d_j \cdot t_{вып} + e_j \cdot T_{п-к.нач} + f_j \cdot T_{фут.0} + g_j) \cdot t_{нагр}, \quad (2)$$

где $H_{шл}$ – толщина шлакового покрова, мм; $M_{расп}$ – масса расплава, т; Q_{Ar} – удельный расход аргона, л/мин·т; $t_{вып}$ – время с момента окончания выпуска стали в ковш, мин; $a_j, b_j, c_j, d_j, e_j, f_j,$ – коэффициенты уравнения, зависящие от ступени напряжения трансформатора.



Энергетический баланс установки ковш-печь ($U_2 = 360$ В, $I_2 = 35,3$ кА, $P_{полн} = 22$ МВА, $P_{акт} = 17,3$ МВт, $P_{дуг} = 15,4$ МВт, $U_{дуг} = 146$ В, $L_d = 111$ мм.)

Полученные аналитические выражения изменения температуры расплава позволяют интегрировать разработанную модель в существующие АСУ внепечной обработки стали. Анализ статей энергетического баланса установки показывает, что существуют резервы для повышения энергетического и теплового к.п.д. установки.

ТЕХНОЛОГИЯ НАУГЛЕРОЖИВАНИЯ СТАЛЬНОЙ ВАННЫ УГЛЕРОДКАРБИДОКРЕМНИЕВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Купчак А.А. (МЕ-04-09м)*

Национальная металлургическая академия Украины (г. Днепропетровск)

Процессы науглероживания стальной ванны в период плавления металлозавалки и обезуглероживания ее в окислительный период плавки являются составной частью технологии выплавки стали в электрических печах. Для науглероживания стальной ванны применяют передельный чугун, доля которого в металлозавалке составляет 5-25%. В связи с постоянным повышением уровня цен на чугун ведутся исследования по разработке и применению нетрадиционных видов науглероживателей. Нарастание объемов производства электростали усиливает актуальность разработок по сокращению расхода чугуна путем использования новых видов науглероживателей с вовлечением вторичных материалов смежных производств и техногенных месторождений. Хорошее зарекомендовали себя при выплавке стали материалы содержащие углерод и карбид кремния. Перспективными шихтовыми компонентами, при выплавке стали взамен передельного чугуна, могут быть вторичные углеродкарбидкремниевые материалы, образующиеся при производстве абразивного карбида кремния на ПАО «Запорожский абразивный комбинат» (ЗАК) и в процессе графитации угольных изделий на ПАО «Укрграфит».

Разработан и успешно используется в технологии выплавки стали «карбюризатор», представляющий собой углеродкарбидокремниевый вторичный материал, сбрикетированный на цементной связке. Этот карбюризатор содержит свободный углерод (62-72%), карбид кремния (2-7%), оксиды (25-30%) и цементную связку (10-15% свыше 100% основных компонентов). Проведенные ранее широкомасштабные опытно-промышленные эксперименты по применению углеродкарбидкремниевых брикетов на цементной связке (CSiC-брикеты) при выплавке высокомарганцевой стали 110Г13Л для отливок железнодорожных крестовин, стали 20ГЛ и 20ГФЛ для отливок элементов тележек вагонов МПС.

Сталь марок 20ГЛ и 20ГФЛ широко используется для отливок различного функционального назначения, в том числе и элементов подвижного состава железнодорожного транспорта. По действующей технологии стали 20ГЛ и 20ГФЛ выплавляют в электропечах основным процессом на свежей шихте, используя в качестве науглероживателя чугун. Опытно-промышленное освоение выплавки стали 20ГЛ и 20ГФЛ проводили в электропечи вместимостью 25 т с полной заменой чугуна CSiC-брикетами. Масса металлозавалки в опытных плавках стали составила 27,5 т и 210 кг CSiC-брикетов. После полного расплавления металлозавалки ванна содержала, %:

* Научный руководитель - к.т.н., доцент кафедры эл. металлургии НМетАУ Деревянко И.В.

0,76 С; 0,3 Мn; 0,036 Р; 0,058 S; 0,09 Cr; 0,08 Ni и 0,26 Cu, по технологической инструкции содержание углерода по расплавлению должно быть не менее 0,5%.

Термически обработанные отливки (нормализация) из стали 20ГЛ раскисленной алюминием, имели мелкозернистую феррито-перлитную микроструктуру с зерном № 7-8 с выделением перлита по межплоскостному пространству дендритов. Механические свойства отливок полностью удовлетворяли требованиям нормативных документов. Неметаллические включения имели округлую форму и были обособлены в виде скоплений отдельных выделений, прерывистых цепочек. Химический состав неметаллических включений определяли на рентгеноспектральном микроанализаторе с энергодисперсионной приставкой РЭММА 101А (рис.1).

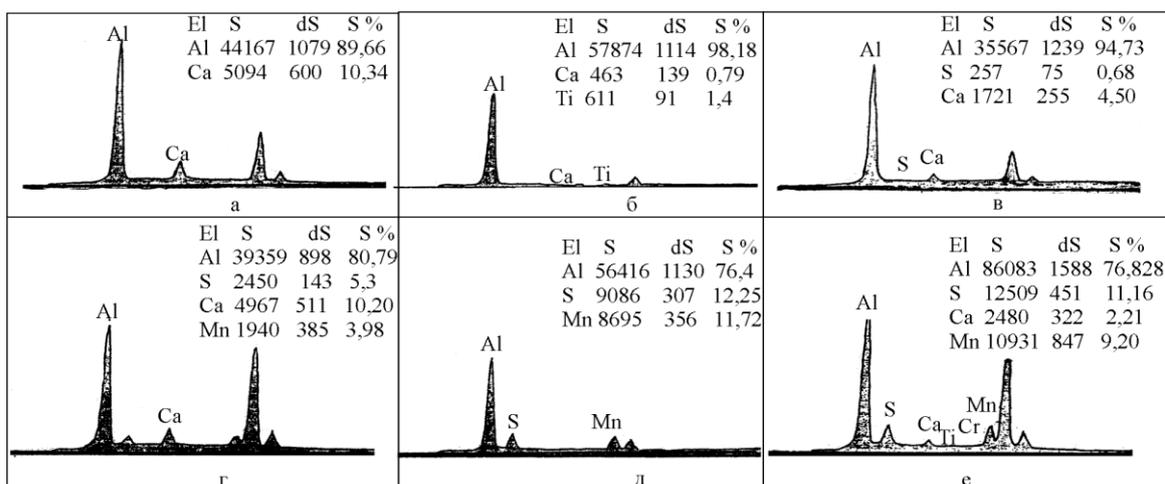


Рис. 1. Спектрограммы микрозондирования неметаллических включений в опытной стали (а, б, в – 20ГЛ; г,д,е – 20ГФЛ)

Анализ результатов микрозондирования неметаллических включений показывает, что химические составы разных видов включений существенно различаются. В первую очередь необходимо выделить сульфидные включения, содержащие разные количества Mn и S (53% Mn и 46,6% S), Mn, S и Fe (45% Mn, 14,7% Fe, 39,9% S). Между содержанием серы и марганца в составе включений установлена четкая взаимосвязь, которая описывается выражением:

$$(\%S)_{н.в.} = 0,8692 [\%Mn] - 1,0692.$$

Вторая группа включений представлена окисульфидами (40% Mn; 13,7% Fe; 7,8% Al и 35,5% S), третья – скоплениями алюмосиликатов кальция и сульфидов марганца (82,5% Al; 3,8% Si; 3,1% Ca; 4,4% Mn и 3,9% S). Выявлены также включения корунда и кремнезема.

Таким образом, анализ особенностей разработанной и освоенной технологии выплавки электростали 20ГЛ и 20ГФЛ, качества микроструктуры отливок составов неметаллических включений и механических свойств отливок подтверждают целесообразность замены передельного чугуна CSiC-брикетами.

ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА МАГНИЕМ ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Даций М.А. (МЕ-02-10)*

Национальна металлургическая академия Украины

На металлургических предприятиях с современной технологией производства внепечная десульфурация является обязательной составляющей производственного процесса. Большинству существующих технологий обессеривания расплавов присущи следующие недостатки: применение дефицитных и дорогостоящих реагентов (металлический магний, кальций и реагенты на их основе); необходимость в применении дополнительного технологического оборудования; дополнительные затраты энергоносителей (технологические газы и электроэнергия). С целью преодоления существующих трудностей на кафедре металлургии стали Национальной металлургической академии Украины разработана технология десульфурации чугуна магнием, восстановленным из оксида в объёме расплава за счёт тепла смежных химических реакций.

С целью проверки эффективности разработанной технологии проведены её испытания в промышленных условиях (обработке подвергался высокохромистый чугун, выплавленный в ДСП – 3). В качестве реагента применяли экзотермическую смесь (химический состав, %: FeO-56,00; MgO-15,00; Al-22,00; CaO-7,00)

Технология обработки по сути аналогична процессу обработки расплавов твёрдыми шлаковыми смесями. Процесс обработки сопровождался незначительным пироэффектом (см.рисунок).



Рисунок – Фотография процесса обработки (75 % наполнения ковша)

При проведении испытаний экзотермическую смесь вводили в количестве 10 кг/т чугуна, что обеспечивало стабильную степень десульфурации расплава на уровне 45,7 %.

*Научный руководитель- д.т.н. зав. кафедрой металлургии стали Бойченко Б.М.

ШВИДКІСТЬ ЗНЕВУГЛЕЦЮВАННЯ ЯК ПРОВІДНА СКЛАДОВА ДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ КЕРУВАННЯ КОНВЕРТЕРНОЮ ПЛАВКОЮ

Грабівський К.П., (ФС-01), Стецик А.І. (ФС-12) *
Національний технічний університет України “КПІ”

Керування киснево-конвертерною плавкою базується на комплексному поєднанні всіх технологічних операцій, фізико-хімічних і тепло- та масообмінних процесів. Метою побудови системи керування є збільшення ефективності киснево-конвертерної плавки.

Провідною складовою динамічної моделі є модель розрахунку швидкості зневуглицювання і вмісту вуглецю:

- по різності об'ємної щільності випромінення факелу в двох спектральних областях для вмісту вуглецю нижче 0,6 %:

$$C = 10^{-1} v_{\Gamma} (0,607 + 1,62 M_{\text{CO}_2} - 1,06 M_{\text{H}_2\text{O}}) \quad (1)$$

де $M_{\text{CO}_2}, M_{\text{H}_2\text{O}}$ - показники пірметра, які пропорційні об'ємній щільності монохроматичного випромінення факелу в інфрачервоному спектрі, що відповідає максимуму поглинання CO_2 та H_2O , мВ;

Розрахунковим методом визначається витрати газів, які відходять:

$$v_{\Gamma} = \frac{(\rho_{\text{до}} v + \rho_0 v_{\text{в0}})(1 + 1580 \alpha M_{\text{CO}_2})}{7,31 M_{\text{H}_2\text{O}}}, \quad (2)$$

де $\rho_{\text{до}}, \rho_0$ - абсолютна вологість відповідно дуття і повітря при нормальних умовах, г/м^3 ; $v, v_{\text{в0}}$ - об'ємні витрати дуття і повітря, нм^3 ; α - температурний коефіцієнт об'ємного розширення газу, рівний $1/273 \text{ K}^{-1}$.

Використання інформації про $v_{\text{в0}} = 55,8 \delta p$ (δp - розрідження в нижній площині кесону, Па) дозволило отримати залежність (2) для визначення масової частки вуглецю у ванні в кінці продувки, так як при стабільній подачі димососної установки зі зменшенням витрат газів, які відходять, відбувається зменшення об'ємної щільності монохроматичного випромінення CO_2 та збільшення витрат ежектуючого повітря, відповідно і парів H_2O .

Вимірювання та ідентифікація тиску газів, які відходять дає можливість слідкувати за динамікою вигорання вуглецю у ванні, що дозволяє використовувати параметр для керування продувкою і визначення закінчення плавки на заданій частці вуглецю.

Економічний ефект системи управління конверторною плавкою досягається за рахунок випуску плавки по заданим маркам сталі, підвищення виходу придатного, покращення якості продукції, економії матеріалів, часу продувки, а також ефективності управління в результаті покращення інформаційного забезпечення АСУ ТП.

Реалізація динамічної моделі продувки дозволяє зменшити в середньому цикл плавки на 1 хв, зменшити вигар заліза на 0,1 %, знизити брак до 0,1 %.

* Керівник – к.т.н., асистент кафедри ФХОТМ НТУУ “КПІ” Жук С.В

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЛЕГУВАННЯ СТАЛІ РІДКИМ ФЕРОМАНГАНОМ

Кириченко Х.І. (ФС-81М)*

Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут»

Суттєві ресурси витрачаються при проведенні операцій легування сталі, що зв'язано з необхідністю додавання в сталь великої кількості дефіцитних і вартісних присадок, особливо при виплавці сталі у вагових печах. Актуальним є використання такого резерву економії добавок як отримання сталі з вмістом легуючих елементів на нижній границі їх концентрацій, що допускається марочним складом. Але це можливо тільки при забезпеченні гарантованої стабільності засвоєння легуючих і однорідного їх розподілення в сталі.

Досліджувався процес ковшового легування сталі манганом. Рідкий фероманган готувався в тиглі з магніто-динамічним насосом (МДН). Випуск плавки з печі здійснювався за 10 хв. Необхідна кількість Mn у складі феросплавів, вводилося в ківш під час випуску плавки. При подачі твердих сплавів в ківш угар Mn становив 10 – 20 %. Остаточне розкислення сталі проводилося в ковші (45 або 65 %) FeSi (0,8 або 0,6 т) і Al. Питома витрати Al для мало- і низьковуглецеві сталей становила 1,1 кг / т, вуглецевих – 0,5 кг / т. Метал для проб відбирався спеціальною ложкою з тигля або заливався в пробницю через зливний носок агрегату. Результати аналізу показали, що вигару Mn в агрегаті не відбувалося, а відхилення його концентрації від середнього вмісту за об'ємом розплаву не перевищувало 0,4 % мас. При суміщенні введення великих (1,5 т) доз рідких легуючих сплавів з періодом подачі в ківш розкислювачів угар Mn склав 3 – 5 %, а при подачі дози масою 1,1 т після введення розкислювачів угар Mn знизився до 1% (табл.).

Таблиця – Засвоєння мангану при ковшовому легуванні сталей рідкими сплавами, що подані із МДН-6Ф-3,0

Сталь, марка	Інтервал вмісту Mn		Маса дози сплаву, кг	Вміст мангану			Угар мангану, %	
	ГОСТ	% мас.		в печі, % мас.	в сплаві, кг	середнє на розливці, % мас.	Абсолютне значення	Відносне значення
ВСтЗсп	5521-76	0,40 – 0,65	1500	0,22	375	0,460	0,010	3
20	1050-88	0,35 – 0,65	2000	0,18	500	0,490	0,017	5
45	1050-88	0,50 – 0,80	1100	0,22	440	0,510	< 0,005	< 1
45Г2	4543-71	1,40 – 1,80	2400	0,28	1800	1,445	0,035	3

*Керівник- професор кафедри фізико-хімічних основ технології металів Богушевський В.С.

Отриманий угар Mn був значно менше (в 2 – 3 рази), ніж при обробці сталі твердим FeMn.

Аналіз проб сталі з відносно низьким вмістом Mn (< 0,50 % мас.), що взяті на початку, середині й наприкінці розливання плавки, показав однорідний розподіл Mn (відхилення від середнього значення дорівнювало похибці вимірювання 0,005 % мас.). При збільшенні концентрації легуючого елемента відхилення від середнього значення зростало, але не перевищило 0,015 % мас. при вмісті Mn 1,5 % мас. Такі відхилення концентрації в обсязі сталі були на порядок менше, ніж наведені в роботах з використанням рідких феросплавів для ковшового легування сталі.

Отримані результати по засвоєнню і розподілу легуючого елемента в обсязі всієї плавки дозволили отримати метал із вмістом Mn біля нижньої межі інтервалу необхідного по ГОСТ. Так, у сталі 45, в якій регламентують вміст Mn в діапазоні 0,50 – 0,80 % мас., отримано $0,51 \pm 0,01\%$ мас., а в сталі 45Г2 при необхідній концентрації 1,40 – 1,80 % мас. забезпечено отримання $1,445 \pm 0,015\%$ мас. Mn. При цьому механічні властивості сталей відповідали вимогам ГОСТ, а їх стабільність в обсязі плавки перевершувала показники, що характеризували метал легований твердими сплавами.

У зв'язку зі зниженням теплових втрат сталі в ковші на нагрів легуючих сплавів, що подаються в розплавленому стані, температура сталі на випуску з печі була знижена. Встановлено, що допустиме зниження температури сталі t на випуск з печі ємністю 150 т можна визначати за виразом $t = 15G_d$ (коефіцієнт G_d чисельно дорівнює масі рідкого легуючого сплаву в т). Крім того, встановлено, що зниження температури сталі від початкової до завершальної стадії розливання плавки на МЛНЗ, не перевищувало $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, що в 1,5 рази менше, ніж при легуванні сталі твердим FeMn. Це корелює з можливістю зниження температури сталі на $20 - 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ на випуску плавки з конвертора у випадку використання рідких феросплавів.

Промислове використання дослідженого способу легування сталі перспективно для забезпечення вмісту, перш за все дорогих і дефіцитних легуючих біля нижньої межі необхідної за ГОСТ їх концентрації в сталі, при скороченні витрати легуючих феросплавів і лігатур. Угар феросплавів при цьому зменшується в декілька раз.

Для приготування рідких феросплавів доцільно використовувати МДН-агрегати, що розміщуються безпосередньо поряд із зливним ковшем. Тривалість виготовлення необхідної кількості феросплавів сумірна з тривалістю плавки. При цьому можуть додатково використовуватися пальники.

Розвиток досліджень особливо перспективний в напрямках підвищення і стабілізації властивостей сталі, зокрема механічних, при мінімально допустимому вмісті легуючих елементів у сталі.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ПЛАВКОГО ІНОКУЛЯТОРА З МЕТАЛЕВИМ РОЗПЛАВОМ ПРИ БЕЗПЕРЕРВНОМУ РОЗЛИВАННІ СТАЛІ

Оруджов Р.П. (ME-02-10) *
Національна металургійна академія України

Доповідь присвячена вирішенню задачі плавлення залізного порошку змішаного гранулометричного складу, розв'язання якої неможливе у лабораторних або промислових умовах через значну швидкоплинність та екстремальні температури процесу. Розроблений алгоритм дозволив дослідити процес теплообміну між мікроскопічними часточками порошку та рідким розплавом, а також визначити раціональну витрату та гранулометричний склад залізного порошку для умов безперервного розливання сталі низьковуглецевих марок.

Об'ємна кристалізація металевого розплаву, яка ініційована присутністю в об'ємі металу зародків твердої фази, дозволяє вирішити проблему утворення хімічної і структурної неоднорідності, що виникає в процесі кристалізації рідкого металевого розплаву, а також збільшити продуктивність машини безперервного лиття, яка традиційно лімітується внутрішнім тепловим опором заготовки. В умовах безперервного розливання сталі найбільш технологічно виправданим є застосування у якості інокулятора (порошкового мікрохолодильника) у формі залізного порошку марки ПЖР3.450.26, що відповідно до ДСТУ 9849-86 "Порошок залізний" поставляється з потрібним гранулометричним складом. Введення його в рідку сталь призводить до нерівномірної зміни теплофізичних параметрів останньої внаслідок поступового плавлення різних фракцій порошку, що, відповідно, впливає й на імовірність існування та росту центрів кристалізації.

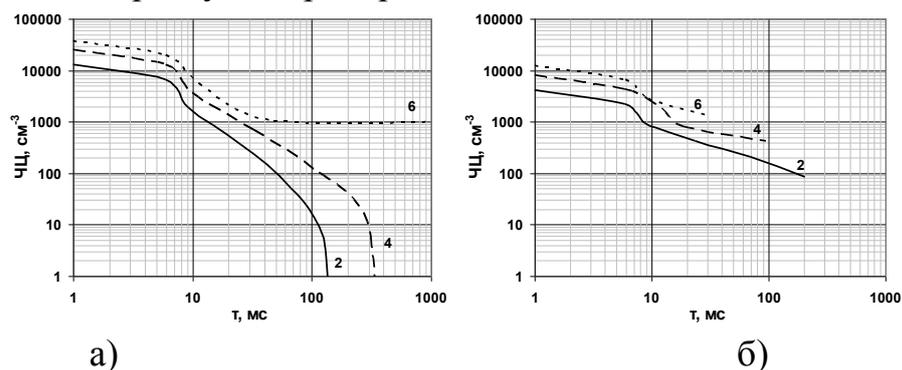


Рисунок - Динаміка зміни числа центрів кристалізації (ЧЦ) при обробці залізним порошком марок: а) ПЖР3.200.26; б) ПЖР3.450.26 (цифри біля кривих – витрата залізного порошку, кг/т сталі)

*Научный руководитель – д.т.н., зав. кафедрой металлургии стали Бойченко Б.М

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ФУТЕРОВКИ СТАЛЕРАЗЛИВОЧНОГО КОВША ВО ВРЕМЯ РАЗЛИВКИ НА МНЛЗ

К.А. Сидоров (*МЧМ-13бм*) *

Донецкий национальный технический университет

Основная проблема опорожнения сталеразливочного ковша при серийной разливке на МНЛЗ состоит в том, что уровень стали опускается довольно медленно. В связи с этим во время разливки по сечению футеровки создается достаточно сильный градиент температур, и разница между верхней частью ковша и его днищем может составлять около 50-70⁰С. Целью данной работы является исследование влияния такого перепада температур на поведение футеровки сталеразливочного ковша.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод что, исследования процессов, которые происходят в сталеразливочном ковше при разливке на МНЛЗ, являются весьма актуальными, так как это позволит понять, какими еще факторами можно управлять для увеличения стойкости футеровки.

Важно отметить то, что скорость опустошения первого ковша в серии и всех последующих различная. Это обусловлено тем, что выпуск из первого ковша начинается на максимально возможной скорости, что бы заполнить промежуточный ковш до необходимого уровня. А после скорость выпуска из сталеразливочного ковша сравнивают со скоростью разливки, так что бы уровень металла в промковше оставался постоянным.

Произведя расчет времени опустошения первого и последующих 300 тонных ковшей, при условиях разливки на сортовой машине с 5-ю ручьями, и скоростью разливки 5 м/мин, получаем следующие данные.

Время разливки первого ковша в серии составляет 64 минуты, время опустошения последующих составляет 69-70 минут. Соответственно можно сделать вывод, что перепад температур в первом ковше будет меньше, чем в последующих. Если принять, что футеровка, не контактирующая со сталью, охлаждается с постоянной скоростью 1,2 ⁰С/мин, то можно построить график зависимости разницы температуры от времени разливки (рисунок).

Из графика видно, что при разливке первого ковша время опустошения которого составляет 64 минуты, разница температур будет составлять около 77⁰С, соответственно, чем дольше длится разливка, тем больше перепад.

В результате исследования поведения футеровки сталеразливочного ковша во время разливки стали на МНЛЗ были определены главные факторы, которые влияют на ее стойкость. Прежде всего, это время опорожнения ковша, которое может быть различным для разных плавок в серии и изменяется в довольно широких пределах. Так же определяющим фактором является взаимодействие шлака и футеровки при уменьшении уровня металла, которое, в

*Научный руководитель к.т.н., доцент кафедры М.С. Штепен Е.В.

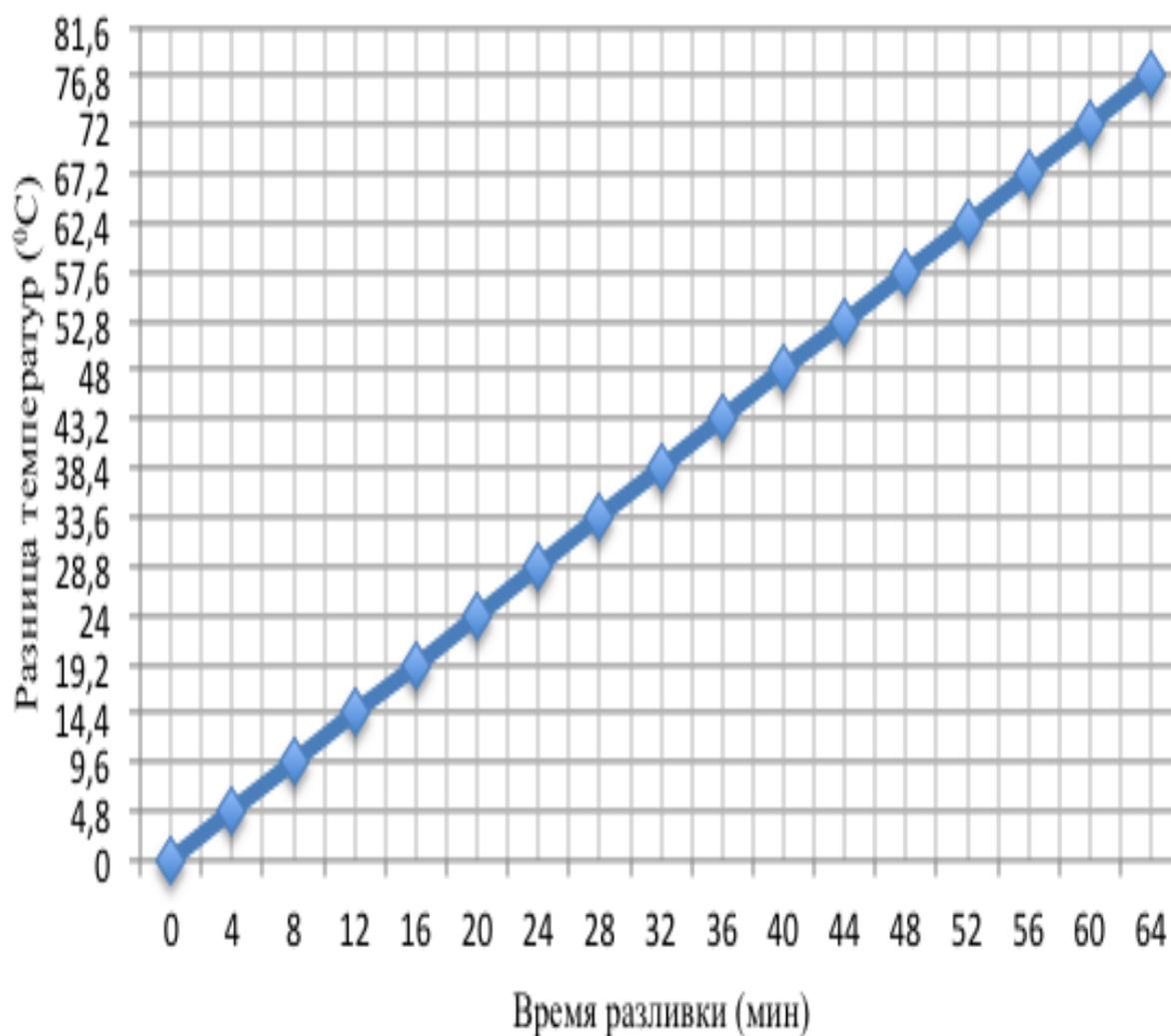


Рисунок – График зависимости разницы температур от времени разливки

большинстве случаев, негативно влияет на функционирование огнеупоров.

Однако, при корректировании химического состава шлака можно, наоборот, добиться повышения срока службы футеровки посредством образования защитного слоя на поверхности огнеупоров. Это позволит усовершенствовать технологию формирования глазури, и поможет найти методы уменьшения температурного градиента.

ПРИБОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАЗОВЫХ СТРУЙ

Тиминский С. А. (МЧМ-106)*

Донецкий национальный технический университет

Внепечная обработка стали путем продувки ее инертным или активным газом является неотъемлемой частью современной технологии. От эффективности взаимодействия струи газа и металла зависят качественные показатели стали и производительность внепечной обработки. Поэтому оптимизация взаимодействия газовых струй с металлическим расплавом является актуальной задачей. Колонны с распределительным коллектором 4. Коллектор предназначен для равномерного распределения газа между продувочными устройствами. При проведении исследования датчик акустических колебаний устанавливается в средней части колонны.

Подготовка установки к работе включает создание давления в коллекторе, препятствующего попаданию в него воды. Заполнение колонны водой до заданного объема. Соединение верхнего и нижнего фланца обеспечивают оперативную смену продувочных устройств. Прибор для исследования акустических свойств струи (рис.) состоит из колонны 1, изготовленной из прозрачного органического стекла. Ее рабочий объем составляет 1,5 дм³. Верхний фланец 2 предназначен для соединения.

Прибор для исследования акустических свойств струи (рис.) состоит из колонны 1, изготовленной из прозрачного органического стекла. Ее рабочий объем составляет 1,5 дм³. Верхний фланец 2 предназначен для соединения.

Испытания показали что изменение расхода газа для продувки влияет на амплитуду регистрируемых колебаний и спектральный состав частотного диапазона процесса продувки.

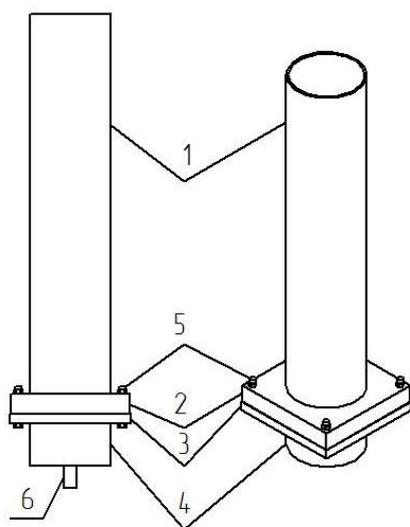


Рисунок - Установка для исследования акустических свойств струи

- 1 – Колонна установки
- 2 – Верхний фланец колонны
- 3 – Нижний фланец колонны
- 4 – Распределительный коллектор
- 5 – Крепежные болты
- 6 – Штуцер для подвода газа¹

¹ Научный руководитель – к.т.н., доцент кафедры металлургия стали Лебедев Е. Н

КОНТРОЛЬ СКОРОСТИ ОБЕЗУГЛЕРОЖИВАНИЯ ВАННЫ КОНВЕРТЕРА

Вовк В.В. (ФС-01)*

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

Известен ряд методов контроля скорости обезуглероживания в процессе продувки кислородом металла в сталеплавильном агрегате. Наиболее распространенным из них является метод контроля химического состава отходящих из конвертера газов. При всей теоретической простоте метода при реализации его возникают проблемы как точного измерения количества отходящих газов в месте отбора их на анализ, так и временного согласования результатов измерения состава и количества газов.

Нами исследован способ контроля скорости обезуглероживания, основанный на измерении электропроводности ядра потока отходящих газов в двух точках потока и температуры отходящего газа. При этом

$$v_c = \frac{kSL}{Gb(\tau)\Delta\tau T}, \quad (1)$$

где v_c – скорость обезуглероживания, %/мин; k – коэффициент пропорциональности, для конвертера 160-т равный 14,633; S – площадь поперечного сечения газохода, m^2 ; G – садка конвертера, т; τ – продолжительность продувки, мин; T – температура газа, К; $\Delta\tau$ – интервал времени прохождения газом расстояния L , м, между точками измерения, мин; $b(\tau)$ – коэффициент угара металла, определяется технологическими особенностями процесса. Для условий продувки 160-т конвертера при продувке через 4-х сопловую фурму с углом наклона сопел к вертикали 20°

$$b(\tau) = 1 - b'(\tau), \quad (2)$$

где $b' = 0,005 \text{ мин}^{-1}$.

$\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1$ находится из условия максимума взаимно корреляционной

функции $R(\tau)$

$$R(\tau) = \frac{1}{T_\phi} \int_{\tau_1}^{\tau_2} \sigma_1(\tau)\sigma_2(\tau - \Delta\tau)d\tau, \quad (3)$$

где T_ϕ – время усреднения, σ_1, σ_2 – проводимость газового промежутка между электродами каждой пары в точках 1 и 2 соответственно.

Последовательная регистрация движущейся неоднородности электропроводности в двух точках, расположенных вдоль потока на расстоянии L позволяет определить его скорость $L/\Delta\tau$ в ядре.

Уверенное определение $\Delta\tau$ корреляционным методом (3) возможно при $L = 0,4 - 0,6$ м.

*Научный руководитель – профессор кафедры физико-химических основ технологии металлов Богушевский В.С.

ТЕХНОЛОГИЯ НАУГЛЕРОЖИВАНИЯ СТАЛЬНОЙ ВАННЫ УГЛЕРОДКАРБИДОКРЕМНИЕВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Купчак А.А. (группа МЕ-04-09м)*

Национальная металлургическая академия Украины (г. Днепропетровск)

Процессы науглероживания стальной ванны в период плавления металлозавалки и обезуглероживания ее в окислительный период плавки являются составной частью технологии выплавки стали в электрических печах. Для науглероживания стальной ванны применяют передельный чугун, доля которого в металлозавалке составляет 5-25%. В связи с постоянным повышением уровня цен на чугун ведутся исследования по разработке и применению нетрадиционных видов науглероживателей. Нарастание объемов производства электростали усиливает актуальность разработок по сокращению расхода чугуна путем использования новых видов науглероживателей с вовлечением вторичных материалов смежных производств и техногенных месторождений. Хорошее зарекомендовали себя при выплавке стали материалы содержащие углерод и карбид кремния. Перспективными шихтовыми компонентами, при выплавке стали взамен передельного чугуна, могут быть вторичные углеродкарбидкремниевые материалы, образующиеся при производстве абразивного карбида кремния на ПАО «Запорожский абразивный комбинат» (ЗАК) и в процессе графитации угольных изделий на ПАО «Укрграфит».

Разработан и успешно используется в технологии выплавки стали «карбюризатор», представляющий собой углеродкарбидокремниевый вторичный материал, сбрикетированный на цементной связке. Этот карбюризатор содержит свободный углерод (62-72%), карбид кремния (2-7%), оксиды (25-30%) и цементную связку (10-15% свыше 100% основных компонентов). Проведенные ранее широкомасштабные опытно-промышленные эксперименты по применению углеродкарбидкремниевых брикетов на цементной связке (CSiC-брикеты) при выплавке высокомарганцевой стали 110Г13Л для отливок железнодорожных крестовин, стали 20ГЛ и 20ГФЛ для отливок элементов тележек вагонов МПС.

Сталь марок 20ГЛ и 20ГФЛ широко используется для отливок различного функционального назначения, в том числе и элементов подвижного состава железнодорожного транспорта. По действующей технологии стали 20ГЛ и 20ГФЛ выплавляют в электропечах основным процессом на свежей шихте, используя в качестве науглероживателя чугун. Опытно-промышленное освоение выплавки стали 20ГЛ и 20ГФЛ проводили в электропечи вместимостью 25 т с полной заменой чугуна CSiC-брикетами. Масса металлозавалки в опытных плавках стали составила 27,5 т и 210 кг CSiC-брикетов. После полного расплавления металлозавалки ванна содержала, %:

* Научный руководитель - к.т.н., доцент кафедры эл. металлургии НМетАУ Деревянко И.В.

0,76 С; 0,3 Мn; 0,036 Р; 0,058 S; 0,09 Cr; 0,08 Ni и 0,26 Cu, по технологической инструкции содержание углерода по расплавлению должно быть не менее 0,5%.

Термически обработанные отливки (нормализация) из стали 20ГЛ раскисленной алюминием, имели мелкозернистую феррито-перлитную микроструктуру с зерном № 7-8 с выделением перлита по межплоскостному пространству дендритов. Механические свойства отливок полностью удовлетворяли требованиям нормативных документов. Неметаллические включения имели округлую форму и были обособлены в виде скоплений отдельных выделений, прерывистых цепочек. Химический состав неметаллических включений определяли на рентгеноспектральном микроанализаторе с энергодисперсионной приставкой РЭММА 101А (рис.1).

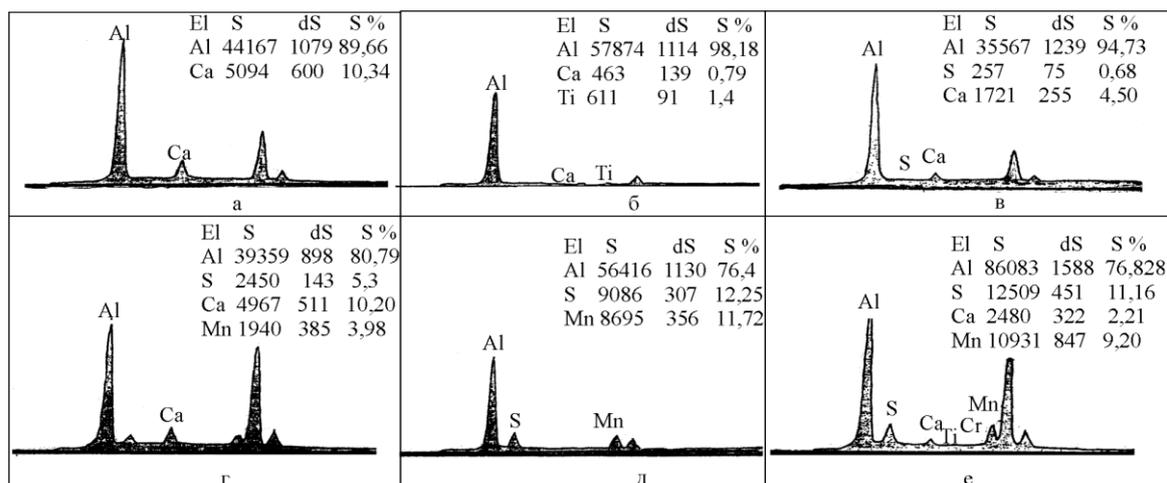


Рис. 1. Спектрограммы микрозондирования неметаллических включений в опытной стали (а, б, в – 20ГЛ; г,д,е – 20ГФЛ)

Анализ результатов микрозондирования неметаллических включений показывает, что химические составы разных видов включений существенно различаются. В первую очередь необходимо выделить сульфидные включения, содержащие разные количества Mn и S (53% Mn и 46,6% S), Mn, S и Fe (45% Mn, 14,7% Fe, 39,9% S). Между содержанием серы и марганца в составе включений установлена четкая взаимосвязь, которая описывается выражением:

$$(\%S)_{н.в.} = 0,8692 [\%Mn] - 1,0692.$$

Вторая группа включений представлена оксисульфидами (40% Mn; 13,7% Fe; 7,8% Al и 35,5% S), третья – скоплениями алюмосиликатов кальция и сульфидов марганца (82,5% Al; 3,8% Si; 3,1% Ca; 4,4% Mn и 3,9% S). Выявлены также включения корунда и кремнезема.

Таким образом, анализ особенностей разработанной и освоенной технологии выплавки электростали 20ГЛ и 20ГФЛ, качества микроструктуры отливок составов неметаллических включений и механических свойств отливок подтверждают целесообразность замены передельного чугуна CSiC-брикетами

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ШЛАКОВОГО ПРОНИКНОВЕНИЯ В МАТРИЦУ ОГНЕУПОРА

Рябый Д.В. (МЧМ-13бм)*

Донецкий национальный технический университет

Ввиду ужесточения конкурентной борьбы на мировом рынке металлопродукции, остро стал вопрос о снижении удельных затрат на производство стали. В данной тенденции наблюдается активное развитие ресурсосберегающих технологий, направленных на снижение удельных затрат.

Одним из самых значимых статей затрат при производстве стали является огнеупорная футеровка сталеразливочных ковшей. В настоящее время на футеровку сталеразливочных ковшей, расходуется 25–35% всех огнеупоров, используемых на металлургических заводах. В шлаковом поясе, где используются периклазоуглеродистые изделия, происходит особенно сильный износ, ограничивающий рабочий цикл всего ковша. Основным механизмом износа шлакового пояса футеровки является химическая коррозия в результате перемешивания ванны жидкой стали.

В центре внимания данной работы находятся механизмы шлакового проникновения в матрицу огнеупора. Характер проникновения шлакового расплава в матрицу огнеупора можно разделить на два типа: простое просачивание через открытую пористость без химической реакции и проникновение плюс химическая реакция. Для контактной коррозии характерно растворение твердого тела в жидкости с отсутствием промежуточной твердой фазы, что свидетельствует об активной коррозии. В результате неконтактной коррозии образуется одна или несколько новых твердых фаз на исходной границе раздела твердое тело–жидкость, что ведет к пассивной коррозии.

Капилляры, такие как открытые поры и микротрещины, являются главными каналами начального шлакового проникновения в огнеупорный материал. Основными причинами образования пор в огнеупоре является обезуглероживание (коксование связки) вследствие сушки и разогрева ковша.

Для изучения характера образования пор, подготовленные образцы (рис. 1 а), нагревали и выдерживали при температуре 1600 в течение 30, 45, 60, 120 минут (рисунок 1 б). Коксование связки представлено на рисунке 1 в.

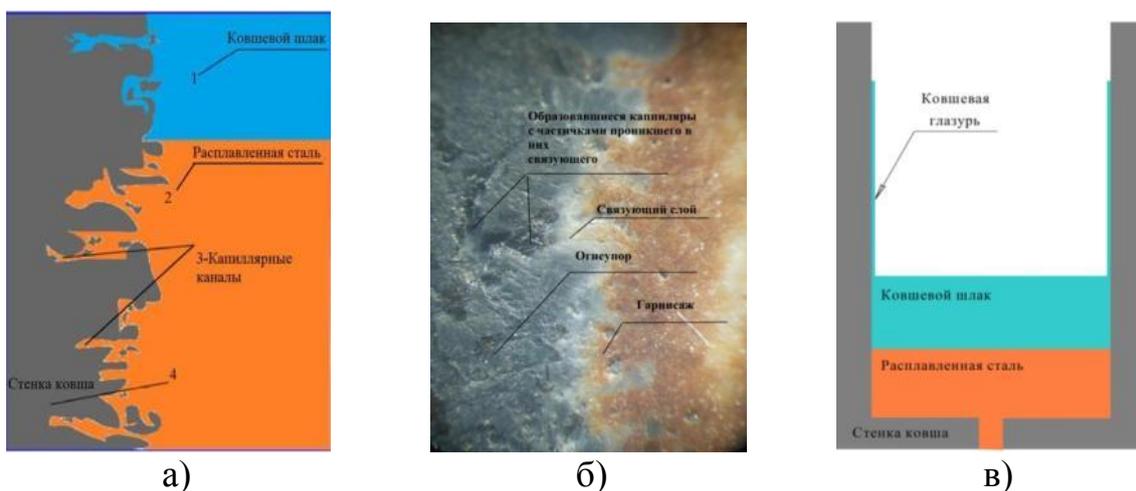
Установлено, что увеличение времени выдержки огнеупоров приводит к увеличению количества пор и росту потери массы. Расплавы, содержащиеся в огнеупорах, перемещаются вследствие разности температур. Таким образом, большое количество жидкости, возникающее в рабочем слое футеровки, движется по капиллярным каналам изделий (рис. 2 а). Жидкая фаза, включающая компоненты, поступившие из расплавленного металла и шлака, проникает по порам сквозь рабочий слой изделия, оплавляет изделия и насыщает их.

Научный руководитель – д.т.н., профессор кафедры МС Смирнов А. Н.



Рисунок 1 – Результат исследований образования пор в теле огнеупора.

Ограничению шлакового проникновения и коррозии способствует образования внешних отложений–образований пассивных покрытий (рис. 2 б). На основании этого рассмотрим механизм образования ковшевой глазури в качестве повышения стойкости футеровки. Во время процесса разливки плавки на МНЛЗ, верхний слой шлака «придерживается» футеровки ковша. Поскольку уровень стали идет вниз, на стенках образуется тонкий слой шлака так называемая «глазурь» (рис. 2 в).

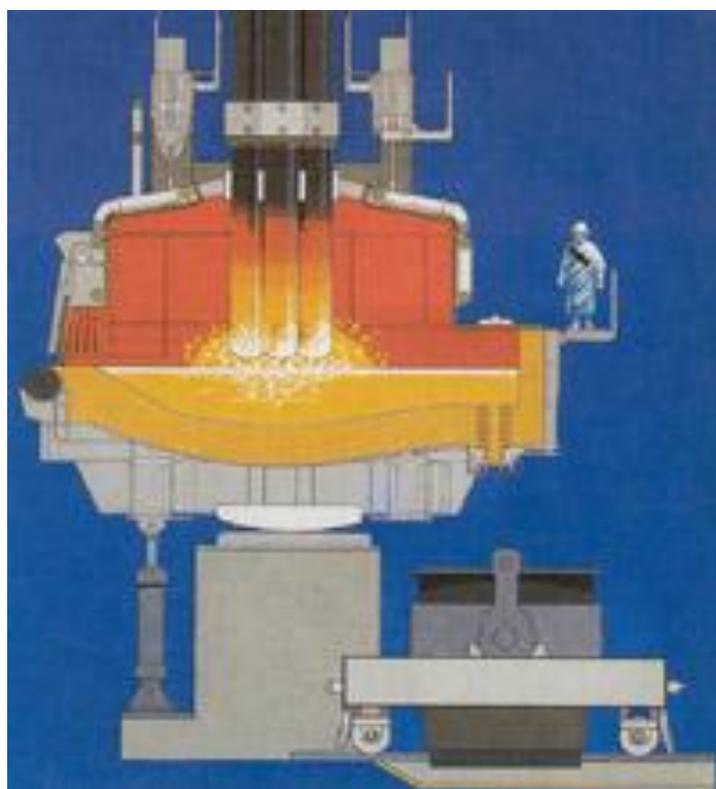


а) – Проникновение жидких продуктов в тело огнеупорного образца; б) – Схема проникновения стали и шлака в капиллярные каналы; в) – образование ковшевой глазури.

Рисунок 2 – Механизм проникновения жидкой фазы по капиллярным каналам и открытым порам в огнеупорную футеровку.

Образование глазури способствует увеличению сопротивления огнеупора на размыв металлом и шлаком, что позволяет повысить стойкость футеровки сталеразливочного ковша на 8-10%, за счет уменьшения явления вторичного окисления огнеупора, при контакте с окислительной атмосферой. Метод ковшевой глазури позволяет использовать пассивную коррозию для образования плотного MgO слоя на поверхности огнеупора, который в дальнейшем будет способствовать снижению общей скорости коррозии.

ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЯ И СПЕЦИАЛЬНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ



РАФИНИРОВАНИЕ ТИТАНА ПРИ КАМЕРНОМ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОМ ПЕРЕПЛАВЕ

Ластовиченко Д.А. (МЧМ-136м)*

Донецкий национальный технический университет

С точки зрения рафинирования металлов и сплавов одним из эффективных процессов специальной электрометаллургии является камерный электрошлаковый переплав. Основой рафинирования является использование специальных флюсов и контролируемая атмосфера. Применение фторидных флюсов с добавлением щелочноземельных и щелочных металлов (кальций, барий, магний и др.) позволяет эффективно рафинировать металл от газов (кислород, азот), а также от серы и фосфора, и неметаллических включений.

Эффективным является применение данного процесса для рафинирования и легирования титана.

В данной работе приведены результаты экспериментов камерного электрошлакового переплава титановой губки под различными флюсами. Electroды диаметром 45 мм, и длиной 600 мм переплавляли в кристаллизаторе диаметром 70 мм. Переплав осуществляли под флюсом из чистого CaF_2 (сравнительная плавка), $\text{CaF}_2+3\%\text{Ca}$ и $\text{CaF}_2+2,5\%\text{Ca}+16,7\%\text{Na}_3\text{AlF}_6$. Режимы переплава $U=37\text{В}$, $I=2\text{кА}$. Флюс расплавляли в кристаллизаторе, используя технологию твердого старта. В результате получили слитки, представленные на рисунке.



а - CaF_2 ; б - $\text{CaF}_2+3\%\text{Ca}$; в - $\text{CaF}_2+2,5\%\text{Ca}+16,7\%\text{Na}_3\text{AlF}_6$

Рисунок 1 – Общий вид полученных слитков

*Руководитель – д.т.н., профессор кафедры ЭМ Рябцев А.Д.

Следует отметить, что наилучшее качество поверхности слитка получено при переплаве под фтористым кальцием (рис.1а). Добавки металлического Са несколько ухудшают электрический режим, что приводит к ухудшению поверхности слитка (рис.1б). Добавки же криолита (Na_3AlF_6) приводит к еще большей дестабилизации электрического режима (рис.1в). Процесс переплава переходит из режима сопротивления практически в дуговой, в результате чего в головной части слитка образовывается шлако-металлическая корона аналогичная процессу вакуумно-дугового переплава.

Результаты химического анализа исходного и полученного металла приведены в таблице.

Таблица – Химический анализ полученных слитков.

Плавка, №	Состав, %		
	С	О	N
Исходный металл	0,03	0,04	0,02
1	0,019	0,09	0,013
2	0,13	0,1	0,021
3	0,009	0,1	0,006

Как видно (табл.), рафинирование от кислорода и азота наблюдается при совместном использовании флюса – фтористого кальция, металлического кальция и криолита. Рафинирование титана от кислорода не наблюдается в опробованных вариантах. Полученные результаты свидетельствуют о возможности рафинирования титана при камерном электрошлаковом переплаве.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА ПРИСАДОК ПЛАВИКОВОГО ШПАТА ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ ЗАГОТТОВОК КОЛЕСНОЙ СТАЛИ

Манько Д.В. (МЕ04-09)*

Национальная металлургическая академия Украины

Одной из целевых задач внепечной обработки является десульфурация металла шлаковыми расплавами на основе оксиднофторидной системы CaO-CaF_2 .

Диаграмма плавкости системы CaO-CaF_2 свидетельствует о существовании при температурах сталеплавильного процесса ($\leq 1600^\circ\text{C}$) гомогенного шлакового расплава при весовом соотношении CaO/CaF_2 равном 3:1. Указанное содержание компонентов обеспечивают фазовый состав оксиднофторидного расплава, приближающийся к температурным условиям формирования эвтектики в системе CaO-CaF_2 ($t_{\text{пл}} = 1360^\circ\text{C}$, при 80% мол. CaF_2).

При сравнении термодинамических характеристик системы $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$, также используемой в качестве десульфураторной шлаковой системы и шлакового расплава системы CaO-CaF_2 менее энергозатратным для формирования шлаковой рафинирующей системы является применение плавикового шпата с энтальпией плавления $\Delta H_{\text{пл}}$ равной 30 кДж/моль против 117,15 кДж/моль для Al_2O_3 . В результате взаимодействия шлака с огнеупорами футеровки ковша, частично окисления легирующих, базовый состав шлака системы CaO-CaF_2 трансформируется в многокомпонентную оксиднофторидкальциевую систему $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaF}_2$.

Установлено неоднозначное влияние добавок CaF_2 к составам указанной системы: наличие CaF_2 в количестве до 1,5% способствует минералообразованию первичных шлаков, превышение же содержаний CaF_2 более 5% не только приводит к снижению на $70\text{-}120^\circ\text{C}$ температуры точек инвариантных равновесий, но и смещает поля кристаллизации геленита $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ к стороне $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaF}_2$ концентрационного треугольника, уменьшает поля устойчивости метасиликата кальция $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, ранкинита $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$ и анортита $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$.

В условиях МЗ «Днепросталь» проведены две опытные плавки электростали марки 2 (ГОСТ 10791-2011) по действующей технологии выплавки металла-полупродукта в печи ДСП-190 с внепечной обработкой 160 т металла на УКП и вакуумированием. Отличие опытных плавов от плавов действующей технологии состояло в присадке плавикового шпата (~ 1 кг на плавку) в сталеразливочный ковш по ходу выпуска металла-полупродукта из

*Научный руководитель к.т.н., доцент кафедры электрометаллургии Горобец А.П.

печи, но не после обработки на УКП.

Содержание CaF_2 в рафинировочных шлаках внепечной обработки при проведении опытных плавков составило 3%. В результате изменения режима присадок плавикового шпата, несмотря на увеличение массы рафинировочного шлака на УКП на 37% в сравнении с показателями действующей технологии, достигнуто снижение на 34% удельного расхода электроэнергии на стадии УКП с 43,7 до 28,7 кВт·ч/т (табл.).

Таблица Технологические показатели этапов внепечной обработки колесной стали марки 2 на УКП

Этапы внепечной обработки					Итоговые показатели этапов А и Б				Вес шлака · т
Формирование шлака (А)		Легирование металла (Б)			Длительность, мин.:сек.	Длительность - ность работы под током	Расход электро - энергии кВт·ч		
Длительность, мин.:сек.	Расход электро - энергии	Длительность, мин.:сек.		Расход электро - энергии					
Этап А		Работа под током	Этап Б		Работа под током				
<u>Действующая технология, плавка № 1134863</u>									
25:03	10:07	3430	29:00	10:14	3620	54:02	20:21	7050	2,71
<u>Опытная плавка № 1134865</u>									
5:06	3:09	1140	40:24	10:59	3520	47:49	14:08	4660	3,73
<u>Опытная плавка № 1134867</u>									
8:56	3:00	1060	46:41	13:06	3460	55:37	16:06	4520	3,76

Как следует из данных таблицы, значительный вклад в снижение энергетических затрат создается на стадии формирования шлака, что приводит к снижению общей длительности работы УКП под током.

Достигнутое снижение удельного расхода электроэнергии объясняется формированием гомогенного шлака уже на стадии выпуска металла-продукта из печи за счет присадки плавикового шпата, обеспечивающего растворение и ассимиляцию извести шлаковым расплавом системы $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-SiO}_2\text{-CaF}_2$.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПЕРЕВЕДЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ШЛАКУ В ГАЗОВУ ФАЗУ ПІД ЧАС ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ПЛАВКИ НЕФЕЛІНОВИХ СІЄНІТІВ

Погорелов А. Є. (МЧМ-12в)*

Донецький національний технічний університет

Метою даного дослідження була оцінка можливості корегування співвідношення $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ у шлаку під час відновлювальної плавки за рахунок переведення кремнію в газову фазу, як підґрунтя для створення технології виробництва феросилікоалюмінію на основі технології електротермічної відновлювальної плавки з використанням нефелінових сієнітів у якості основної сировини.

Можливість переведення SiO_2 у газову фазу залежить від термодинамічних параметрів системи. Ми припустили, що SiO_2 і Al_2O_3 є чистими речовинами і не взаємодіють між собою, тоді випаровування кремнезему і глинозему залежить від парціальних тисків над цими речовинами. Розрахунки показали, що загальний тиск над SiO_2 більший на всьому температурному інтервалі приблизно на 3 порядки.

Для підтвердження теоретичних положень нами було проведено дві відновлювальні плавки нефелінового сієніту. Перша плавка проведена у звичайному електродуговому режимі роботи печі. Друга – з подачею аргону через полий графітовий електрод (наближена за умовами до плазмово-дугової плавки). При цьому істотного розвитку набуло утворення газоподібного SiO . Густі білі пари інтенсивно виділялися і осідали на електроді та корпусі печі.



Рисунок - Кришка печі з нальотом кремнезему після плазмово-дугової плавки

Перелічені нами факти та розрахунки доводять можливість корегування співвідношення $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ у шлаку під час відновлювальної плавки за рахунок переведення кремнію в газову фазу.

* Керівник - к. т. н., доцент кафедри «Електрометалургія» Костецький Ю. В

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО ПОЛОГО СЛИТКА

Тохташ А.Д. (МЧМ-136), Явтушенко П.М.*
Донецкий национальный технический университет

Технология производства осесимметричных изделий больших диаметров и длинны из полых слитков с плотным и однородным строением металла по сечению стенки, без каких либо дефектов усадочного, ликвационного и другого происхождения имеет следующие преимущества перед их производством из сплошных слитков:

- Позволяет уменьшать массу слитка на 25...30%, за счет исключения операции по удалению центральной дефектной зоны, а также уменьшения прибыльной части;
- Исключаются трудоемкие технологические операции;
- Сокращается трудоемкость, цикл изготовления (до 3 раз), а значит, и стоимость продукции;
- Значительно уменьшается: расход топлива и энергоресурсов, а также выделение CO₂ (до 50%).

Эффективность применения качественных полых слитков можно продемонстрировать на примере изготовления некоторых элементов оборудования АЭС. Только при изготовлении одного корпуса реактора из полых слитков АЭС – 2006 достигается экономия металла 220...250 т (min) дорогостоящей реактивной стали. Дополнительную экономию металла ~ 100...120 т получают при использовании качественных полых слитков для изготовления обечаек парогенераторов. И все это – без учета других статей экономии, связанных с исключением их технологической цепочки ряда кузнечно – процессовых операций, экономии энергоресурсов и снижения угара металла.

На рисунке 1 схематически изображен техпроцесс изготовления поковок из сплошного и полого слитков, демонстрирующий преимущества последнего варианта, который позволяет обойтись без таких трудоемких операций, как биллетировка, вырубка блока, осадка и прошивка кузнечной заготовки.

Требуемый уровень качества конечных изделий, изготовленных из поковок полых слитков, можно достичь, в первую очередь, за счет высокой исходной плотности и однородности литого металла полого слитка, что становится возможным только при отсутствии по его сечению V – образных нарушений сплошности, образованных усадочными, ликвационными и другими дефектами, характерными для осевых зон сплошных слитков.

Анализ отечественного и зарубежного опыта производства полых слитков за последние 50...60 лет, а также современных достижений в этой области, представленных в 2011 году в США на 18-й Международной встрече

*Научный руководитель – д.т.н., профессор кафедры электрометаллургии Троянский А.А.

производителей поковок для ядерной, энергетической, нефтехимической и других областей промышленности, показал, что технология изготовления полых слитков до сих пор базируется на ошибочных представлениях конца 1900 года о неизбежности поражения V – образными нарушениями сплошности металла, что определено, якобы особенностями процесса формирования кузнечных слитков. К сожалению, такая точка зрения присутствует и в некоторых современных публикациях.



Рисунок – преимущество технологии изготовления осесимметричных заготовок из полых слитков (б), по сравнению с их производством из сплошных слитков (а).

Исходя из этих устаревших представлений, начиная с 1950 года и по настоящее время, в отечественной и зарубежной практике производства полых слитков все технологические мероприятия были направлены на борьбу и удаление осевых V – образных нарушений сплошности металла из затвердевающих стенок слитка, а на разработку способов смещения этой дефектной зоны от внутренней поверхности слитка в его более безопасную центральную осевую область.

Для этого используют разные технологические приемы захолаживания внутренней поверхности слитка: с помощью сплошной толстостенной металлической обечайки – холодильника или установкой во внутренней центральной полости двойных цилиндрических стальных оправок, полость между которыми заполнена формовочной смесью, с элементами воздушно – водяного или иного охлаждения, а также их комбинации.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ ЗАСЫПОК СТАЛЕВЫПУСКНОГО ОТВЕРСТИЯ ЭРКЕРА ДУГОВОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ И ВОВЛЕЧЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЮ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ.

Ужвий А.В. (МЕ-904-09)*

Национальная металлургическая Академия Украины

В настоящее время ведутся исследования по использованию магнезиально-силикатного шлака, отхода от производства ферроникеля, в качестве засыпки эркерных отверстий при выпуске электростали из дуговой печи.

Большинство информации по составам материалов засыпок сталевыпускного отверстия эркера дуговой электросталеплавильной печи относится к сухим огнеупорным массам разных марок. (табл. 1)

Таблица 1. — Химические составы магнезиально-силикатных материалов, используемых для засыпки сталевыпускного отверстия эркера .

Тип	Марка продукта	Массовая доля, %					
		MgO	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO
MgO — SiO ₂ — Fe ₂ O ₃	Стартовая смесь LEV 5	min 50	max 2	-	max 8	min 30	max 2
MgO — SiO ₂	OLIVIA FILL НА ОСНОВЕ ОЛИВИНА	47,2				42,1	
MgO — SiO ₂ — Fe ₂ O ₃	THERAMER FILL 226 ПРОИЗВЕДЕНА ИЗ ОЛИВИНА	48,3	0,5	7,4		42,4	
MgO — SiO ₂ — (Fe ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃)	OLIVIN	45-51	1,8-2	0,6	7-8	40- 45	0,6
MgO — SiO ₂ — Fe ₂ O ₃	DALPOR QPFO- 40/GLC	60,75	1,88	-	5,36	25,78	1,89
MgO — SiO ₂ — Fe ₂ O ₃	INTERFULL CR 33C	В качестве сырья используются MgO и MgO.SiO ₂ (периклаз и оливин).					
MgO — SiO ₂ — Fe ₂ O ₃	SCHIEBERSAND CR 33 C	В качестве сырья используются MgO и MgO.SiO ₂ (периклаз и оливин).					
MgO —	Смесь стартовая для	46,0			11,0	35,0	1,0

* Научный руководитель: ассистент кафедры электрометаллургии Цветков И.В.

SiO ₂ — Fe ₂ O ₃	электropечи «ССЭП-1»					
MgO — SiO ₂ — Fe ₂ O ₃	СС-46-Э	Основной составляющей (99-100%) является дунит. Не менее 46% MgO				

Материалы засыпок по данным литературных источников и сертификатов имеет следующий зерновой состав 0-6мм; 2-5мм с ограничением фракции 0-2мм. Определенный рассевом фракционный состав для засыпки Magnofill BT 2-5 приведен ниже :

Фракция, мм	5,0-7,0	3,0-5,0	1,5-3	1-1,5	0-1
%	9,8	8,1	61,6	19,3	1,2

С целью определения возможности использования техногенных магнезиально-силикатных материалов в качестве огнеупорных засыпок канала эркера проанализирован химический состав и диаграммы фазовых равновесий и плавкости оливинов и пироксенов в системе MgO-SiO₂-FeO.

Таблица 2. —Химический состав печного шлака выплавки богатого ферроникеля с использованием руды с магнезиальной пустой породой

SiO ₂	MgO	CaO	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
54,42	32,46	0,87	1,63	2,12

На основе анализа проведено сравнение состава используемых засыпок и техногенного шлака от выплавки ферроникеля установлена необходимость восстановления железосодержащих оксидов и части оксидов кремния с получением составов близких к минералу форстериту. Шлак выплавки ферроникеля наряду, с базовыми оксидами MgO и SiO₂, содержит 7-10% FeO в виде сложного силиката (Mg,Fe)SiO₃. С учетом анализа условий восстановления железа и кремния из шлака, термодинамических свойств силикатов, процесс обогащения расплава в общем виде может быть представлена реакцией $2(\text{MgSiO}_3) + 2\text{C} = (\text{Mg}_2\text{SiO}_4) + [\text{Si}] + 2\text{CO} - \Delta\text{H}$

С целью повышения термодинамических условий осуществления суммарной реакции и снижения потерь восстановленного кремния процесс обогащения магнезийно-силикатного расплава следует вести в присутствии металлической фазы железа, $2(\text{MgSiO}_3) + 2\text{C} + \text{Fe} = (\text{Mg}_2\text{SiO}_4) + [\text{Si}]_{\text{Fe}} + 2\text{CO}$.

В аспекте термодинамической эффективности, таким образом наиболее рационально получить наряду с форстеритовым материалом ферросилиций с 15-25%Si, при этом оптимизировав соотношение углерода и железа в шихте. При содержании кремния 13% ферросилиций обладает магнитными свойствами и появляется возможность удалять включения из зерна форстеритового материала магнитным методом.

С учетом наличия в Украине шлаков от выплавки ферроникеля результаты данной работы можно рассматривать как предпосылки для разработки технологии получения форстеритового материала пригодного для засыпок сталевого отверстия эркера дуговой электropечи

ПЛАЗМОВЕ РАФІНУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

Жердєв К.В., (ФС-01) *

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”

На сьогодні рафінування алюмінієвих сплавів вимагає до себе чималої уваги. Застосування чистого алюмінію, та алюмінієвих сплавів у промисловості набирає великих обсягів, що ставить вимоги до чистоти від домішок на новий рівень.

Технологічні процеси рафінування сплавів по характеристикам взаємодіючих з розплавом середовищ можна звести до обробки металу газами, твердими чи рідкими реагентами (шлаком, флюсом). Термодинамічний аналіз відповідних двофазних систем свідчить про можливість глибокого рафінування сплаву від неметалічних включень. Але в промислових умовах така можливість не завжди реалізується. Це пов'язано з різним складом сплаву і концентрацією у ньому шкідливих домішок, способом і межею їх видалення, та чи не саме головне, з часовою обмеженістю процесів обробки, через зниження температури розплаву.

Вирішити цю проблему дозволяє обробка металу з використанням високотемпературних середовищ, у тому числі – низькотемпературною плазмою.

Найбільш дієвих результатів можна досягти використовуючи плазмотрони глибинного типу, з зануренням у метал. Це дозволяє вирішити ряд проблем пов'язаних з процесами рафінування алюмінію. Використання саме глибинних плазмотронів дозволяє проводити рафінування у газовій фазі, яка утворюється безпосередньо у глибині ковша, при ковшовій обробці, та зануренню плазмотрону на 2/3 глибини ванни.

Забезпечити зменшення руйнування футерівки ковша та склепіння та зменшення витрат тепла, так як більшість тепла при поверхневій плазмовій обробці витрачається через випромінення. У цьому випадку кількість тепла, втраченого через випромінення зменшується до мінімуму. Використання заглиблення високотемпературних газів дозволяє зменшити до мінімуму кількість мертвих зон при ковшовій обробці і задовільне перемішування розплаву.

Таким чином, використання глибинної плазмової обробки позитивно впливає на якість алюмінієвих сплавів, зменшення неметалевих включень і покращення структури готових виливків.

* Керівник – к.т.н., асистент кафедри ФХОТМ НТУУ “КПІ” Сергєєва К.О.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ЛИГАТУР ПРИ ВЫПЛАВКЕ ЭЛЕКТРОСТАЛЕЙ С КАРБОНИТРИДНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ

Кутина М.В. (МЕ06-09)*

Национальная металлургическая академия Украины

В настоящее время в низколегированных сталях повышенной прочности основными легирующими элементами являются марганец и кремний, реже хром, никель и медь и другие металлы, обеспечивающие твердорастворное упрочнение, имеющее ограниченные возможности.

Принципиально новый уровень свойств достигается в сталях с карбонитридным упрочнением, микролегированных азотом и, преимущественно, ванадием. Высокий уровень свойств сталей указанного типа достигается за счет наличия в структуре избыточных фаз – карбонитридов ванадия и измельчения зерна проката. Основным недостатком использования ванадия или ниобия является очень высокая стоимость легирующих материалов. Кроме этого для обеспечения оптимального уровня свойств металлопродукции из ванадийсодержащих сталей с карбонитридным упрочнением, как правило, необходимо проведение термической обработки, что приводит не только к усложнению технологической схемы, но и к значительному увеличению энерго- и ресурсозатрат.

Анализ современного состояния теории и практики карбонитридного упрочнения сталей массового сортамента показывает, что карбонитридное упрочнение низколегированных и углеродистых сталей обеспечивает значительное измельчение зерна, которое приводит к существенному повышению их механических и эксплуатационных характеристик.

По мнению ряда авторов, наиболее эффективным является комплексное карбонитридное упрочнение, приводящее к формированию в относительно широком интервале температур, начиная от кристаллизации металла и заканчивая охлаждением проката ниже A_{r1} , нитридов различных элементов, обладающих достаточно высоким, но существенно отличающимся средством к азоту.

В настоящее время технология производства низколегированных и углеродистых сталей с карбонитридным упрочнением традиционна, т.е. в основном такая же, как у базовых сталей. В качестве азотоносителей обычно используют азотированные в твердом состоянии сплавы хрома, марганца, реже ванадия, главными недостатками которых являются прежде всего дефицитность и очень высокая стоимость, а также крайне низкая однородность по концентрации азота и, соответственно, сложность обеспечения его стабильного содержания в стали и, как следствие, уровня свойств готового проката.

* Руководитель – асп. кафедры электрометаллургии Лелеко Д.В.

Методы легирования сталей азотом непосредственно из газовой фазы либо очень дорогие, либо пока имеют крайне ограниченное распространение и недоступны для массового производства углеродистых и низколегированных сталей с карбонитридным упрочнением.

Вышеперечисленные недостатки могут быть устранены путем использования недорогих лигатур с регулируемым, высоким и равномерным содержанием азота полученных путем совместного окускования измельченных ферросплавов практически любого состава и недефицитных азотсодержащих соединений

Установлено, что для получения требуемой прочности композита при жидкофазном окусковании количество необходимого расплава определяется крупностью помола частиц наполнителя. Для осуществления качественного жидкофазного окускования и обеспечения содержания азота в азотсодержащей лигатуре (АЛ) не менее 7% оптимальное количество карбамида в смеси должно составлять 15-20%. При этом верхняя граница интервала крупности частиц металлического наполнителя должна быть 20мм.

Результаты проведенных исследований также показали, что на процесс жидкофазного окускования не влияет вид наполнителя. Поскольку в процессе низкотемпературного жидкофазного синтеза АЛ не происходит изменения химического состава компонентов, требования к химсоставу готовой продукции оговаривается требованиями к исходным материалам. При этом в качестве последних могут быть использованы любые вещества в зависимости от назначения АЛ, т.е. от марки выплавляемой стали. Универсальными материалами являются практически все сплавы марганца и кремния (углеродистый и среднеуглеродистый ферромарганец, силикомарганец, ферросилиций и др.). Для специальных случаев в качестве наполнителя могут быть использованы феррохром, феррованадий и другие ферросплавы или металлические компоненты (например, стальная или чугунная стружка).

На основании всего комплекса выполненных теоретических и экспериментальных исследований разработана энерго- и ресурсосберегающая технология получения жидкофазно окускованных АЛ и ее аппаратное обеспечение. Разработанная технология включает в себя следующие операции:

- дробление металлической составляющей до крупности – 20 мм;
- нагрев металлического наполнителя до температуры $\approx 140^{\circ}\text{C}$ и его прокалка;
- смешивание наполнителя и гранулированного карбамида в соотношении (80-85)/(20-15);
- подогрев смеси, плавление карбамида и выдержка расплава в течение 5-10 мин. в интервале температур $135-145^{\circ}\text{C}$ при интенсивном перемешивании;
- разливка в формы и охлаждение до кристаллизации.

СПОСОБЫ АЗОТИРОВАНИЯ СТАЛИ И СПЛАВОВ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ

Гимадеева Э.А (МЧМм-13в)*

Донецкий национальный технический университет

Потребность в металлопродукции из сталей, легированных азотом, остаётся достаточно высокой и стабильной. Введение в сталь азота позволяет заменить или уменьшить в ней содержание дорогих, дефицитных и аустенит образующих легирующих элементов – никеля и марганца.

В большинстве реализуемых технологий легирования сталей азотом используют ввод азотированных ферросплавов, а затем доводку по содержанию азота с помощью продувки. Но в связи с дороговизной азотированных ферросплавов, в особенности безуглеродистых, которые и используются при производстве жаропрочных низкоуглеродистых сталей, необходим новый, более дешёвый и конкурентоспособный способ насыщения сталей азотом.

Метод легирования газообразным азотом имеет одно принципиальное преимущество по сравнению с методом введения твёрдых азотоносителей – он универсален в отношении исходной сталеплавильной шихты. Им можно легировать плавки и на свежей шихте, и на шихте из легированных отходов, что особенно важно для производства легированных сталей и сплавов. Легирование газообразным азотом дешевле, даёт многообразные дополнительные эффекты, такие как уменьшение содержания водорода, кислорода, неметаллических включений (и серы при обработке стали шлаком в ковше), усреднение температуры и химического состава стали.

Однако, отсутствие устойчивого значения усвоения азота в зависимости от его расхода на продувку стали является основным препятствием к массовому внедрению технологии.

Традиционно для продувки легирования металлом азотом из газовой фазы используют газообразный технический азот промышленных станций разделения воздуха. Содержание в таком азоте кислорода составляет не более 0,4%.

При продувке расплавленного металла техническим азотом с указанным содержанием кислорода на поверхности пузырька образуется плёнка оксида железа, т.к. парциальное давление кислорода в пузырьке гораздо выше равновесного при образовании FeO.

Сформировавшаяся оксидная плёнка служит не только лишней границей для прохождения азота в металл, но может способствовать проявлению "эффекта накачки". В этом случае, в процессе расходования кислорода пузырька на окисление металла азот пузырька не только не будет растворяться в металле, а, наоборот, будет из металла переходить в пузырёк (см.рис.1а).

* Научный руководитель – д.т.н., профессор кафедры "Электromеталлургия" Троянский А.А.

Для предотвращения возникновения "эффекта накачки" и достижения стабильного усвоения азота при продувке азотом необходимо использовать азот с чистотой, обеспечивающей неокислительные свойства по отношению к расплавленному металлу.

Термодинамический расчёт показывает, что в этом случае азот должен содержать при нормальных условиях (298К, 101325Па) кислорода менее 621ppb.

При продувке стали таким азотом высокой чистоты с содержанием $\{O_2\} < 621ppb$ поток азота всегда будет направлен из пузырька в металл (рис.1б), что обеспечит пропорциональность между расходом азота на продувку и содержанием азота, растворённого в металле.

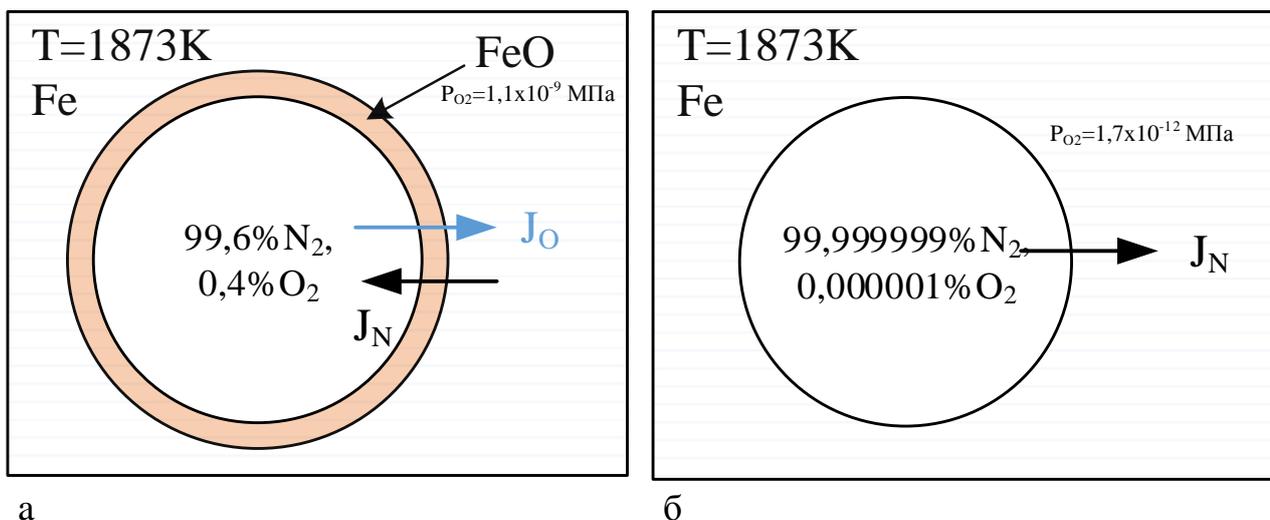


Рисунок 1 – Схема потоков азота при прохождении пузырька технического азота (а) и азота высокой чистоты (б) через расплав металла.

В дальнейшем планируется провести исследования по созданию технологии легирования стали при продувке её азотом высокой чистоты.

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ РІДКИМ МЕТАЛОМ

Юшкевич П.О. (МЕТ04-09*)

Національна металургійна академія України

Сучасний рівень виробництва дозволяє виконати підвищення якості металопродукції двома способами - шляхом збільшення змісту легуючих елементів і підвищенням якості виробництва. Унікальні можливості підвищення якості сталевих продукцій відкривають методи спеціальної електрометалургії. Технологія електрошлакового наплавлення рідким металом (ЭШН РМ), попередньо розплавленим в окремій ємності, відкриває нові можливості одержання біметалічної швидкорізальної сталі з часткою низьколегованої сталі до 50% і вище.

Виконано роботу, яка передбачає одержання біметалічної швидкорізальної заготовки з матеріалом осі сталі типу 40Х, а шару, що наплавляється з швидкорізальної сталі з вмістом вуглецю від 1,0 до 2,0% і близько по 5% основних карбідоутворюючих елементів (Cr, V, W, Mo).

Принципово важливим для наших цілей є дві обставини:

- наплавлення здійснюється на куту вісь, а наплавлений біметалічний валок використовується з литим робочим шаром;

- термообробка біметалічних заготовок швидкорізальна сталь + 40Х проводиться у звичайних печах, тобто немає необхідності робити роздільну (наприклад, індукційну термообробку низьколегованої осі й високолегованого робочого шару), а досить загальної об'ємної термообробки.

Дослідженнями металургійної якості заготовок біметалічної швидкорізальної сталі, показана відсутність у зоні сплавки будь-яких несучільних ділянок, залишків шлаків, неметалічних включень і оксидних плівок. З'єднання осьової вставки й наплавленого шару на всіх досліджених заготовках суцільне рівномірне з вираженою границею розділу шарів.

Завдяки специфічності кристалізації композитного злитка при ЭШН (висока температура сталі при плавці, високі швидкості охолодження, наявність внутрішнього холодильника й ін.) у структурі наплавленого шару формуються два дендритні шари з напрямком росту перпендикулярним обом співвісним поверхням теплопроводу (з боку мідного кристалізатора й внутрішньої вставки).

У цілому, результати досліджень показують, що при використанні способу електрошлакового наплавлення рідким металом створюються передумови для безпосереднього виготовлення великогабаритного різального інструменту з композиційної заготовки без деформації або з мінімальним обтисненням.

Важливим є те, що розміри виплавленої заготовки й товщина робочого шару можуть бути максимально наближені до необхідних у готовому виробі - діаметр виплавленої композитної заготовки слід вибирати по діаметру інструмента, що виготовляється, - фрез, протягань, розгорнень і ін.

*Керівник-доцент кафедри електрометалургії НМетАУ Головачов А.М.

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ



АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ СВОЙСТВ ОТЛИВОК ИЗ ВЧШГ

Залозный В.В. (зр. ЛВ-09)*

Криворожский металлургический институт ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

История применения чугуна насчитывает по крайней мере 2500 лет, но и в наши дни чугун остается важнейшим литейным материалом. Основные причины такого широкого использования чугуна заключаются в том, что этот материал имеет значительный диапазон физико-механических характеристик при конкурентоспособной стоимости. Благодаря наличию высоких служебных характеристик высокопрочные ЧШГ зачастую используют взамен сталей для литья деталей ответственного назначения.

Основными факторами регулирования литой структуры и уровня физико-механических и эксплуатационных характеристик высокопрочного чугуна являются: качество исходного расплава, режимы модифицирования (количество, состав, способ ввода), химический состав и скорость кристаллизации.

Особенностью технологии получения ЧШГ является необходимость обработки расплава сфероидизирующими модификаторами (Mg, PЗМ). Их сфероидизирующее воздействие проявляется после раскисления и десульфурации чугуна, поэтому при модифицировании расплав загрязняется оксидными и сульфидными неметаллическими включениями, которые приводят к снижению уровня механических свойств и ухудшению качества отливок. При высоком содержании серы в модифицируемом расплаве в отливках обнаруживаются включения, получившие название «черные пятна» (ЧП). При относительно невысоких содержаниях серы предупреждение образования ЧП решают путем обработки расплава криолитом Na_3AlF_6 в процессе сфероидизирующего модифицирования, однако возможности этого приема ограничены. Поэтому более целесообразно применять способ внепечной обработки — фильтрационное рафинирование в литейной форме, обеспечивающий необходимые свойства при минимальной себестоимости.

Высокие показатели очистки обеспечивают зернистые фильтры, изготовленные из гранул порошкообразного магнезита MgCO_3 , которые размещают в шамотном стакане между двумя огнеупорными сетками. Собранные фильтры прогревают перед заливкой до 400...500 °С, что позволяет повысить эффективность работы фильтра. Кроме температуры подогрева фильтра, на эффективность фильтрования большое влияние оказывает также температура расплава, скорость заливки, высота фильтра.

Степень рафинирования фильтрованного расплава определяли как отношение изменения площадей темплетов, занятых пятнистыми дефектами. Бездефектные отливки получены при использовании фильтра высотой 75 мм и продолжительности фильтрации 10 с.

*Руководитель – к.т.н., ст.преподаватель кафедры металлургических технологий Суло Н.В

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛА ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

Алексеевко А.С. (МЛ01-10)*

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

Исследовали микроструктуру материала прокатных валков исполнения ЛШ-57 серийного производства и опытного, отлитого способом «полупромывки» с использованием для модифицирования основного металла – комплексного модификатора СРЗМ30, а для металла “полупромывки” – комплексного модификатора КМг9 и ферросилиция ФС75. Исследование микроструктуры материала валков серийного производства и опытного проводили на образцах от бочек и шеек, отрезанных при их механической обработке.

Микроструктура рабочего слоя валков представляла собой конгломерат карбида и продуктов распада аустенита. При близком химическом составе в микроструктуре рабочего слоя валка-представителя опытной партии графит отсутствовал, в то время как в валке серийного производства количество его составляло от 0,4 на глубине 10 мм до 2,5% – на глубине 20 мм. Строение перлита в рабочем слое опытного валка характеризовалось баллами ПД1,0 и ПД0,5, а в валке серийного производства - ПД1,0Р и ПД1,4Р. С удалением от поверхности дисперсность перлита увеличивалась, причем в опытном валке дисперсность перлита оставалась на балл выше. Анормальность в строении перлита на глубинах 10 и 20 мм, соответственно, была в валке серийного производства Па4 и Па3, а в опытном валке - Па3 и Па2. С удалением от поверхности анормальность снижалась до Па1. Количество структурных составляющих в рабочем слое опытного валка и валка серийного производства было примерно одинаковым. Различие состояло в том, что в опытном валке микроструктура была более равномерной, а количество феррита было меньшим. Модифицирование расплавов СРЗМ30 позволило снизить количество и размеры видимых неметаллических включений в рабочем слое опытного валка.

Материалы шеек валков опытного и серийного производства имели перлитно-графитную структуру с небольшими количествами феррита и цементита. В опытном валке перлит на всех исследованных расстояниях от поверхности шейки имел тонкое строение и характеризовался баллом ПД0,5, в то время как в валке текущего производства баллами ПД0,5 и ПД1,0. Фактор формы графитных включений улучшался в опытном валке с удалением вглубь от литой поверхности и достигал примерно таких же значений, как и в валках серийного производства – 0,81...0,84. Для материала шеек валка серийного производства характерным было значительно большее (на 8...60%) количество феррита и несколько меньшее, чем в опытном валке, количество цементита.

*Руководитель – д.т.н., профессор кафедры литейного производства Иванова Л.Х.

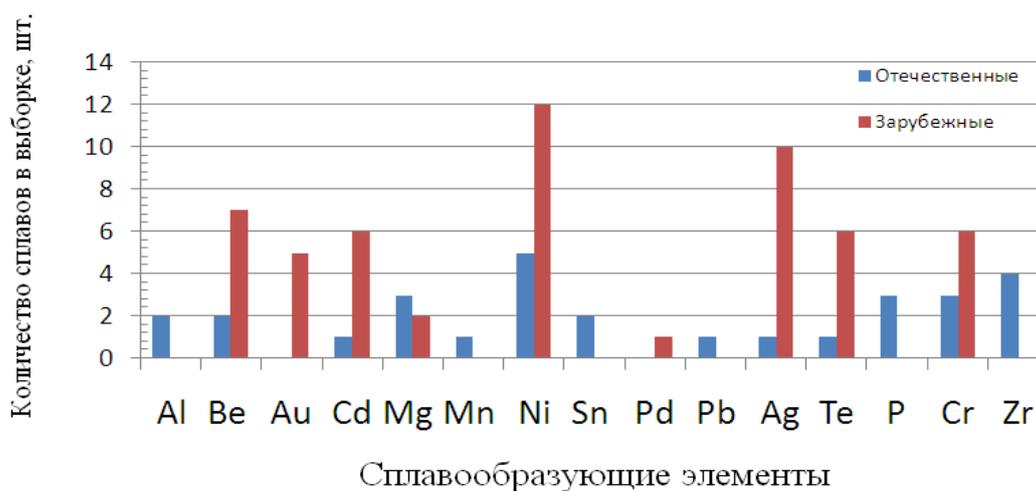
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КЛАСТЕРИЗАЦИИ ПРИ ОПИСАНИИ ОДНОКОМПОНЕНТНЫХ БРОНЗ

Ерофеев Н.Н. (МКМ-13м)*

Донецкий национальный технический университет

Кластер-анализ — многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы.

Кластер-анализ накладывает на объекты отношения на основе численных значений парных функций на этих объектах. Эти отношения нужны для выявления собственной структуры данных, но они зачастую сами налагают структуру, соответствующую особенностям алгоритма группировки. Метод кластеризации нами был использован для оценки структуры одного из элементов системы наиболее распространенных медных сплавов – бронз. В качестве признака для кластеризации использовали количество в сплаве сплавообразующих (кроме меди) элементов. Объект исследований – кластер однокомпонентных бронз (значение лидирующего признака равно 1). В него вошло 83 марки. В пределах данного кластера были выделены подкластеры, различающиеся сплавообразующими элементами. Их оказалось 15. Параллельно были выделены подкластеры отечественных и зарубежных бронз. По количеству марок однокомпонентных бронз, представленных на мировом рынке, была оценена популярность их сплавообразующих элементов соответственно в странах СНГ и дальнем зарубежье, которая отображена гистограммой на рисунке 1. Кроме того, были оценены рейтинги сплавообразующих элементов, составляющих однокомпонентные бронзы. Эти данные представлены на рисунке 2.



* Научный руководитель – к.т.н., доцент кафедры ЦМ и КМ Корицкий Г.Г.

Рисунок 1 – Популярность сплавобразующих элементодвухкомпонентных бронз в отечественных странах и за рубежом

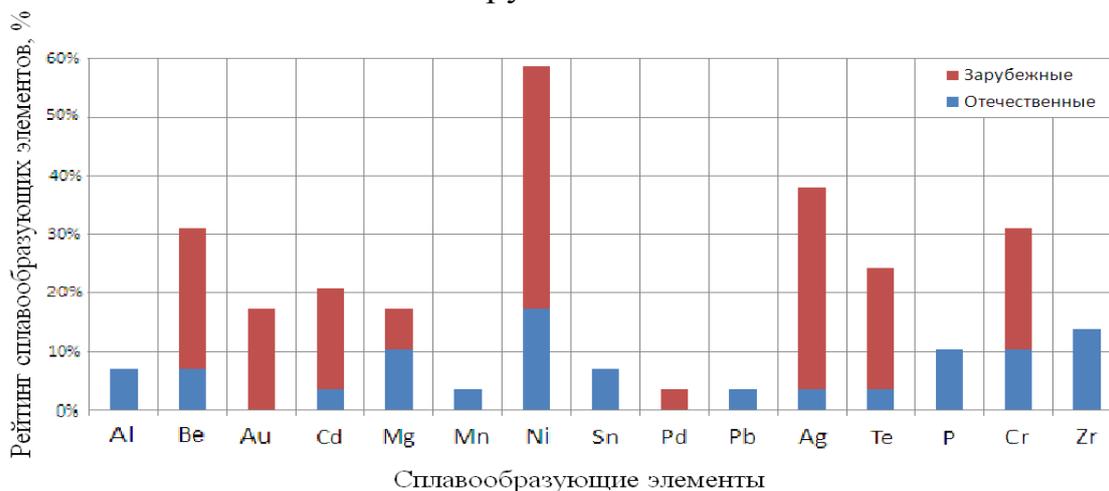


Рисунок 2 – Значения рейтингов сплавобразующих элементов однокомпонентных бронз

Представленные данные позволяют оценить, каким сплавобразующим элементам отдают предпочтение разработчики однокомпонентных бронз на постсоветском пространстве и в дальнем зарубежье. Так например, алюминий, марганец, олово, свинец, фосфор и цирконий используют исключительно в отечественных однокомпонентных бронзах, в то время как золото и палладий встречаются только в зарубежных бронзах. Рейтинг магния, как сплавобразующего элемента, в отечественных бронзах выше, чем в зарубежных. Зато бериллий, кадмий, никель, серебро, теллур и хром по этому показателю значительно уступают зарубежным сплавам.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

В ассортименте зарубежных марок однокомпонентных бронз преобладают сплавы меди с никелем, серебром, теллуrom, хромом берилием и кадмием;

В отличие от стран зарубежья, страны СНГ используют бронзы с содержанием алюминия, марганца, олова, свинца, фосфора и циркония;

Наиболее высоким рейтингом среди сплавобразующих элементов однокомпонентных бронз обладают никелевые, серебристые и хромистые бронзы, а также бронзы, содержащие бериллий.

Метод кластерного анализа систем промышленных сплавов позволяет оценивать предпочтения их разработчиков как в отношении сложности систем легирования, так и в отношении ведущих сплавобразующих элементов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОГНЕВОГО РАФИНИРОВАНИЯ МЕДИ С ДОБАВЛЕНИЕМ В РАСПЛАВ СОЕДИНЕНИЯ Cu – P

Крупка Е.Ю. (МКМм – 13)*

Донецкий национальный технический университет

Процесс огневого рафинирования обеспечивает удаление из меди значительной части примесей. Процесс рафинирования осуществляют в две стадии: продувку воздухом и обработку древесиной (дразнение) с целью восстановления меди из оксидов. При продувке воздухом преимущественно окисляется медь, так как ее содержание в расплаве значительно больше, чем примесей. При этом образуется закись меди Cu_2O , которая хорошо растворяется в меди и распределяется по всему объему расплава. Примеси, например, железо, восстанавливают медь, и при добавлении двуокиси кремния образуют шлак (1) и (2):



Технология огневого рафинирования обеспечивает получение меди с содержанием примеси 0,8...1,0%. Для уменьшения содержания примеси, предлагается обрабатывать расплав водяным паром, что обеспечивает снижение общего содержания примесей до 0,5 %. Еще одним из способов - добавление в расплав соединения Cu-P. При проведении огневого рафинирования в расплав добавляли фосфористой меди Cu_3P . Влияния фосфористой меди на степень очистки оценивали на примесях олова, свинца, цинка и сурьмы. На рисунке, приведено содержание вышеприведенных примесей до и после введения в расплав фосфористой меди.

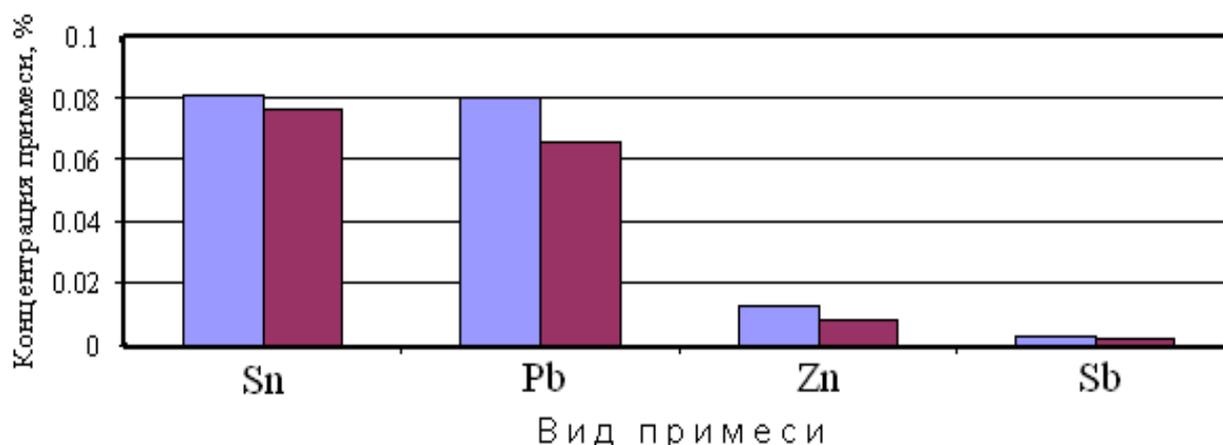
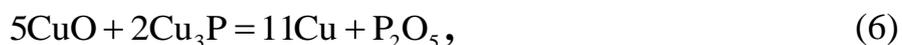
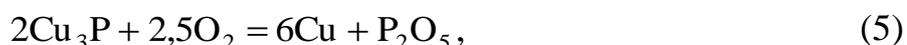
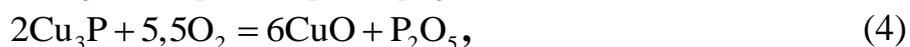
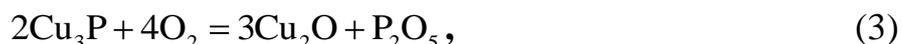


Рисунок – Содержание примесей в меди после огневого рафинирования: левый столбик – до введения, правый – после введения фосфористой меди.

*Научный руководитель – к.т.н, профессор кафедры ЦМ и КМ Бредихин В.Н.

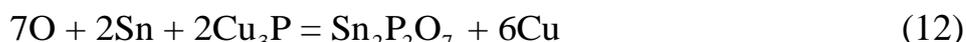
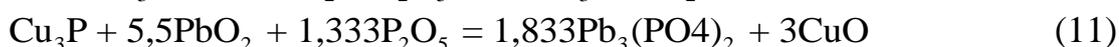
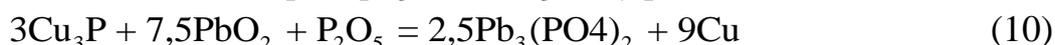
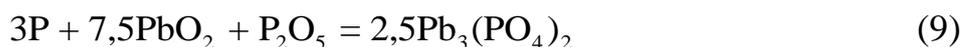
Наличие в расплаве растворенного кислорода и закиси меди обеспечивает возможность протекание следующих реакций:



Приведенные реакции способствуют образованию устойчивого окислителя P_2O_5 и восстановлению оксидов меди. Реакция диссоциации фосфида меди:



В исследуемом диапазоне температур, $1000^\circ\text{C} \dots 1200^\circ\text{C}$, сопровождается изменение потенциала Гиббса в соответствии с уравнением $\Delta G = 455,16 - 0,171T$ диссоциация маловероятна. Следующим этапом происходит окисление примесей с образованием фосфатных соединений, которые переходят в шлак. Это можно представить следующими реакциями:



Реакции образования фосфата свинца обладают преимуществом, в сравнении с образованием фосфатов других примесей. Реакции (10) и (12) имеют двойной характер – с участием окислителя P_2O_5 . Следует отметить реакции (12) и (13), у которых заметно влияние каталитического эффекта фосфида меди с участием растворенного в расплаве кислорода. Этот эффект по величине изменения потенциала Гиббса особенно хорошо проявляется в области температур от 1000 до 1300°C (температуры процесса огневого рафинирования).

В результате исследований была показана возможность прецизионного огневого рафинирования меди с применением фосфористой меди Cu_3P . Протекание реакций перевода остаточных примесей в шлак обеспечивается на первом этапе образованием окислителя P_2O_5 с последующим, на втором этапе, образованием фосфатов примесей свинца, цинка и олова. В процессе исследований установлены также каталитические свойства фосфористой меди при проведении огневого рафинирования меди.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА БЛОКА ГУБЧАТОГО ТИТАНА ВБЛИЗИ РЕАКЦИОННОЙ ЗОНЫ.

Зверева Я. Ю. (МКМм – 13)*

Донецкий национальный технический университет

Титановая промышленность в Украине имеет огромный потенциал для своего развития. Магниетермическая технология производства губчатого титана – единственная в Украине, обеспечивает возможность производить титановую губку из имеющегося на Украине сырья (20 % от разведанных мировых запасов). В то же время для современного производства изделий из титана и его сплавов необходимо применять высококачественный губчатый титан со стабильным распределением примесных элементов. Поэтому важной задачей является усовершенствование технологии магниетермического восстановления тетрахлорида титана в направлении повышения производительности оборудования и качества получаемой губки, а также снижения её себестоимости.

Особенно острой становится проблема загрязнения примесями блока губчатого титана. Основное количество примесей попадает на поверхность и объем блока титана губчатого в результате диффузии компонентов (Fe, Ni) из материала реактора, в котором проводят процесс. Часть примесей кислорода и азота попадают в блок титана губчатого в результате контакта реакционной массы с воздухом при перемонтаже на передел, а также в процессе вакуумной сепарации, во время которой в реакторе создается вакуум для интенсификации испарения магния и хлористого магния, и происходит неизбежное натекание некоторого количества воздуха в реактор с раскаленной реакционной массой.

Разработка метода снижения загрязненности блока губчатого титана в районе реакционной зоны примесями, поступающими в него из материала реторты.

Применяемая в настоящее время конструкция агрегата для получения губчатого титана магниетермическим способом состоит из электрической шахтной печи, аппарата восстановления, коммуникаций подвода $TiCl_4$, аргона, воды, устройств контроля и регуляции процесса. На внутренней поверхности футеровки печи подвешены нихромовые нагреватели, которые распределяются по зонам нагрева (рис.).

В печи расположена система охлаждения реактора для подачи холодного и отвода горячего воздуха. Процессы восстановления и вакуумной сепарации получаемой реакционной массы осуществляется в одной и той же реторте (реакторе) (рис.) которая в комплекте с крышкой и сливным устройством служит аппаратом восстановления, а с оборотной ретортой (конденсатором) – аппаратом вакуумной сепарации. Это позволяет осуществить переход от восстановления к вакуумной сепарации без глубокого охлаждения аппарата и

* Научный руководитель – к.т.н, доцент кафедры ЦМ и КМ Пасечник С. Ю.

существенно улучшить технико-экономические показатели магнетермического производства.

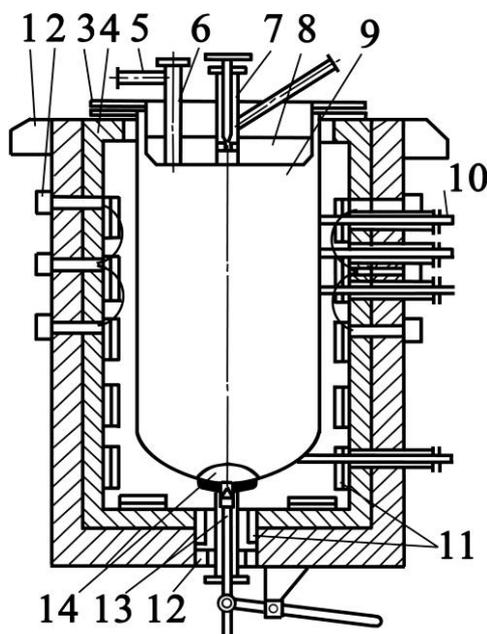


Рис. - Схема аппарата восстановления с нижним сливом, помещенного в печь. 1 – опора печи; 2 – коллекторы подачи и отвода воздуха; 3 – водоохлаждаемое фланцевое соединение; 4 – футеровка печи; 5 – штуцер вакуумирования и подачи аргона; 6 – узел заливки магния; 7 – узел подачи $TiCl_4$; 8 – крышка реактора; 9 – реторта; 10 – контактные термометры (термошупы); 11 – нагреватели; 12 – песочный затвор; 13 – шток сливного приспособления; 14 – ложное днище.

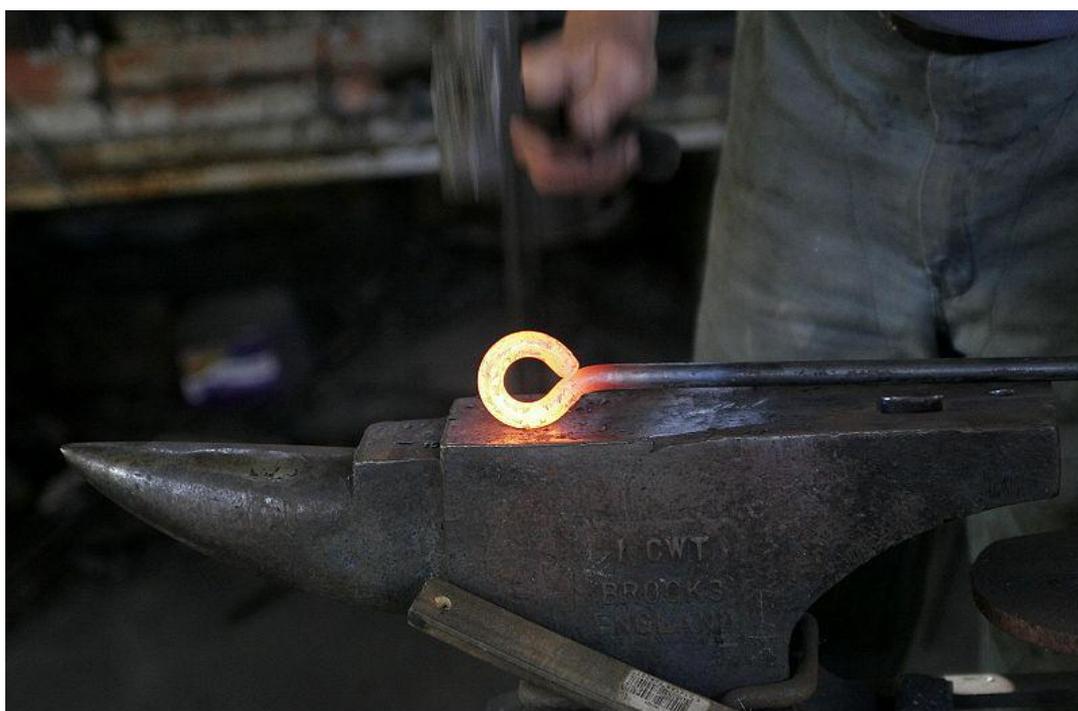
Реактор представляет собой цилиндр, из коррозионностойкой стали 12X18H10T толщиной 15 - 25 мм со сферическим днищем, и водоохлаждаемым фланцем.

Так как реторта состоит в основном из железа, то это компонент и перейдет из реакционной массы в губчатый блок. Всего в губке титана примерно 0,050 железа. Еще один компонент, который переходит из тела реторты в губки – это никель. Никеля в губчатом блоке примерно 0.04% от общего содержания. Диффузия этих элементов происходит на глубину 5 -10 мм, поэтому целесообразно выбрать титановую вставку толщиной 5 мм.

Для улучшения качества блока губчатого титана, мы предполагаем использовать вставку по размерам соответствующую внутренней стенке реторты из титана марки ВТ1-00 толщиной 5 мм. Так как первоначальное образование губки начинается на стенке реактора то, с нашей точки зрения, такая защита позволит значительно уменьшить количество примесей железа и никеля, которые попадают из материала реторты.

Для повышения качества блока губчатого титана вблизи реакционной зоне, была предложена вставка в реторту из титана марки ВТ1-00, толщиной 5 мм. Данный метод позволит получить блок губчатого титана с повышенным содержанием титановой губки высшего сорта.

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

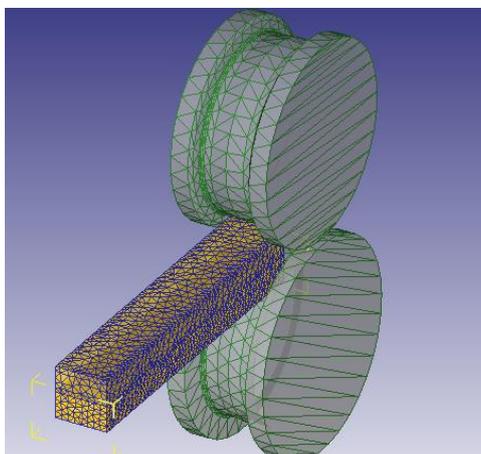


СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ОСЕВЫХ ДЕФЕКТОВ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ ПРИ ПРОКАТКЕ

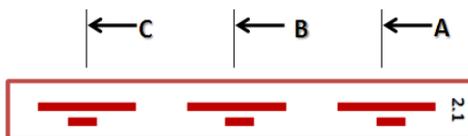
Шаройко А.С. (ОМД-13м)*

Донецкий национальный технический университет

Использование сортовой непрерывнолитой заготовки (НЛЗ) малого сечения выявило целый ряд проблем, которые ранее не проявлялись при использовании горячекатаной. В наибольшей степени это характерно для случаев производства сортового проката из качественных конструкционных и рессорно-пружинных марок сталей. К числу первоочередных проблем, которые должны решаться, следует отнести вопросы, связанные с изучением поведения осевых дефектов в несплошности в процессе пластического деформирования путем прокатки.



а



б

Рисунок 1 – Начальный этап моделирования прокатки непрерывнолитой сортовой заготовки при прохождении в прямоугольном калибре в программе Deform-3D (а) и схема нанесения дефект-имитаторов (б)

Для изучения поведения осевых дефектов несплошности была разработана конечно-элементная модель в программном комплексе Deform-3D (рис. 1). В качестве объекта моделирования была выбрана схема деформирования непрерывнолитой заготовки сечением 135×135 мм в первом калибре обжимной клетки стана.

В ходе исследования принимали следующие исходные данные:

- температура заготовки 1150°C, температура валков 350°C;
- коэффициент трения между заготовкой и валками - 0,7;
- частота оборотов валков 60 об/мин;
- материал заготовки - сталь 60с2;

Результаты численного эксперимента были сравнены с результатами физического моделирования и приведены в таблицах 1 и 2.

Их анализ был выполнен с двух точек зрения. Во-первых, с точки зрения проявления механизмов «залечивания». Из представленных данных видно, что практически во всех случаях наблюдается процесс закрытия дефектов по механизму «схлопывания».

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

Таблица 1 - Результаты численного эксперимента физического моделирования

Размеры дефекта-имитатора, мм								
сечение А-А			сечение В-В			сечение С-С		
<i>h</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>l</i>
до прокатки								
1,5	1,485	15,44	1,0	1,70	15,17	0,9	1,615	15,13
1,5	1,290	9,90	1,0	1,46	10,29	0,7	1,330	10,12
после прокатки								
1,1	1,295	18,00	0,8	1,540	17,24	0,6	1,050	17,20
1,2	1,030	10,97	0,8	1,17	11,58	0,5	1,06	11,60

Таблица 2 - Результаты численного эксперимента математического моделирования

Размеры дефекта-имитатора, мм								
сечение А-А			сечение В-В			сечение С-С		
<i>h</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>l</i>
до прокатки								
8	8	60	5,95	8,1	60	3,95	8,1	59,67
8	6	40	6	6	40	3,92	6	40
после прокатки								
6,44	8,08	69,16	3,91	8,14	69,42	2,66	8,11	69,27
6,51	6,03	46,05	4,66	6,06	46,46	2,61	6,03	69,42

Ранее такой механизм был выявлен в ходе физического моделирования и представлял из себя заполнение полости дефекта металлом из соседних слоев (рис. 2). В этом случае подтверждением данному фактору служит то обстоятельство, что величина $\epsilon_b < 0$, т.е. размер *b* после деформации увеличивался.



Рисунок 2 - Визуально наблюдаемое затекание (вдавливание) металла верхней пластины внутрь дефекта-имитатора

Также проявление во время деформации «выкатки» при математическом моделировании выявлено не было. Это свидетельствует о том, что разработанная модель нуждается в дальнейшей корректировке. В то же время сравнение данных по параметру ϵ_h показало, что расхождение между данными математического и физического моделирования колеблется в пределах 0,4-6,8%, что указывает на корректность разработанной модели и возможность применения ее для дальнейшего исследования.

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВИНТОВОЙ ЭКСТРУЗИИ ЧЕРЕЗ МАТРИЦЫ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ

Иванцова С.А. (зр. ОМТ)*

"Донецкий национальный технический университет"

В настоящей работе исследован процесс ВЭ круглых прутков. Показано, что применение винтовых матриц со смещенной осью позволяет не только осуществить ВЭ круглых прутков, но и практически полностью выровнять распределение деформации по их сечению.

Целью работы является выявление возможности осуществления винтовой экструзии через матрицы круглого сечения с помощью физического моделирования.

Физическое моделирование

Для физического моделирования была разработана и изготовлена из плексигласа установка ВЭ с матрицей круглого сечения со смещенным центром.

На рисунке *1a* показана установка в собранном виде, в разобранном виде установку можно увидеть на рисунке *1b*: 1– блок матрицы с входным цилиндрическим участком; 2– блок матрицы с винтовым участком, 3 – блок матрицы с выходным цилиндрическим участком и устройством для создания противодействия; 4– кондуктор для ввода цветных маркеров в образец.

Параметры винтового участка матрицы следующие: длина – 25мм, $2r = 25$ мм, $c = 6.3$ мм, $h = 100$ мм. В нижней части матрицы расположен блок для создания противодействия, необходимого для того, чтобы заготовка полностью заполняла винтовой канал.

Образцы с маркерами для выдавливания изготавливали из пластилина. Маркеры с цветом, отличным от цвета образца вводятся в образец с помощью направляющего кондуктора и тонкостенной металлической трубки (позиция 4, рис. *1b*). Внутренний диаметр трубки 5мм, толщина стенки – 0.2мм. Технология введения маркеров следующая.

Исходный образец устанавливается в цилиндрический контейнер, который после этого закрывается кондуктором с четырьмя направляющими каналами. В один из каналов кондуктора вводится металлическая трубка, которая пронизывает образец насквозь, вырезая в нем канал для маркера. После чего трубка извлекается из кондуктора. Пластилин образца, попавший при вырезании канала в трубку, выдавливается из нее с помощью поршня, диаметром 4.9 мм. Затем в полость трубки вводится маркер. Трубка с маркером вставляется в кондуктор, и маркер выдавливается в полость образца. Таким образом, в образец вводятся все маркеры.

*Научный руководитель-д.т.н. Бейгельзимер Я.Е.

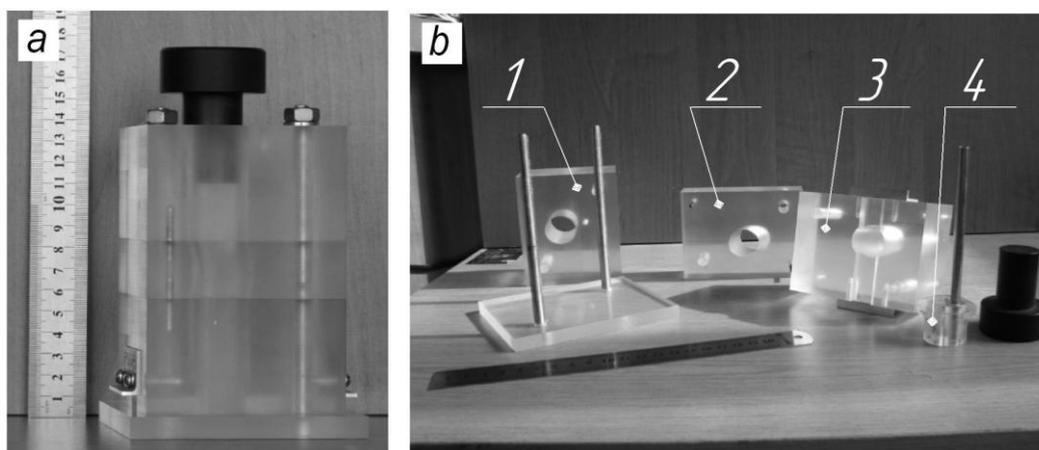


Рис.1 - Фотография плексигласовой матрицы для винтовой экструзии пластилиновых заготовок круглого сечения

В начале эксперимента винтовой и нижний цилиндрический участки канала матрицы заполняются вспомогательным пластилином для создания противодействия. Заготовка с маркерами устанавливается в верхний цилиндрический канал. Матрица устанавливается на нижней плите пресса, после чего осуществляется процесс винтовой экструзии

В ходе процесса вспомогательный пластилин выдавливается через поперечный паз блока 3 (рис.1b), создавая противодействие для образца. На выходах из паза имеются заслонки из алюминия, с помощью которых можно регулировать величину противодействия.

На рис.2 представлены фотографии и схемы сечений образца до, и после винтовой экструзии. Положение маркеров в выходном сечении образца указывает на то, что в первом приближении все плоские сечения заготовки, ортогональные ее оси, движутся поступательно, как целое, в направлении экструзии, одновременно поворачиваясь так, чтобы согласовывать свое движение со стенками матрицы. Это означает, что в случае применения матриц со смещенным центром, течение в винтовом участке канала матрицы близко к винтовому.

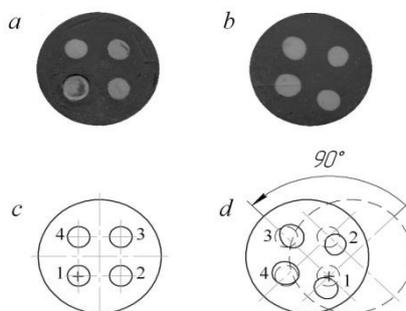


Рис. 2 - Фотографии (a,b) и схемы (c,d) сечений образца до (a,c), и после (b,d) винтовой экструзии.

Цифры соответствуют номерам маркеров. Крестик показывает положение оси винтовой поверхности.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕФОРМАЦИИ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ СОРТОВОЙ ЗАГОТОВКИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Хусаинов Е.О. (ОМТ-13м)*

Донецкий национальный технический университет

В современном мире все больше требований предъявляется к качеству готовой продукции. Для достижения высокого уровня качества и необходимых свойств непрерывнолитой заготовки создано и используется много различных машин и агрегатов, одним из которых является МНЛЗ. В настоящее время около 60% отлитых непрерывным литьем заготовок разливается на сортовых МНЛЗ. Этот агрегат позволяет получать слитки неограниченной длины.

Сейчас ведущими производителями МНЛЗ в мире, определяющими направление развития оборудования и технологии непрерывной разливки, являются фирмы Siemens - VAI (Австрия, Германия), SMS - Demag (Германия), Danieli (Италия), Sumitomo (Япония) и др. В России производство МНЛЗ осуществляется на ЗАО «Машиностроительная корпорация «Уралмаш». В Украине единственным производителем МНЛЗ является ОАО «Новокраматорский машиностроительный завод».

На машине непрерывного литья SO компании SAARSTANL AG реализован способ обжатия непрерывнолитых сортовых заготовок в жидко-твердом состоянии, согласно которому деформирование последних выполняется в правяще-тянущем ММО - узле, который оснащен 12-ю роликовыми парами, которые расположены на 6-ти сегментах (по две пары роликов на каждом), причем верхние входные ролики имеют привод. Недостатком данного подхода является отсутствие возможности управления уровнем деформации, которая реализуется непосредственно в каждой паре роликов или группе роликов, расположенных на одном сегменте.

Известен способ обжатия непрерывнолитых заготовок, согласно которому деформирование последних выполняют в агрегате циклической деформации (АЦД) со степенью деформации $60 \div 70\%$ за один проход и эксцентриситетом валков 3 мм. Применение указанного агрегата для реализации процесса деформирования непрерывнолитых заготовок в жидко - твердом состоянии крайне проблематично по целому ряду причин. Во-первых, крайне большие разовые обжатия могут привести к нарушениям целостности твердой составляющей заготовки вследствие возникновения трещин. Во-вторых, применение фиксированного и достаточно большого эксцентриситета валков, в свою очередь, также не является целесообразным, поскольку не учитывает размеры непрерывнолитой сортовой заготовки.

Дальнейшее совершенствование подходов к деформированию заготовки в двухфазном состоянии, привело к разработке нового способа. Суть которого заключается в применении, последовательно, циклического обжатия заготовки

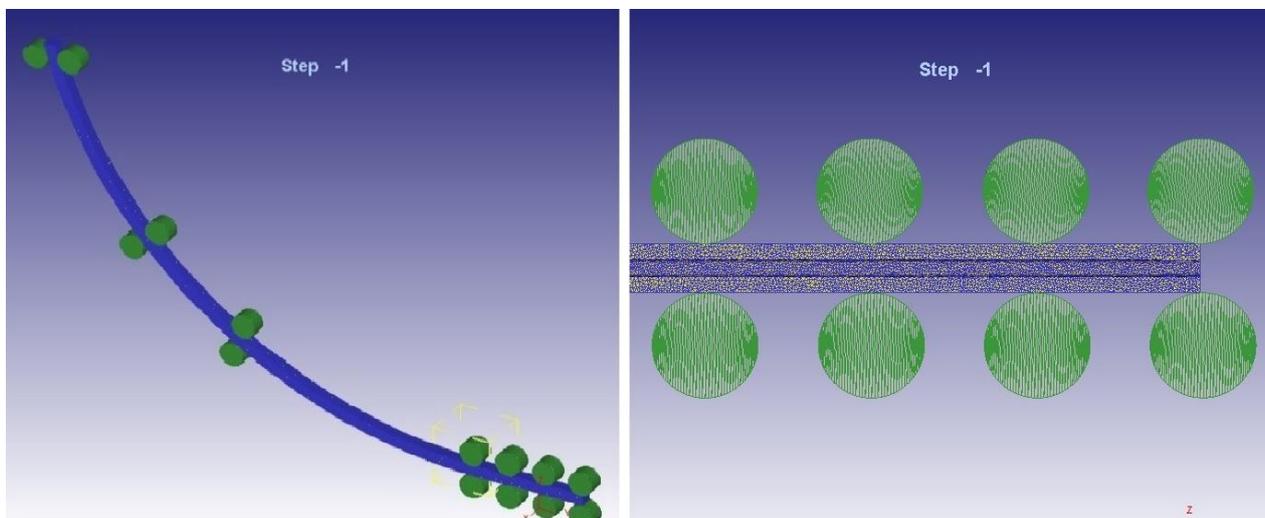
* Научный руководитель – к.т.н., доцент кафедры ОМД Ручко В.Н.

валками 1-ой и 2-ой клетей (1-ый сегмент), а затем, проглаживание заготовки валками 3-ей и 4-ой клетей (2-ый сегмент), с целью окончательного устранения, образованных валками 1-го сегмента, циклических наплывов (гребней).

Такой подход обусловлен, с одной стороны, особенностью кристаллизации непрерывнолитых заготовок в условиях высокоскоростных современных МНЛЗ, а с другой стороны – существующими колебаниями технологических параметров разливки и многостадийного охлаждения.

Особое внимание вызывает возможность управления уровнем деформации, которая реализуется непосредственно каждым роликом или парой роликов ТПМ. Значительные колебания технологических параметров требуют оценки влияния на эффективность применяемого метода «мягкого» механического обжатия таких факторов, как: скорость разливки непрерывнолитой заготовки; температурного режима разливки стали; равномерности охлаждения непрерывнолитой заготовки в ЗВО; марки стали и т.д.

Современные методы изучения напряженно-деформированного состояния непрерывнолитой заготовки базируются на использовании компьютерных средств моделирования. Среди программных продуктов, применяемых при исследовании процессов деформирования металла, популярностью пользуются такие программы, как Deform, Ansys, Abaqus - программные комплексы мирового уровня в области конечно-элементных прочностных расчетов, с помощью которых можно получать точные и достоверные решения для самых сложных линейных и нелинейных инженерных проблем (рис.).



а – общий вид МНЛЗ; б – ролики ТПМ

Рисунок – Начальный этап моделирования процесса деформации непрерывнолитой сортовой заготовки при прохождении ее через ролики ТПМ МНЛЗ в программе Deform 3D

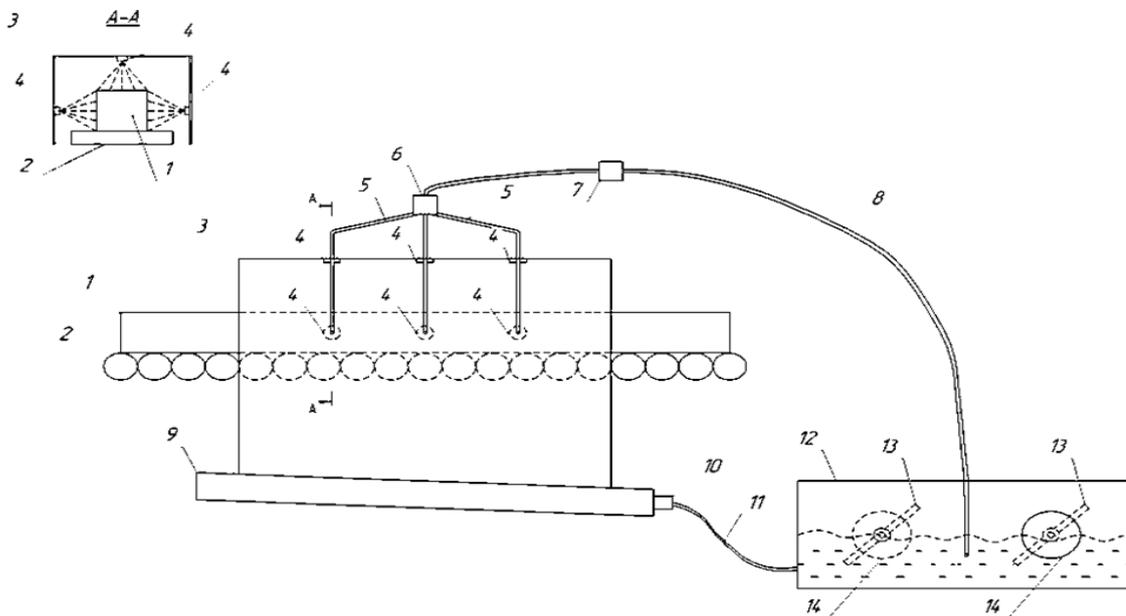
ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УГАРА МЕТАЛЛА ПРИ НАГРЕВЕ ЗАГОТОВОК ПЕРЕД ПРОКАТКОЙ

Мироненко А.И. (ОМТ – 10 – 2)*
«Криворожский национальный университет»

При нагреве заготовок в методической печи на них образуется слой печной окалины. Это приводит к дополнительному расходу металла, влияет на качество поверхности заготовки и готовой продукции.

На ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», экспериментальным путем был проведен подбор защитных покрытий от высокотемпературного окисления заготовок при нагреве. Были испробованы покрытия разных производителей. Поскольку ни одно из предложенных покрытий не удовлетворяет требованиям, которые предъявлялись к ним, изготовили защитные покрытия из материалов, используемых на предприятии. Покрытия «Неоком-1» и «ДСКМ + Г» показали удовлетворительные результаты по защите заготовок от высокотемпературного окисления.

Для защиты заготовок, от высокотемпературного окисления при нагреве, в условиях мелкосортных станов, необходимо использовать покрытия «ДСКМ + Г» или «Неоком-1». Устройство для нанесения антипригарных покрытий представленное на рисунке, необходимо установить перед нагревательными печами.



1-заготовка; 2-рольганг; 3-кожух; 4-форсунка; 5-соединительный шланг; 6-коллектор нагнетания; 7-насос; 8-подводящий шланг; 9-поддон; 10-фильтр; 11-отводящий шланг; 12-емкость со смесью; 13- лопастные миксеры; 14- электродвигатель.

Рис. Схема устройства для нанесения антипригарных покрытий

* Научный руководитель – к.т.н., доцент кафедры МТ Коренко М.Г.

РАЗРАБОТКА КАЛИБРОВКИ ВАЛКОВ ДЛЯ ПРОКАТКИ АРМАТУРНОЙ ПОЛОСЫ 50×4 ММ

Волков Е.В. (ОМТ – 10 – 2)*

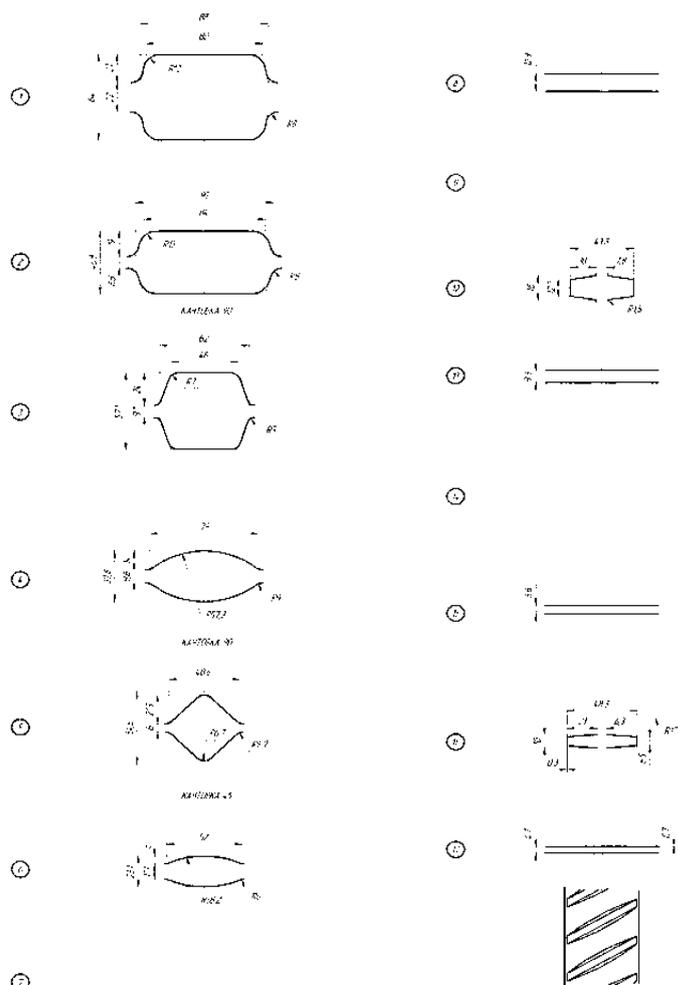
Криворожский металлургический институт ГВУЗ «Криворожский
национальный университет»

В современных условиях актуальна задача расширения сортамента прокатной продукции при обеспечении экономии материальных и энергетических затрат.

Для мелкосортного стана 250-5 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» необходимо освоить производство арматурной полосы поперечного сечения 50 × 4 мм, предназначенной для изготовления железобетонных конструкций.

В связи с этим разработана калибровка валков для прокатки арматурной полосы 50×4 мм, которая показана на рисунке.

Особенностью предложенной калибровки валков является возможность получения арматурного профиля с большим моментом сопротивления сечения в условиях мелкосортного стана 250-5 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог».



* Научный руководитель – к.т.н., доцент кафедры МТ Коренко М.Г.

РАЗРАБОТКА ЭМПИРИЧЕСКИХ ФОРМУЛ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛА НА БАЗЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Якушева А.В. (ОМТ – 13М)*

Донецкий национальный технический университет

Разработка эмпирических формул для расчета напряжения течения металла является актуальной научно-технической задачей. Наиболее удачный вид эмпирической формулы для расчета величины σ в зависимости от степени деформации ϵ , скорости деформации u и температуры металла T предложен профессором Зюзиным В.И.

$$\sigma = A \cdot \epsilon^m \cdot u^n \cdot T^k$$

В технической литературе имеется значительное количество таких формул, в которых константы A , m , n , k , зависящие от марки стали, определены на базе кривых упрочнения, представленных в виде $\sigma = f(\epsilon, u, T)$.

Целью работы является определение указанных констант для широкого круга конструкционных, инструментальных и нержавеющей марок сталей, для которых исходная экспериментальная информация (см. рис.1)

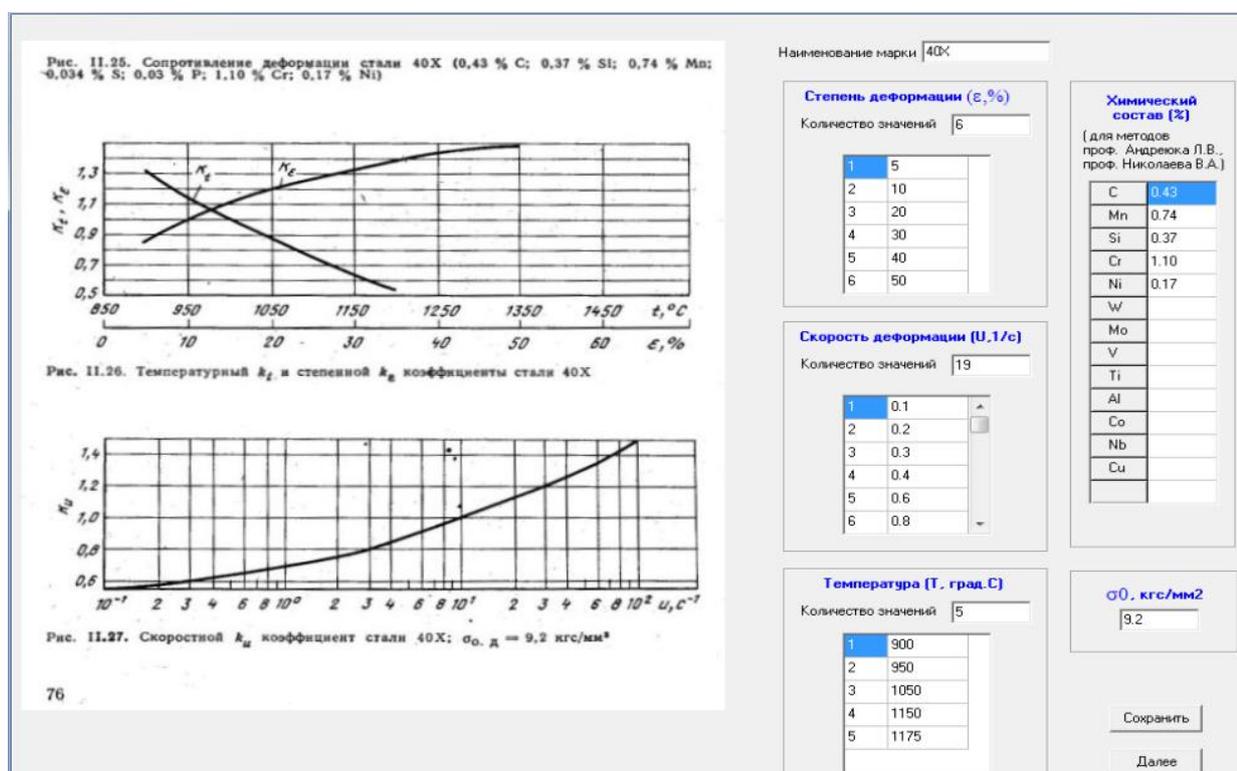


Рисунок 1 – Окно исходной информации

*Руководитель - д.н.т., профессор кафедры ОМД Яковченко А.В

представлена в виде графических зависимостей для термомеханических коэффициентов $\sigma = f(\epsilon)$, $\sigma = f(u)$, $\sigma = f(T)$.

Разработана компьютерная программа для хранения указанных графических зависимостей. Для любой точки, лежащей на графике, можно определить абсциссу и ординату в растровых единицах, а затем рассчитать их в единицах, указанных на координатных осях. Предусмотрен расчет на основе этой информации значений путем сплайн-интерполяции экспериментальных данных. Использован метод планируемого эксперимента. На его основе предусмотрено формирование план-матрицы, показанной на рис.2, и определение констант указанной выше формулы для величины σ на базе метода наименьших квадратов.

Аппроксимация экспериментальной информации на основе формулы проф. Зюзина В.И.

Пределы изменения факторов

ϵ_{min}	ϵ_{max}	U min (1/c)	U max (1/c)	T min, (град.С)	T max, (град.С)
0.050	0.500	0.5	50	900	1200

Кодовые и натуральные значения факторов

Кодовые значения факторов	ϵ	U (1/c)	T (град.С)
-1.2154	0.050	0.0899	0.2750
-1	0.0899	4.886	0.4601
0	0.4601	25.250	45.614
+1	0.0899	4.886	1173.416
+1.2154	0.500	1050.000	1200

План-матрица эксперимента

	X1	X2	X3	ϵ	U (1/c)	T (град.С)	$\sigma_{эксп.}$ (МПа)
1	-1	-1	-1	0.0899	4.886	926.584	124.619
2	+1	-1	-1	0.4601	4.886	926.584	170.642
3	-1	+1	-1	0.0899	45.614	926.584	166.842
4	+1	+1	-1	0.4601	45.614	926.584	244.829
5	-1	-1	+1	0.0899	4.886	1173.416	57.895
6	+1	-1	+1	0.4601	4.886	1173.416	80.855
7	-1	+1	+1	0.0899	45.614	1173.416	86.891
8	+1	+1	+1	0.4601	45.614	1173.416	123.285
9	-1.2154	0	0	0.050	25.250	1050.000	98.533
10	+1.2154	0	0	0.500	25.250	1050.000	156.943
11	0	-1.2154	0	0.2750	0.5	1050.000	77.799
12	0	+1.2154	0	0.2750	50	1050.000	168.058
13	0	0	-1.2154	0.2750	25.250	900	201.569
14	0	0	+1.2154	0.2750	25.250	1200	89.186
15	0	0	0	0.2750	25.250	1050.000	140.276

Результаты расчета

σ_p (МПа)	D (%)
121.058	2.857
170.523	0.070
172.505	3.394
242.990	0.751
60.008	3.649
84.527	4.541
85.509	1.590
120.448	2.301
97.775	0.770
158.509	0.998
75.082	3.492
155.617	7.284
214.188	6.260
91.275	2.343
139.822	0.324

Дср (%) 2.708

Мак. число итераций: 300 Выполнено: 6

$$\sigma = \frac{A \cdot \epsilon^{n1} \cdot U^{n2}}{e^{n3 \cdot T}}$$

A	2174.936499445717350
n1	0.209827876483767
n2	0.158539497748840
n3	0.002843237170289

Выполнить <<Назад Далее>>

Рисунок 2 – Окно программы расчета констант, входящих в формулу расчета величины σ для стали 60С2

Выполнен расчет констант формул для 44 марок конструкционных, инструментальных и нержавеющей сталей. Определена средняя относительная ошибка аппроксимации экспериментальной информации, которая составила 3,5%. Также выполнен анализ точности семи из полученных формул, причем по отношению к экспериментальной информации, которая не использовалась при их разработке. Получено, что средняя погрешность расчетных данных по отношению к экспериментальным не превышает 7%, а максимальная – 15%.

РАЗРАБОТКА ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ ТОНКИХ ШИРОКИХ ПОЛОС

Закутняя И. В. (ОМД-13м)*

Донецкий национальный технический университет

Современной тенденцией развития оборудования чистовых групп клетей широкополосных станов горячей прокатки является: увеличение диаметров рабочих валков в первых двух-трех клетях до 900 мм, увеличение числа клетей до восьми - девяти, увеличение допустимых силы прокатки до 50МН, момента до 3 МНм, мощности лавного привода до 25МВт.

Повышенные характеристики оборудования обеспечивают реализацию технологии горячей прокатки особо тонких полос толщиной до 0,6 -0,8 мм с комплексом механических свойств соответствующих холоднокатаным отожженным.

Для новых условий прокатки в технической литературе отсутствуют удобные для практического использования математические зависимости для расчета энергосиловых параметров. В этой связи разработка зависимостей для расчета энергосиловых параметров горячей прокатки тонких широких полос является актуальной задачей.

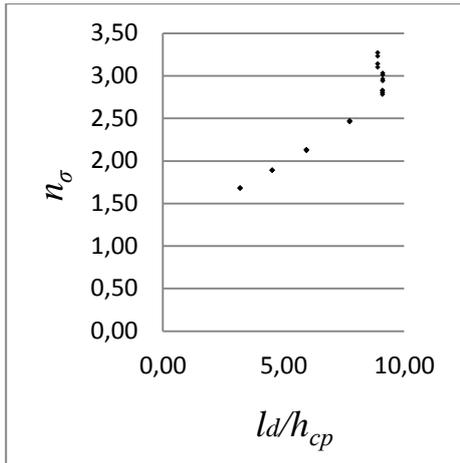
Исследование выполнили методом математического моделирования с использованием пакета программ «Универсал» разработанного в «Дониксе» на базе современных теоретических и эмпирических моделей энергосиловых и температурно-скоростных параметров прокатки.

Модели учитывают сплющивание рабочих валков, неполное разупрочнение металла в межклетевых промежутках.

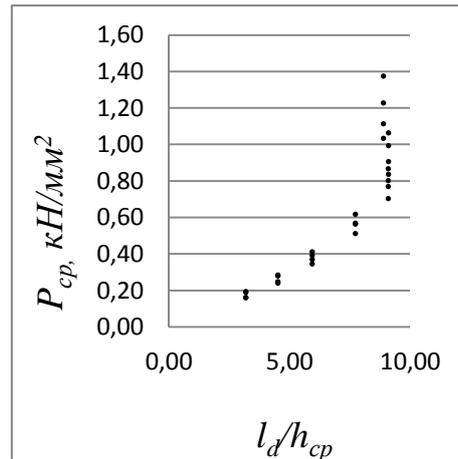
Моделировали параметры процесса прокатки полосы толщиной 1,0 мм, шириной 1000 мм из стали Ст. 3сп в семиклетевой чистовой группе клетей стана 2000 с диаметрами рабочих валков 800 мм. . Приняли толщину подката $H_n = 45$ мм, температуру подката $t_n = 1150$ и 1050 °С, скорость прокатки в последней клетке $v_k = 10$ и 15 м/с. Диапазоны изменения параметров прокатки по клетям составили: температура на входе в валки (t_0) $1100-950$ °С, скорость прокатки (v) $0,5-15$ м/с, нарастающая вытяжка (λ_Σ) $2-45$, отношение длины очага деформации к средней толщине (l_d/h_{cp}) $3,2-9,1$.

По результатам исследования построили графики изменения коэффициента напряженного состояния металла (n_σ) и среднего контактного нормального напряжения в очаге деформации (p_{cp}) от отношения l_d/h_{cp} , а также нарастающего суммарного расхода энергии на прокатку (q_Σ) от толщины полосы и нарастающей суммарной вытяжки λ_Σ (рисунок)

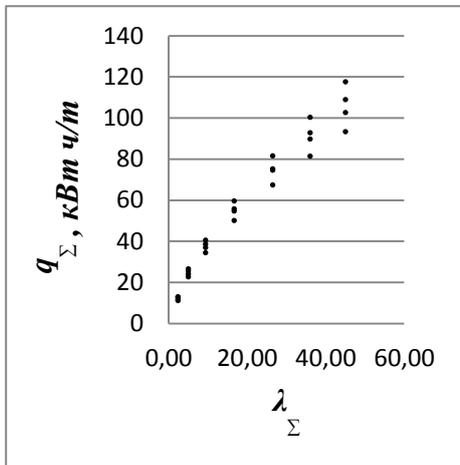
*Руководитель - д.н.т. , профессор кафедры ОМД Руденко Е.А.



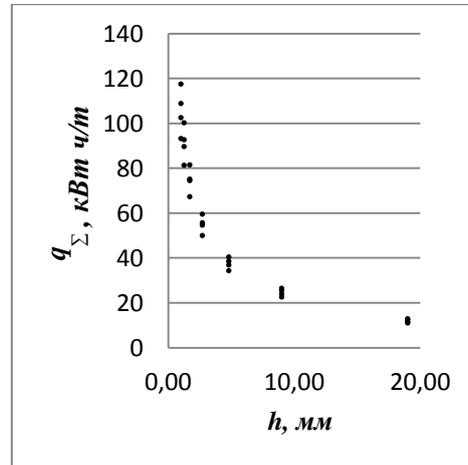
а



б



в



г

а - $n_{\sigma i} = f(l_{di} / h_{cpi})$; б - $P_{cpi} = f(l_{di} / h_{cpi})$; в - $q_{\Sigma} = f(\lambda_{\Sigma i})$; г - $q_{\Sigma} = f(h_i)$

Рисунок - Зависимостей энергосиловых параметров от условия прокатки

Регрессионный анализ результатов исследований позволил получить адекватные зависимости (1-4):

$$n_{\sigma i} = 3.39 + 0.095 l_{di} / h_{cpi} - 0.002 t_{0i} + 0.042 v_i \quad (1)$$

$$P_{cpi} = 295 - 0.48 l_{di} / h_{cpi} - 0.25 t_{0i} + 3.54 v_i \quad (2)$$

$$q_{\Sigma} = 31.0 + 5.69 \lambda_{\Sigma i} \quad (3)$$

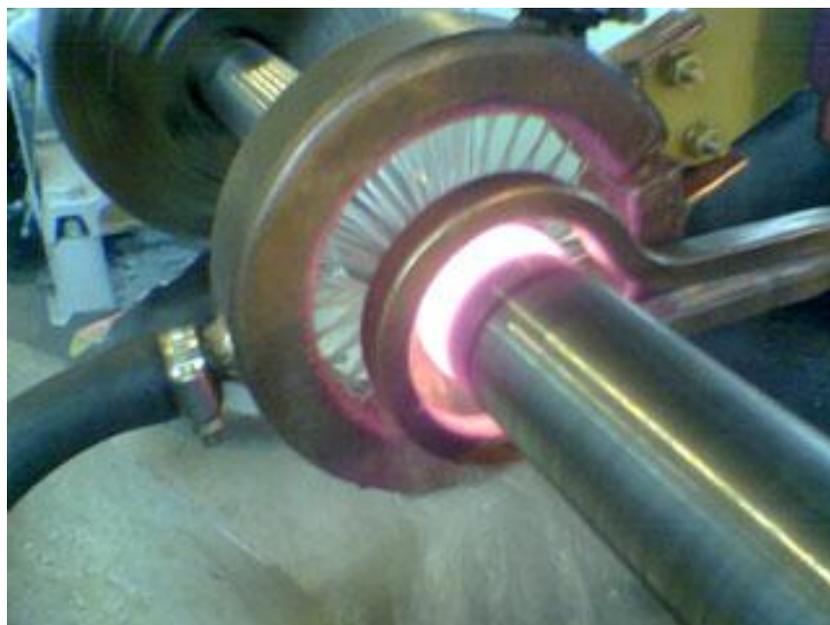
$$q_{\Sigma} = 82.2 - 4.43 h_i \quad (4)$$

где i – номер чистой клетки.

Коэффициент множественной корреляции зависимостей $R_{\text{сум}} = 0,97-0,99$.

Средняя ошибка аппроксимации $\xi = 5 - 10 \%$.

**ПРИКЛАДНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ,
ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА
МЕТАЛЛОВ
И МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ**



ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ ПРОВОЛОЧНЫХ СПИЦ В СРЕДАХ С НЕЙТРАЛЬНОЙ КИСЛОТНОСТЬЮ

Дзюба Т.В (ПМ-10)*

Донецкий национальный технический университет

В процессе эксплуатации спицевой проволоки и изделий из нее происходит взаимодействие с различными агрессивными средами, поэтому важно знать, в какой мере это взаимодействие проявляется в среде различной кислотности и состава.

В данной работе исследовано влияние проточных вод из различных природных источников и спиртовых растворов на стойкость к электрохимической коррозии двух типов велосипедных спиц разных заводов (№1 и №2) с течением времени. Предварительно изучали структуру и измеряли микротвердость спиц. Затем подготовили воду из разных источников из реки Латорица, колодезную воду (г.Красноармейск), трубопроводную воду, 96% этиловый спирт в воде и определяли рН.

Для анализа коррозионной активности спиц установили зависимость отрицательного показателя коррозии ($K_m \cdot 10^2 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$) от времени выдержки и типа водной среды (рисунок 1).

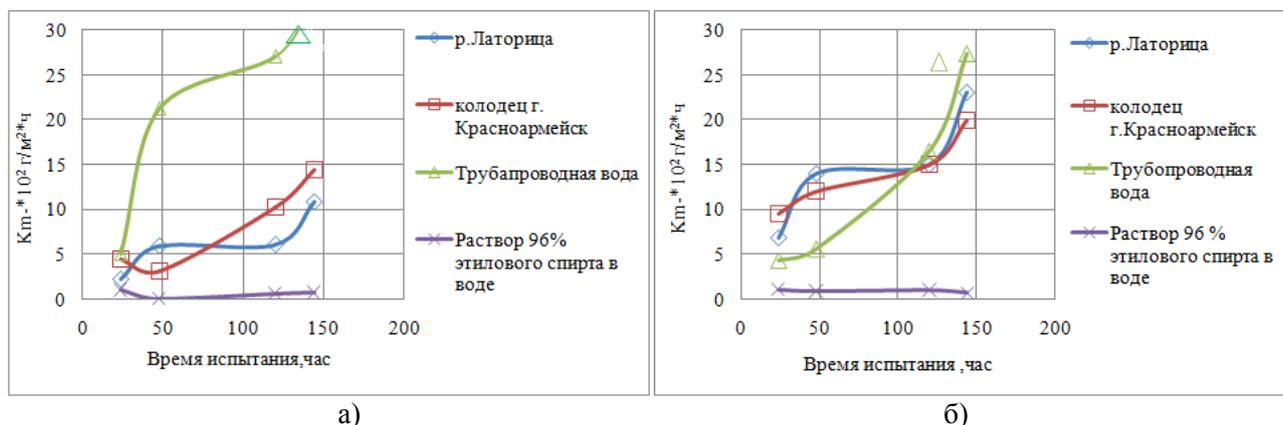


Рисунок - Зависимость отрицательного показателя коррозии от времени выдержки и типа водной среды: а) спицы №1, б) спицы №2

Видно, что на исследуемых спицах наблюдается типично немонотонное изменение скорости коррозии, при этом коррозия в трубопроводной воде, приближающейся по показателю кислотности к щелочным средам, имеет более ярко выраженный ход, чем коррозия в нейтральных растворах, что свидетельствует о большей агрессивности этой воды.

В дальнейшем целесообразно проведение электрохимических исследований с использованием спиртовых растворов разной концентрации, так как спирт замедляет процессы коррозии в жидких кислых и щелочных средах.

*Руководители – д.т.н., профессор кафедры ФМ Алимов В.И., асп. Пушкина О. В.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СПОРТИВНЫХ КЛИНКОВ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Сапрыкина Ю.В (ТО-10)*

Донецкий национальный технический университет

Спортивный клинок представляет собой инструмент с прорезанными канавками на конце и в основании (на "пятке") и с нарезанной на конце резьбой длиной около 3,8 мм и диаметром 4,0 мм. Качество клинка определяется его устойчивостью к деформации; основное требование – возможность выдерживать большое количество изгибов (уколов) без остаточного прогиба клинка, с возвратом к своей естественной форме. На клинки могут наноситься покрытия (преимущественно используют воронение) микронной толщины. Покрытия улучшают коррозионную устойчивость и увеличивают срок эксплуатации изделия. Диапазон применяемых импортных сталей достаточно широк; основными отечественными марками стали являются конструкционные рессорно-пружинные стали 60С2А и 60С2.

Целью настоящей работы является анализ качества структуры и свойств спортивных клинков отечественного производства.

Для исследования отбирали образцы предприятий «СтМ» (г. Харьков) – образец №1, «Динамо» (г. Луганск) – образец №2. Образцы были отобраны из клинков, вышедших из строя вследствие поломки при эксплуатации.

Проводили исследование изломов на оптическом микроскопе (рисунок). Излом клинка представляет собой шероховатую поверхность, состоящую из группы нагроможденных один на дугой кристаллических обломков неправильной формы (зерен). Излом вязкий в сердцевине и хрупкий по краям. При визуальном осмотре поверхности на образце №2 обнаружено несоблюдение геометрических форм сечения; кроме того на образцах имеются следы атмосферной коррозии, которые проявляются в виде неравномерных пятен продуктов коррозии.

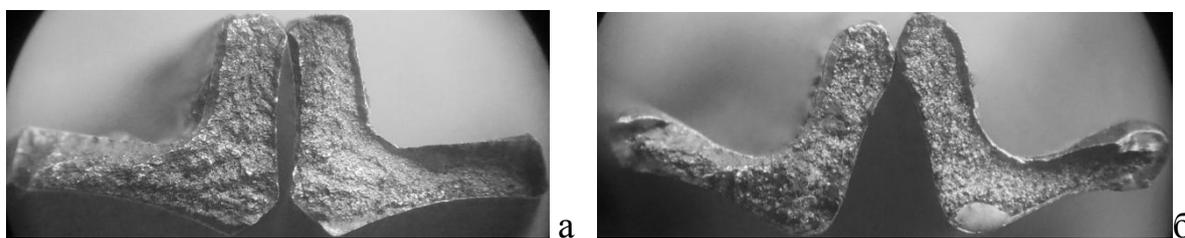


Рисунок – Вид излома образца №1 (а) и образца №2 (б), х6
Микротвердость (ПМТ-3, 1Н) для образца №1 составила 5183 ± 217 Н/мм², а для образца №2 - 4313 ± 96 Н/мм².

Таким образом, экспериментально установлены причины низкого качества спортивных клинков.

*Руководитель – д.т.н., профессор кафедры ФМ Алимов В.И.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ БРОНЗ

Бостанжи Е.Ю. (МТ-13с)*

Донецкий национальный технический университет

Медь и сплавы на медной основе наиболее распространены в народном хозяйстве. Медь, из которой изготавливаются прокладки, обладает свойствами высокой пластичности при повышенных температурах и коррозионной устойчивости, однако является дендритной и дорогостоящей.

Целью данной работы является оценка неоднородности вторичных непрерывно литых бронз типа БрОЦС. Исследования проводили на непрерывнолитых заготовках из бронз типа БрОЦС 3-12-4 и БрОЦС 5-6-5 по сечению заготовок диам. 50 мм: бронза БрОЦС 3-12-4 с содержанием % масс. 8 -15 Zn, до 0,5 Sb, 2 - 4 Sn и бронза типа БрОЦС 5-6-5 с содержанием 4.5 - 6.5 Zn, до 0,5 Sb, 4,1 – 6 Sn.

На первом этапе изучали твердость по Бринеллю на твердомере ТШ-2М (нагрузка 1875Н, диаметр шарика 2,5мм). Результаты измеряемой твердости приведены на рисунке. Видно, что твердость БрОЦС 5-6-5 распределена практически равномерно по всему сечению, а в твердости БрОЦС 3-12-4 наблюдается значительная неоднородность.

В литой бронзе наблюдается повышенная дендритная ликвация из за значительной разницы по температуре между линиями ликвидуса и солидуса на диаграмме Cu-Sn.

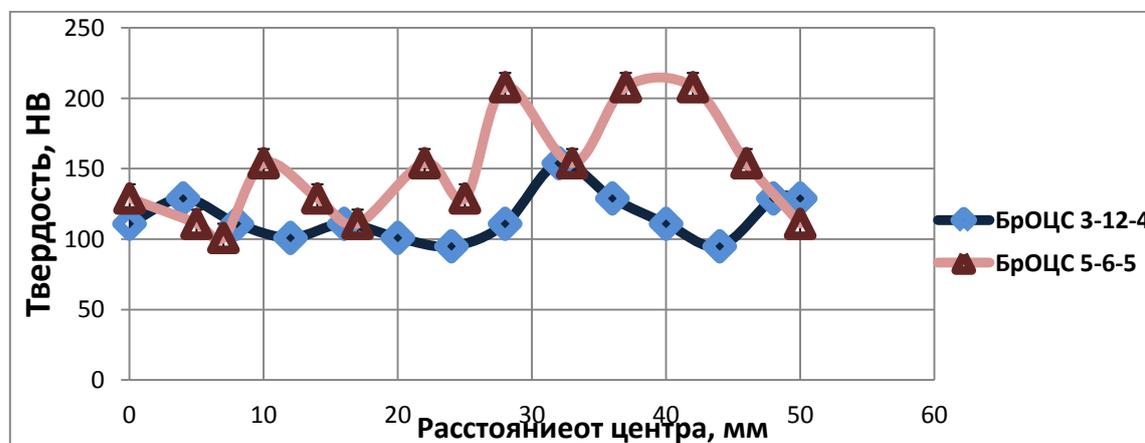


Рисунок – Изменение твердости бронзы БрОЦС по сечению заготовки

Таким образом, для повышения степени однородности структуры непрерывнолитых бронз целесообразна дальнейшая предварительная термообработка.

* Руководитель – д.т.н., профессор кафедры ФМ Алимов В.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРОКАТА ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ ХРОМОНИКЕЛЬМАРГАНЦЕВОЙ СТАЛИ

Генкузина В. (МТ-10)*

Донецкий национальный технический университет

С целью экономии дефицитного никеля нержавеющей стали аустенитного класса легируют марганцем. Для дополнительного повышения коррозионной стойкости в состав иногда вводят такие элементы как, медь фосфор пр. Однако колебания концентрации элементов могут приводить к изменению фазового состава стали, что заметно сказывается на ее свойствах.

В данной работе изучали прокат сечением 5,5x5 мм из стали AISI 201 и причины его внезапного разрушения после холодной деформации при незначительных упругих напряжениях при понижении температуры.

Химический анализ показал, что состав не соответствует марке 201 и характеризуется пониженным содержанием стабилизирующих аустенит элементов (% масс.: 0.12С, 13.7 Cr, 0.45 Ni, 6.7 Mn, 2.1 Cu, 0.165 P). При этом содержание меди и фосфора значительно выше верхнего предела.

Таким образом, аустенитная фаза в стали является метастабильной и может превращаться в мартенсит. Мартенситное превращение может происходить как при понижении температуры при наличии напряжений (что и приводит к разрушениям проката), так и при холодной пластической деформации. Это подтверждается измерениями коэрцитивной силы деформированной и закаленной с 1050 °С стали и испытаниями на растяжение (табл.).

Таблица – Характеристики прочности и значения коэрцитивной силы

Вид обработки	σ_b , Н/мм ²	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	δ , %	ψ , %	HRC	Ток размагничивания, мА
Холодная прокатка	1260	1110	0,5	6	40	3
Закалка 1050 °С	698	344	52	24	15	0

При холодной деформации происходит значительное возрастание прочности и твердости. Появляется ферромагнитная фаза. В закаленном состоянии вид кривой растяжения меняется – нисходящая ветвь на диаграмме отсутствует, что говорит и непрерывном мартенситном превращении в «шейке», перемещающейся по длине образца.

*Руководитель - доцент Крымов В.Н.

СВОЙСТВА КАТАНКИ ИЗ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ В СЫПУЧИХ СРЕДАХ

Паршикова В.А. (ПМ-13м)*

Донецкий национальный технический университет

Исходной заготовкой для производства арматурной проволоки является катанка, состояние поверхности, отсутствие дефектов и структура которой определяют качество получаемой проволоки. На формирование структуры катанки, помимо параметров прокатки и способа производства, значительное влияние оказывают параметры термической обработки.

Известно, что для высокоуглеродистой проволоки предпочтительной структурой перед холодным волочением является структура сорбита, которая обеспечивается путем патентирования в соляных ваннах. Такая термообработка позволяет получить прочность на уровне $800 - 1500 \text{ Н/мм}^2$ в зависимости от содержания углерода.

Для среднеуглеродистой проволоки более предпочтительной структурой перед волочением является структура бейнита, строение которого обуславливает большее упрочнение при пластической деформации. При бейнитировании распад аустенита осуществляется в соляных ваннах с температурой $325-450^\circ\text{C}$. Однако в связи с низкой экологичностью и высокой опасностью соляных ванн при производстве, актуально изыскание иных сред, лишенных этих недостатков.

Нами опробованы (заявка на полезную модель № u201315459 от 30.12.2013) сыпучие среды из металлической дроби и смеси дроби с графитом как новые перспективные среды охлаждения.

В качестве материала для настоящего исследования использовали цилиндрические образцы катанки из стали 35 диам. 6,5 мм, предварительно очищенные от продуктов коррозии. В качестве охлаждающих сред использовали металлическую дробь диам. 2,6 мм, изготовленную из стали близкой к эвтектоидной, и смесь металлической дроби с серебристым графитом марки П дисперсностью $\approx 6,5 \text{ мкм}$. Образцы помещали в печь МП-2УМ и нагревали до температуры $920 \pm 20^\circ\text{C}$; общее время нагрева и выдержки при этом составило 30 мин; затем образцы охлаждали в указанных средах.

Шлифы изготавливали по стандартной методике, а затем их травили в растворе пикриновой кислоты и этилового спирта в течение 2 с и в растворе азотной кислоты в течение 10 с. Измерение микротвердости образцов проводили на приборе ПМТ-3 при нагрузке 0,5 Н и обрабатывали полученные значения с помощью программы Statistica (табл. 1: X_{cp} – среднее значение микротвердости, Δx – доверительный интервал, X_{min} , X_{max} – соответственно минимальное и максимальное значение микротвердости, S^2 – дисперсия, σ – среднее квадратическое отклонение, cov – коэффициент вариации).

* Руководитель – д.т.н, профессор кафедры ФМ Алимов В.И.

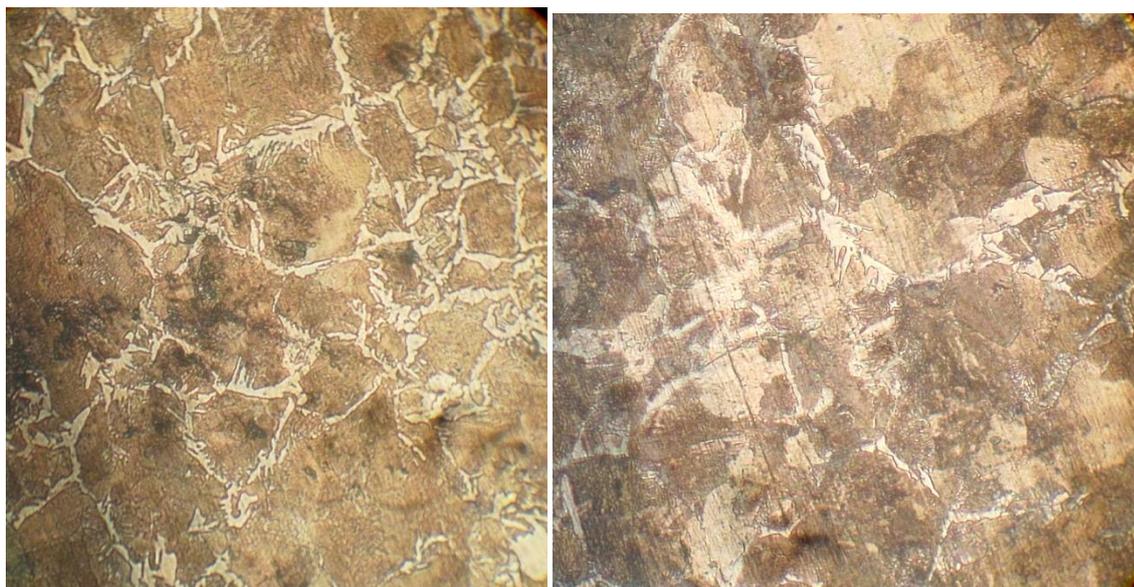
Таблица - Результаты статической обработки данных измерения микротвердости, Н/мм²

Твердость	X_{cp}	$X_{cp}-\Delta X$	$X_{cp}+\Delta X$	X_{min}	X_{max}	S^2	σ	cov, %
$H_{\mu 1}^*$	2835,38	2755,38	2915,35	2365	3170	45883,76	214,20	7,55
HRC_1^*	32,00	30,57	33,43	22,5	37,5	14,60	3,82	11,94
HB_1^*	298,63	287,56	309,70	231	356,5	878,74	29,64	9,93
$H_{\mu 2}^{**}$	2293,17	2232,51	2353,82	2043	2768	26387,18	162,44	7,08
HRC_2^{**}	23,48	22,51	24,46	20	32	6,80	2,61	11,11
HB_2^{**}	238,57	231,88	245,25	217	298,5	320,51	17,90	7,50

* - охлаждение в смеси металлической дроби и графита;

** - охлаждение в металлической дроби

Из таблицы видно, что при использовании для охлаждения смеси металлической дроби с графитом обеспечивается более высокая твердость. Это может свидетельствовать о том, что графит способствует ускорению отвода тепла от образца и увеличивает скорость охлаждения среды (рисунок).



а

б

Рисунок – Микроструктуры катанки из стали 35 при охлаждении в дроби (а) и в смеси металлической дроби с графитом (б), $\times 476$

Таким образом, показано, что охлаждение в сыпучих средах типа металлической дроби и смеси дроби с серебристым графитом позволяет получить структуру в переходной области температур между перлитным и бейнитным интервалом. Понижение температуры распада может быть достигнуто ускорением охлаждения путем интенсивного перемешивания дроби.

СПОСОБЫ РЕГЛАМЕНТАЦИИ ХИМСОСТАВА СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ

Пономаренко Д.В. (ТО-13м)*

Донецкий национальный технический университет

Стальную проволоку используют в сварочных работах при строительстве зданий и сооружений, а также в машиностроении, горнодобывающей промышленности и т.д. Она входит в состав электродов и используется как материал для стыкового шва при сварке. В процессе сварки используемый электрод в виде сварочной проволоки контролируемо подается в зону сварки, образуя стык деталей. Сварочную проволоку выбирают исходя из химсостава, легирующих элементов, которые входят в него и раскислителей, которые обеспечивают заданные свойства сварного шва.

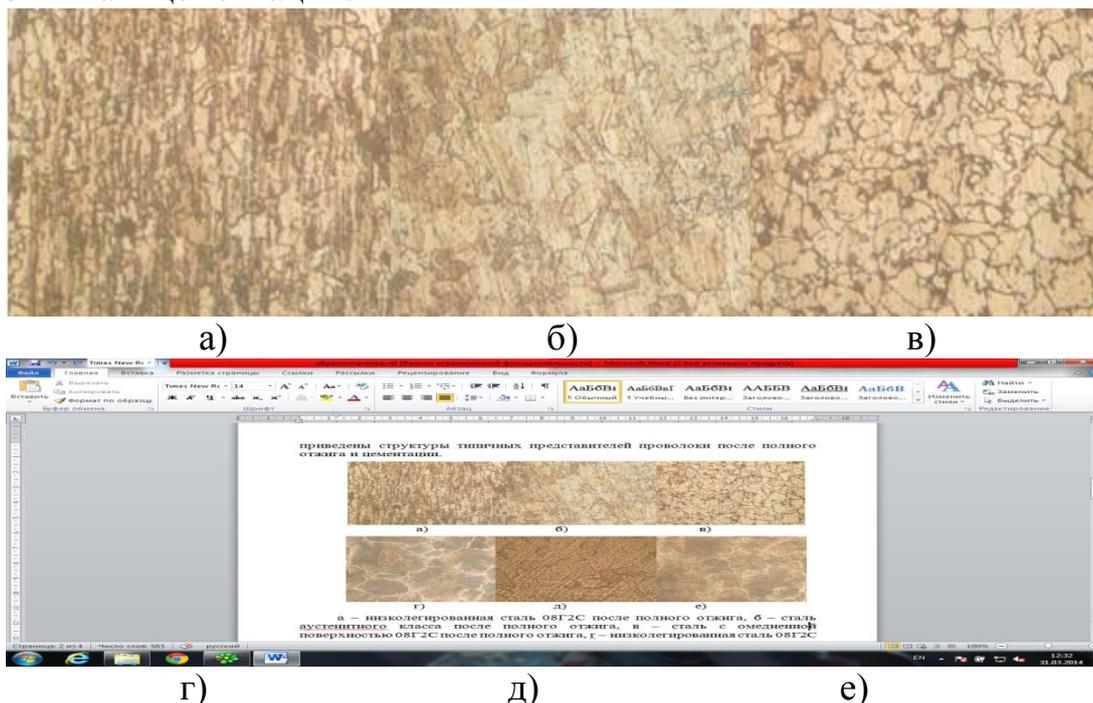
Сварка - один из наиболее ответственных технологических процессов. Модернизация промышленности невозможна без внедрения передовых сварочных технологий, оборудования и материалов, созданных на основе фундаментальной и прикладной науки, что может привести к дополнительным затратам.

Поэтому целью данной работы является оперативное изменение химического состава стальной сварочной проволоки в условиях производства. В качестве материала использовали сварочную проволоку, предпочтительно диам. 1-5 мм, предназначенную для сварки или наплавки, исходного химического состава. Известно, что при дальнейшем расплавлении проволоки за счет образования жидкой фазы наблюдается усреднение химического состава по объему. Поэтому в качестве одного из способов изменения химсостава сварочной проволоки использовали насыщение углеродом. Поскольку изначально химико-термическая обработка предназначена для изменения химического состава в поверхностном слое изделий, который сохраняется там при дальнейшей обработке в твердом состоянии и далее при эксплуатации изделий, то применение ее в качестве способа регламентации химического состава сварочной проволоки является новым (заявка на патент Украины №u201402634 от 17.03.2014). Этот способ обработки сварочной проволоки позволяет регламентировать химический состав сварного соединения путем изменения химического состава проволоки.

Другим способом изменения химсостава сварочной проволоки, соответственно и сварного шва, является нанесение на поверхность, например, хромового покрытия. Толщину насыщенного слоя можно рассчитать исходя из заданного среднего содержания элемента, которым насыщается, а толщину слоя покрытия – исходя из элемента покрытия в расплавленном металле после расплавления сварочной проволоки при сварке или наплавке. На рисунке

* Руководители – д.т.н., профессор кафедры ФМ Алимов В.И. и асп. Пушкина О.В.

приведены структуры типичных представителей проволоки после полного отжига и цементации.



а – низколегированная сталь 08Г2С после полного отжига, б – сталь аустенитного класса после полного отжига, в – сталь с омедненной поверхностью 08Г2С после полного отжига, г – низколегированная сталь 08Г2С после цементации, д – сталь аустенитного класса после цементации, е – сталь с омедненной поверхностью 08Г2С после цементации

Рисунок - Микроструктуры проволок после цементации, $\times 476$

Из рисунка а, г видно, что на всех проволочных образцах из низколегированной стали типа 08Г2С произошла сквозная цементация. Исключением является образец из стали аустенитного класса (рисунок б, д). Образец с омеднённой поверхностью (рисунок в, е) также подвергся цементации, несмотря на то, что слой меди должен защищать поверхность от воздействия химико-термической обработки. Для цементации сталей аустенитного класса используют более высокие температуры нагрева, так как большое количества хрома замедляет процессы диффузии, следовательно, нагрев до $920-930^{\circ}\text{C}$ недостаточен для цементации нержавеющей стали. На образцах с покрытием медь являлась естественным препятствием для диффузии углерода в сталь.

Вывод: в качестве методов регламентации химического состава сварочной проволоки возможно использование цементации, а также нанесение покрытий, например, хромового.

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ АУСТЕНИТИЗАЦИИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ С ИСХОДНОЙ СТРУКТУРНОЙ НЕОДНОРОДНОСТЬЮ

Самойленко Ю.В. (ПМ-13м)*

Донецкий национальный технический университет

В высокопрочных строительных сталях в процессе контролируемой прокатки формируется структура с сильно развитой феррито-перлитной полосчатостью. Такое структурное состояние является весьма устойчивым и может сохраняться даже после дополнительной термической обработки с фазовой перекристаллизацией.

Ранее было показано, что при аустенитизации стали с исходной полосчатой структурой в металле сохраняется химическая неоднородность в местах бывших перлитных полос, которая проявляется при ускоренном охлаждении из аустенитной области в виде полос повышенной травимости.

Для анализа взаимосвязи между исходной полосчатой структурой и химической однородностью при температуре аустенитизации была разработана специальная методика, заключающаяся в сопоставлении микрофотографий структуры выделенного участка микрошлифа в исходном состоянии и после дополнительной термической обработки и предполагающая нагрев в печи уже готового шлифа с защитой его поверхности от окисления и обезуглероживания для обеспечения минимальной длительности полирования при изготовлении шлифа после термической обработки.

Целью данной работы является оценка эффективности использования различных нагревательных сред для защиты поверхности образца от окисления и обезуглероживания.

На образцах изготавливали микрошлиф по стандартному методу с травлением в растворе азотной кислоты, после чего размечали поверхность шлифа и фотографировали участок структуры в размеченной зоне.

В качестве средств защиты поверхности образца в данной работе были использованы: нагрев в отработанном карбюризаторе, обмазка поверхности жидким стеклом с добавлением порошка Al_2O_3 , нагрев в среде аргона и нагрев в расплаве соли (50% NaCl + 50% BaCl). Для сравнения проводили нагрев образцов без защиты поверхности в воздушной атмосфере.

Нагрев образцов в различных средах проводили до температуры $950 \pm 10^\circ C$ с последующим охлаждением в воде, после чего проводили травление в водном растворе пикриновой кислоты и повторное фотографирование структуры выделенного участка в размеченной зоне. Структурные изменения, происходящие в стали в процессе нагрева анализировали путем сравнения микрофотографий структуры выделенного участка на образцах в исходном состоянии и после аустенитизации.

* Руководители – д.т.н., профессор Горбатенко В.П., асс. Лукин А.В.

В случае нагрева образца без защиты поверхности после термической обработки поверхность образца была покрыта окалиной, для устранения которой проводили шлифование на наждачной бумаге и полирование шлифа в течение 5 мин в водном растворе оксида хрома. Данный метод не позволяет выявлять полосы повышенной травимости. В структуре наблюдаются только зерна аустенита, образовавшиеся при нагреве.

В случае нагрева образца в отработанном карбюризаторе, после закалки поверхность образца была покрыта темной окисной пленкой, для устранения которой проводили шлифование с последующим полированием. В данном случае химическая неоднородность в стали выявляется очень слабо из-за недостаточной защищенности поверхностного слоя от окисления и обезуглероживания во время нагрева. Это подтверждается тем, что после снятия верхнего слоя образца на глубину 2 мм в структуре металла наблюдаются полосы повышенной травимости как для нагрева в отработанном карбюризаторе, так и в случае нагрева без защиты поверхности.

В третьем случае поверхность образца защищали обмазкой из жидкого стекла с добавлением 20% порошка оксида алюминия Al_2O_3 . Нагрев образцов проводили после полного высыхания обмазки в течение 24 часов.

После термической обработки поверхность образца была покрыта окисной пленкой, для устранения которой потребовалось полирование в течение 2 мин. В данном случае на поверхности микрошлифа наблюдаются полосы повышенной травимости, но с различной степенью интенсивности, что говорит о необходимости поиска других способов защиты поверхности.

В случае нагрева в среде аргона на поверхности образцов образовалась тонкая темная пленка, которая была устранена полированием в течение 90 сек. После травления в структуре обнаруживается большое количество полос разной травимости, местоположения которых, при сравнении с исходной структурой, совпадает с полосами перлита.

В случае нагрева в расплаве соли после закалки на поверхности образца была обнаружена тонкая темная пленка, для устранения которой было выполнено полирование в течение 20 сек. Данная методика позволяет выявлять сплошные темно травящиеся полосы, расположение которых совпадает с расположением предшествующих полос перлита в исходной структуре.

Результаты данной работы показывают, что наиболее эффективными методом защиты поверхности образца от окисления и обезуглероживания, позволяющими изучить химическую неоднородность аустенита в сталях с перлитной полосчатостью можно считать нагрев в среде аргона или в расплаве соли.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОНЫ ДЕФОРМАЦИИ ВОКРУГ ОТПЕЧАТКОВ ПИРАМИДЫ ВИККЕРСА

Селищев В.В. (ПМ-13с)*

«Донецкий национальный технический университет»

Локальные методы исследования, такие как индентирование, не требуют наличия образцов сложной формы и применения специального оборудования, но позволяют, определить ряд свойств материалов. При постепенном увеличении нагрузки на индентор сплав претерпевает стадии упругой, пластической деформации и разрушения. В зависимости от того, в какую область совершается индентирование, можно определять механические, упругие, пластические характеристики или сопротивление разрушению.

Зона деформации вокруг отпечатка несет информацию об особенностях упруго-пластической деформации сплавов в микрообъеме. Целью данной работы было определить границы наклепанной области вокруг отпечатка Виккерса. С этой целью был использован образец из отожженной меди с твердостью $20 \pm 4,95$ HV. На шлифе было нанесено три отпечатка пирамиды Виккерса, вокруг которых была измерена микротвердость с нагрузкой (0,005 Н) на приборе ПМТ-3 при этом контролировалось расстояние до центра большого отпечатка. Результаты измерений приведены на рисунке.

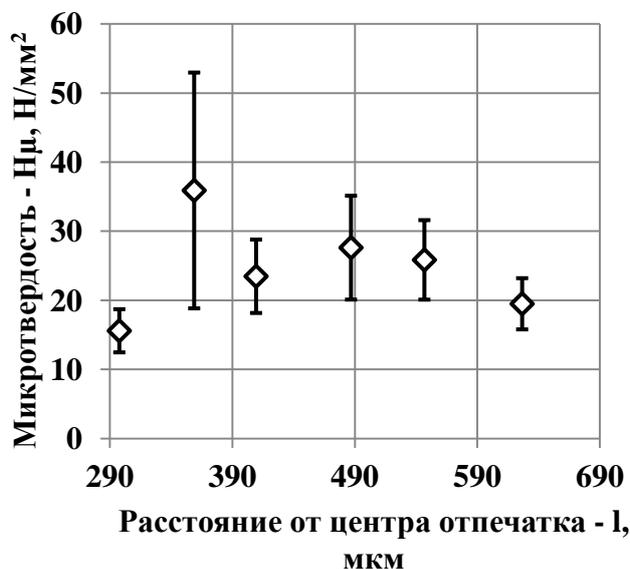


Рисунок – Изменение микротвердости от расстояния от центра отпечатка Виккерса (50Н)

деформации возле отпечатка Виккерса на отожженной меди. Дальнейшие эксперименты будут направлены на установление закономерностей этого процесса на других металлах и сплавах, в частности гетерогенных сплавах.

Ближайший к центру отпечаток всегда показывает заниженные значения микротвердости, вероятно это связано с проскальзыванием пирамиды ПМТ-3 в углубление от пирамиды Виккерса.

Приведенный график свидетельствует о наличии двух пиков микротвердости (т.е. областей с максимальным наклепом). Для меди эти пики находились на расстоянии $128 \pm 21,5$ мкм друг от друга. Установленный характер распределения микротвердости указывает на возможную волновую природу пластической

* Руководитель – к.т.н., доцент кафедры ФМ Петрушак С.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАСЫЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АЗОТО-УГЛЕРОДИСТОЙ ПАСТЫ ПРИ НИТРОЦЕМЕНТАЦИИ

Шевченко М. В. (ПМ-13с)*

Донецкий национальный технический университет

В современном машиностроении все более широкое применение находит поверхностное упрочнение - низкотемпературное цианирование в твердом карбюризаторе. Оно позволяет получить высокую твердость и износостойкость поверхностного слоя при сохранении достаточно вязкой сердцевины, способствует повышению долговечности и усталостной прочности.

Твердое цианирование выполняется в смеси желтой кровяной соли $K_4Fe(CN)_6$ и мелкого древесного угля в герметизированных контейнерах. Развитием метода твердого цианирования в направлении повышения скорости насыщения является низкотемпературное цианирование в пастах.

Была проведена работа по поиску оптимальной насыщающей пасты и его процентного содержания. Исследования проводились с использованием двух паст на образцах стали 20. Они наносилась на образцы из стали 20, в результате чего на поверхности образцов оставался слой пасты толщиной 1,5-2 мм. После сушки при 60-80 образцы с сухим слоем пасты упаковывали в контейнер для цианирования и помещались в печь с температурой 680 и выдерживались там в течении 3 часов.

Из исследований структуры и фазового состава методом рентгеноструктурного анализа стали 20 после нитроцементации в пастах было выявлено, что на поверхности образцов обмазанные 1-й пастой образуется окисная пленка и незначительный упрочненный слой толщиной около 10 мкм. На других образцах обмазанные 2-й пастой наблюдался упрочненный слоя толщиной около 60 мкм состоящий из нескольких зон: фаза ξ -нитрида типа Fe_2N , под которым располагается фаза ϵ -нитрида типа Fe_3N . Диффузионная зона, состоит из твердого раствора углерода и азота в железе с включением карбонитридных фаз, а также были обнаружены выделения карбида – Fe_3C .

Были сделаны выводы:

Для достижения оптимального насыщения стали 20 азотом и углеродом необходимо приготовить пасту следующего состава, мас. %: желтую кровяную соль - 45%, углекислый натрий – 10%, углекислый кальций – 10%, газовая сажа ДГ-100 - 35%, а в качестве связующего вещества используется нитроцеллюлозный лак НЦ 222.

При нагреве стали 20 в обмазке оптимального состава источником активных атомов углерода и азота являются все компонента пасты, причём на первом этапе, начиная с 200°C, атомы азота и углерода возникают при разложении лака, а при температурах более 560°C источником этих атомов является железосинеродистый калий и сажа.

*Руководитель – к.т.н. доцент кафедры ФМ Власенко Н. Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕГИРОВАНИЯ КИСЛОРОДОМ НА СТРУКТУРУ ТИТАНА В ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННОМ СОСТОЯНИИ

Токаренко К.А (ПМ-13м)*

Донецкий национальный технический университет

Титан и его сплавы нашли широкое применение в технике ввиду своей высокой механической прочности, которая сохраняется при высоких температурах, коррозионной стойкости, жаропрочности, удельной прочности, малой плотности и прочих полезных свойств. Биологическая безвредность титана делает его превосходным материалом для пищевой промышленности и восстановительной хирургии.

Наибольшую ценность как конструкционный материала имеет легированный титан, так как легирование повышает свойства титана. Также существуют примеси, которые оказывают существенное влияние на его свойства, к таким примесям относятся азот, водород, кислород, бор.

В настоящее время ведутся работы по изучению влияния легирования титана кислородом, так как данное легирование малоизученно. Легирование титана кислородом, можно рассматривать с двух сторон, с одной стороны это вредная примесь с другой же, легирование кислородом в небольшом количестве может оказывать положительное влияние. В связи с этим остановимся более детально на влиянии кислорода на структуру титана.

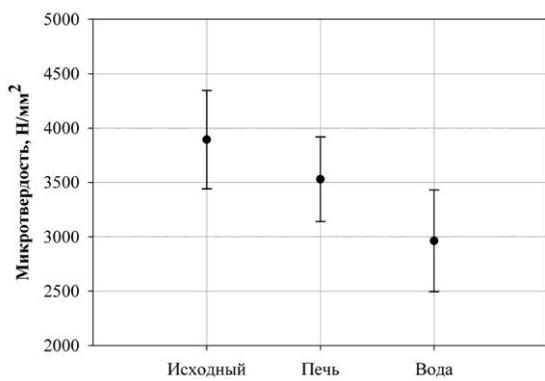
Целью работы было изучение влияния легирования кислородом на структуру титана в термически обработанном состоянии.

Для эксперимента были взяты образцы титана сечением 15мм, полученные методом камерного электрошлакового переплава (КЭШП), с добавкой кислорода содержанием 0,17-0,18%, Образцы нагревали до температуры 1000°C и выдерживали 30 минут, охлаждение проводили с печью, воздухом и водой. На образцах, которые охлаждали в воде проводили отпуск при температурах 500°C, 600°C и 700°C с длительностью выдержки 1 час.

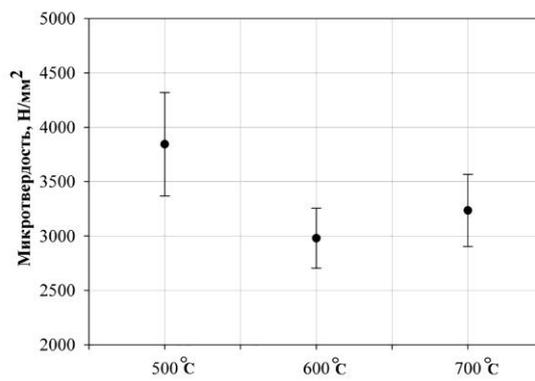
Термическую обработку проводили в трубчатой печи СУОЛ -0,15.14/12. Структура образцов после изготовления шлифов, была исследована при увеличении X250 на микроскопе «Neophot 21». Микротвердость была измеряна на приборе ПМТ-3 при нагрузке 1Н.

Зависимость микротвердости от среды охлаждения и влияния температуры отпуска представлены на рисунке 1, микроструктуры исследуемых образцов приведены на рисунке 2.

* Руководитель – к.т.н., доцент кафедры ФМ Пашинский В.В.

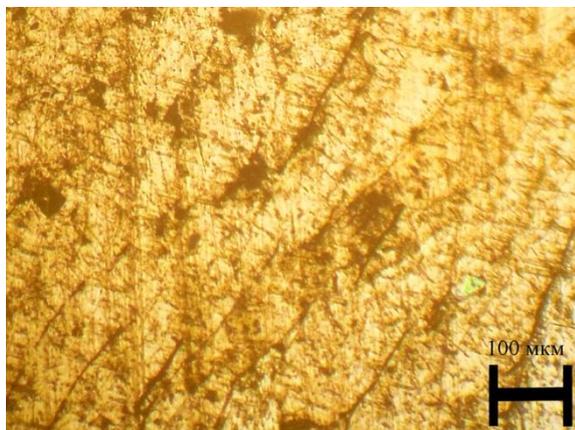


а)

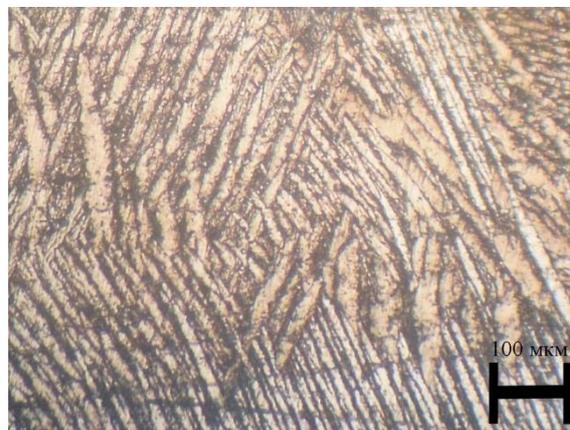


б)

Рисунок 1 – Значение микротвердости в зависимости от: а) среды охлаждения после выдержки при 1000°C; б) влияния температуры отпуска образцов охлажденных водой.



а)



б)

Рисунок 2 – Микроструктура сплава X250: а) нагрев 1000°C, длительность 30 мин., охлаждение в печи; б) закалка 1000°C, длительность 30 мин., охлаждение в воде

Полученная микроструктура показала, что увеличение скорости охлаждения привело к изменению морфологии структуры: форма зерен изменялась от равноосной к игольчатой. Это было обусловлено тем, что после охлаждения, α – твердый раствор является пересыщенным по кислороду в следствии формируется α -фаза, для которой характерна игольчатая морфология. Однако этот процесс не сопровождается существенным увеличением твердости.

Таким образом в работе было изучено влияние легирования кислородом на структуру титана в термически обработанном состоянии. После выдержки при 1000°C медленное охлаждение приводит к образованию равноосных зерен, а быстрое к игольчатой структуре, микротвердость которой ниже, чем равноосной. Дальнейший отпуск при 500°C приводит к повышению микротвердости.

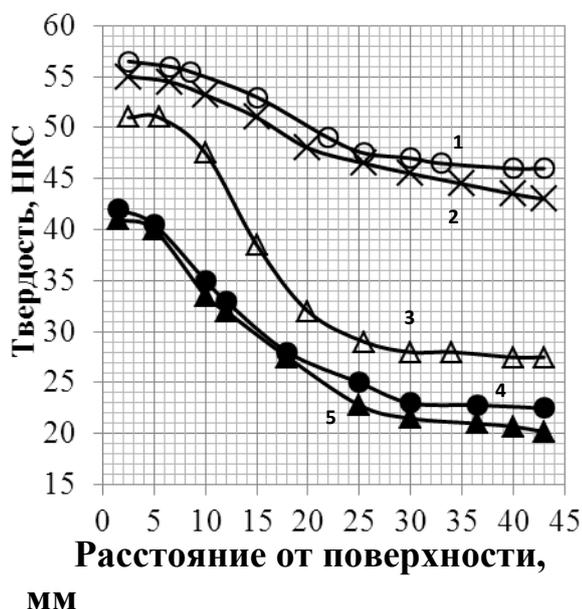
ИЗУЧЕНИЕ ПРОКАЛИВАЕМОСТИ ХРОМОНИКЕЛЬМОЛИБДЕНОВЫХ СТАЛЕЙ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ВАЛОВ

Трусова О.А. (ПМ-13)*

Донецкий национальный технический университет

Важнейшей технологической характеристикой сталей, определяющей эффективность их использования, а также применения того или иного режима термической обработки, является прокаливаемость.

Изучена прокаливаемость хромоникелевых и хромоникельмолибденовых сталей 40ХН, 40ХН2МА, 40ХГМ, 20ХНМ и 20ХГНМ. Установлено, что наибольшей прокаливаемостью характеризуется хромоникельмолибденовая сталь 40ХН2МА (рис.). Повышенная прокаливаемость стали объясняется



присутствием в ней молибдена, который усиливает положительное влияние хрома на легированность γ – твердого раствора. Замена никеля марганцем (сталь 40ХГМ) не оказывает заметного влияния на прокаливаемость стали, сохраняя ее на достаточно высоком уровне. При этом интервал колебаний прокаливаемости, определенный по твердости полумартенситной зоны, у стали 40ХГМ по сравнению со сталью 40ХН2МА значительно шире и составляет 33,4 и 4,7 мм соответственно.

Стали с пониженным содержанием углерода независимо от их легированности имеют сравнительно низкую прокаливаемость и небольшой интервал ее колебаний не превышающей

Рисунок – Прокаливаемость сталей марок: 1 – 40ХН2МА, 2 – 40ХГМ, 3 – 40ХН, 4 – 20ХНМ, 5 – 20ХГНМ

4,0 и 6,5 мм для сталей 20ХНМ и 20ХГНМ.

Заметное влияние на прокаливаемость сталей оказывает колебание химических элементов в пределах марочного состава. В частности, с увеличением суммы карбидообразующих элементов от 2,12 до 2,39% критический диаметр стали 40ХГМ при закалке возрастает с 101,8 до 131,6 мм.

Нормализация при 850°С повышает прокаливаемость сталей 40ХН2МА и 40ХГМ по сравнению с горячедеформированным состоянием. Повышение температуры нормализации до 950°С и 1050°С заметного влияния на прокаливаемость не оказывает.

* Руководитель – к.т.н., доцент кафедры ФМ Егоров Н.Т.

К ВОПРОСУ ГРАФИТИЗАЦИИ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ ИГЛ

Зозуля А.П. (ТО-10)*

Донецкий национальный технический университет

Одним из наиболее распространенных изделий, изготавливаемых из проволоки, являются иглы. Машинные иглы в процессе работы с синтетическими материалами подвергаются нагреву до 300-400°C, как следствие, возникает адгезия поверхности машинной иглы со сшиваемым материалом. Для предотвращения «прилипания» ткани к поверхности иглы используются покрытие поверхности никелем, керамикой и др. Такая технология является дорогостоящим процессом, поэтому данная работа посвящена изучению графитизации игольной проволоки из эвтектоидной стали, с целью использования графита в качестве смазочного материала, понижающего адгезию поверхности иглы со сшиваемым материалом.

Для исследований отбирали образцы проволоки из эвтектоидной стали с разными степенями деформации: 0; 27; 75 и 94 %. Графитизирующий отжиг проводили по следующему режиму: нагрев образцов вместе с печью до 750-760°C, выдержка при данной температуре 5 часов, охлаждение в течение часа до 690-700°C, выдержка при данной температуре 2 часа, охлаждение вместе с печью. Образцы монтировали в шлифы по стандартной технологии. Шлифы травили в 6%-ом растворе йода в спирте и изучали микроструктуру на оптическом микроскопе. После графитизирующего отжига на образцах, подвергшихся предварительной деформации, получили графитные включения хлопьевидной формы. Однако графитные включения не обнаружены в стали без предварительной деформации. С повышением степени деформации на образцах повышается количество графитных включений и равномерность их распределения (рисунок).

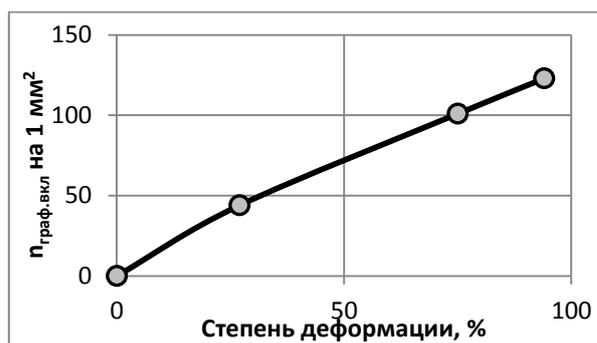


Рисунок – Микроструктура образцов со степенями деформации 0% (а), 94% (б), зависимость количества графитных включений от степени деформации (в), $\times 1350$

Таким образом, увеличение степени деформации интенсифицирует графитизацию цементита в стали: это обусловлено возникшими дефектами (микротрещины, искажения кристаллической решетки), деформирующимися в структуре при предварительной деформации.

*¹⁵ Руководитель – д.т.н., профессор кафедры ФМ Алимов В.И., асп. Пушкина О. В.

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ХОЛОДНОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ АУСТЕНИТИЗАЦИИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТАЛИ ДЛЯ ВЫСОКОПРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ

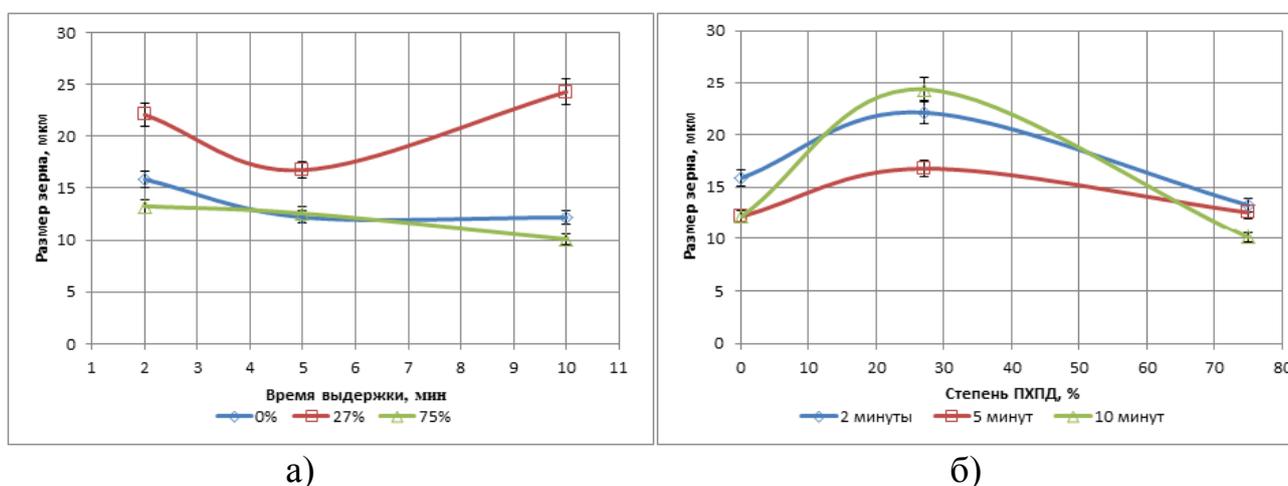
Жук А.Н. (ПММ-13)*

Донецкий национальный технический университет

В результате холодной пластической деформации происходит изменение формы деформируемого материала, его микроструктуры и соответственно свойств. Зерна поворачиваются, перемещаются относительно друг друга, что приводит к их общему раздроблению и измельчению. В свою очередь, измельченные зерна поворачиваются и вытягиваются вдоль направления действующих усилий. Деформированный металл, находясь в термодинамически неустойчивом состоянии, стремится к переходу в устойчивое состояние, поэтому при нагреве наклепанного металла происходит изменение внутреннего строения и, следовательно, его свойств. Все эти процессы проходят с учетом начального состояния металла и наследованных дефектов.

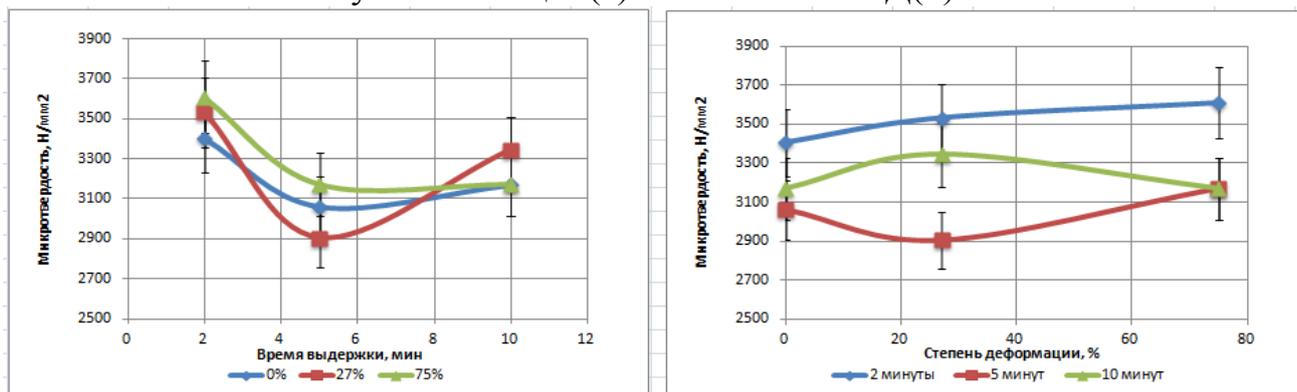
В данной работе изучали влияние предварительной холодной деформации и времени нагрева на структуру и свойства высокопрочной углеродистой стали, близкой к эвтектоидной, предназначенной для высокопрочной проволоки.

Для определения влияния холодной пластической деформации и времени на структуру и свойства углеродистой стали проволоочные образцы диам. 2 мм из стали 85(%мас.: 0,83С, 0,64Mn, 0,26Si, не более 0,25Cr, 0,035P, 0,035S, 0,2Cu, 0,25Ni) со степенями деформации 0(недеформированная), 27% и 75%, нагревали до температуры 900°C с выдержкой 2, 5 и 10 мин с последующей градиентной закалкой (ГОСТ–5639). Зависимость поперечника зерна от степени деформации и времени нагрева показаны на рисунке 1-2, микроструктуры исследуемых образцов приведены на рисунке 3.



* Руководители – д.т.н., профессор кафедры ФМ Алимов В.И. и асп. Пушкина О.В.

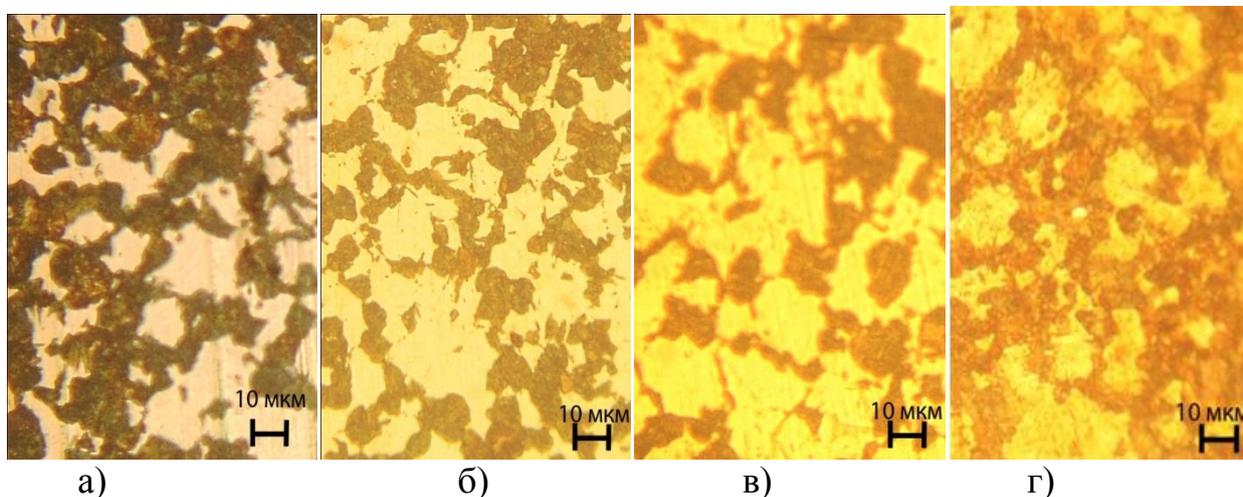
Рисунок 1 – Размер аустенитного зерна в зависимости от длительности аустенитизации(а) и степени ПХПД(б)



а)

б)

Рисунок 2 – Микротвердость образцов после охлаждения на воздухе в зависимости от времени аустенитизации(а) и степени ПХПД(б)



а)

б)

в)

г)

Рисунок 3 – Структура образцов из стали 85 недеформированные при выдержке 2(а) и 10(б) минут и со степенью ПХПД при выдержке 2(в) и 10(г) минут, х476

Выводы:

1. При низких степенях деформации (27%) заметен значительный рост зерна, что свидетельствует о критической степени деформации.

2. Для недеформированных образцов и образцов с деформацией 75% при увеличении времени выдержки происходит уменьшение размера зерна аустенита.

3. У образцов, охлажденных на воздухе (нормализованных), наблюдается рост значений микротвердости при увеличении степени деформации.

Целесообразно в дальнейшем исследовать влияние кратковременного нагрева с построением термокинетических кривых образования аустенита.

РАЗМЕР ЗЕРНА КАК ОПЕРАТИВНЫЙ КРИТЕРИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕМПЕРАТУРЫ НЕКОНТРОЛИРУЕМОГО НАГРЕВА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ

Ермаченко Д. И. (ПМ-10)^{i*}

Донецкий национальный технический университет

Величина размера зерна в сплавах является значимой структурной характеристикой, которая предназначена для прогнозирования механических свойств, например, прочности и пластичности.

Цель исследований заключается в том, чтобы упростить процесс определения температуры неконтролируемого нагрева металлоконструкции.

Для более детальной оценки применения размера зерна при определении неконтролируемой температуры нагрева исследования проводили на крепежных элементах топочной металлоконструкции, работающей на твердом топливе, изготовленной из низкоуглеродистой стали. На шлифах исследуемых образцов с помощью оптического микроскопа при увеличении $\times 450$ определяли размер зерна феррита и колоний перлита по ГОСТ 5639 (табл.1). В качестве калибровочных данных использовали информацию о размере зерна в зависимости от температуры нагрева, полученную предварительно как экспериментально авторами, так и опубликованную ранее информацию для низкоуглеродистой стали с 0,15% углерода.

Таблица 1 – Размер зерна и температура неконтролируемого нагрева

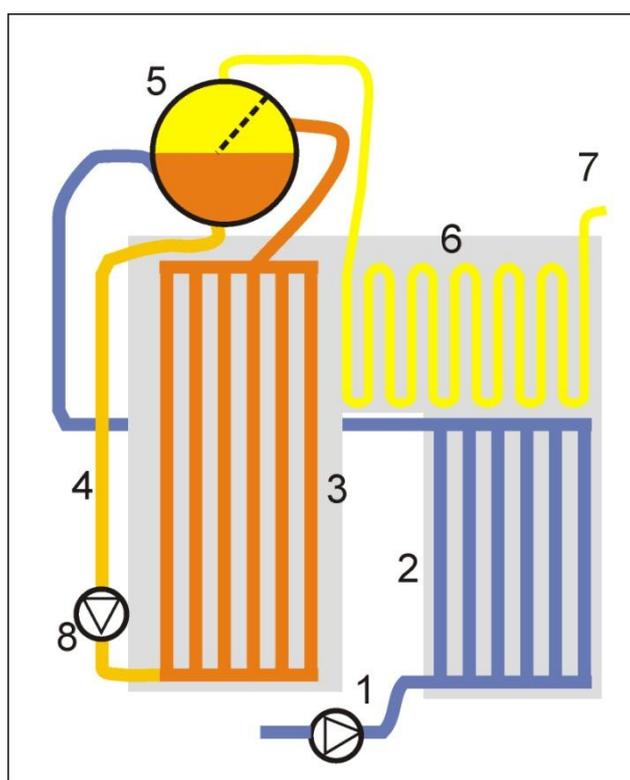
Условный номер элемента	Средний размер зерна, мкм		Температура неконтролируемого нагрева, °С
	феррит	перлитные колонии	
1	12,6	7,8	900-950
2	11,6	7,7	900-950
3	10,1	7,1	875-925
4	10	6,9	875-925
5	7,5	4,7	850-900

Данные, приведенные в таблице 1, подтверждают эффективность применения размера зерна для оценки температуры неконтролируемого нагрева металлоконструкции. Для реализации данного метода (заявка на патент Украины № u 2014 00866) не нужны специально оборудованные лаборатории механических испытаний, а также испытательное оборудование, так как оценка температуры неконтролируемого нагрева осуществляется по изменению размеров простых геометрических фигур, которые видно в оптическом металлографическом микроскопе на шлифе образца, взятого из металлоконструкции.

* Руководитель – д.т.н., профессор кафедры ФМ Алимов В.И., асп. Пушкина О. В

ПРОМЫШЛЕННАЯ

ТЕПЛОТЕХНИКА



СИСТЕМА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ В ПЕЧАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Андриенко Е.Н. (ПТТ-13м)*

Донецкий национальный технический университет

От нагрева металла в большой степени зависит качество готовой продукции, производительность прокатных станов, расход энергии и другие показатели работы прокатных цехов. Охлаждения может в значительной степени улучшить все характеристики готового сорта. Поэтому необходим контроль за температурным состоянием металла и агрегата в целом на протяжении всего периода нагрева.

Целью данной работы является создание системы диагностики процессов нагрева кузнечных слитков в камерных печах с выкатным подом. Сущность предложенной методологии заключается в использовании математического выражения для определения средней плотности теплового потока, падающего на поверхность материала, в течение краткого периода времени Δt в зависимости от результатов замера характерных температур продуктов сгорания, расходов топлива и продуктов сгорания:

$$\bar{q} = [\bar{V} \cdot Q_H^p \cdot \Delta t - \bar{Q}_{\text{пот}} \cdot \Delta t - \bar{V} \cdot V_{yx} \cdot c_{t_{yx}} \cdot \bar{t}_{yx} \cdot (1-k) \cdot \Delta t - V_k \cdot c_{t_{yx}} \cdot \Delta \bar{t}_k] / F_M \cdot \Delta t. \quad (1)$$

Величина тепловых потерь камеры печи в конкретный момент времени:

$$Q_{\text{пот}} = (t_{\text{кл}(n)} - t_{\text{кл}(n-1)}) \cdot \lambda_{\phi} \cdot F_{\text{кл}} / \Delta x, \text{ Вт}. \quad (2)$$

Коэффициент рекуперации определяется как:

$$k = V_B \cdot c_B \cdot \Delta t_B / \bar{V} \cdot V_{yx} \cdot c_{t_{yx}} \cdot \bar{t}_{yx}. \quad (3)$$

Предложенное балансовое уравнение (1) представляет собой моментальный тепловой баланс печи. Итоговый коэффициент теплоотдачи:

$$\bar{\alpha}_{\Sigma} = \bar{q} / (\bar{t}_{yx} - \bar{t}_{\text{пов}}), \quad (5)$$

Если неизвестной является лучистая составляющая:

$$\alpha_{\text{л}} = \bar{\alpha}_{\Sigma} - \alpha_k = [C_{\text{пр}}(t_{yx}) \cdot [((\bar{t}_{yx} + 273)/100)^4 - ((\bar{t}_{\text{пов}} + 273)/100)^4]] / (\bar{t}_{yx} - \bar{t}_{\text{пов}}) \quad (6)$$

Использование разработанного метода проиллюстрировано на примере типовой нагревательной печи периодического действия с выкатным подом, в которой нагреваются кузнечные слитки под обработку давлением. Печь имеет характерные параметры: ширину 4 м, длину 15 м, высоту 4 м, внутренняя поверхность кладки - 272 м², внутренний объем камеры 240 м³. В печь помещаются 6 круглых заготовок длиной 5 м и диаметром 1 м, с плотностью стали при начальной температуре 7700 кг/м³ и боковой поверхностью теплообмена 94,25 м². Топливо- природный газ имеющий теплоту сгорания 35,8 МДж/м³. Начальная температура слитков 20 °С. Коэффициент рекуперации

* Руководитель- д.т.н., заведующий кафедры ТТ Бирюков А.Б.

расходов топлива и воздуха составляет 0,3. Параметры футеровки: материал – керамоволокно; $\lambda_{\phi}=0,1$ Вт/(м·К); $c_{\phi}=1000$ Дж/(кг·К); $\rho_{\phi}=200$ кг/м³; $S_{\phi}=0,22$ м.

Для восстановления температурного поля заготовок в течения нагрева при помощи созданной методики использованы сигналы расходомера по топливу и термопары печной камеры, соответствующие обозначенным выше конструктивным параметрам печи и типовой технологии нагрева.

Для расхода топлива (м³/с) и для температуры дыма (°C) :

$$V_{\text{т}} \text{ (м}^3\text{/с)} = 0,31778 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot \tau, \quad t_{\text{yx}} \text{ (}^{\circ}\text{C)} = 961,414 + 0,02873 \cdot \tau, \quad \text{если } 0 \leq \tau \leq 11090;$$

$$V_{\text{т}} \text{ (м}^3\text{/с)} = 0,34 - 21,87 \cdot 10^{-6} \cdot (\tau - 11090),$$

$$t_{\text{yx}} \text{ (}^{\circ}\text{C)} = 1280 - 15,9 \cdot 10^{-4} \cdot (\tau - 11090), \quad \text{если } 11090 \leq \tau \leq 20524;$$

$$V_{\text{т}} \text{ (м}^3\text{/с)} = 0,13366 - 8,76 \cdot 10^{-6} \cdot (\tau - 20524),$$

$$t_{\text{yx}} \text{ (}^{\circ}\text{C)} = 1265 - 4,476 \cdot 10^{-4} \cdot (\tau - 20524), \quad \text{если } 20524 \leq \tau \leq 31694.$$

Из расчета горения топлива для условий изучаемого агрегата: удельный выход продуктов сгорания 11,123 м³/м³, действительное количество воздуха на горение 10,123 м³/м³. При реализации данной системы диагностики получено температурное поле заготовки, представленное на рисунке.

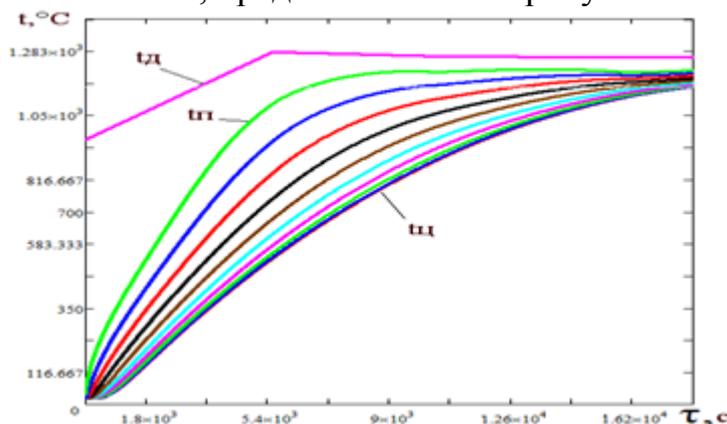


Рисунок - Температурное поле заготовок, восстановленное при помощи системы диагностики

($t_{д}$ - температура дыма, °C; $t_{п}$ - температура поверхности заготовки, °C;

На рисунке температурное поле заготовки представлено 10 линиями (толщина заготовки от ее центра до поверхности разбита на 9 равных промежутков толщиной по 54мм).

Таким образом, предложенная система диагностики позволяет отслеживать реальное тепловое состояние металла, осознанно корректировать режим тепловой обработки, достигая заданных параметров нагрева с более высокой точностью, затрачивая при этом, минимально необходимое количество времени и топлива, может использоваться в качестве основы создания компонентов прогнозного управления тепловой работы камерных печей с выкатным подом.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ДЕГАЗАЦИИ ОТ ВОДОРОДА РАСПЛАВА АЛЮМИНИЯ КОМПЛЕКСНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

Богущкий В. Б. (ПТТ – 13м)*

Донецкий национальный технический университет

Известно, что внепечная дегазация от водорода расплава алюминия путем вакуумирования мало эффективна. Для интенсификации процессов тепломассопереноса используют одновременную с вакуумированием продувку жидкого металла подогретым аргоном через пористую пробку, установленную в днище ковша.

Интенсификация этих процессов достигается, во – первых, тем, что часть атомов водорода выносятся в вакуум – камеру всплывающими пузырями аргона, которые вследствие диффузии поглощают водород из ванны. Во – вторых, всплывающие пузыри аргона перемешивают металл, уменьшая при этом толщину диффузионного пограничного слоя на межфазной поверхности «металл – вакуум».

И, наконец, аргон, подогретый до температуры расплава, не увеличивает объем пузырей, сходящих в металл с пор продувочного устройства. При фиксированной интенсивности продувки это приводит к возрастанию как количества этих пузырей, так и площади межфазной поверхности «металл - аргон».

Математическая модель процессов тепломассопереноса при внепечной дегазации от водорода расплава алюминия комплексным воздействием имеет вид:

$$\text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad (1)$$

$$\text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad (2)$$

При записи уравнений (1) - (2) учтено, что в условиях, когда « , изменением теплофизических коэффициентов с изменением температуры можно пренебрегать, используя в расчете их среднее в интервале температур значения. Где , - максимальные значения температуры расплава алюминия и ее перепада в объеме ковша.

Уравнения конвективного тепломассопереноса (1) - (2) дополняются уравнением гидродинамики, которые в условиях установившегося течения расплава, когда пренебрегают влиянием на его структуру медленного уменьшения температуры металла и концентрации растворенных в нем водорода, упрощаются.

* Руководитель – к.т.н., доцент кафедры технической теплофизика Захаров Н. И.

Стационарные, осесимметричные, безразмерные уравнения Навье-Стокса совместно с уравнением неразрывности, записанный для области ламинарного течения жидкости металла, имеют вид:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) + v_r \frac{\partial^2 v_r}{\partial r^2} + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_r \frac{\partial v_r}{\partial z} \right) + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r v_z \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) - v_z \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} \\ & \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) + v_r \frac{\partial^2 v_z}{\partial r^2} + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_r \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) + v_z \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r v_z \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) - v_z \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \end{aligned}$$

Безразмерные величины в приведенных выше соотношениях: r и z – радиальная и вертикальная координаты; v_r и v_z – радиальная и вертикальная скорости расплава; p – гидродинамическое давление. Re – критерии подобия Рейнольдса, Эйлера и Фруда.

Граничные условия к уравнениям (1) – (2) включают равенство нулю диффузионных и тепловых потоков на оси симметрии и твёрдых стенках рафинировочной емкости.

На межфазной поверхности «вакуум - металл» граничные условия выражались соотношениями:

$$p = p_0; \quad (6)$$

где p_0 – постоянная Сивертса; p – парциальное давление водорода.

$$\frac{\partial p}{\partial r} = 0; \quad (7)$$

где $\frac{\partial p}{\partial r}$;

Граничные условия к уравнениям (3) – (5) включают равенство нулю как компонентов скорости расплава на твёрдых стенках ёмкости, так и касательного напряжения на межфазной поверхности «вакуум - металл».

На оси симметрии:

$$v_r = v_z = 0; \quad (8)$$

Граничные условия в области пористых элементов, расположенных в днище рафинировочные емкости:

$$C(r) = 0; \quad (9)$$

$$T(r) = T_0; \quad (10)$$

$$\frac{\partial T}{\partial r} = 0; \quad (11)$$

$$\frac{\partial v_r}{\partial r} = 0; \quad (12)$$

где T_0 – температура подогретого аргона; $V(r)$ – заданное поле скорости расплава, огражденном распределением интенсивности продувки по днищу ковша.

Сформирована математическая модель процессов тепломассопереноса при внепечной дегазации от водорода расплава алюминия комплексным воздействием. На ее основе планируется контактное моделирование этих процессов и разработки рекомендаций по энергосбережению.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГНОЗНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ УГАРА МЕТАЛЛА ПРИ ЕГО НАГРЕВЕ ПЕРЕД ПРОКАТКОЙ

Буша А. А. (ПТТ-13м)*

Донецкий национальный технический университет

Нагрев металла в методических печах перед прокаткой осуществляется при высоких температурах, вследствие чего происходит образование на его поверхности оксидной пленки, или окалины. Процесс окисления металла приводит к значительным потерям металла в угар, что отражает несовершенство данного технологического процесса. Необходимость снижения окалинообразования обуславливает изучение теоретического аспекта данного вопроса и разработку практических рекомендаций по уменьшению образования окалины на поверхности металла.

Исследование, представленное в данной работе, предполагает построение прогнозной модели для определения величины окалинообразования на основе влияния различных факторов, основным из которых является наличие избыточного кислорода в атмосфере печи. Прогнозирование осуществляется на основании показаний установленных в печь датчиков и состоит из следующих этапов:

- 1) регистрация фактических значений состава печной атмосферы;
- 2) моделирование технологического процесса и проведение вычислительных операций для процессов окалинообразования и обезуглероживания;
- 3) управление технологическим процессом путем воздействия на соотношения параметров процесса горения в печи.

При установившемся тепловом режиме в печи, наибольшее значение для создания прогнозной модели окалинообразования имеет состав продуктов сгорания и значение величины присосов воздуха по зонам методической печи. Необходимо отметить, что кислород может поступать в печь несколькими способами, к которым относятся: сжигание топлива с $\alpha > 1$; в качестве присосов в топку печи и по ходу движения продуктов сгорания в газоходе, вследствие того, что данный тепловой агрегат не является герметичным. Однако, суммарное количество кислорода, поступившее в печь, может быть уменьшено на величину $V_{O_2}^{OK}$ за счет участия этого количества кислорода в окислении металла. Для определения величины $V_{O_2}^{OK}$ необходима регистрации фактических значений состава печной атмосферы, осуществление которой предполагается посредством установки в методической печи кислородных датчиков, определяющих его наличие и процентное содержание в зонах печи, где имеет место наибольшее значение подсосов воздуха, и на выходе из печи. Также необходима установка расходомеров в зонах печи, где осуществляется

* Руководитель – к.т.н., доцент кафедры техническая теплофизика Новикова Е. В.

сжигание топлива, и перед рекуператором. Схема реализации предложенных мероприятий показана на рисунке.

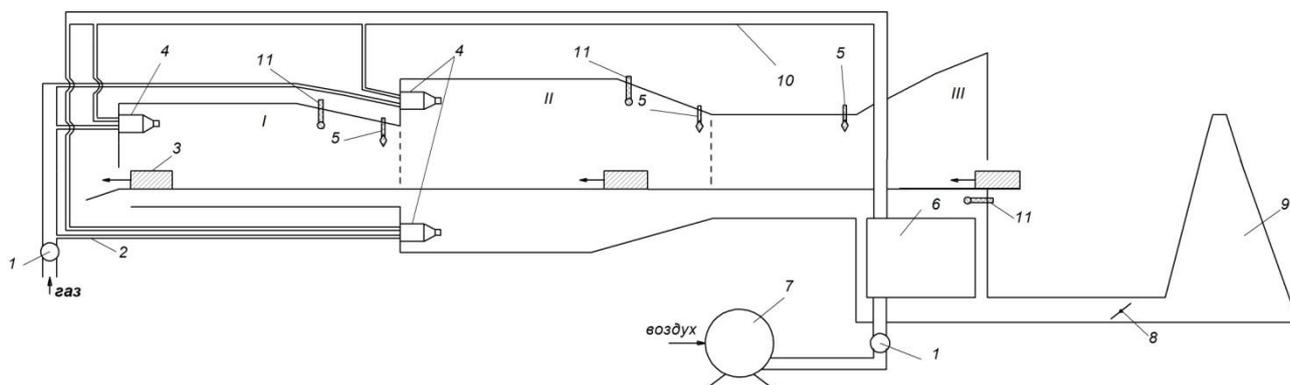


Рисунок – Схема реализации предложенного метода диагностики соотношения топлива/воздух в методической нагревательной печи

(I – томильная зона, II – сварочная зона, III – методическая зона, 1 – расходомеры для газа и воздуха, 2 – подвод газа к горелкам, 3 – металлическая заготовка, 4 – горелки, 5 – кислородные датчики, 6 – рекуператор, 7 – дутьевой вентилятор для подачи воздуха на горелки, 8 – шибер, 9 – дымовая труба, 10 – подвод воздуха к горелкам, 11 – расходомеры.)

Количество кислорода, которое расходуется на окисление металла ($V_{O_2}^{OK}$), можно определить по формуле:

$$V_T \cdot V_{пс} + V_{пр}^T + V_{пр}^Г - V_{O_2}^{OK} = V_{изм}, \quad (1)$$

где V_T - расход топлива, $м^3/с$; $V_{пс}$ - объем продуктов сгорания, $м^3/м^3$; $V_{пр}^T$ - присосы воздуха в топку печи, $м^3/с$; $V_{пр}^Г$ - присосы воздуха по газоходу печи, $м^3/с$; $V_{изм}$ - расход продуктов сгорания, измеренный при помощи расходомера, $м^3/с$.

Присосы кислорода в рекуператоре и смотровых окнах топки печи определяются по следующим формулам:

$$O_{2рек} = \frac{V_T \cdot V_{пс} \cdot \%O_2 + V_{пр}^T \cdot 21 + V_{пр}^Г \cdot 21 - V_{O_2}^{OK} \cdot 100}{V_T \cdot V_{пс} + V_{пр}^T + V_{пр}^Г - V_{O_2}^{OK}} \quad (2)$$

$$O_{2окн} = \frac{V_T \cdot V_{пс} \cdot \%O_2 + V_{пр}^T \cdot 21 - V_{O_2}^{OK} \cdot 100}{V_T \cdot V_{пс} + V_{пр}^T - V_{O_2}^{OK}} \quad (3)$$

где $\%O_2$ – процентное содержание кислорода в продуктах сгорания, $\%$; 21 – процентное содержание кислорода в атмосферном воздухе, $\%$.

Таким образом, регулирование содержания избыточного кислорода в печи даст возможность определить, и, как следствие, уменьшить количество окалина при высокотемпературном нагреве металла перед ОМД, а также корректировать расход топлива в динамическом режиме. Следует отметить, что применение прогнозной модели окалинообразования, основанной на управлении режимом работы печи, обеспечит не только уменьшение потерь металла с угаром, но и позволит сократить энергопотребление печи.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ТЕПЛОТРАЖАЮЩЕГО ЭКРАНА

Е. Ю. Хребтова (ЭО – 01 - 09)*

Национальная металлургическая академия Украины

В металлургическом производстве рабочие часто находятся вблизи расплавленного или нагретого металла, пламени, горячих поверхностей. Общий радиационный фон, формируемый этими источниками, в горячих цехах 350 – 900 Вт/м², а на отдельных участках достигает 12 - 15 кВт/м². Тепловое излучение приводит к повышению температуры кожи, нарушению терморегуляции и перегреву организма, может стать причиной теплового удара. Лучистый поток интенсивностью облучения более 3 кВт/м² считается особо вредным производственным фактором.

Интенсивность теплового облучения работников регламентирует ГОСТ 12.1.005-88. Так, облучение от открытых источников не должно превышать 140 Вт/м², а температура ограждений рабочих мест не более 45⁰С. Эффективным средством защиты от тепловых излучений являются теплоотражающие экраны из альфоля, листового алюминия или оцинкованной стали. Ввиду низкой степени черноты поверхностей от них отражается значительная часть падающей лучистой энергии. При мощных тепловых потоках применяют многослойные экраны. Защитные свойства экрана характеризуются степенью экранирования μ , кратностью ослабления теплового потока m и коэффициентом эффективности η :

$$\mu = T_1 / T_3; \quad m = q_{1,2} / q_{3,2}; \quad \eta = q_{1,2} - q_{3,2} / q_{1,2}$$

где T_3 , T_1 - температуры наружной поверхности экрана и источника излучения; $q_{1,2}$, $q_{3,2}$ – плотность теплового потока до и после установки экрана.

Для тонкостенного многослойного экрана (рис.) термическим сопротивлением теплопроводности слоев и, соответственно, температурным перепадом по их толщине можно пренебречь. Тогда плотность теплового потока на экранные поверхности и приемник излучения при различной степени черноты излучающей 1, тепловоспринимающей 2 и экранных поверхностей ε_1 , ε_2 , ..., ε_n ($\varepsilon_1 \neq \varepsilon_2 \neq \varepsilon_{31} \neq \varepsilon_{32} \neq \dots \neq \varepsilon_{3n}$) составит:

$$q_{1,31} = \varepsilon_{np1} \sigma_0 T_1^4 - T_{31}^4; \dots; q_{3n,2} = q_{3,2} = \varepsilon_{np(n+1)} \sigma_0 T_{3n}^4 - T_2^4,$$

$$\text{где } \varepsilon_{np1} = \frac{1}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_{31} - 1}; \dots; \varepsilon_{np(n+1)} = \frac{1}{1/\varepsilon_{3n} + 1/\varepsilon_2 - 1} - \text{приведенная}$$

степень черноты системы «излучатель – экран 1», ..., «экран n – приемник»; T_2 , T_{31}, \dots, T_{3n} – температура объекта облучения и экранных поверхностей;

*Руководитель – к.т.н., доцент кафедры инженерной экологии и охраны труда Иванов И.И.

$\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ - постоянная Больцмана.

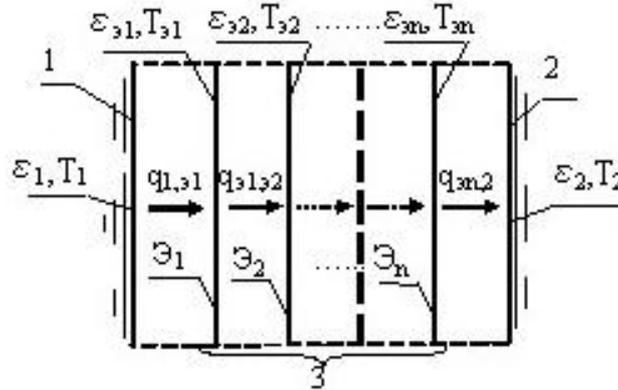


Рисунок – Расчетная схема тонкостенного многослойного теплоотражающего экрана

При отсутствии экрана:
$$q_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \sigma_0 (T_1^4 - T_2^4),$$

Поскольку в стационарном режиме $q_{1,31} = \dots = q_{3n,2}$, то из решения этой системы уравнений получим выражения для плотности теплового потока на облучаемую поверхность, температуры k -той экранной поверхности и показателей теплозащитных свойств:

$$q_{3,2} = \frac{\sigma_0 (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} + 2 \sum_{i=1}^n \frac{1}{\varepsilon_{3i}} - n + 1}; T_{3k} = \sqrt[4]{T_1^4 - \frac{T_1^4 - T_2^4 \left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \sum_{j=1}^{k-1} \frac{2}{\varepsilon_{3j}} + \frac{1}{\varepsilon_{3k}} - k \right)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} + 2 \sum_{i=1}^n \frac{1}{\varepsilon_{3i}} - n + 1}};$$

$$\mu = \frac{T_1}{\sqrt[4]{T_1^4 - \frac{T_1^4 - T_2^4 \left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \sum_{j=1}^{n-1} \frac{2}{\varepsilon_{3j}} + \frac{1}{\varepsilon_{3n}} - n \right)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} + 2 \sum_{i=1}^n \frac{1}{\varepsilon_{3i}} - n + 1}}}; m = 1 + \frac{2 \sum_{i=1}^n \frac{1}{\varepsilon_{3i}} - n}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1};$$

$$\eta = \frac{2 \sum_{i=1}^n \frac{1}{\varepsilon_{3i}} - n}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} + 2 \sum_{i=1}^n \frac{1}{\varepsilon_{3i}} - n + 1}.$$

Известные решения для $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_{31} = \dots = \varepsilon_{3n} = \varepsilon$ и $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$; $\varepsilon_{31} = \dots = \varepsilon_{3n} = \varepsilon_3$; $\varepsilon \neq \varepsilon_3$ являются частными случаями полученных выражений.

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ФОРСУНОК ЗВО, КАК ИНСТРУМЕНТ СНИЖЕНИЯ РЕСУРСОЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОДУКЦИИ

Федоренко К.В. (ПТТ-13м)*

Донецкий национальный технический университет

Важнейшую роль в современном металлургическом производстве играет машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), где основными технологическими участками являются кристаллизатор и зона вторичного охлаждения (ЗВО). Одним из направлений этой работы является уменьшение брака при производстве всех видов продукции. Назначение ЗВО – дальнейшее затвердевание непрерывного слитка после выхода его из кристаллизатора. В пределах этой зоны необходимо решить две основные задачи: обеспечить отвод тепла из внутренней жидкой зоны слитка; сохранить форму слитка.

При разливке высококачественных марок стали на МНЛЗ, на практике, одной из основных причин образования брака является отклонение параметров ЗВО от нормы (неправильный выбран расход охлаждающей воды, выполнение трубопроводов не из нержавеющей стали, засорение форсунок и т.д.), что может привести к появлению перекоса температурного поля заготовки, и появлению различных дефектов литой стали.

На практике важно оперативно идентифицировать такого рода отклонения и принимать адекватное решение о продолжении или при останове разливки. На современных машинах непрерывного литья заготовок заданный расход воды на каждый сектор поддерживается специальным регулятором, который в случае изменения гидравлического сопротивления элементов сектора меняет давление воды до достижения заданного расхода.

Методика исследования, предлагаемая в данной работе, основана на анализе напорно-расходной характеристики одной форсунки, сектора. Предложен подход, который можно положить в основу автоматического определения количества забитых форсунок в секторе в зависимости от давления, которое устанавливает регулятор расхода для прокачивания заданного количества воды через сектор. Современные системы АСУ ТП для МНЛЗ снабжены алгоритмами, предназначенными для расчета рекомендуемых значений расходов охладителя в зависимости от сечения заготовки, марки стали и скорости разливки. Чем меньше работающих форсунок, тем выше требуемое давление. Поскольку среди всех гидравлических сопротивлений сектора сопротивление форсунки является основным по величине, то, зная напорно-расходную характеристику форсунки можно составить напорно-расходную характеристику сектора, в котором работает определенное количество форсунок. Металлургия – очень водоемкое производство, поэтому снижение водопотребления – важное требование с точки зрения экологической эффективности. Расход воды на сектор (Q) делится на число работающих

* Руководитель- д.т.н., заведующий кафедры ТТ Бирюков А.Б.

форсунок, в результате чего для расхода воды на сектор должно быть установлено давление (P), полученное из напорно-расходной характеристики одной форсунки. Принимая работающими различное количество форсунок, строим семейство напорно-расходных характеристик сектора. На рисунке приведено семейство напорно-расходных кривых для сектора физически состоящего из 72 форсунок производства одной из современных фирм.

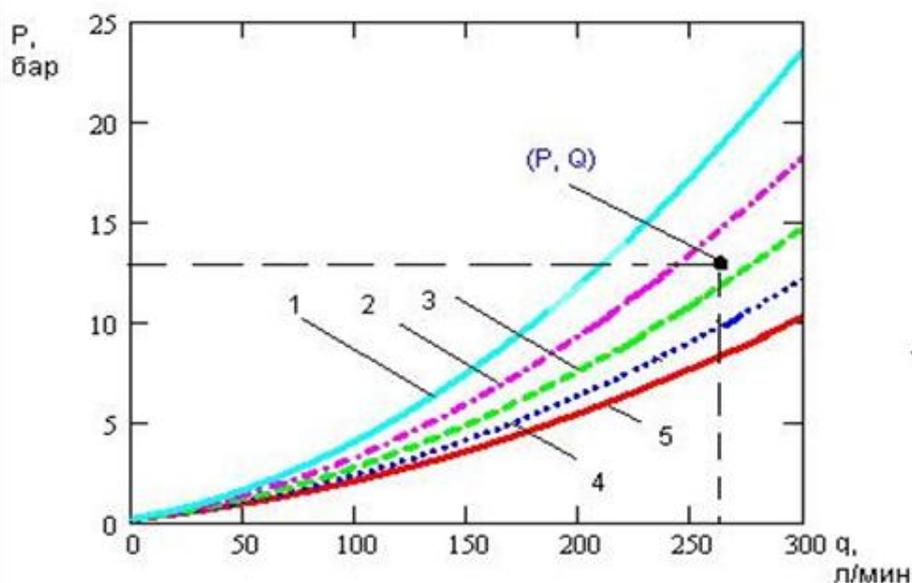


Рисунок – Напорно-расходная характеристика сектора для различного количества работающих форсунок.

Автоматически находим положение точки с текущими координатами (P,Q), определяем, какая кривая наиболее приближена к данной точке, что служит указанием на количество забитых форсунок. На основании этой информации и практического опыта или результатов математического моделирования принимается решение о возможности продолжения разливки. Экспериментальное определение рациональных параметров разливки с учетом вышеперечисленных факторов – это сложный, дорогой, трудоемкий и длительный процесс. Современное состояние теории непрерывной разливки стали позволяет определить основные технологические параметры расчетным путем. Расчет параметров непрерывной разливки стали всегда делается для конкретно МНЛЗ с учетом марочного и размерного сортамента разливаемых сталей.

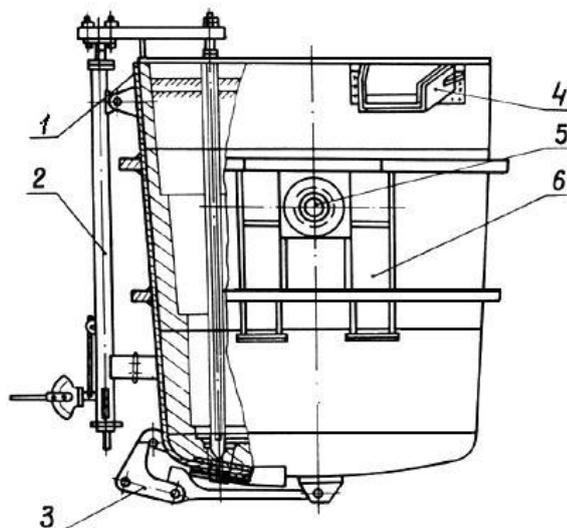
Рассмотренная в этой работе методика, облегчает процесс изучения явления забивания охлаждающих форсунок в зоне вторичного охлаждения машин непрерывного литья заготовок и позволяет определить число не работающих форсунок, что приводит к повышению информативности производства и скорости решения проблемы забивания форсунок. Использование данной методики в системе автоматического регулирования, позволит уменьшить образование брака и, соответственно, снизить ресурсоэнергоемкость готовой продукции.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ И РАЗОГРЕВА СТАЛЕРАЗЛИВОЧНОГО КОВША

Михайленко Д.Е. (ПТТ-13с)*

Донецкий национальный технический университет

Для разливки стали и её дальнейшей внепечной обработки предприятие должно обладать большим парком сталеразливочных ковшей. Сталеразливочный ковш служит для слива в него из сталеплавильного агрегата металла и части шлака, выдержки, транспортировки и разливки металла в слитки или на МНЛЗ, после чего шлак должен быть скантован в шлаковую чашу. (рисунок)



1 – корпус; 2 – стопорное устройство; 3 – кантовочное устройство;
4 – носок для слива шлака; 5 – цапфы; 6 – цапфовые плиты,

Рисунок – Сталеразливочный ковш

Разливку жидкой стали необходимо осуществлять в предварительно подготовленный и разогретый до температуры приёма (1000-1200°С) ковш. Для этого ковш сушат и разогревают, используя дорогостоящий природный газ, цена на который с каждым годом неуклонно растёт из-за истощения его запасов. К тому же, в процессе термической подготовки ковшей в результате сгорания метана часть дымовых газов через технологический зазор попадает в заводской цех, тем самым ухудшая его экологическую обстановку. Решением может стать частичная замена природного газа вторичным энергоресурсом (коксовым, доменным газами). Это создаст возможность снижения его потребления, что является весьма актуальным решением для заводов полного металлургического цикла. Данная операция сможет задействовать промышленные запасы доменного либо коксового газа и снизить затраты при сушке и разогреве ковшей. При этом улучшение экологической обстановки в цехе достигается путём помещения ковша в замкнутый объём.

* Руководитель – к.т.н., доцент кафедры ТТ Новикова Е.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА ПУТ-ТЕХНОЛОГИИ

Неделин А.Ю. (ИТТ-13с)*

Донецкий национальный технический университет

Замена части дорогостоящего кокса пылеугольным топливом (ПУТ) с одновременным выполнением компенсирующих мероприятий: повышение температуры дутья, обогащение дутья кислородом, подготовка шихты – сопровождается существенным ростом производительности доменных печей (до 50% на некоторых зарубежных металлургических предприятиях).

Повышение производительности сопровождается также усилением механического, абразивного, химического и теплового воздействия на обмуровку, приводя к уменьшению толщины огнеупорной кладки и стойкости гарнисажа, и, как следствие, к увеличению тепловых потерь.

Сжигание ПУТ, удельная поверхность частиц которого в 300-500 раз больше чем кусков кокса, определяет высокую степень черноты фурменной зоны и значительную интенсификацию тепловых потоков излучением на фурмы и стены фурменной зоны.

Рассчитанные исследования, выполненные по специально разработанным методикам для доменной печи объемом 1500 м³, показали, что замена 30% кокса пылеугольным топливом сопровождается:

- увеличением степени черноты фурменной зоны с 0,02 до 0,64;
- увеличением тепловых потерь в зоне воздушных фурм с 4,7 до 8,9 МВт;
- увеличением тепловых потерь по печи в целом с 9,8 до 16,6 МВт.

На тепловые потери существенное влияние оказывает износ футеровки. Наибольшее значение тепловых потерь в случае практически полного износа шамотной футеровки и образование гарнисажа на поверхности вертикальных чугунных холодильных плит достигают при расходе ПУТ 187 кг/т, 16,6 МВт, что составляет 8,8% от тепловой мощности печи.

Полученные данные о тепловых потерях являются основанием для разработки системы охлаждения при проектировании перехода печей на ПУТ-технологии. Для снижения тепловых потерь возможны варианты охлаждения доменных печей которые обеспечивают не только защиту кожуха от теплового воздействия, но и защиту огнеупорной футеровки от перегрева.

*Руководитель – к.т.н., профессор кафедры ТТ Курбатов Ю.Л.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ КОНВЕКТИВНОЙ ДИФФУЗИИ В ТЕХНОЛОГИИ ВНЕПЕЧНОЙ ДЕГАЗАЦИИ РАСПЛАВА АЛЮМИНИЯ РАССРЕДОТОЧЕННОЙ ПО ДНИЩУ КОВША ПРОДУВКОЙ АРГОНОМ

Рыжих В.Ю. (ПТТ-13с)*

Донецкий национальный технический университет

Известно, что аргон – сравнительно дорогой газ, получаемый из атмосферного воздуха способом глубокого охлаждения и перевода его в жидкое состояние в ректификационном процессе. Поэтому проблема его экономного расходования в металлургических технологиях является актуальной.

На основании результатов компьютерного моделирования конвективной диффузии в технологии внепечной дегазации расплава алюминия рассредоточенной по днищу ковша продувкой аргоном, в том числе в вакуум-камере, получены следующие результаты:

- анализ литературных источников показали, что в данное время на Украине в металлургии алюминия в её внепечной обработке, рассредоточенная по днищу рафинировочной ёмкости продувка аргоном не используется;

- как показали экспериментальные исследования, существует возможность внепечной дегазации расплава алюминия комплексным воздействием;

- выполнено математическое моделирование процесса конвективного массопереноса при дегазации расплава алюминия от водорода комплексным влиянием рассредоточенной по днищу рафинировочной ёмкости продувкой аргоном и вакуумирования с учётом комплекса технологических параметров

- показано, что интенсивность конвективного массопереноса водорода в пузыри аргона снижается с увеличением Ω , d_n , $[O]$;

- выявлено, что при комплексной обработке алюминия продувкой аргоном и вакуумирования, вклад первой составляющей в эффективность конвективного массопереноса водорода из расплава в вакуум-камеру растёт при увеличении Ω . При энергосберегающем выборе Ω эта составляющая существенно превышает одновременное вакуумирование даже при высокой глубине вакуума;

- с целью экономии энергоресурсов, оправдана обработка алюминия продувкой аргоном на энергосберегающей интенсивности во время выпуска расплава алюминия из печи в ковш без вакуумирования;

- установлено, что существует энергосберегающий режим технологии соответствующий рациональной интенсивности продувки алюминия аргоном. При этом снижение реальной интенсивности продувки до её энергосберегающего значения экономит дорогой аргон.

*Руководитель – к.т.н., доцент кафедры ТТ Захаров Н.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОГО ПРОЦЕССА В КАМЕРЕ ТУШЕНИЯ ПРИ СУХОМ ТУШЕНИИ КОКСА ИНЕРТНЫМИ ГАЗАМИ

Савченко М.Г. (ПТТ-13с)*

Донецкий национальный технический университет

В основу коксохимического производства положен процесс коксования, который заключается в нагреве без доступа воздуха смеси углей различных марок. Проблема утилизации тепла раскаленного кокса, выдаваемого из камер коксования, давно стоит перед коксохимической промышленностью. Для охлаждения раскаленного кокса в настоящее время, в основном применяется мокрый способ тушения. Тепло горячего кокса при мокром тушении безвозвратно уходит с парами воды в атмосферу.

Длительные испытания различных схем утилизации тепла раскаленного кокса с применением различных теплоносителей, позволили выработать наиболее совершенную схему установки сухого тушения кокса (УСТК).

Использование теплоты раскаленного кокса связано с тушением (охлаждением) кокса и возможно при сухом тушении, которое в отличие от мокрого, имеет следующие преимущества:

- существенно улучшается качество кокса вследствие отсутствия растрескивания (образования мелочи) и увлажнения кокса. Изотермическая выдержка при сухом тушении делает кокс более пористым и газопроницаемым, повышается реакционная способность кокса.

- отсутствует расход воды на орошение кокса и, соответственно, образование токсичных сточных вод .

- отсутствует выделение токсичных паров в атмосферу.

- возможно получение пара энергетических параметров.

Теплообменный процесс в камере тушения при сухом тушении кокса инертным газом сложный и осуществляется не только путем вынужденной конвекции, но и излучением. Коэффициент теплоотдачи конвекцией $\alpha_{\text{конв}}$ рассчитываем по ориентировочной формуле:

где $\alpha_{\text{конв}}$ – коэффициент теплоотдач, Вт/м²К; Re – число подобия Рейнольдса; Pr – число подобия Прандтля; λ – коэффициент теплопроводности инертного газа, Вт/мК; Δh – высота слоя коксовой засыпи, м.

В результате выполненных расчетов изменения коэффициентов теплопередачи конвекцией и излучением получаем уточненную формулу числа подобия Нуссельта для дальнейшего расчета коэффициента теплоотдачи конвекцией $\alpha_{\text{конв}}$:

2

*Руководитель – профессор кафедры ТТ Туяхов А.И.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЛИЯНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЛИНЕЙНОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Ульянкин Д.А. (ПТТ-10)*

Донецкий национальный технический университет

Моделирование процессов нагрева металла позволяет оценить влияние конкретных факторов. Для моделирования процесса нагрева воспользуемся дифференциальным уравнением теплопроводности, описывающим перенос тепла в одномерных телах

$$c\rho\partial t / \partial \tau = \lambda\partial^2 t / \partial x^2 \quad (1)$$

с начальными и граничными условиями

$$t(x,0) = t_0; \quad -\lambda\partial t / \partial x|_{x=l} = \alpha(u - t), \quad \partial t / \partial x|_{x=0} = 0 \quad (2)$$

Теплофизические коэффициенты λ , c , ρ и коэффициент теплоотдачи α принимались постоянными. Толщина тела разбивалась на n частей, а все время на m интервалов.

При внешней и внутренней линейности уравнений (1)-(2) температура тела в i -ом сечении в j -ый момент времени от действия на каждом интервале времени температура среды U_s определяется по формуле

$$t_i^j = \sum_{s=1}^j a_{si}^j \cdot U_s. \quad (3)$$

Коэффициент a_{si}^j определяется следующим образом: на первом интервале времени

$$t_i^1 = a_{i1}^1 \cdot U_1, \quad (4)$$

для второго интервала запишем уравнение

$$t_i^2 = a_{i1}^2 \cdot U_1 + a_{2i}^2 \cdot U_2. \quad (5)$$

Для m интервала времени получим

$$t_i^m = a_{i1}^m \cdot U_1 + a_{2i}^m \cdot U_2 + \dots + a_{mi}^m \cdot U_m. \quad (6)$$

Примем, что на первом интервале времени температура среды $U_1=1$, а на остальных равна нулю. Определим коэффициенты a_{i1}^j :

$$a_{i1}^1 = t_i^{11}; \quad a_{i1}^2 = t_i^{21}, \dots, a_{i1}^m = t_i^{m1}. \quad (7)$$

Дальше считаем, что температура среды на втором интервале $U_2=1$, а на остальных равняется нулю. Определяем следующие коэффициенты a_{2i}^j :

$$a_{2i}^2 = t_i^{22}; \quad a_{2i}^3 = t_i^{32}, \dots, a_{2i}^m = t_i^{m2}. \quad (8)$$

Коэффициенты a_{si}^j называются коэффициентами влияния или «весами».

Коэффициент влияния показывает, как изменяется температура тела в сечении i в j -ый момент времени, если в S -ый момент времени температура $U=1$, а в остальные моменты времени $U=0$. В общем виде имеем

$$a_{si}^j = a_{i1}^{j-S+1}.$$

* Руководитель - профессор кафедры ТТ Гинкул С.И.

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА ВЭР КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК

Харитонов В.В.(ИТТ-13с)*

Донецкий национальный технический университет

Актуальность темы заключается в снижении себестоимости готовой продукции за счет уменьшения энергетической составляющей, то есть за счет сокращения затрат на электроэнергию (для собственных нужд концерна «Стирол», г. Горловка), теплоснабжение производственных помещений, а также уменьшение количества вредных выбросов.

В настоящее время энергоснабжение предприятия осуществляется по раздельной схеме: электроэнергию предприятие закупает у государства, а выработка водяного пара для нужд производства, и подогрев воды для отопления и горячего водоснабжения производственных и бытовых помещений осуществляется производственной котельной.

Одним из решений проблемы является создание установки совместной выработки электрической и тепловой энергии – когенерационной установки (КГУ), состоящей из газотурбинной установки (ГТУ) и котла-утилизатора (КУ).

Топливом ГТУ является природный газ. Газовая турбина связана с электрогенератором, что позволит вырабатывать электрическую энергию на собственные нужды.

Уходящие продукты сгорания с довольно высокой температурой направляются в КУ, где происходит их дожигание с одновременным получением водяного пара для производства и горячей воды. Это позволит уменьшить температуру уходящих газов и количество вредных выбросов.

Кроме того, отпадает необходимость в производственной котельной.

Предложенные мероприятия позволят снизить себестоимость выпускаемой продукции за счет уменьшения затрат на:

- электроэнергию в 2 раза путем выработки собственной в противовес закупаемой у государства;
- закупку 27% дополнительного количества природного газа для котельной на отопление и горячее водоснабжение производственных и бытовых помещений;
- налог за количество вредных выбросов (11%);
- фонд заработной платы (19%).

Таким образом, применение предложенной когенерационной установки позволит уменьшить себестоимость продукции на 20%.

*Руководитель – старший преподаватель кафедры «Техническая теплофизика» Волкова О.Г.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛОСКОПЛАМЕННЫХ ГОРЕЛОК В НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ

Жибоедов С.А. (ПТТ-13с)*

Донецкий национальный технический университет

Радиационный теплообмен в нагревательных печах может быть реализован при разогреве свода печи путем направления факела горелок непосредственно на свод. Наиболее равномерного разогрева свода можно достичь плоскопламенными горелками.

Плоскопламенная горелка - горелка турбулентного смешения, обеспечивающая радиационный режим теплообмена за счет нагрева кладки агрегата при поверхностном сжигании газа в разомкнутом факеле.

У плоскопламенной горелки расширяющееся выпускное отверстие, что дает плоское дискообразное пламя, которое как бы «прилипает» к своду или стенке печи, образуя источник излучаемого тепла. В основном такие горелки используются в условиях, когда нельзя направлять пламя прямо на объект нагрева, например, в обжиговых печах или больших нагревательных печах. Эти горелки устанавливаются в свод, что обеспечивает равномерность температуры благодаря хорошему прогреву центральной части печи. Основными преимуществами таких горелок: равномерное распространение тепла на обширную площадь, прочная конструкция, отсутствие образования пятна напротив горелки и экономия топлива при использовании горячего воздуха.

Диаметр и излучение дискообразного пламени контролируется соотношением воздух/топливо и избытком воздуха. Мощность горелок регулируется от 150 кВт до 750 кВт при максимальной температуре печи 1350°C. Плоскопламенная горелка может работать на природном газе и углеводородном газе. При работе с таким газом зажигание происходит непосредственно электрической искрой. Горелка снабжена смотровым стеклом и портом для установки ультрафиолетового детектора пламени. Имеется модификация плоскопламенной горелки с использованием горячего воздуха до 550°C, которая способствует повышению коэффициента использования топлива и может применяться в нагревательных печах.

Имеется модификация плоскопламенной горелки с использованием горячего воздуха до 550°C, которая способствует повышению коэффициента использования топлива и может применяться в нагревательных печах.

*Руководитель- ассистент кафедры ТТ Олешкевич Т.Г.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА



ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПРИ СЖИГАНИИ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА

Завгородний К.А. (ТЭС-11)*

Донецкий национальный технический университет

Эффективность сжигания топлива зависит от многих факторов:

- предварительного подогрева воздуха , идущего на горение и газообразного топлива в случае сжигания низкокалорийных газов ;
- интенсификации сгорания путем усиления тепло и массообмена в самом факеле;
- применение кислорода, позволяющего сократить количество продуктов сгорания и тем самым уменьшить потери тепла из рабочего пространства
- рециркуляции продуктов сгорания [1].

Одним из способов интенсификации процесса горения газообразного топлива является рециркуляция дымовых газов в рабочее пространство печи . В связи с тем, что в настоящее время в литературе нет четко обоснованных данных о количестве необходимого возврата продуктов сгорания в рабочее пространство нагревательной печи , расчетным путем было определено количество продуктов сгорания , возвращаемых в рабочее пространство печи.. Недостатком процесса рециркуляции дымовых газов является ограничение количества рециркуляционных газов из-за снижения пределов воспламеняемости горючей смеси . Снятию этого ограничения может способствовать добавления кислорода в необходимом количестве , в зависимости от степени рециркуляции газов. Сжигание топлива с рециркуляцией , процесс нестационарный , так как возвращаемые дымовые газы изменяя исходные данные затем влияют на состав образовавшихся дымовых газов, которые влияют на исходные данные . Чем выше коэффициент рециркуляции тем больше погрешность расчета . Настоящая методика расчета применима в рекуперативном нагревательном колодце с одной верхней горелкой . Топливо в рабочее пространство колодца в котором стоят слитки, подается через горелку , дополнительный кислород через патрубки установленные в воздушном канале в виде сопла Лавалья . Воздух в воздушный канал подается путем через эжектирования сжатым воздухом . Эжектор засасывает дымовые газы из над рекуператорного пространства ,а рекуператор и боров удаляют остатки дыма через металлический петлевой рекуператор . Дымовые газы возвращаясь в рабочее пространство колодца через отверстие за счет создания разрежения в эжекторе . Используя эту схему был проведен расчет состава дымовых газов в зависимости от количества возвращаемых газов.

Перечень ссылок:

1. Илющенко В.И. Теряева В.Г. Рециркуляция дымовых газов в нагревательных печах . В кн. Республиканская конференция теория и практика работы металлургических печей Тезисы докладов Днепропетровск 1988,с.196

*Руководитель – к.н.т. профессор кафедры ПТ Илющенко В.И

ПРЕИМУЩЕСТВА УТЕПЛЕНИЯ СТЕН ПОМЕЩЕНИЙ ЖИДКИМИ КЕРАМИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ «КОРУНД»

Халецкая О.А. (ЭНМ-11)*

Донецкий национальный технический университет

Сохранение тепла в жилых домах путем теплоизоляции стен, кровли, цокольных и чердачных перекрытий является одной из важнейших задач, появляющихся при сооружении жилья. В качестве утеплителя для стен помещения в настоящее время наиболее часто используются пенопласт, пенополистирол, целлюлозный утеплитель и минеральная вата. При выборе типа материала утеплителя особое значение имеет его толщина.

Сегодня существует альтернативный вариант традиционным утеплителям, который позволяет проводить утепление стен в квартире при сохранении объема пространства – использование в качестве утеплителя краски «Корунд», создающей необходимый тепловой барьер. Краска представляет собой жидкое керамическое теплоизоляционное покрытие белого цвета на водной основе, кроме того, она обладает хорошей устойчивостью к горению. «Корунд» может применяться в помещениях разного типа, в том числе без осуществления дополнительной вентиляции.

Перед тем как утеплить стену в квартире, обрабатываемую поверхность следует очистить и обезжирить. Краску наносят с помощью обычного валика или малярной кисти как на кирпичные, так и на бетонные либо деревянные поверхности. Наибольшая производительность достигается за счет использования безвоздушного распылителя. Теплоизоляционный состав наносится слоем около $0,3 \div 0,4$ мм. Через двадцать минут с момента нанесения материала на поверхности стены образуется водонепроницаемая пленка, которая через сутки становится полностью сухой. После этого можно повторить нанесение состава снова. После высыхания материала на поверхности образуется эластичный слой покрытия с отличными эксплуатационными свойствами.

Основной составляющей теплоизоляционного материала является латексный полимер. За счет такого состава материал получается легким, гибким, растяжимым, с отличной адгезией к поверхности и хорошими диэлектрическими свойствами. Помимо полимера, в материал вводят специальные добавки, которые препятствуют возникновению грибка на бетонной поверхности.

Таким образом, легкость и быстрота нанесения сверхтонкого теплоизоляционного материала «Корунд» наделяют его существенными преимуществами по сравнению с традиционными материалами для утепления стен как жилых, так и нежилых помещений.

* Руководитель – к.т.н., доцент кафедры ПТ Гридин С.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛООВОГО НАСОСА В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Нилов Е.А. (ТП-10)*

Донецкий национальный технический университет

Использование альтернативных экологически чистых источников энергии может предотвратить назревающий энергетический кризис в Украине. Наряду с поисками и освоением традиционных источников (газ, нефть), перспективным направлением является использование энергии, накапливаемой в водоемах, грунте, геотермальных источниках, технологических выбросах (воздух, вода, стоки и др.). Однако температура этих источников довольно низкая (0–25 °С) и для эффективного их использования необходимо осуществить перенос этой энергии на более высокий температурный уровень (50–100 °С). Реализуется такое преобразование тепловыми насосами (ТН), которые, по сути, являются парокомпрессионными холодильными машинами.

На сегодняшний день тепловые насосы широко применяются во всем мире. Количество тепловых насосов, работающих в Японии, Европе и США исчисляется десятками миллионов штук. В Японии и США наибольшее применение получили тепловые насосы класса «воздух-воздух» для отопления и летнего охлаждения воздуха. В Европе — тепловые насосы класса «вода-вода» и «вода-воздух».

Эффективность работы теплового насоса зависит от коэффициента преобразования E и выражается отношением величины теплового потока Q , полученной в конденсаторе тепловой энергии, к затраченной в компрессоре электрической мощности N :

$$E = \frac{Q}{N} \quad (1)$$

Чем больше коэффициент преобразования, тем эффективнее тепловой насос. Обычно отопительные тепловые насосы работают с коэффициентом преобразования в интервале 3,5–5. Тепловые насосы, работающие с коэффициентом менее 3, считаются неэффективными [1].

Теоретически коэффициент преобразования идеального теплового насоса вычисляется по формуле Карно:

$$E = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad (2)$$

где T_1 — температура конденсации; T_2 — температура кипения рабочей среды, выраженные в градусах Кельвина.

Можно сделать вывод, что чем меньше разница температур T_2 и T_1 , тем выше коэффициент преобразования.

Перечень ссылок:

1. Лебедев А.Н., Пархоменко Д.И. Теоретические основы теплотехники // Методические указания по самостоятельной работе студентов. Донецк: ДонНТУ, 2012 – 38с.

*Руководитель- доцент кафедры ПТ Пархоменко Д.И.

АККУМУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА

Оноприенко Д.О., Варакута В.В. (ТП – 10)*
Донецкий национальный технический университет

Под аккумулярованием на основе теплоты фазового перехода в большинстве случаев понимают аккумулярование теплоты плавления. Часто как дополнение к теплоте фазового перехода используется теплота нагрева (внутренняя энергия) жидкости или твердой фазы. Это увеличивает емкость аккумулятора, но лишает возможности использования преимуществ теплоснабжения при постоянной температуре. Главными преимуществами систем аккумулярования тепловой энергии, основанных на использовании теплоты фазового перехода являются: высокая тепловая емкость, постоянная рабочая температура и низкое давление; недостатками – невысокая стабильность большинства ТАМов с фазовым переходом и усложнение конструкции теплового аккумулятора.

Результаты анализа известных теплоаккумулирующих материалов показывают, что наиболее эффективными для применения в ТА с невысокой рабочей температурой являются: парафин – вследствие высокой энтальпии и неагрессивности, вода – имеющая низкую стоимость и высокую теплоемкость, тяжелый бетон – благодаря конструкционным свойствам и хорошей теплопроводности [1].

Аккумулирующая система характеризуется способами, которыми энергия для зарядки теплового аккумулятора отбирается от источника, трансформируется (при необходимости) в требуемый вид энергии и отдается потребителю. Количество тепловой энергии Q , которую можно запасти в аккумуляторе на основе теплоты фазового перехода можно определить по формуле:

где m – масса теплоаккумулирующего материала, кг; $c_{\text{фп}}$ – удельная теплоёмкость фазового перехода, кДж/кг; $c_{\text{м}}$ – удельная теплоёмкость аккумулярующего материала, кДж/кг; ΔT – разность температуры до и после зарядки.

Например, для парафина с температурой фазового перехода $t_{\text{фп}}$ и $c_{\text{фп}}$ имеем: $c_{\text{м}}$ кДж/кг; $c_{\text{фп}}$ кДж/кг,
количество теплоты в 1 кг парафина составит:

$$Q = m(c_{\text{м}}\Delta T + c_{\text{фп}})$$

Перечень ссылок:

1. Теоретические основы теплотехники / Конспект лекций. Д.И. Пархоменко, С.В. Гридин, А.Е. Сахно, Донецк: ДонНТУ. – 78 с.

*Руководитель – к. т. н., доцент кафедры ПТ Пархоменко Д.И.

К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПОМЕЩЕНИЯ

Боев Ю. А. (асс.), Абрамян М. Х., Стольная Ю. А. (ТШМ-13)*
Донецкий национальный технический университет

Изучение теплового режима помещения задача весьма актуальная, поэтому на протяжении ряда лет этим вопросом занимаются в Институте научной теплофизики НАН Украины, в Белорусском национальном техническом университете, в Ульяновском государственном техническом университете.

Результаты экспериментальных исследований не отражают реально-протекающих теплообменных процессов в помещении, так как не представляется возможным измерить все факторы, влияющие на формирование теплового режима. В то же время эксперименты по изучению этих процессов трудоёмки, длительны во времени и, для получения достоверных данных, требуют строгого соблюдения ГОСТ 26254-84, который регламентирует проведение подобных экспериментов.

Работы сотрудников ИНТ НАН Украины Круковского П. Г., Тадля О. Ю., Пархоменко И. В. посвящены в основном упрощению проведения экспериментов для выявления теплового режима помещения. Так в одной из работ, авторы приводят пример исследования теплового режима, который проводился в условиях жилой квартиры, с помощью измерения температур воздуха помещений, ограждающих конструкций и отопительных приборов и расчета направления и величин тепловых потоков. Также время проведения эксперимента было сокращено с 15 суток, указанных в ГОСТе, до 10 суток. Условия проведения данного эксперимента значительно упрощены в сравнение с теми, что приведены в ГОСТ 26254-84 [1].

Конечно, примененные упрощения делают проведение эксперимента более доступным и данные полученные при нем могут быть использованы для определенных научных исследований. Но данный метод не может быть применен для выявления реального теплового режима помещения, так как не учитывает ряда существенных факторов [2].

Другая работа авторов посвящена идентификации параметров моделей теплового состояния помещений, т. е. выявлению тех параметров, которые наиболее оказывают влияние на тепловой режим. Идентификация этих параметров обеспечивает адекватность модели теплового состояния реальным процессам, но опять же существует вероятность недостоверности результатов, так как не учитывается целый ряд других факторов (теплопотери через оконные и дверные проемы, теплопоступления от людей и пр.). Кроме того стоит учесть, что во всех моделях присутствуют параметры, которые являются индивидуальными для каждого помещения.

*.Руководитель- доцент кафедры ПТ Сафонова Е.К.

В работах Захаревича А. Э. и Ртищевой А. С., тепловой режим помещения рассматривается через призму математического моделирования. Модель, предлагаемая Захаревичем А. С., отличается учетом нестационарности и пространственного распределения процессов теплопередачи в ограждающих конструкциях, конвективного теплообмена в свободном объеме помещения, радиационного теплопереноса между поверхностями внутри помещения, оконными стеклами и окружающей средой. Применение такого подхода к определению теплового режима помещения позволяет учесть основные особенности конкретного помещения и найти оптимальное решение, обеспечивающее требуемые тепловые условия при минимальных затратах тепловой энергии. Основным недостатком данного метода является то, что при всей сложности реализации данного процесса, будут получены локальные результаты в одной конкретной точке.

Математическая модель, предложенная Ртищевой А. С., позволяет вычислить для каждого помещения среднюю температуру внутреннего воздуха в зависимости от температуры наружного воздуха, направления и скорости ветра, а также температуры теплоносителя.

Тепловая модель учитывает специфику здания, связанную с особенностями возможных теплопоступлений и теплопотерь, а также особенности теплообмена внутренних и внешних поверхностей ограждающих конструкций с воздухом. При этом представлены результаты численного исследования, которые показывают, что различные направления ветра оказывают разное влияние на тепловое состояние помещений здания, а также, что снижение температуры наружного воздуха на 5°C ведет к снижению температуры внутреннего воздуха помещений здания на $1 - 2^{\circ}\text{C}$ [3].

Таким образом, мы видим, что те факторы, на которые оказывается внимание в одних работах, упускаются в других. Анализ существующих методов определения теплового режима помещения показал, что необходимо разработать универсальную методику энергетического исследования помещений с учетом реальных замеров и возможностью дальнейшего комплексного прогнозирования теплового состояния.

Перечень ссылок:

1. Сафьянц С.М., Боев Ю.А., Сафьянц А.С. Анализ особенностей теплоотдачи в жаротрубных котлах малой мощности / Наукові праці ДонНТУ. Серія Металургія. Випуск 12 (177), 2010. – с. 213 – 221.
2. Круковский П. Г., Тадля О. Ю Идентифицируемость параметров модели теплового режима типовой двухкомнатной квартиры // Пром. теплотехника. – 2007. – Том 29, №5. – С. 95-102.
3. Захаревич А. Э. Формирование параметров микроклимата в отапливаемых помещениях в условиях естественной конвекции: Автореф. дис. ... канд. тех. наук: 02.23.03. — М., 2012. — 26 с.

ШАРИКОВАЯ ОЧИСТКА КАК ВАРИАНТ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТУРБИНЫ

Борисова А.М., Кирьянов В.П. (ТП – 10)*
Донецкий национальный технический университет

Важнейшей эксплуатационной задачей является предотвращение загрязнения конденсаторов паровых турбин. Некоторые методы очистки конденсаторов предполагают останов конденсатора и слив из него охлаждающей воды, что может производиться лишь периодически и связано с большими затратами ручного труда.

В отличие от этого, шариковая очистка – это постоянная, автоматизированная, профилактическая очистка с помощью резиновых эластичных шариков, которая проходит непосредственно во время работы конденсатора с заданной частотой (например, 1 раз в сутки) [1]. Нет необходимости останавливать энергоблок, нет риска снижения мощности и повышения расхода топлива.

Система шариковой очистки (СШО) является экономически выгодным и технически прогрессивным решением для электростанций. Система предназначена для очистки внутренней поверхности трубок конденсатора паровой турбины от загрязнений, которые приносятся циркуляционной водой из водоема или возникают в процессе её протекания по трубкам. Загрязнения могут вывести часть трубок подачи воды из циркуляции, ухудшить теплопередачу в конденсаторе, повысить гидравлическое сопротивление, снизить мощность энергоблока и увеличить расход топлива до 2%. Если учитывать только экономию топлива, то затраты на внедрение системы шариковой очистки для типового энергоблока 300 МВт окупаются за период от 1,5 до 3 лет [2].

Преимущества использования системы:

- Увеличение экономичности паротурбинной установки на $0,7 \div 1,85$ %.
- Уменьшение удельного расхода топлива и затрат на него.
- Увеличение средней электрической мощности паротурбинной установки.
- Снижение мощности потребляемой циркуляционными насосами.
- Снижение ремонтно-эксплуатационных затрат за счет отказа от других способов очистки.
- Улучшение экологических показателей водного бассейна.

Перечень ссылок:

1. Попов, А.Л., Христенко, С.А., Скомаровский, А.К. Снижение вредных выбросов в атмосферу при работе котлов Старобешевской ТЭС. Вісник ДонНАБА. Вип. 2005-4(52).
2. Попов А.Л., Сафьянц С.М. Реализация потенциала энергосбережения. Энергосбережение №8, 2002.

* Руководитель – к.т.н., доц. кафедры ПТ Сафонова Е.К.

КОНДЕНСАЦИОННЫЕ ЭКОНОМАЙЗЕРЫ – УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОТЛОВ

Чуб А.С., Варакута В.В. (ТТс – 13)*

Донецкий национальный технический университет

На данном этапе конструирования теплоэнергетических установок одними из основных вопросов становятся повышение эффективности работы котельного оборудования и снижение расхода топлива. Одно из наиболее перспективных решений в данном направлении – это применение конденсационных экономайзеров.

Уходящие дымовые газы, которые образуются в котельных при сжигании природного газа, содержат большое количество энергии в виде скрытой теплоты. Это тепло можно использовать для отопления, горячего водоснабжения, а также на технологические и бытовые нужды котельной. Температура дымовых газов, при которой начинается конденсация водяных паров в продуктах сгорания топлива, называется точкой росы. Значение этой температуры зависит от состава дымовых газов, что, в свою очередь, является следствием вида и состава топлива [1]. На количество выделяющегося конденсата влияет влагосодержание продуктов сгорания перед конденсационным экономайзером и температура уходящих газов на выходе из него. Целесообразность применения данных теплоэнергетических установок предусматривает необходимость расчета объемного расхода газа в рабочих условиях и тепловой производительности конденсационного теплообменника.

Объемный расход дымовых газов на входе в экономайзер в рабочих условиях определяется по формуле:

(1)

где $V_{\text{н}}$ – объемный расход дымовых газов на входе в экономайзер при нормальных физических условиях, $t_{\text{н}}$ – температура уходящих дымовых газов, °С.

Объемный расход дымовых газов на входе в экономайзер при нормальных физических условиях, который определяется по приближенной формуле:

(2)

Тепловая производительность конденсационного экономайзера определяется по следующей формуле:

(3)

где $t_{\text{в}}$, $t_{\text{вх}}$ – температура дымовых газов на входе в экономайзер и выходе из него, °С; W , $W_{\text{вх}}$ – влагосодержание дымовых газов на входе и выходе из него, кг/кг с. г.

*Руководитель- доцент кафедры ПТ Пархоменко Д.И.

Количество тепла, выделяющегося во время охлаждения и конденсации дыма, примерно на 10-15% повышает коэффициент полезного действия котла и уменьшаются затраты на топливо.

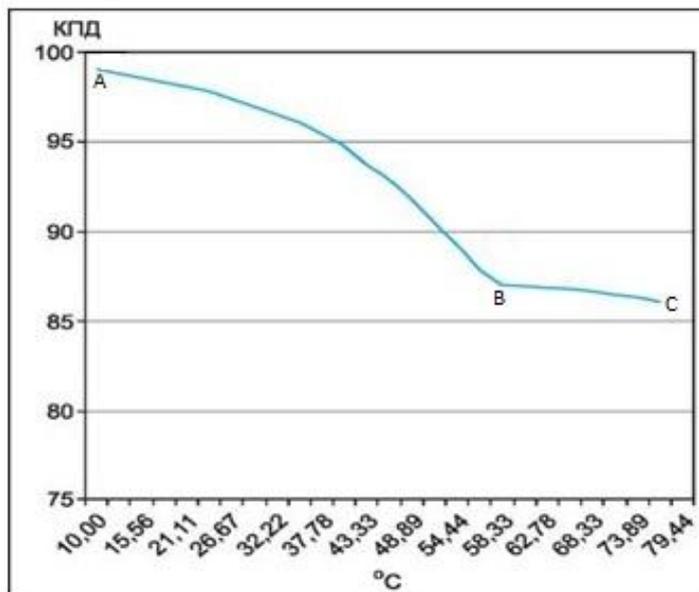


Рисунок - Прирост КПД утилизацией латентного тепла дымовых газов и без нее.

Из рисунка видно, что при понижении температуры от точки С до точки В прирост КПД невелик, то начиная с В происходит заметное изменение КПД. Это связано с приростом утилизации скрытого тепла дымовых газов. Применение данных теплообменников обеспечивает развитую поверхность и высокую интенсивность теплообмена, превышающую на порядок коэффициенты теплоотдачи при конвективном теплопереносе [2].

Конденсационные экономайзеры изготавливают из различных материалов. Для изготовления конденсационных теплообменников применяют нержавеющую сталь, чугун, медь. Общим условием для всех конденсационных теплообменников является высокая коррозионная стойкость. Теплообменные поверхности конденсационных теплообменников имеют высокий коэффициент оребрения и являются компактными.

Перечень ссылок:

1. Пархоменко Д.И., Илющенко В.И. Кондиционирование воздуха промышленных предприятий/ Методические указания по выполнению домашней расчетно-графической работы - Донецк: ДонНТУ, 2006- 50с.

2. Илющенко В.И., Туяхов А.И., Сафьянц С.М. Измерения в энергетике- Донецк: Норд-Пресс, 2007- 352с

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗА В УКРАИНЕ

Филипенко К.О. (ТП-10)*

Донецкий национальный технический университет

В настоящее время, в связи с постоянным ростом цен на энергоносители и истощением разведанных запасов нефти и газа, в мире все больше говорят о необходимости перехода на биотопливо. На сегодняшний день существует много видов топлив из биопродуктов, и одним из наиболее перспективных, на мой взгляд, является биогаз.

Под биогазом обычно предполагается газ, произведенный путем биологического разложения органического вещества при отсутствии кислорода. Биогаз является чрезвычайно важным ресурсом, в производстве которого не только утилизируются различные отходы, но и производятся органические удобрения и электроэнергия.

Производство и энергетическое использование биогаза является одним из важнейших секторов ВИЭ. В этом смысле агропромышленный сектор Украины, производя значительные объемы органических отходов, потенциально обладает ресурсами для производства биогаза, способными заменить 2,6 млрд. м³ природного газа в год. При дальнейшем развитии сельского хозяйства и широком использовании растительного сырья этот потенциал может быть доведен по разным оценкам от 7,7 до 18 млрд. м³/год в пересчете на природный газ.

К сожалению, сегодня в Украине существуют лишь единичные примеры внедрения биогазовых технологий. Это пока остается делом исключительно флагманов украинского АПК, имеющих собственные ресурсы для работы в условиях слабого рынка и отсутствия инвестиций. Продуманной государственной политики в этом направлении, откровенно говоря, не хватает. Между тем, при наличии такой политики потенциальный объем биогазового рынка в Украине, по мнению специалистов БАУ, мог бы быть освоен в течение 10-20 лет (до 2030 года). Но для реализации эффективных энергетических биогазовых проектов важно стимулировать производство электроэнергии из биогаза, полученного не только из отходов биомассы, но также со специально выращенного растительного сырья. А параллельно с производством электроэнергии в Украине целесообразно внедрять производство биометана для прямого замещения природного газа или более эффективной энергетической утилизации биогаза при производстве электроэнергии и тепла.

В целом биогазовый рынок в Украине можно оценить как перспективный, с достаточно широкой осведомленностью участников, но он ожидает сигналов со стороны государства.

*Руководитель- доцент кафедры ПТ Пархоменко Д.И.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СБРОСНЫХ ВОД СИСТЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩ ТЭС

Фофонова Ю.И., Кудрявцев Д. (ТЭС-10)*
Донецкий национальный технический университет

Для регулирования уровня воды в водохранилище Кураховской ТЭС используются шлюзы. Это позволяет использовать потенциальную энергию сбрасываемой воды для выработки электрической энергии. То есть альтернативными источниками получения энергии, могут являться пруды-охладители на ТЭС.

В рамках научно-исследовательской работы был рассчитан вариант установки гидротурбины на Кураховском водохранилище [1].

Основные характеристики водохранилища:

- средний уклон 0,34%,
- уклон верхнего течения от истока до водохранилища, - 1,36%,
- глубина реки от 2 – 9 метров.
- площадь бассейна – 13300 км².
- годовой естественный сток с водосборной площади 6.3 млн. м³.

Терновский отсек в зимний период (15.10-15.03) не замерзает, так как в сброс нагретых вод происходит непосредственно в Терновский отсек.

Представленные данные позволяют сделать вывод о возможности и целесообразности установки гидротурбины с общим напором 4 м (низконапорная гидротурбина). Предлагается использовать реактивную турбину пропеллерного типа конструкции Каплана, которые применяют при напорах от 1 м до 30 м.

В турбине Каплана вода попадает на направляющие лопасти, а затем течет вдоль оси винта (такой тип турбин еще называют осевыми). Положительной особенностью этого типа турбин является возможность регулирования их производительности за счет изменения открытия направляющего аппарата и поворота лопастей винта.

По предварительным расчетам, проведенным по результатам испытаний за 2012-2013 годы, определено, что в условиях Кураховской ТЭС возможна выработка до 100-500 кВт, что позволит получить экономию в денежном выражении до 2,19 млн. грн. в год [2].

Перечень ссылок:

1. Сафьянц С. М., Сафонова Е. К., Попов А. Л. Повышение надежности работы оборудования ТЭС. Машиностроение и техносфера XXI века // Сборник трудов, Севастополь, 2002 г. Т. 3.
2. Попов А. Л., Седляр А. В. та інш. До питання про впровадження систем автоматичного регулювання при розподілі теплової енергії. "Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих" ДонНТУ-2004.

* Руководитель – ст.преп. кафедры ПТ Безбородов Д.Л.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭНЕРГИИ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

Гайдук К.Э., Ву Вьет Куан (ЭНМ-10)*
Донецкий национальный технический университет

Согласно «Обновлению Энергетической стратегии Украины на период до 2030 г.», принятого в 2012 году, в государстве должна увеличиться доля энергии, вырабатываемая за счет использования энергии ветра, от 0,1 до 7% от общего количества выработанной энергии.

Одним из перспективных направлений можно рассматривать возможность применения установок, вырабатывающих электроэнергию в городской черте. Подобное размещение ветроустановок позволит сократить путь от источника энергии к потребителю, а также охватить большую часть территории, используемую под улавливание потенциальной ветровой энергии [1].

Для муниципальной собственности возможно применение городских вертикальных безшумных ветрогенераторов, разработанных голландской компанией «NL architects». Построенные по древовидной структуре, они работают при малых ветрах и не зависят от его направления.

Также возможно переоборудование неэксплуатируемого промышленного оборудования - дымовых труб, внутри которых размещается ветряная горизонтальная турбина. Направленный воздушный поток, создаваемый эффектом эжекции от действия ветра на верхнее основание трубы, в полости трубы приводит лопасти турбины во вращение. Скорость данного потока зависит непосредственно от скорости движения ветра, но также может регулироваться за счет различных конструктивных изменений, таких как установка дефлектора или же изменение размера выходного сечения дымовой трубы [2].

К достоинствам приведенных установок следует отнести: низкий уровень влияния шума на человека, безопасность для окружающей среды в виду изолирования работающих органов установки в корпусе, независимость от ориентации ветра, уменьшено влияние погодных условий на работоспособность элементов ветрогенератора.

Перечень ссылок:

1. К вопросу о повышении энергоэффективности районных тепловых сетей системы централизованного теплоснабжения. / Сб. н.трудов «Энергоэффективность крупного промышленного региона». г. Донецк, 2004. Сафонова Е.К., Сафьянц С.М., Д.Л. Безбородов, Попов А.Л.
2. Реализация потенциала энергосбережения. Энергосбережение №8, 2002. Попов А.Л., Сафьянц С.М.

* Руководитель – ст. преп. кафедры ПТ Безбородов Д.Л.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОПOTЕРЬ ОБОРУДОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ВТОРИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА

С.Г. Хоменко, М. Ермоленко (ТП-13с)*

Донецкий национальный технический университет

Энергетика является основой развития базовых отраслей промышленности, а также один из источников неблагоприятного воздействия на окружающую среду и человека. Величина влияния функционирования тепловой энергетики на окружающую среду зависит от вида используемого топлива. В экологическом отношении природный газ является самым чистым видом органического топлива. В результате работы котельных в атмосферу поступают различные газообразные вредные вещества, основные из них - угарный газ (СО), углекислый газ (СО₂), оксиды азота (NO, NO_x), углеводороды (С_mH_n), что в свою очередь вызывает массу экологических проблем (парниковый эффект, смоги, кислотные дожди и др.) [1].

В рамках научно-исследовательской работы в 2013-2014 гг. проведен анализ работы водогрейной котельной Ворошиловского района кв. № 61 с тремя водогрейными котлами ТВГ - 8М, обеспечивающая теплом и горячей водой жилые и общественные здания [2]. Также оценено влияние ее работы на окружающую среду. На котельной в качестве топлива используется природный газ, для сжигания которого используются подовые горелки.

В результате работы было выявлен вторичный источник тепла - тепло, выделяемое от обмуровки котлов и с поверхности электрического оборудования (электродвигатели насосов и вентиляторов), а также трансформаторов собственных нужд. Для увеличения эффективности работы данной котельной предлагается использование данного тепла в качестве предварительной ступени подогрева воздуха перед подачей его в горелки. Для этого следует организовать сеть воздухопроводов, объединяющих данные участки (мощности имеющегося дутьевого оборудования достаточно).

В рамках работы оценена величина предварительного подогрева воздуха (около 5-7 °С). Это приведет к увеличению КПД котельной с 91,0983 % до 91,1144 % (прирост 0,01775 %). Расход топлива уменьшится с 922,7 м³/ч до 920,16 м³/ч или на 0,27 %.

Перечень ссылок:

1. Сафонова Е.К., Казанская В.В., Боев Ю.А. Влияние энергетического кризиса на потребление топливно-энергетических ресурсов ТЭЦ-ПВС ДМЗ. / «Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів» Т.1 - Донецьк, ДонНТУ, ДонНУ, 2009. – с.155 – 156.
2. Використання вторинних джерел тепла на підприємствах енергетичного профілю. / С.Г. Хоменко, Г.М. Єрмоленко, Безбородов Д.Л. / «Энергетика, энергосбережение». Мариуполь, ДВНЗ ПДТУ, 2014.

* Руководитель - ст. преп. кафедры ПТ Безбородов Д.Л.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НЕРАЦИОНАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ДЛЯ КОТЕЛЬНЫХ ЖКХ

Худяков А.И., Матяш С.О. (ЭНМ-10)*

Донецкий национальный технический университет

ТГР можно рассматривать как перемычку (байпас) большого диаметра с малым гидравлическим сопротивлением между контурами источника и потребителя. То есть ТГР является частью гидравлической системы, состоящей из контура источника и контура потребителя (потребителей) тепловой энергии, соединенных трубопроводом перемычки [1]. Контур источника включает в себя источник энергии, насос и соединительные трубопроводы первичного контура, а также саму перемычку. В контур потребителя входят сами потребители тепловой энергии, насосы и трубопроводы вторичного контура, а также трубопровод перемычки. Существуют различные типы ТГР: вертикальные с подключением до 3-х потребителей; коллекторные (вертикальные и горизонтальные) с возможностью неограниченного подключения потребителей; коллекторные, соединенные короткой U-образной трубой, и другие. Принципиальная тепловая схема источника с использованием ТГР представлена на рисунке. Схема состоит из двух контуров и двух узлов А и В.

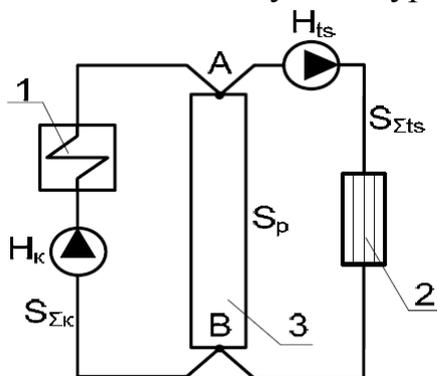


Рисунок – Принципиальная схема источника теплоснабжения с ТГР
1 – источник тепловой энергии; 2 – потребитель; 3 – ТГР.

Докажем, что за счет использования ТГР в схемах централизованного теплоснабжения обеспечивается независимость контура источника от контура потребителя на примере котельной с исходными данными при расчетном режиме работы: напор насоса источника при нулевой подаче $H_{k0} = 30$ м.вод.ст., напор сетевого насоса при нулевой подаче $H_{ts0} = 60$ м.вод.ст., сопротивление гидравлической ветви источника $s_{\Sigma k} = 1 \cdot 10^{-3}$ м·ч²/м⁶, гидравлическое сопротивление контура потребителя с сетевым насосом $s_{\Sigma ts} = 19 \cdot 10^{-3}$ м·ч²/м⁶, сопротивление проточной части насоса $s_k = 2 \cdot 10^{-4}$ м·ч²/м⁶, сопротивление источника $s_{ka} = 8 \cdot 10^{-4}$ м·ч²/м⁶, сопротивление проточной части сетевого насоса

* Руководитель – ст. преп. кафедры ПТ Безбородов Д.Л.

$s_{ts} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot \text{ч}^2 / \text{м}^6$, суммарное сопротивление трубопроводов тепловой сети и потребителей $s_{tts} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{ч}^2 / \text{м}^6$.

Математическая модель, описывающая работу ТГР, включает в себя уравнение гидравлических потерь напора в контурах и баланса расхода в узлах:

$$\begin{cases} s_{\Sigma k} \cdot Q_k \cdot |Q_k| + s_p \cdot Q_p \cdot |Q_p| - H_{k0} = 0 \\ s_{\Sigma ts} \cdot Q_{ts} \cdot |Q_{ts}| + s_p \cdot Q_p \cdot |Q_p| - H_{ts0} = 0 \\ Q_k - Q_{ts} - Q_p = 0 \end{cases}$$

где Q_k – расход через насос источника, $\text{м}^3/\text{ч}$; Q_p – расход через переемычку, $\text{м}^3/\text{ч}$; Q_{ts} – расход сетевого насоса, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Величина гидравлического сопротивления контура потребителя изменяется в пределах от 0,01 до 0,03 $\text{м} \cdot \text{ч}^2 / \text{м}^6$. В табл. 1–2 приведены результаты расчетов при значениях гидравлического сопротивления переемычки (ТГР) $1 \cdot 10^{-5}$ и $1 \cdot 10^{-1} \text{ м} \cdot \text{ч}^2 / \text{м}^6$ [2].

Таблица 1 – Расход воды Q , $\text{м}^3/\text{ч}$, через тепловую сеть, источник тепла и ТГР при $s_p = 1 \cdot 10^{-5} \text{ м} \cdot \text{ч}^2 / \text{м}^6$

$s_{\Sigma ts}$	Q_{ts}	Q_k	Q_p
0,01	77,52	172,9 4	95,42
0,02	54,83	172,8 0	117,9 7
0,03	44,78	172,7 3	127,9 5

Таблица 2 – Расход воды Q , $\text{м}^3/\text{ч}$, через тепловую сеть, источник тепла и ТГР при $s_p = 1 \cdot 10^{-1} \text{ м} \cdot \text{ч}^2 / \text{м}^6$

$s_{\Sigma ts}$	Q_{ts}	Q_k	Q_p
0,01	94,03	107,6 1	13,57
0,02	68,21	83,39	15,18
0,03	56,22	71,97	15,75

Результаты расчетов показывают, что при сопротивлении ТГР $s_p = 1 \cdot 10^{-5} \text{ м} \cdot \text{ч}^2 / \text{м}^6$ расход воды в контуре источника остаётся постоянным при изменении гидравлического сопротивления тепловой сети втрое.

Перечень ссылок:

1. К вопросу о повышении энергоэффективности районных тепловых сетей системы централизованного теплоснабжения. «Энергоэффективность крупного промышленного региона». г. Донецк, 2004. Попов А.Л., Сафьянц С.М., Д.Л. Безбородов, Сафонова Е.К.
2. Сафонова Е. К., Попов А.Л. и др. Методические указания к выполнению бизнес-плана реконструкции и внедрения энерго-эффективных, энергосберегающих технологий и оборудования на предприятиях. – 2012.

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ НА КАЧЕСТВО ВЕДЕНИЯ ТОПОЧНОГО ПРОЦЕССА

Кмить М.Н., Украинцев Е.С. (ТЭС-10)*
Донецкий национальный технический университет

Известно, что недостаточное смесеобразование при горении топлива в топках котлов ТПП-312А (при условиях работы на низкорреакционных углях) приводит к снижению КПД котла из-за большого механического уноса и химического недожога.

Для поддержания стабильного горения пылеугольный факел подсвечивается за счет сжигания газообразного топлива. Для улучшения смесеобразования, снижения выбросов оксидов азота (NO_x) и увеличения КПД процесса сжигания предлагается модернизация горелочного устройства, которая заключается в увеличении количества газораздающих труб и уменьшении их диаметра. В результате исследований было определено, что для обеспечения выходной скорости газа на уровне 180-190 м/с оптимальным вариантом является отверстие диаметром 0,0152 м, 54 газовых труб и выходной скорости газа 228,64 м/с. Это обуславливает улучшенное смесеобразование, оптимальную скорость истечения газозоудшной смеси и гарантированную длину факела.

Выбор такого диаметра газовых труб ($D_{\text{газ}}=0,0123$ м) и их количества обосновывается ещё тем, что размещённые газовыпускные отверстия в горелочном устройстве подвергаются сильному износу и процессу текучести металла, в следствии прохождения через них пылевоздушной смеси с повышенной температурой. Для недопустимости аварийного выхода из строя горелочного устройства, применяются трубопроводы стандартных диаметров с повышенной устойчивостью к абразивному износу и высокой температуре, рекомендованных заводом изготовителем, в который входит и вновь выбранный диаметр с количеством газораздающих отверстий. На основании обоснованного выбора нового диаметра и количества газовыпускных отверстий произведен пересчёт газовой части пылегазовых горелок (таблица 1).

Расчеты показывают, что установка 54 газовых трубок диаметром уменьшает расход газа на 6,9 %.

По полученным результатам расхода топлива рассчитываем максимальную единичную мощность выбросов оксида азота, оксида углерода (таблица 2).

Основная трудность реализации методов подавления оксидов азота состоит в том, что внедрение большинства технических решений, позволяющих снижать образование NO_x, ухудшает эффективность топчного процесса, и наоборот, почти все мероприятия, улучшающие горение органического топлива, одновременно увеличивают образование оксидов азота.

* Руководитель - к.т.н., доц. кафедры ПТ Сафонова Е.К.

Таблица 1 – Результаты расчета основных технико-экономических показателей

Наименование	До реконструкции	После реконструкции	Результат
Наружный диаметр трубок для раздачи газа, м.	0,0268	0,0213	Уменьшился
Толщина стенки трубы газа, S, м	0,00340	0,00315	Уменьшился
Внутренний диаметр трубок газа, м.	0,020	0,015	Уменьшился
Ширина канала вторичного воздуха, h_k , м.	0,244	0,244	Не изменился
Скорость газа, м/с - без учета изменения сечения - с учетом изменения сечения	184,87 -	- 228,65	Увеличилась
Объёмный расход газа, V_g	2,61	2,43	Уменьшился

Таблица 2 – Расчет экологических показателей

Наименование	Формула	До	После
Оксиды азота	$0,001 \cdot V \cdot Q_H^P \cdot k_{NO_2} \cdot (1-\beta)$	0,0052	0,0048
Оксид углерода	$0,001 \cdot V \cdot Q_H^P \cdot k_{CO} \cdot (1 - q_4/100)$	0,0214	0,0199

Таким образом, модернизация горелочного устройства прямооточнолопаточного типа мощностью 100 МВт, которая заключается в увеличении качества газораздающих труб и уменьшении их диаметра позволяет улучшить смесеобразование, снизить температуру уходящих газов, получить оптимальную скорость истечения газозвушной смеси и гарантированную длину факела. При этом обеспечивается более устойчивый режим работы горелочного устройства, отсутствуют отрывы и проскоки факела.

В каналах вторичного воздуха установлены лопатки под углом 60° , который закручивают поток аэросмеси. Благодаря закрутки аэросмеси вторичным воздухом факела в виде концентрического полого конуса обеспечивается более интенсивное перемешивание потока.

В осевой области раскрывающейся струи создается разряжение, вызывающее приток горячих продуктов сгорания к оси факела. Поэтому зажигание факела происходит как по внешней, так и по внутренней его поверхности, что улучшает процесс воспламенения и горения топлива.

В результате полученного снижения расхода топлива уменьшается единичная мощность выбросов оксида азота с 0,0052 г/с до 0,0048 г/с и оксида углерода с 0,0214г/с до 0,0199г/с.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПЯТИЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ ПЕРВЫХ МАССОВЫХ СЕРИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Копейка Д.В. (ЭНМ – 13м)*

Донецкий национальный технический университет

Крупнопанельные пятиэтажные дома массовых серий, прозванные в народе «хрущевками», возводились в нашей стране с 1959 по 1985 год. Толчком для возникновения идеи и начала бурного строительства «хрущевок» стало принятие Советом Министров СССР постановления «О развитии жилищного строительства в СССР» 31 июля 1955 г. Существовало две категории зданий: сносимые, с запланированным сроком службы 25 лет – были призваны временно разрешить жилищную проблему; и неподлежащие сносу, срок службы которых составлял не менее 50 лет – для большинства таких домов срок эксплуатации продлен до 150 лет. По мнению специалистов, сегодня эти дома - один из самых проблемных участков жилищно-коммунальной сферы, поскольку через их стены, окна и чердаки уходит в три раза больше тепла, чем из современных зданий. Более чем сорокалетний опыт эксплуатации выявил множество дефектов и конструктивных недостатков, к числу которых, в первую очередь, относятся: нарушение гидроизоляции кровли, оседание (из-за отсутствия фиксации) утеплителя в трехслойных стеновых панелях и, как результат, промерзание их в верхней части. Очень часто обнаруживается недостаточная долговечность материалов, использованных для герметизации стыков между стеновыми панелями. Заполненные просмоленным канатом и заделанные цементно-песчаным раствором швы протекают и промерзают. В настоящее время существует достаточно много проектов реконструкции пятиэтажек, использующих и богатый зарубежный опыт. Диапазон предлагаемых решений весьма широк: от минимодернизации, предполагающей декоративно-теплозащитную отделку фасадов, расширение балконов и лоджий, смену оконных и дверных блоков и минимальную перепланировку квартир, которая может быть выполнена без отселения жителей, до таких глубоких вариантов реконструкции, как надстройка пятиэтажных домов до 9-10 этажей, расширение лоджий и возведение пристроек.

Одной из важных составляющих процесса модернизации жилого здания является правильный выбор типа теплоизоляционного материала, а также способа его установки. Современный рынок энергосберегающих материалов предлагает нам множество всевозможных утеплителей и технологий утепления стен. Правильно подобранный вид утеплителя и способ его установки является гарантией того, что реконструкция здания будет иметь максимальный эффект.

Рассмотрим общее сравнение всех видов утеплителей. Технологичность:

* Руководитель – к.т.н., доцент кафедры ПТ Гридин С.В.

пенополистирол – листы; пенополиуретан – напыление; пеноизол – листы, крошка, маты, заливка; минеральная вата – рулоны, листы. Стойкость к воздействию грызунов: пенополистирол – едят; пенополиуретан – едят; пеноизол – не едят; минеральная вата – живут.

Таблица - Сравнительные характеристики утеплителей

Материал	Теплопроводность, Вт/м·К	Горючесть	Выделяемые вредные вещества	Стойкость к воздействию температуры, °С	Стоимость
Минеральная вата	0,035 – 0,048	НГ(негорючий)	Волокно-аллерген, фенол, формальдегид	-	от 20 грн/м ²
Экструдированный пенополистирол	0,028	Г-1 (трудногорючий)	Стирол, бензол, формальдегид, толуол, этилбензол, ацетофенон	90	от 25 грн/м ²
Пенопласт	0,036 – 0,05	Г-4 (легкогорючий)	Стирол, бензол, формальдегид, толуол, этилбензол, ацетофенон	90	35 грн/м ²
Пеноизол	0,028-0,035	Г-1 (трудногорючий)	Формальдегид, мочевины	270	от 10 грн/м ²
Пенополиуретан	0,019 – 0,03	Г-2 (трудногорючий)	Цианиды (при горении)	120	от 130 грн/м ² (напыление)

Подводя итоги, можно сказать, что минеральная вата, являясь негорючим материалом, несёт опасность для здоровья людей, а также является местом обитания грызунов. Пенополистиролы – легкогорючие вещества (кроме экструдированного) и способны выделять различные вредные вещества, неустойчивы к воздействию грызунов. При этом экструдированный пенополистирол обладает одним из низших показателей теплопроводности среди утеплителей. Пеноизол является трудногорючим материалом, однако способен под воздействием внешних факторов выделять формальдегид и мочевины. Пенополиуретан обладает самым низким значением коэффициента теплопроводности, является трудногорючим материалом.

СОКРАЩЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Коробко Е.Р. (ЭНМ-10)*

Донецкий национальный технический университет

Одним из видов тепловых насосов является система чиллер-фанкойл. Она отличается от всех остальных систем кондиционирования тем, что между наружным и внутренними блоками циркулирует не фреон, а вода (или незамерзающая жидкость). Охлаждает воду чиллер, он представляет собой обычный фреоновый кондиционер, через испаритель которого проходит не охлаждаемый воздух, а вода. Эта вода с помощью насосной станции поступает по системе теплоизолированных трубопроводов к фанкойлам.

Фанкойлы устанавливаются в кондиционируемых помещениях и выполняют ту же роль, что и внутренние блоки сплит-систем.

Преимущества системы чиллер – фанкойл:

- Масштабируемость. Количество фанкойлов на центральную холодильную машину практически ограничено только её производительностью.
- Минимальный объём и площадь. Система кондиционирования крупного здания может содержать единственный чиллер, занимающий минимальный объём и площадь.
- Практически неограниченное расстояние между чиллером и фанкойлами. Длина трасс может достигать сотен метров.
- Безопасность. Потенциально летучие газы сосредоточены в чиллере, устанавливаемом, как правило, на открытом воздухе. Аварии трубной разводки внутри здания ограничены риском залива, который может быть уменьшен автоматической запорной арматурой.

Данная система позволяет, при нынешних ценовых условиях в Украине, конкурировать с котельными вплоть до $t_{\text{окр.ср}} = -17^{\circ}\text{C}$.

Снижение потребления первичного топлива достигает порядка 22%, а снижение потребления газа на котельной, с учетом, что котел является пиковым источником, может достичь 70%.

*Руководитель ст. преподаватель кафедры ПТ Колесниченко Н.В.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА

Королева В.Г. (ЭНМ-11)*

Донецкий национальный технический университет

Сланцевый газ — это альтернативный вид топлива, добываемый из горючих сланцев. По своим физическим свойствам очищенный сланцевый газ принципиально ничем не отличается от традиционного природного газа. Однако технология его добычи и очистки подразумевает гораздо больше затрат по сравнению с традиционным газом.

Сланцевые газ и нефть — это, грубо говоря, недоделанные нефть и газ. При помощи «гидроразрыва» человек может извлечь топливо из земли до того, как оно соберётся в месторождение. Такие газ и нефть содержат огромное количество примесей, которые не только повышают стоимость добычи, но и усложняют процесс обработки, т.е. сжимать и сжижать сланцевый газ дороже, чем добытый традиционными методами. Сланцевые породы могут содержать от 30% до 70% метана.

Добыча сланцевого газа предполагает горизонтальное бурение и гидроразрыв пласта. Горизонтальная скважина прокладывается через слой газоносного сланца. Затем внутрь скважины под давлением закачиваются десятки тысяч кубометров воды, песка и химикатов. В результате разрыва пласта газ по трещинам поступает в скважину и далее на поверхность.

Экологи подсчитали, что специальный буровой раствор содержит 596 наименований химикатов: ингибиторы коррозии, загустители, кислоты, биоциды, ингибиторы для контроля сланца, гелеобразователи. Для каждого бурения нужно до 26 тыс. кубометров раствора. Десятки тонн раствора из сотен наименований химикатов смешиваются с грунтовыми водами и вызывают широчайший спектр непрогнозируемых негативных последствий. Опасность представляет не только раствор сам по себе, но и соединения, которые поднимаются из-под земли в результате гидроразрыва. В местах добычи наблюдается мор животных, птиц, рыбы, кипящие ручьи с метаном. Домашние животные болеют, теряют шерсть, умирают. Ядовитые продукты попадают в питьевую воду и воздух. Отравленная питьевая вода становится непригодной для питья и может иметь цвет от обычного до черного.

Проблемы, вызванные добычей сланцевого газа: 1) технология требует больших запасов воды; 2) вблизи места добычи скапливаются большие объемы отработанной загрязненной химическими веществами воды; 3) добыча сланцевого газа приводит к значительному загрязнению грунтовых вод; 4) проведение гидроразрывов приведет к лишению огромного запаса вод; 5) наличие землетрясений при гидроразрыве пласта. Таким образом, добыча сланцевого газа с учетом перечисленных факторов нецелесообразна.

* Руководитель – к.т.н., доцент кафедры ПТ Гридин С.В.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ

Кудрявцев Д., Фофонова Ю. (ТЭС-10)*
Донецкий национальный технический университет

Проблема снижения механического уноса и повышения эффективности сжигания механического уноса при работе котлов блоков 300 МВт по-прежнему актуальна. В последнее время используются такие фильтры как: ЭГА-2-58-12-6-4 и УГ-3-4-177 на блоках 300 МВт.

Для отчистки дымовых газов от летучей золы на котле ТПП-312А энергоблока №3,4 установлены 2 электрофильтра ЭГА-2-58-12-6-4 [1].

Для равномерного распределения газов по всему сечению активной части электрофильтра, а так же для исключения прохода газов вне активной зоны отчистки, каждый электрофильтр снабжен газораспределительными устройствами, состоящими из газораспределительных решеток, установленных на входе газа в корпус электрофильтра и в форкамере при ее наличии.

Дымовые газы после регенеративных воздухоподогревателей через газораспределительную решетку попадают в форкамеру, дальше в корпус электрофильтра. В форкамере происходит сепарация крупных частиц золы в связи с уменьшением скорости потока. Улавливание золы в поле электрофильтра основано на электрическом взаимодействии частиц золы с коронирующими и осадительными электродами. С помощью ударно-молотковой системы улавливания зола периодически ссыпается в бункера. Смыв золы из бункеров осуществляется через гидрозатворы.

В электрофильтрах типа ЭГА-2-58-12-6-4 концентрация выбросов пыли не должна превышать - 50 мг/нм^3 и концентрация оксидов азота – 1300 мг/нм^3 . Для соблюдения этих значений требуется увеличить высоту коронирующих и осадительных электродов на 15 м, соответственно увеличить габаритные размеры корпуса электрофильтра. Целесообразно было бы произвести замену существующих электрофильтров на новые, что позволит [2]:

- повысить надежность эксплуатации;
- снизить выбросы твердых веществ в атмосферу;
- улучшить экологическую обстановку в районе расположения ТЭС.

Перечень ссылок:

1. Безбородов, Д. Л., Bezborodov, D. L., Краснов, Е. П., Krasnov, E. P., Сафонов, К. С., & Safonov, K. S. (2012). Применение метода трехступенчатого сжигания топлива для снижения выбросов оксидов азота. Збірник доповідей Х Всеукраїнської конференції аспірантів та студентів;Т.1 – Донецьк: ДонНТУ, ДонДУ, ДонДАУ, 2000. – 176 с. – С.26-27
2. Сафонова Е. К., Безбородов Д. Л., Студенников А. В. Повышение эффективности работы котельных агрегатов. “Автоматизация технологических объектов та процесів. Пошук молодих” ДонНТУ. – 2004 р.

* Руководитель – к.т.н., доц. кафедры ПТ Попов А.Л.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕ – ДЕЙСТВЕННЫЕ СПОСОБЫ СЭКОНОМИТЬ НА ЭНЕРГОРЕСУРСАХ

Ларина А.С., Величко Л.В. (ЕНМ-13с)*
Донецкий національний технічний університет

Пять важных факторов, влияющих на расход энергоресурсов на производственном предприятии:

1. Выбор энергоносителей. Для каждого производственного процесса оптимален определенный вид энергоносителя, который обеспечивал бы лучший экономический и энергетический эффект.

2. Сокращение числа преобразований энергии. Целесообразно уменьшить число преобразований энергии на производстве, так как это приводит к потерям и снижает общий коэффициент полезного действия (КПД).

3. Автоматизация процессов. Не секрет, что автоматизированные системы способствуют экономии энергии, обеспечивая правильное регулирование параметров энергии агрегатов и установок, исходя из технологических условий. Сюда можно отнести автоматизацию отопительного оборудования, бойлерных установок, внедрение телеуправления.

4. Качество энергоресурсов. Качество энергии находится в прямой зависимости от ее параметров, изменение которых приводит к перерасходу.

5. Разработка взаимосвязанных схем энергоснабжения. Энергосбережение на производстве включает разработку комплексной системы энергоснабжения, которая была бы связана с технологией и учитывала бы параметры всех теплоносителей. Это способствует выявлению дополнительных резервов экономии на промышленном предприятии.

Мероприятия на производстве, которые приведут к экономии энергоресурсов: 1) установка теплогенераторов на базе ГПС, ПГУ; 2) монтаж теплоизоляции на наружных теплотрассах; 3) использование систем частотного регулирования в системах вентиляции, насосных станциях и прочих объектах с непостоянной нагрузкой; 4) автоматизация вентиляционных систем; 5) использование систем оборотного водоснабжения и нажимных кранов; 6) внедрение усовершенствованных пусковых реле; 7) использование централизованных светодиодных подсветок для освещения подвалов, закрытых помещений; 8) внедрение в производство вторичных энергоресурсов; 9) использование солнечных коллекторов для отопления и подогрева воды; 10) установка в подвалах тепловых насосов (дополнительный источник для отопления зимой, сокращение расходов на охлаждение воздуха летом).

Энергосбережение на производстве предполагает внедрение также энергоэффективных мероприятий в отношении здания и его конструкций. Это утепление стен, крыш, дверей, швов, подвалов, окон. Осветление стен, установка отражающих стекол в окнах, замена старых ламп накаливания.

* Руководитель – старший преподаватель кафедры ПТ Колесниченко Н.В.

ВОЗВРАЩЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ В РАБОТЕ КОТЕЛЬНОЙ

Мезенцев Е.А. (ТЭС – 13с)*

Донецкий национальный технический университет

В наше время актуальной является проблема низкого КПД эксплуатируемых котельных. Хотя и существует множество котельных, где этот вопрос не стоит так остро, так как они оснащены современными газовыми котельными на базе жаротрубных котлов. При использовании твердого и жидкого топлива предел снижения температуры отходящих газов обусловлен технологическими параметрами (особенно для серосодержащих топлив).

В городе Донецке функционирует более 200 котельных, которые работают на газообразном топливе. У половины котельных агрегатов, при нагрузках близких к номинальным, температура отходящих газов выше 150-180°C. Следовательно, есть значительный потенциал по снижению до уровня 100°C (более низкая температура не рекомендуется в связи с выпадением конденсата в дымовой трубе).

Существует множество различных способов повышения КПД. В данной работе предлагается укомплектование котельных агрегатов дополнительными теплообменными поверхностями для снижения температуры уходящих газов до 100-110°C. Данный способ является наиболее экономичным и эффективным в аспекте решения рассматриваемой проблемы.

В представленной работе, в свою очередь, предлагается применять способ использования подогревателей поверхностного типа. Использование подогревателей поверхностного типа позволяет значительно расширить возможность применения нагретой уходящими газами воды в схеме котельной. При использовании теплоты уходящих газов снижается расход топлива на котлы, а значит, увеличивается коэффициент использования топлива котельной установкой.

Применение подогревателей позволяет повысить коэффициент использования топлива на 7%. Для наиболее распространенного типа котельного агрегата ТВГ - 8М при работе на номинальной нагрузке расход топлива составляет $V=1106 \text{ м}^3/\text{ч}$, а после внедрения теплообменника (температура отходящих газов снижается с 183 до 110°C) $V=1069 \text{ м}^3/\text{ч}$, что на 3,3% ниже, а следовательно КПД увеличивается на 3%. На аналогичное количество уменьшается количество выбрасываемых в атмосферу вредных веществ (оксиды азота NO_x и углерода CO_2 и CO).

Весомым аргументом в пользу применения теплоутилизатора является тот факт, что срок окупаемости данного предложения не превышает трех лет. Но необходимо также обратить внимание на то, что применение может быть осуществлено только со строгим контролем температур уходящих газов.

* Руководитель – профессор Маркин А.Д.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В КОТЛАХ КВГМ-1,6 В ОПАЛЮВАЛЬНІЙ КОТЕЛЬНІ № 17 ВО «ВОЛНОВАХАМІЖРАЙТЕПЛОМЕРЕЖА»

Половіна М.С. (ЕНМ – 13м)*
Донецький національний технічний університет

Об'єктом енергетичного обстеження є котельня № 17, що знаходиться на балансі ВО «Волновахаміжрайтепломережа». Напрямок діяльності: опалення житлових приміщень прилеглої частини міста. Тут розташовані 3 котла типу КВГМ – 1,6 теплопродуктивністю 1,38 Гкал/год на один котел, що працюють на природному газі низького тиску. Проектом реконструкції передбачена модернізація існуючого обладнання, а саме заміна пальників ГБГ-2,5 на мікродифузійні пальники МДГГ-200.

Доцільність і необхідність модернізації експлуатованих нині котлів пояснюється тим, що існуюча технологія спалювання і пальники, що застосовуються, не відповідають сучасним вимогам ефективного використання палива та енергії.

У пальниках МДГГ використана мікродифузійна технологія спалювання газоподібного палива, розроблена Крижанівським В.Н. і захищена рядом патентів. Встановлюване обладнання передбачає напівавтоматичне регулювання подачі палива і володіє системами (блок автоматики), здатними за наявності неполадок в роботі негайно припиняти роботу і сигналізувати про несправності. Інші показники роботи модернізованого обладнання у порівнянні з початковим варіантом наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристика пальників

Найменування параметрів	ГБГ – 2,5	МДГГ - 200
Номінальна теплова потужність, МВт	2,5	2,2
Число ступенів регулювання	2	6
Номінальна витрата природного газу, м ³ /год	270	220
Номінальний тиск газу перед горілкою, кПа	8,6	3,5
Габаритні розміри, мм	1100 1200 650	900 1100 550
Вид палива	природний газ	природний газ

*Керівник-доцент кафедри ПТ Гридін С.В.

Виробники МДГГ – 200 гарантують ще й такі переваги, як:

- інтенсивне стійке горіння з коротким факелом при коливаннях тиску газу в мережі;
- відсутній перегрів екранів і амбразур;
- максимальна стійкість процесу горіння при будь-якому навантаженні;
- оптимальний коефіцієнт надлишку повітря в пальнику (1,03 - 1,15);
- відповідність сучасним екологічним стандартам;
- зменшення втрат тепла з відхідними газами;
- високий коефіцієнт регулювання;
- термін служби при виконанні графіка планово-попереджувальних ремонтів не менше 30 років.

Розрахунок всіх складових собівартості був проведений раніше. Зводимо отримані дані в узагальнену таблицю 2.

Таблиця 2 - Калькуляція собівартості 1 ГДж тепла

Статті витрат	Початковий варіант			Проектний варіант		
	Кіл-ть	Ціна, грн	Сума, грн	Кіл-ть	Ціна, грн	Сума, грн
1	2	3	4	5	6	7
Паливо, м ³	7,82	1,1	8,602	7,03	1,1	7,733
Електроенергія, кВт год	0,225	0,37	0,083	0,225	0,37	0,083
Вода, м ³	0,04	5,53	0,221	0,03	5,53	0,166
ФЗП			10,54			9,67
Пенсійний фонд			3,9			3,58
1	2	3	4	5	6	7
Поточний ремонт			0,199			0,292
Амортизація			0,995			1,461
Загальнокотельні витрати			0,077			0,105
Усього			24,62			23,09

Отже, впровадження мікродифузійних пальників МДГГ-200 замість встановлених ГБГ – 2,5 передбачує збільшення ККД на 2 % з одного котла, зменшення витрат палива з 489,94 тис. м³ до 480,14 тис. м³, зниження собівартості кінцевої продукції, поліпшення екологічної обстановки на території підприємства за рахунок зменшення викидів у навколишнє середовище та зручність в експлуатації.

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ КОГЕНЕРАЦИИ В СИСТЕМАХ ЖКХ

Потемкина Ю.А. (ТП-10)*

Донецкий национальный технический университет

Использование комбинированной выработки тепла и электроэнергии дает возможность значительно экономить топливо и получать при этом ощутимую прибыль.

Когенерация – это комбинированное производство электроэнергии и тепловой энергии. Аналогичную функцию выполняют ТЭЦ, но в больших масштабах, поэтому когенерационные установки принято называть мини-ТЭЦ или установки малой энергетики. Для автономных локальных комбинированных источников энергии используются когенерационные установки на базе газопоршневых двигателей внутреннего сгорания, газотурбинных установок и других, работающих на нетрадиционных видах топлива.

В зависимости от мощности котельной для получения 1 МВт тепловой энергии требуется от 17 до 40 кВт электроэнергии [1]. При постоянном росте стоимости последней, данное обстоятельство заставляет задуматься о повышении эффективности работы котельного оборудования. Оптимальным решением данного вопроса является реализация технологии комбинированной выработки тепловой и электрической энергии. Это позволяет уменьшить затраты на покупную электроэнергию, повысить надежность производства тепловой энергии, а в случае с паровыми промышленно-отопительными котельными обеспечить технологический процесс паром требуемых параметров без снижения эффективности работы котельного оборудования.

В котельной микрорайона Мирный установлены водогрейные котлы типа ПТВМ-30М. Для покрытия собственных нужд целесообразно перевести ее в режим работы по теплофикационному циклу путем установки газовой турбины типа ГТУ-1,5 [2]. Это даст возможность получать до 1,5 МВт электроэнергии (при потреблении на собственные нужды котельной 370 кВт) и продавать излишки электроэнергии.

Перечень ссылок:

1. Фомин, Ю. Н., Fomin, Y. N., Васильев, А. А., Vasiliev, A. A., Безбородов, Д. Л., & Bezborodov, D. L. (2012). К вопросу реорганизации котельных систем централизованного теплоснабжения. Вісник ДонНАБА. Випуск 2005-4(52); Випуск 2005-4(52).

2. Сафонова, Е. К., Safonova, E. K., Попов, А. Л., Popov, A. L., Безбородов, Д. Л., Bezborodov, D. L., ... & Воев, Y. A. Джерела тепlopостачання та Теплові мережі. - Донецьк: ДонНТУ, 2009, - 22 стор.

* Руководитель – доцент кафедры ПТ Сафонова Е.К.

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ БЛОЧНЫХ КОТЕЛЬНЫХ В СИСТЕМАХ ЖКХ

Силашко В. В., Моисейченко А. С. (ТП-10)*
Донецкий национальный технический университет

В настоящее время на балансе в системе ЖКХ имеются здания с подвальными котельными, в которых используется морально и физически устаревшее оборудование. Заменой им могут стать блочные котельные. Так же блочные котельные могут использоваться в негазифицированных населённых пунктах для отопления и горячего водоснабжения школ, детских садов и т.д.

Блочные (модульные) котельные – это передвижные котельные установки полностью готовые к работе, предназначенные для отопления и горячего водоснабжения объектов промышленного, жилищного и иного назначения. Модульные котельные установки могут быть выполнены с котлами, работающими как на твердом и газообразном топливе. Все технологическое оборудование (котлы, насосная группа, водоподготовка, расширительные баки, группа безопасности, электрооборудование и т.д.) размещены в блоке заводского изготовления. Котельные установки тепловой мощностью от 50 до 500 кВт комплектуются котлами с атмосферной горелкой [1]. Котельные установки тепловой мощностью свыше 500 кВт комплектуются котлами с дутьевыми горелками.

Основные преимущества блочных котельных перед строительством стационарных котельных [2]:

- Котельная полностью готова к монтажу и подключению к системе отопления и коммуникациям;
- Заказчик котельной не несет затраты на капитальное строительство помещения котельной;
- Компактные размеры, позволяют перевозить котельные на любые расстояния;
- Котельная работает без постоянного присутствия обслуживающего персонала;

При использовании блочные котельные дают ощутимый экономический эффект, уменьшая в разы сезонные расходы на отопление, в том числе, из-за снижения теплотерь, по сравнению с централизованным теплоснабжением.

Перечень ссылок:

1. К вопросу о повышении энергоэффективности районных тепловых сетей системы централизованного теплоснабжения. Сборник научных трудов «Энергоэффективность крупного промышленного региона» г. Донецк, 2004. Сафонова Е.К. Сафьянц С.М., Д.Л. Безбородов, Попов А.Л.

2. Сафонова Е. К., Безбородов Д. Л., Студенников А. В. Повышение эффективности работы котельных агрегатов. Донецк – 2012.

* Руководитель – доцент кафедры промышленной теплоэнергетики Попов А.Л.

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ПАО «ЕМЗ» С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА ЗАВОДА

Титаренко Е.В. (*ЭНМ – 13м*)*

Донецкий национальный технический университет

Передовые энергоэффективные технологии являются основой экономического подъёма любого предприятия. Особенно это актуально для металлургического производства Украины, включая Енакиевский металлургический завод (ЕМЗ), удельные затраты энергоресурсов на единицу продукции которого значительно превышают аналогичные показатели ведущих металлургических предприятий мира.

Наибольшая экономия топливно-энергетических ресурсов и, соответственно, снижение энергоёмкости выпускаемой предприятием продукции могут быть достигнуты при широком внедрении передовых энергосберегающих технологий, техническом переоснащении и реконструкции предприятия. Существенный рост энергопотребления заводом, а также устойчивая тенденция повышения цен на электроэнергию и энергоносители, особенно природный газ, предопределяют необходимость выполнения работ по снижению затрат на покупку электроэнергии путём модернизации оборудования энергетического комплекса ЕМЗ.

Конкурентоспособность предприятия существенным образом определяется уровнем реализации инновационных решений и степенью эффективного использования его топливно-энергетических ресурсов. С целью сокращения объёмов покупных энергоресурсов предлагается использование собственных энергетических ресурсов, генерируемых на заводе в результате технологических процессов производства чугуна и стали. К таким энергетическим ресурсам относятся вторичные горючие газы металлургического производства: доменный и конвертерный.

Мировой опыт и практика ведущих мировых металлургических предприятий показывает, что потребление природного газа в энергетическом хозяйстве отсутствует или не превышает 5% общего энергетического потенциала топлива в балансе энергохозяйства, т.е. генерация собственной электроэнергии осуществляется за счёт полной и эффективной утилизации вторичных энергетических ресурсов.

Существующее оборудование энергетического хозяйства, которое характеризуется низкой эффективностью, значительным физическим износом и морально устарело, не способно обеспечить возрастающие потребности основного металлургического производства. Необходимо коренное техническое перевооружение энергетического хозяйства завода, что предусматривает полную замену существующего тепломеханического оборудования с низкими

*Руководитель- доцент кафедры ПТ Гридин С.В.

параметрами пара, отказ от традиционного повышения параметров пара с сохранением паротурбинного цикла и реализацию инновационных проектов по внедрению передового энергоэффективного тепломеханического оборудования на базе парогазотурбинного когенерационного цикла для производства электрической и тепловой энергии и электрокомпрессоров для производства сжатого воздуха.

Переход на применение парогазовых установок имеет эффект синергии, когда реализация нескольких взаимосвязанных факторов дает совокупный эффект больший, чем простая сумма от эффектов всех этих факторов, что позволяет существенно улучшить эффективность использования топливных ресурсов:

- снижается удельный расход условного топлива на производство электроэнергии до 245...273 кг у.т./ МВт*ч (при использовании только горючих металлургических газов), что повышает коэффициент полезного действия до 45...50%;

- снижается удельный расход условного топлива на производство 1000 приведенных м³ сжатого воздуха до 12...13 кг у.т. и повышается коэффициент полезного действия до 35...38% по технологической схеме «топливо – парогазовая установка – электрокомпрессор»;

- за счет использования когенерации при производстве тепловой и электрической энергии повышается коэффициент использования топлива до 65%.

Повышение эффективности использования вторичных энергетических ресурсов металлургического производства обеспечивает снижение затрат на приобретение топливно-энергетических ресурсов – природного газа и электроэнергии. Так, повышение эффективности использования газообразного топлива позволяет снизить его потребление при производстве основной продукции, а образовавшиеся свободные ресурсы топливных газов металлургического производства направляются на замещение природного газа и/или выработку электрической энергии на парогазовой установке, увеличивая, таким образом, долю электроэнергии собственного производства. Снижение потребления электрической энергии позволяет минимизировать затраты на приобретение электроэнергии.

Перспективное развитие энергохозяйства с переходом на энергоэффективный парогазовый цикл производства электроэнергии позволит максимально сократить отставание ЕМЗ в эффективности использования топливно-энергетических ресурсов от современных передовых металлургических предприятий, обеспечив передовой технологический уровень энергетического хозяйства завода на 15...20 лет вперед.

Коренная модернизация энергетического хозяйства завода позволит сократить затраты на приобретение электроэнергии, уменьшить энергетическую составляющую в себестоимости производимой продукции и повысить конкурентоспособность предприятия на мировом рынке металлургической продукции.

МЕХАНИЗМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Величко Л.В., Ларина А.С.(ЭНМ-13с)*
Донецкий национальный технический университет

Одним из наиболее существенных вопросов, возникающих при проведении энергетического обследования и энергосберегающих мероприятий, является оценка эффективности энергоиспользования. Данную оценку проводят по ряду количественных характеристик, называемых показателями энергоэффективности или индикаторами энергоэффективности. Приведём перечень возможных показателей энергоэффективности:

- удельный расход энергоресурсов на единицу выпускаемой продукции;
- энергетическая составляющая себестоимости продукции;
- потери электро и теплоэнергии; - загрузка оборудования;
- к.п.д. оборудования; - коэффициент мощности ($\text{tg } \varphi$ или $\text{cos } \varphi$);
- показатели качества электрической энергии;
- потери реактивной энергии;
- уровень средств автоматического регулирования режимов энергопотребления и их технического состояния;
- характеристики графиков активной и реактивной нагрузки;
- постоянная составляющая энергопотребления, независимая от объемов производства предприятия;
- расход энергоресурсов на собственные и технологические нужды для электростанций и предприятий;
- доля бюджетных расходов, направляемых на дотации за потребляемые энергоресурсы;
- количество видов продукции и услуг, сертифицированных по энергоэффективности;
- доля энергетических расходов в бюджете учреждения;
- удельный расход энергоресурсов на одного сотрудника (или учащегося) бюджетной организации.

При проведении энергетического обследования необходимо для каждого конкретного случая подобрать ограниченное число показателей энергоэффективности. Абсолютные значения показателей энергоэффективности позволяют сравнить эффективность энергопотребления на предприятиях, организациях, учреждениях одной отрасли со сходными производственными процессами для выявления реального потенциала энергосбережения и выработки стратегии развития производства в конкурентных рыночных условиях.

* Руководитель – старший преподаватель кафедры ПТ Колесниченко Н.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

Вшивкова А.О. (ТЭС-13с)*

Донецкий национальный технический университет

Вторичные энергоресурсы имеются на тепло- и гидроэлектростанциях. На ГЭС отходы теплоты образуются в результате тепловыделения в электрогенераторах. Для ТЭС наиболее существенный источник ВЭР – низкопотенциальная теплота нагретой охлаждающей воды конденсационных устройств, с которой может теряться до 50 % теплоты топлива, расходуемого на электростанции. Источником ВЭР считаются также дымовые газы котельных установок на паротурбинных станциях или отходящие продукты сгорания в газотурбинных установках. Источником ВЭР может быть и нагретая охлаждающая вода из системы охлаждения генераторов электростанций. Значительные тепловые отходы имеются на АЭС: теплота конденсата, охлаждающих систем [1].

ВЭР электростанций по своей величине значительно меньше, чем в промышленных предприятиях, и непрерывно уменьшаются по мере повышения экономичности энергопроизводства.

Характеристика вторичных энергетических ресурсов электростанций такова:

1) Тепловые электростанции:

- а) нагретая охлаждающая вода конденсационных устройств турбин - $t_{в} \leq 25 - 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- б) отходящие дымовые газы котлоагрегатов - $t_{в} \leq 25 - 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

2) Гидроэлектростанции

- а) нагретая охлаждающая вода из системы замкнутого охлаждения генераторов - $t_{в} \geq 25 - 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- б) Нагретый воздух из системы разомкнутого воздушного охлаждения электрических генераторов - $t_{в} \leq 60 - 65 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Одним из направлений использования тепла слабо нагретых вод является применение тепловых насосов, работающих по тому же принципу, что и компрессорный агрегат в домашнем холодильнике. Тепловой насос отбирает тепло от сбросной воды и аккумулирует тепловую энергию при температуре около 90°C , иными словами, эта энергия становится пригодной для использования в системах отопления и вентиляции.

Перечень ссылок:

1.Самойлов М.В., Паневчик В.В., Ковалев А.Н. Основы энергосбережения: Мн., БГЭУ, 2002.

*Руководитель – профессор Маркин А.Д.

КОГЕНЕРАЦИЯ: ГАЗОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, КОГЕНЕРАЦИОННЫЕ ГАЗОПОРШНЕВЫЕ ТЭЦ

Бу В.К., Гайдук К.Э. (ЭНМ -10)*
Донецкий национальный технический университет

В системах ЖКХ водогрейные котлы потребляют тепло из общей системы. Стоимость электроэнергии на сегодняшний день составляет 1,03 грн (без ПДВ), суточное регулирование отсутствует, поэтому целесообразно переводить котельную в режим работы по теплофикационному циклу.

Устройство, вырабатывающее одновременно и электроэнергию и тепло называется когенерационной установкой (КУ) или мини ТЭЦ. Суммарный КПД современных КУ достигает 90% [1].

Газообразные топлива с точки зрения токсичных выбросов для когенерационных устройств являются более приемлемыми, чем жидкие. Кроме того, ДВС, работающие на газообразных топливах имеют ресурс как минимум в 1,5 раз больше. Среди газообразных топлив, наиболее часто используемых для автономных электростанций с ДВС, можно назвать: природный газ, сжиженный газ, биогаз, газ сточных вод.

Когенерационные установки имеют множество преимуществ перед крупными ТЭЦ. Во первых – локальное размещение, в непосредственной близости от потребителя электроэнергии и тепла. Такое размещение исключает потери связанные с транспортировкой энергии и обуславливает уменьшение ее стоимости. Во вторых – малые сроки и стоимость ввода в эксплуатацию. Благодаря блочному исполнению, срок ввода КУ в эксплуатацию не превышает 1-2 месяца. И это при том, что удельная стоимость 1 кВт электрической мощности КУ, в зависимости от ее типа и мощности, лежит в пределах 500-1000 \$. В то время как аналогичные показатели для крупных ТЭЦ достигают нескольких лет и 1500 \$.

Есть у КУ и некоторые недостатки. Это в первую очередь ограничения в выборе топлива – ДВС не работают на угле. Во вторых, величина электрической и тепловой мощностей КУ жестко связаны между собой. Поэтому для полного использования энергии, вырабатываемой КУ, необходимо иметь постоянного потребителя тепловой энергии [2].

Перечень ссылок:

1. К вопросу о повышении энергоэффективности районных тепловых сетей системы централизованного теплоснабжения. / «Энергоэффективность крупного промышленного региона». Донецк, 2004. Безбородов Д.Л., Сафьянц С.М., Попов А.Л., Сафонова Е.К.
2. К вопросу реорганизации котельных систем централизованного теплоснабжения. Вісник ДонНАБА, Макіївка 2005, Випуск 2005-4(52). Безбородов Д.Л. Ю.Н. Фомин, А.А. Васильев

* Руководитель – доцент кафедры ПТ Сафонова Е.К.

СХЕМА ВОЗДЕЙСТВИЯ БЛОКА 300 МВт ТЭС НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

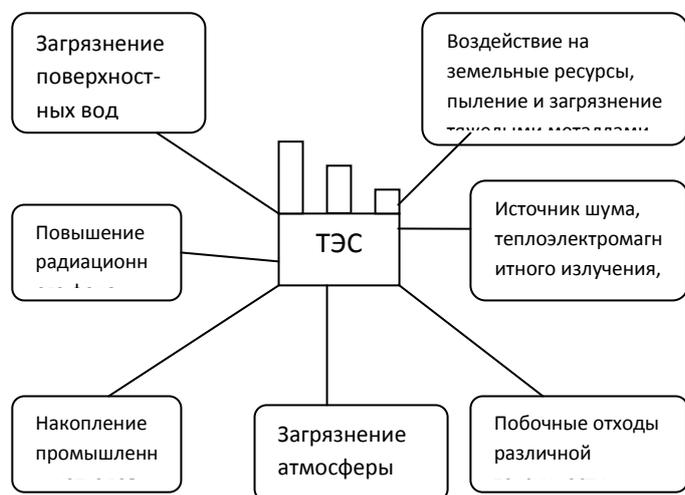
Федорова В.А. (ТЭС-13с)*

Донецкий национальный технический университет

Основу энергетики Украины составляют тепловые электростанции (ТЭС) на органическом топливе, что обеспечивает 40% всего производства электроэнергии. В основном, работающие на угле.

Одной из причин экологического влияния ТЭС на окружающую среду является износ оборудования, которое более 50% отработало граничный ресурс. Так как концентрации элементов загрязнителей территорий, прилегающих к ТЭС, относят к умеренному и сильному загрязнению, то экологическая защита становится актуальна.

Воздействие ТЭС на окружающую среду блока 300 МВт видно из приведенной схемы.



При реконструкции ТЭС необходимо планировать до 30% стоимости строительства (пример – реконструкции блока 300 МВт Зуевской ТЭС) [1].

Поэтому реконструкция ТЭС может быть представлена следующими мероприятиями:

- Устройство эффективных комплексов сероочистки для уменьшения выбросов в атмосферу.

- Разработка схем утилизации золы и шлаков при сжигании низкосортных углей.

- Установки электронно-лучевой очистки дымовых газов ТЭС от окислов серы и азота (SO₂, NO_X) и золы с эффективностью очистки 75-94% по этим показателям и получения на выходе минеральных удобрений.

- Утилизация отходов, разработка технологий производства из золы и шлаков бетонных смесей (пористых бетонов), строительных материалов, использования золы для дорожного строительства.

Перечень ссылок:

1. Тараненко А.Ю., Какуш О.С., Илющенко В.И.: «Использование СВЧ-технологий при сжигании угольной пыли с целью снижения выбросов» в кн: Збірка доповідей/ XXIII Всеукраїнська наукова конференція аспірантів і студентів «Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів». -Донецьк: ДонНТУ. Т.1.2013.-с. 28-29.

*Руководитель – профессор кафедры ПТ Илющенко В.И.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛА СИЛОВЫХ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПС «Новотроицкая» - 110/35/6 кВ

Феденко К.Р. (ЭНМ-10)*

Донецкий национальный технический университет

Одним из ключевых элементов системы подачи электрической энергии потребителю является трансформаторная подстанция. Вопрос снижения потребления энергии на собственные нужды трансформаторных подстанций (на нужды отопления) является одним из возможных решений общей проблемы повышению общей эффективности работы энергетической системы.

Следует отметить, что коэффициент полезного действия трансформаторов довольно высок и зависит от текущей мощности достигать 95-99%. Следовательно, в зависимости от текущей нагрузки, часть энергии преобразуется в тепловую, то есть выделяется в виде тепла, которое должно отводиться [1]. В большинстве случаев это тепло отводится в окружающую среду. Для снижения расходов тепла в окружающую среду требуется осуществление ряда конструктивных и эксплуатационных мероприятий. Также повышенная температура трансформаторов (трансформаторного масла) приводит к значительному снижению надежности оборудования и повышает коэффициент аварийности. При правильной организации тепловые потери трансформаторов можно использовать для целей теплоснабжения, что переведет их из разряда потерь в полезную энергию.

В зависимости от комплектации трансформаторной подстанции (типа трансформаторов, их количества и мощности), а также текущей нагрузки трансформаторов, способа отвода тепловой энергии в систему отопления (трансформаторное масло, вода, воздух и т.п.) и удалённости потребителей могут применяться различные схемы отбора тепла:

- с непосредственной подачей нагретого трансформаторного масла в систему отопления (не рекомендуется);
- с нагревом теплоносителя в масло-водяном теплообменнике;
- с нагревом воды посредством преобразования тепловой энергии в тепловом насосе;
- с нагревом воздуха в масло-воздушном теплообменнике;
- с непосредственным отводом нагретого воздуха от охлаждающих радиаторов;
- с нагревом воздуха в водо-воздушном теплообменнике.

На ПС «Новотроицкая»-110кВ установлен трехобмоточный трансформатор [2]. Предложим один из способов отбора тепла от трансформатора.

Система утилизации сбросного тепла позволяет теплоту масла, циркулирующего в системе охлаждения трансформатора, использовать для

*Руководитель- ст. преподаватель кафедры ПТ Безбородов Д.Л.

отопления производственных помещений подстанции. Система утилизации территориально делится на 3 зоны: зону силового трансформатора, тепловую сеть от трансформатора к отапливаемому зданию и зону теплового узла (см. схему на рисунке). В зоне трансформатора находятся силовой трансформатор и теплообменник, связанные общим масляным контуром (Т-То).

Блочный насос осуществляет циркуляцию нагретого трансформаторного масла через пластинчатый двухконтурный теплообменник (масло/вода), в котором подогревается теплоноситель. В нашем случае в качестве теплоносителя используется вода, так как именно этот теплоноситель характеризуется максимальной теплоёмкостью при минимальной стоимости. В зоне теплового узла для получения необходимых параметров воды в системе отопления здания обычно устанавливают тепловой насос для преобразования низкопотенциальной энергии нагретой воды в высокопотенциальную.

Нагретая вода сетевым насосом (контур То-Тн) по тепловой сети доставляется в испаритель теплового насоса, где испаряется жидкий хладагент — озонобезопасный фреон. Теплота, необходимая для испарения, отбирается от нагретой воды контура То-Тн, которая при этом охлаждается на несколько градусов. Пары испарившегося хладагента сжимаются компрессором до высокого давления, их температура повышается, и они поступают в конденсатор теплового насоса. Через конденсатор протекает теплоноситель контура Тн-Гр — вода системы отопления. В процессе конденсации хладагента выделяется тепловая энергия, нагревающая воду системы отопления до 40-60 °С, которая через выравнивающую емкость (гидравлический разделитель) сетевыми насосами доставляется в систему отопления здания (контур Гр-От).

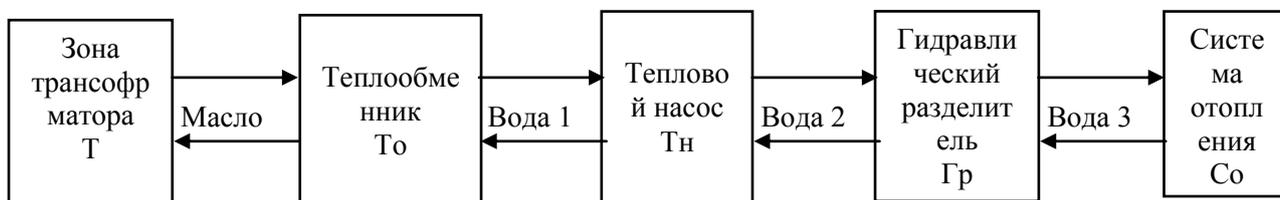


Рисунок - Схема системы утилизации тепла

В дальнейшем по такой схеме на ПС «Новотроицкая»-110 кВ планируется введение в эксплуатацию системы утилизации тепла от силового трансформатора для отопления зданий проходной, мастерской и вспомогательного оборудования.

Перечень ссылок:

1. Сафонова Е.К., Казанская В.В., Боев Ю.А. Влияние энергетического кризиса на потребление топливно-энергетических ресурсов ТЭЦ-ПВС ДМЗ. / «Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів» Збірник доповідей VIII Міжнародної наукової конференції аспірантів та студентів. Т.1 - Донецьк, ДонНТУ, ДонНУ, 2009. – с.155 – 156.

2. Використання вторинних джерел тепла на підприємствах енергетичного профілю. / С.Г. Хоменко, Г.М. Єрмоленко, Безбородов Д.Л. Всеукраїнська наукова конференція молодих учених, спеціалістів, аспірантів «Енергетика, енергосбереження». Мариуполь, ДВНЗ ПДТУ, 2014

ПРОБЛЕМА ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ПЫЛИ ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

Бородин А.А. (ТЭС-13с)*

Донецкий национальный технический университет

Система подачи угольной пыли высокой концентрации внедрена на десятках котельных агрегатов различной паропроизводительности, работающих на каменных и бурых углях. Однако при применении этой системы на АШ встретились трудности, которые, как показал анализ работы котлов, были вызваны рядом причин, в большинстве случаев не связанных с особенностями самой системы подачи пыли.

Для реализации этого способа применена подача угольной пыли в горелки высокими концентрациями в транспортирующем воздухе порядка 20-50 кг на 1кг воздуха и более, вместо 0,5 кг/кг в старой системе при подаче ее первичным воздухом. Слабо реакционное топливо, для своего воспламенения и интенсивного горения, требует выполнения ряда условий, из которых отметим следующие:

-поддержание оптимального избытка воздуха в горелках ($a_r=1,10$ и топке $a_b=1,12—1,25$);

-строгое соблюдение соотношения в расходах первичного и вторичного воздуха, поддержание на определенном уровне заданных скоростей в горелке;

-обеспечение высокой температуры воздуха и интенсивного перемешивания пыли с воздухом.

При подаче пыли высокими концентрациями перемешивание топлива с воздухом также ухудшается из-за принятого на электростанциях сосредоточенного ввода пыли в патрубок перед улиткой первичного воздуха, где происходит естественный отжим пыли к обрезающей улитки. Необходимым условием для обеспечения нормального воспламенения и горения угольной пыли является соблюдение строгого соотношения в горелках расходов топлива и воздуха. Это требование не всегда соблюдается, так как угольная пыль имеет исключительно нестабильные сыпучие характеристики, что не позволяет обеспечить ее стабильное дозирование.

В этом режиме обеспечивается работа пылепроводов практически без износа при экономичном расходе транспортирующего воздуха. Одна воздуходувка ТВ-80-1,4 ($Q=4800 \text{ м}^3/\text{ч}$) может с запасом обеспечить три котельных агрегата ТП-100.

Концентрацию угольной пыли 50 кг/кг, подаваемой в топку котлоагрегата нельзя считать предельной и, по нашему мнению, необходимо и дальше проводить исследования в направлении ее увеличения.

Научный руководитель- профессор кафедры ПТ Илющенко В.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА ПЛАВНИКОВЫХ ЭКРАНОВ В ТОПКАХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

Шлеенкова А.В. (ТЭС – 13с)*
Донецкий национальный технический университет

Исследование или применение газоплотных котлов в энергетике обусловлено повышением КПД таких, присосы атмосферного воздуха намного меньше, чем в котлах обычной конструкции, вследствие чего снижаются потери тепла с уходящими газами.

Целью данного исследования является определение интенсификации теплопередачи по сравнению с обычными экранами, а также распределение плотности теплового потока, в области, занятой плавником и трубой.

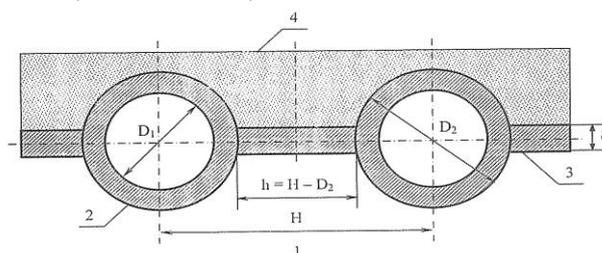


Рисунок – Схема трубной панели газоплотного парового котла.

1- топочное пространство; 2 – экранные трубы; 3 – плавники; 4 – обмуровка.

Принимаем стационарный режим работы котлоагрегата, постоянство теплофизических и радиационных свойств материала трубы. Пренебрегаем: изменением температуры по радиусу и длине трубы; переизлучением между наружной поверхностью трубы и наружной поверхностью ребра; изменением температуры по длине и ширине плавникового ребра.

С учетом принятых допущений, поле температур в области, занятой экранной трубой, может быть описано одномерным уравнением Фурье с внутренними источниками тепла, записанном в полярной системе координат:

$$\frac{1}{r} \cdot \frac{d}{d\Theta} \left(\lambda \cdot \frac{dT}{d\Theta} \right) + \sum_{i=1}^N q_{vi} = 0 \quad (1)$$

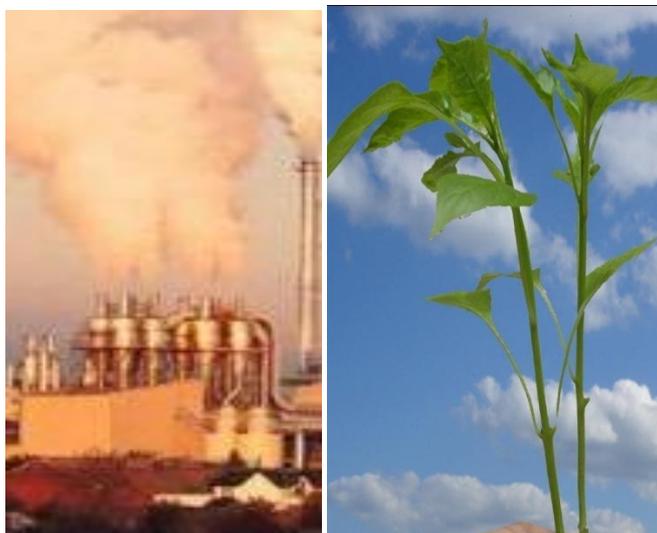
Температурное поле в области, занятой плавниковым ребром, описывается одномерным уравнением Фурье с внутренними источниками тепла, записанном в декартовой системе координат:

$$\frac{d}{dx} \cdot \left(\lambda \cdot \frac{dT}{dx} \right) + \sum_{i=1}^N q_{vi} = 0 \quad (2)$$

Решение данной задачи позволяет нам узнать распределение теплового потока, формируемого в области, занятой плавником и трубой, что приведет к увеличению температуры трубы и паросодержанию.

*Научный руководитель – профессор кафедры ПТ Илющенко В.И.

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В МЕТАЛЛУРГИИ



ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПОЛУЧЕНИЯ ЧУГУНА АЛЬТЕРНАТИВНЫМ СПОСОБОМ

Пикалов Д.С. (МЧМ-13а) *

Донецкий национальный технический университет

Черная металлургия Украины была и остаётся базовой отраслью экономики Украины. Так, например, горно-металлургический комплекс Украины обеспечивает около 25 % внутреннего валового продукта и почти 40% валютных поступлений в Украину.

Классическим примером получения чугуна называют совокупность коксохимического, агломерационного и доменного производств. Наряду с высокими инвестиционными затратами недостатком данного метода являются сравнительно большие объёмы выбросов, например оксидов серы (SO_x), оксидов азота (NO_x), пыли и фенолов.

Уязвимым звеном доменного передела является агломерационное и коксохимическое производство. Коксохимические заводы (КХЗ) оказывают наиболее вредное влияние на здоровье работающего персонала и населения близлежащих населенных пунктов. Если при производстве окускованного рудного сырья (агломерата) контролируют в основном выбросы пыли, оксидов углерода, серы и азота, то в коксохимическом производстве дополнительно определяют концентрации в технологических, аспирационных газах и атмосферном воздухе еще минимум 7 – 10 вредных веществ. На каждую произведенную одну тонну кокса приходится около 8000 вредных выбросов, г/т кокса: аммиак – 177-490; сероводород – 15-20; монооксид углерода – 1050-1380; цианистый водород – 7-10; фенол – 80-90; бензол – 60-70; диоксид серы – 500-1650; оксиды азота – 150-170; пыль – 1750-2590. Эти выбросы во много раз превышают показатели предельно допустимых концентраций в воздухе рабочих и жилых зонах. С ростом продолжительности эксплуатации коксовых батарей удельные выбросы через неплотности дверей камер коксования увеличиваются в несколько раз. Примером является сравнение показателей работы коксовой батареи с периодом работы 2 лет и 20 лет: удельные выбросы монооксида углерода; диоксида серы; цианистого водорода; нафталина; аммиака; бензаперена возрастают в 1,4; 3,2; 2,8; 3,1; 3,2 и 2,3 раза соответственно.

На агломерационное производство приходятся такие средние выбросы вредных веществ, г/т кокса: пыль – 2600; монооксид углерода – 23300; диоксида серы – 3780; оксидов азота – 400 соответственно. И это, только половина пути для получения чугуна.

В последнее время конкурирующим процессом получения чугуна является процесс COREX. Данная технология разработана в конце 70-х годов

* Руководитель – д.т.н., профессор кафедры РТП и МТ Ярошевский С.Л.

XX столетия. Сейчас это единственная промышленная технология позволяющая получать жидкий чугун из кусковых железорудных материалов, без использования кокса и коксовых батарей. С точки зрения технологии, выплавляемый чугун по своему химическому составу идентичен доменному. Сравнивая вред этих двух процессов нанесенный окружающей среде получим рисунок.

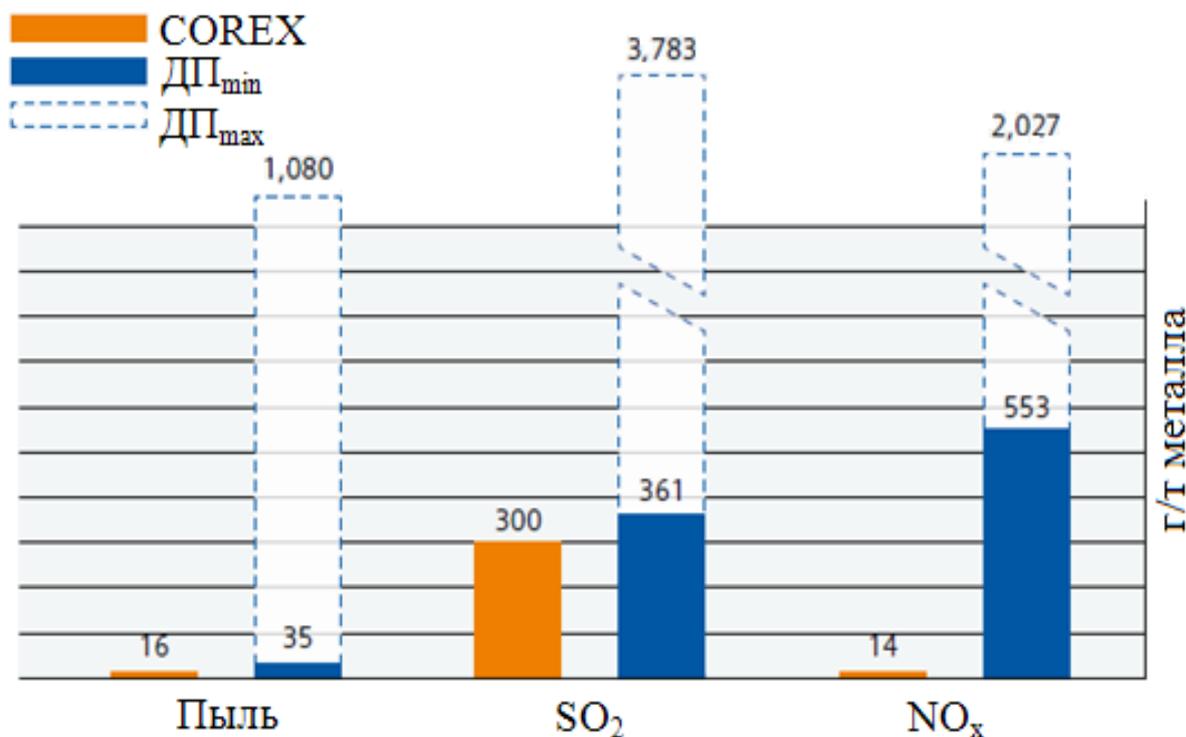


Рисунок – Сравнительная характеристика вредных выбросов доменной печи и технологии COREX

Жидкий чугун, производимый по технологии Corex, выплавляется непосредственно из окатышей и кусковой руды, при этом основным источником энергии является некоксуемый уголь, который используется в газификаторе для газификации углей с целью получения восстановительного газа.

Поэтому самым перспективным существующим методом улучшения экологии страны, который позволит заменить КХЗ, агломерационный и доменный цех, для выплавки чугуна, является технология Corex.

При отказе от доменной печи с ее вспомогательными агрегатами, коксовой батареей, аглофабрикой открываются новые аспекты в решении задач защиты окружающей среды.

Говорить о перспективах развития новых технологий металлургии железа, в связи с этим, необходимо с учетом оценки их экономических показателей, тенденций и уровня индустриального развития отдельных стран и регионов, наличия в них сырьевых и энергетических ресурсов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Александрова А.Н. (ЭКМ-13 фм)*

Донецкий национальный технический университет

Проблема отходов занимает важнейшее место среди основных экологических проблем современности. По этому утилизация отходов ТЭС - одна из актуальных проблем. В настоящее время в целом по стране утилизируется не более 5 - 10 % золошлакового материала в различных отраслях строительства и промышленности. В то время как в США эта цифра составляет 22 %, в Китае - 25 %, в странах ЕС - 90 %.

Остаток хранится в золошлакоотвалах без использования. При этом накопление золошлаков не прекращается, а, с учетом растущих потребностей в электроэнергии и недостаточных темпов развития других источников ее производства, увеличение количества складываемых золошлаковых отходов будет возрастать. Следовательно, увеличение выхода ЗШО приведет к заострению ситуации в области их складирования и хранения, и, как результат, к ухудшению экологической обстановки в районе действия ТЭС.

По химическому, гранулометрическому и фазово-минералогическому составу ЗШО во многом идентичны естественному минеральному сырью, что позволяет использовать их для производства строительных материалов и изделий самой широкой номенклатуры.

Наиболее приемлемой для практического применения является система летучей золы сухого отбора, поскольку она всегда классифицирована в соответствии с полями электрофильтров по фракционному составу. Такая зола может сохраняться в силосах в сухом виде и применяться в производстве без дополнительной подготовки. Система подачи летучей золы в бетоносмесительные узлы аналогична трактам подачи цемента. Основным заданием ТЭС, оснащенных электрофильтрами и циклонами, является оснащение их установками для сухого отбора золы. На ТЭС, оснащенных мокрыми золоуловителями (скруббер, трубы Вентури и др.), - установками по сгущению и обезвоживанию золовой пульпы до 10-15% влажности.

Золу сухого отбора и золошлаки ТЭС можно использовать для получения таких сухих золошлакопродуктов высокой потребительской стоимости :

- сухие безклинкерные вяжущие;⁴
- мелкодисперсный песок на основе рассеяния золы из форкамер;
- мелко-, средне- и крупнозернистый песок на основе измельченного шлака;
- многофракционный щебень на основе измельченного шлака;
- сухие строительные смеси для растворов различного назначения (штукатурные, шпаклевочные, клеевые, гидрофобные, наливные и др.);

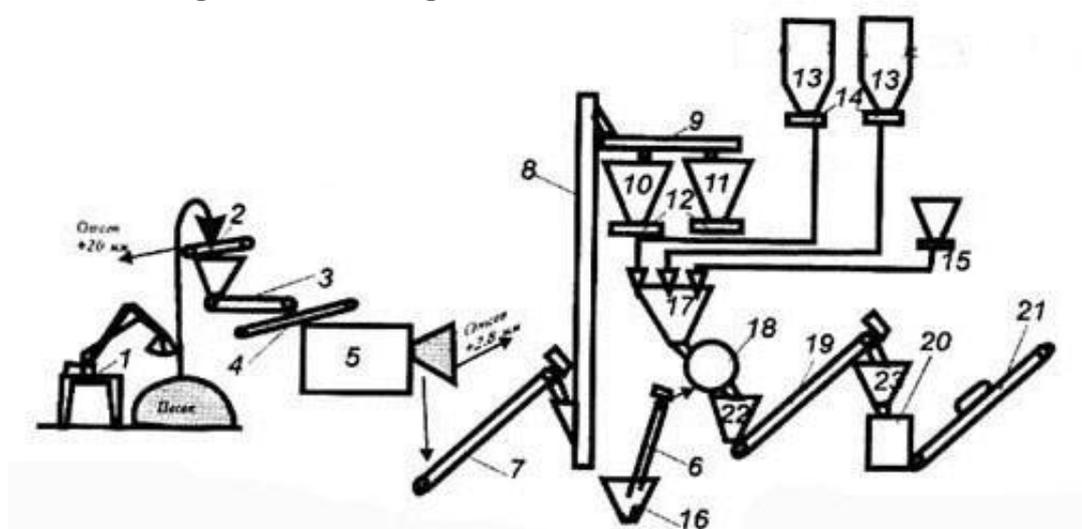
⁴ Руководитель – д.т.н., профессор кафедры РТП Клягин Г.С.

- сухие бетонные смеси различного назначения.

Как основа для производства перечисленных продуктов может быть предложен модульный завод сухих строительных смесей (рисунок).

Завод необходимо доработать относительно золы ТЭС: построить размольное, дробильное и сушильное отделение с использованием тепла дымовых газов ТЭС, которые выбрасываются.

Особенностью модульного завода есть возможность устанавливать вблизи или на площадках ТЭС "батарею" из модульных заводов и неограниченно наращивать их производительность.



1- погрузчик грейфера; 2- виброгрохот; 3- питатель шнековый; 4, 21- ленточный конвейер, 5- барабанный осушитель с грохотом; 6, 7, 19- вертикальный шнек; 8- элеватор; 9- вибросито; 10- бункер мелкого заполнителя 0 - 1,4 мм; 11 - бункер крупного заполнителя 1,4 - 2,8 мм; 12, 14- винтовые питатели; 13- склад вяжущего; 15- дозатор пластифицирующих добавок; 16- дозатор противоморозных добавок; 17- дозатор; 18- смеситель; 20- запарочная машина; 22- емкость готовой смеси; 23- бункер готовой смеси

Рисунок - Технологическая схема модульного завода сухих строительных смесей

Использование ЗШО можно считать бизнес направлением. Для достижения этой цели целесообразно разработать предложения по экономическому стимулированию использования ЗШО с включением соответствующих положений в проект закона "О вторичных материальных ресурсах". Одновременно подготовить проект программы совместно с привлечением заинтересованных отраслей экономики.

Одним из основных направлений увеличения производства и реализации продуктов из ЗШО есть освоение региональных рынков сбыта строительных материалов. Очень важно изменить взгляд на отходы, то есть перестать рассматривать, их как загрязняющие вещества, которые требуют контроля, а считать их источниками сырья и материалов.

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Авдеева В.В. (ЭКМ-13с) *

Донецкий национальный технический университет

Одним из наиболее разумных решений рационального использования материалов черной металлургии, является использование отходов в качестве вторичных материалов черной металлургии.

В настоящее время, после вывода из эксплуатации мартеновского цеха, и, частично прокатных станов, основным источником образования отходов на Донецком металлургическом заводе является доменный цех. В доменном цехе работают две доменных печи полезным объемом 1033 м³ каждая. Основными железосодержащими отходами доменного производства являются: колошниковая пыль, шламы мокрой газоочистки доменного газа, пыль центральной вытяжной станции (ЦВС) и аспирационных установок.

Выход пыли составляет обычно 35-43 кг/т чугуна и, в некоторых случаях, достигает 58 кг/т. Двухступенчатая схема очистки доменного газа позволяет дополнительно улавливать еще до 25-30% пыли в сухом виде. Это особенно важно для условий ДМЗ, который не имеет своей аглофабрики, и отгружает колошниковую пыль сторонним организациям, а шламы и пыль ЦВС вывозит в отвал. Налог на их размещение в пределах лимита составляет 4,5 грн./т, за сверхлимитный объем - 14,8 грн./т. Поэтому заводу, кроме всего, не выгодно платить за размещение около 40 тыс. т отходов. По содержанию полезных для металлургии компонентов, в частности, железа, эти отходы являются ценным ресурсом и могли бы использоваться в качестве добавки в аглошихту. Однако, в связи с отсутствием аглофабрики на ДМЗ поиск путей и разработка технологии подготовки отходов является актуальной.

Одним, из оптимальных решений подготовки железосодержащих отходов ДМЗ может быть брикетирование и утилизация их в доменных печах. Для внедрения технологии требуется разместить в районе радиальных отстойников бункеры для сухих отходов, смесители, брикетную установку. После сгущения шлам обезвоживается на дисковом вакуум-филт্রে, затем смешивается в двухвальном лопастном смесителе с сухими отходами: известью и отходами, пылью ЦВС, колошниковой и угольной пылью. В качестве связующего при изготовлении брикетов могут быть использованы известь или портландцемент. Готовые брикеты после сушки и упрочнения используются в доменных печах цеха.

Таким образом, предложенная схема позволит решить как экологическую проблему с размещением отходов на полигонах, так и финансовую, сократив затраты на покупку железосодержащих материалов (агломерата

* Руководитель – к.т.н., доцент кафедры РТПиМТ Перистый М.М

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЛИЯНИЯ АГЛОМЕРАЦИОННОЙ ФАБРИКИ ПАО ММК ИМ. ИЛЬИЧА НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

В.Б. Бейлинсон (ЭКМ – 13с)*

Донецкий национальный технический университет

Агломерационная фабрика является основным источником загрязнения окружающей среды на комбинате.

Пылеобразование в агломерационном производстве начинается с момента поступления сырых материалов. Выбросы на агломерационной фабрике возникают главным образом при погрузочно-разгрузочных операциях, происходящих с выделением взвешенной пыли, а также при спекании агломерационной шихты на аглоленте.

Для очистки загрязненного воздуха от зон спекания для каждой агломерационной машины установлена индивидуальная трехступенчатая система пылеулавливающих аппаратов, включающая коллектор с бункерами и гидрорубкой пыли в шламовый тоннель; батарейный циклон БЦ- 800 и 2 скруббера типа МП-ВТИ, работающих параллельно.

Для очистки загрязненного воздуха от зон охлаждения каждой агломашины и вентиляционных систем установлены коллектор и электрофильтр фирмы «Спейк».

Газообразные продукты, негативно влияющие на атмосферу, содержат пыль, СО, СО₂, SO_x, NO_x, аэрозольные частицы, тяжелые металлы Pb, Hg, Zn и другие вещества.

По данным отчета об охране атмосферного воздуха за 2013 год количество выбросов по комбинату достигло 245 453 т, без учета диоксида углерода, количество которого составляет 12 218 042 т/год . Из них выбросы аглофабрики составляют 202 723т, это более 80%, т.е. на долю этого цеха приходится подавляющее большинство. Что касается диоксида углерода, то его сумма равняется 2 125 815 т, это менее 20%, но учитывая развитую структуру комбината, это число также является показателем преобладающего негативного влияния данного цеха на фоне прочих подразделений.

На ММК имени Ильича продолжается предпроектная проработка крупнейшего экологического проекта – реконструкции аглофабрики. Модернизация, является самым масштабным мероприятием в «Программе охраны и оздоровления окружающей среды г. Мариуполя на 2012-2020 годы».

Одним из путей повышения экологической безопасности агломерационного производства и уменьшения воздействия негативных загрязняющих факторов является внедрение современной природоохранной газоочистки, которая эффективно снижает вредные выбросы в окружающую среду, и направлена на утилизацию уловленных побочных продуктов

* Руководитель – к.т.н., доцент кафедры РТП Кочура В.В.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ УГЛЕЙ ДЛЯ КОКСОВАНИЯ

Каштальян Г.В. (ЭКМ-10)*

Донецкий национальный технический университет

В последние годы ухудшилась сырьевая база, поэтому в шихтах коксохимических заводов увеличивают содержание газовых, отощенных и тощих углей и соответственно уменьшают количество хорошо спекающихся коксовых и жирных углей. Перспективным является избирательное дробление концентратов.

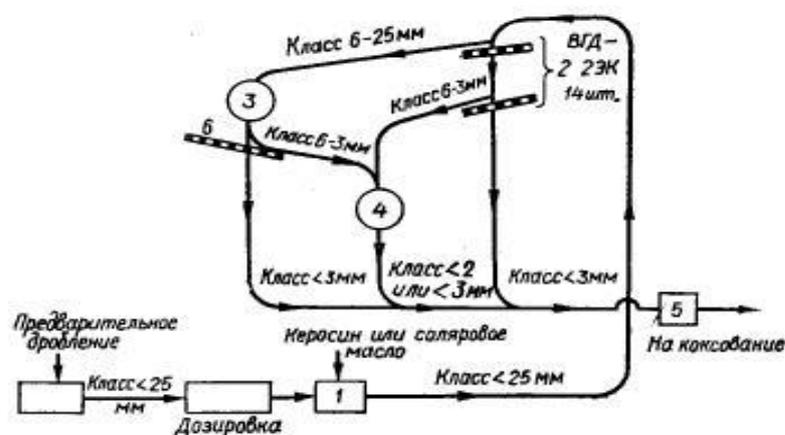


Рисунок - Схема избирательного дробления концентратов с применением дробилок ударно-отражательного действия

Усовершенствованная схема избирательного дробления, представлена на рисунке. По классификации перед обогащением на гидрогрохоте выделяются крупный класс ($>16 \text{ мм}$) и мелкий концентрат ($<16 \text{ мм}$); концентрат контрольной отсадки подается на грохот для выделения крупного класса ($>6 \text{ мм}$), который направляется на дробление. Для дробления применяются инерционно-роторные дробилки ударно-отражательного действия. После необходимого дробления концентрат, флотоконцентрат и шлам поступают на смешение, а затем в угольные башни.

Внедрение в производство этой схемы дало возможность при незначительном ухудшении физико-механических свойств доменного кокса увеличить в шихте для коксования содержание мало-метаморфизованных газовых углей до 45 %.

Переход на коксование шихты с высоким содержанием газовых углей позволяет не только решить коренной вопрос сырьевой базы коксования, но и значительно повысить рентабельность коксохимического производства

* Руководитель – к.т.н., доцент кафедры РТПиМТ Кочура В.В.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОКСОВОГО ГАЗА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (НА ПРИМЕРЕ ЧАО "ЕНАКИЕВСКИЙ КОКСОХИМПРОМ")

Кострица Ю.А. (ЭКМ-13с)*

Донецкий национальный технический университет

Одним из загрязнителей окружающей среды в городе Енакиево является Енакиевский коксохимический завод.

Коксовый газ является высококалорийным топливом, используемым для технологических и энергетических целей, а так же важным сырьем для химических производств. Однако для использования в быту и большинстве случаев в промышленности необходима предварительная его очистка от сернистых соединений.

Улавливание сероводорода является завершающим процессом извлечения из коксового газа химических продуктов коксования и подготовки газа к его дальнейшему использованию. Необходимость очистки газа от сероводорода диктуется, как стремлением максимально использовать ценные химические продукты коксования, содержащиеся в коксовом газе, так и необходимостью очистки обратного газа от сероводорода. Наряду с этим сжигание коксового газа с высоким содержанием сероводорода ведет к образованию сернистого ангидрида, загрязняющего окружающую среду и вызывающего интенсивную коррозию металла.

В связи с этим требования к эффективности очистки определяются не только количеством извлеченного из газа ценного продукта, но и остаточным содержанием сероводорода в обратном газе. Существующие требования к очищенному от сероводорода газу допускают содержание в нем сероводорода не более $3,5 \text{ г/м}^3$ при использовании газа в металлургических процессах (нагрев металла) и в качестве топлива. Однако из соображений снижения выбросов в атмосферу все более жесткими становятся требования очистки, до $0,5 \text{ г/м}^3$ для процессов синтеза аммиака, вдувания коксового газа в доменные печи, эти требования достигают $0,02 \text{ г/м}^3$.

В настоящее время из-за сжигания неочищенного коксового газа в атмосферу выбрасывается около 5,7 тыс. тонн диоксида серы.

Очистка коксового газа от диоксида серы представляется одним из самых значительных природоохранных мероприятий завода. С этой целью филиалом Центра химических технологий Академии инженерных наук Украины (г. Днепропетровск) разработан проект строительства промышленной установки по очистке коксового газа с применением моноэтаноламина. После внедрения мероприятия при сжигании $50000 \text{ м}^3/\text{год}$ очищенного коксового газа в течение 8000 часов выбросы диоксида серы в атмосферу составят 0,376 тыс. тонн в год, что позволит использовать квалифицированно очищенный коксовый газ, а из сероводорода, выделенного из коксового газа, производить серную кислоту

*Руководитель-ст. преподаватель кафедры РТП Кравченко А.В.

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОСТАЛИ В ДСП-150

Пономарёва А.В. (ЭКМс-13)*

Донецкий национальный технический университет

В сталеплавильном производстве ПрАО "Донецксталь–МЗ" была произведена реконструкция сталеплавильного производства с полной ликвидацией мартеновских печей. Мартеновский цех расположен в центральной части Донецка. Мартеновские печи работали без газоочистки и поэтому являлись источником значительных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

В помещении мартеновского цеха строится дуговая сталеплавильная печь ДСП-150 самой современной конструкции: это водоохлаждаемые стены и свод, эркерный выпуск металла, топливо-кислородные горелки, донные продувочные фурмы, подогрев металлолома отходящими газами, плавка стали с применением жидкого чугуна и др.

Актуальной проблемой электросталеплавильного цеха является эффективное улавливание и очистка отходящих печных газов от пыли и вредных газообразных веществ. Очистка печных газов предусмотрена в рукавном фильтре с импульсной регенерацией. Степень очистки составит 98-99%, а остаточное содержание пыли не более 10-20 мг/м³, что соответствует европейским санитарным нормам. Пыль, выносимая электропечными газами из рабочего пространства печи, содержит до 20 % цинка, до 3 % свинца при содержании железа около 40 %. Высокое содержание цинка и свинца делает пыль токсичной, что препятствует ее хранению в отвалах. Уловленную пыль подвергают окускованию, а используют для рециклинга в собственном производстве. При организации рециклинга содержание цинка в пылевых выносах увеличивается и утилизация пыли в цветной металлургии является более привлекательной и может быть прибыльной.

Основной технологической и конструктивной особенностью плавки стали в новой электропечи является возможность ее работы на различных видах сырья – металлическом ломе, жидком чугуне и железе прямого восстановления (ПВЖ) в различных соотношениях, что позволяет гибко реагировать на изменения рынка сырья. Электропечь может работать с использованием жидкого чугуна, при максимальном расходе составлять 40%.

В заключение можно сказать, что техническое перевооружение сталеплавильного производства позволит улучшить технико-экономические показатели работы всего предприятия, сократить объемы использования природного газа, решить экологические проблемы за счет сокращения выбросов пыли в атмосферу в 3 раза, увеличить объем и улучшить качество выплавляемого металла с применением самых передовых методов ведения сталеплавильного производства.

* Руководитель - с.н.с., к.т.н., доцент кафедры РТП Перистый М.М.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ КРИОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОТЛИВОК В ПЕСЧАНЫХ ФОРМАХ

Рассказенкова Д.В. (ЭКМ-13 фм)*
Донецкий национальный технический университет

Литейное производство металлических заготовок является основной заготовительной базой машиностроительного комплекса как базовой отрасли промышленности. Сегодня в действующих литейных цехах России и Украины при производстве 1 т отливок из чугуна и стали выделяется около 50 кг пыли, 250 кг окиси углерода, 1,5-2,0 кг окиси серы, 1 кг окиси углеводородов и образуется до 5 т твёрдых песчаных отходов. Особенно экологически небезопасны процессы с использованием синтетических смол и других органических связующих, которые дают до 70% загрязнений природной среды от литейных цехов.

Применение криотехнологии для получения металлоотливок в песчаных формах позволит создать малоотходные и безотходные процессы, вытеснение органических материалов из технологии изготовления литейных форм предотвратит загрязнение окружающей среды. Высокие нормы ресурсосбережения могут достигаться повторным использованием формовочных материалов.

Использование криотехнологии для получения песчаных форм по разовым ледяным моделям исключает из техпроцесса органические модельно-формовочные материалы и минимизирует использование связующих путем получения тонкостенных оболочковых форм. Применение при этом агрегатных переходов воды (из жидкого в твердое - при замораживании модели, опять в жидкое – при таянии модели и впитывания жидкости в песок для освобождения полости формы, а затем испарение - при сушке увлажненной формы) в какой-то мере подобно кругообороту воды в природе. Вода для ледяных моделей на 30-90% и сухой песок формы на 80-90%, может использоваться многократно.

В настоящее время разработана разновидность вакуумной формовки по ледяным моделям (упакованным в пенку), при которой вода не попадает в песок формы, и может полностью использоваться повторно наряду с многократным использованием песка. Такая технология относится к крио-вакуумным процессам, в которых сухой песок формы (без связующего) упрочняется под воздействием вакуума при подключении литейных форм трубопроводами к вакуум-насосу. При этом литье по ледяным моделям совмещается с вакуумно-пленочной формовкой (ВПФ), которая является наиболее экологически безопасным способом песчаной формовки и за рубежом за последние годы перешла из разряда специальных видов литья в основные

* Руководитель – д.т.н., профессор кафедры РТП Клягин Г.С.

способы производства отливок в разовые песчаные формы. При ВПФ газы, возникающие при заливке расплавленного металла в литейную форму, практически полностью откачиваются вакуум-насосом из формы, а отсутствие связующего в сухом кварцевом песке снижает до минимума такое газовыделение.

Экологические преимущества литья по ледяным моделям очевидны при замене ими традиционно применяемых выплавляемых чаще всего парафино-стеариновых моделей (способ ЛВМ) или газифицируемых (выжигаемых) расплавом металла моделей из пенополистирола при заливке литейной формы (способ ЛГМ). При ЛВМ расход модельного состава на тонну годных отливок составляет 40...90 кг при 10% потерь, большая часть из которых происходит при прокаливании в термических печах оболочковых форм при высоких температурах и выгорании не удаленного из них модельного материала. Это ведет к дымовыделению в литейном цеху, требует установки вытяжной вентиляции и очистки газов, выбрасываемых в атмосферу.

Что касается использования пенополистирола для моделей, то его расход составляет порядка 6...6,5 кг на тонну отливок, и он разрушается при высокотемпературной деструкции. При горении без образования твердого остатка выделяется на 1 м³ материала (при плотности 25 кг/м³) до 267 м³ дыма с наличием токсичных продуктов сгорания, главным образом СО. Поэтому отходы пенополистирола не подлежат сжиганию подобно углю, дровам и т.п., так как при термодеструкции полимера полистирола могут выделяться токсичные газы.

Применение пенополистирола по способу ЛГМ в настоящее время обязательно сочетается с вакуумированием формы, откачиванием продуктов его деструкции и обезвреживанием их путем каталитического дожигания перед выбросом в атмосферу. Однако, такие установки дожигания недешевы, и для мелких участков их могут не устанавливать, а литейные формы для экономии электроэнергии нередко вакуумируют короткий период времени, и часть сконденсированного в песке полистирола может разлагаться в цехе от тепла отливки. Это, как и при ЛВМ, требует достаточно энергоемкой вытяжной вентиляции и очистки газов, но в реальных литейных цехах часто не освобождает от полного удаления вредных газов из рабочей зоны.

Криотехнология литья из черных и цветных металлов по ледяным моделям защищена институтом ФТИМС НАН Украины (г. Киев) десятками патентов на изобретения. Существующее финансирование науки не позволяет ученым быстро внедрить эту технологию, поэтому в данное время ведётся поиск научных и инженерных партнеров для совместных исследований и внедрения такого вида литья в производство в целях решения проблем экологии и ресурсосбережения.

СОКРАЩЕНИЕ ВЫБРОСОВ СУПЕРТОКСИЧНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ АГЛОМЕРАЦИИ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ

Шморгун Ю.А. (ЭКМ13ф.м)*

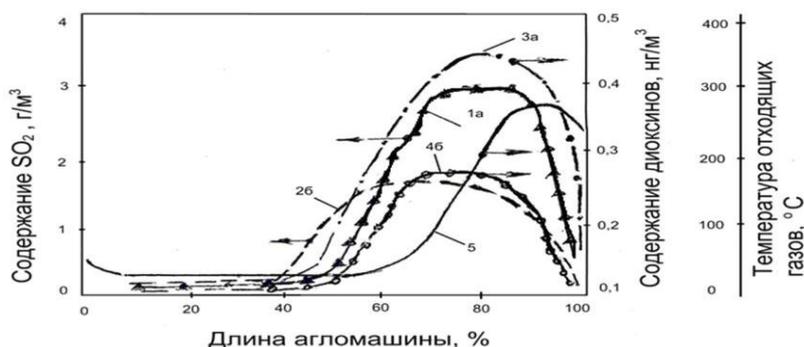
Донецкий национальный технический университет

На данный момент, агломерации принадлежат наибольшие удельные выбросы по пыли, угарного газа, соединений серы, значительных выбросов оксида азота. Наряду с этим, агломерационное производство выбрасывает в атмосферу основную массу около 95 %, тонкодисперсных супертоксичных углеводородов, такие как, диоксины и фураны (ПХДД/Ф). Требуемые пределы обнаружения концентраций такого рода веществ в воздухе находятся в диапазоне от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-15}$ мг/кг. Исследования, проведенные на сегодняшний день, определенно показывают, что образование ПХДД/Ф происходит в основном в пределах слоя спекаемой шихты. Условиями формирования ПХДД/Ф подтверждается данными о профиле выбросов по вакуум-камерам, согласно которому максимум достигается в месте окончания горения топлива (см. рис 1.2). Содержание летучего хлора (NaCl, KCl) в шихте и различные содержащие органику отходы (нефтепродукты, масла) – существенные факторы образования ПХДД/Ф. Не исключено присутствие в аглошихте полихлорвинила $(C_2H_3Cl)_n$ покрытий и упаковок, состоящего на 57% из хлора. Диоксины образуются при нагревании шихты до 200-550 °С. Способы сокращения ПХДД/Ф:

- Контроль химического состава агломерационной шихты (NaCl, KCl нефтепродукты, масла);

- Рециркуляция отходящих газов в хвостовых вакуум – камерах агломашины;

- Использование новейших электрофильтров, газоочисток, внедрение процессов улавливания вредных газов активированным углем и другими сорбентами, ввод в состав шихты специальных добавок.



отходящих газов по вакуум-камерам (длине агломашины) при обычном спекании (а) и в условиях рециркуляции газов (б).

Компанией Siemens VAI новую газоочистку, так называемую комбинированную систему обезвреживания агломерационного газа - Мерос. Процесс сокращения выбросов агломерации касается таких ингредиентов как пыль, кислые газы и вредные металлические и органические компоненты [1]. Технологическая схема очистки агломерационного газа включает: впрыск адсорбентов в поток отходящего газа, добавка кондиционированного воздуха в очищаемый газ, очистка отходящего газа в рукавном фильтре, утилизация уловленной пыли в отходящих газах, удаление дымососом агломерационных газов из системы газоочистки МЕРОС. В качестве адсорбентов используют бурые угли или активированные угольные порошки.



Рисунок 2 – Изображение профиля газоочистки Мерос

1 – дымовая труба; 2 – подача адсорбентов и десульфуризирующих веществ; 3 – кондиционирующий реактор; 4 – бункера побочных продуктов; 5 – рукавный фильтр; 6 – трубопровод очищенного газа; 7 – вентилятор;

Выводы: В ходе исследования углеводородов, было выявлено механизм формирования и причины способствующие этому. Сейчас существуют эффективные методы по сокращению опасных тонкодисперсных выбросов. С помощью новейших газоочисток, таких как Мерос, достигается максимальный результат по уменьшению вредного воздействия на окружающую природную среду.

Перечень ссылок:

1. Мищенко И.М. Черная металлургия и охрана окружающей среды: учебное пособие/ И.М. Мищенко. – Донецк.: ГВУЗ "ДонНТУ", 2012 – 446с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО КАНАЛУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ

Сторожук А.В. (*аспирантка*)*

Национальная металлургическая академия Украины

На ведущих металлургических предприятиях страны проведены природоохранные мероприятия, позволившие снизить выбросы вредных веществ в атмосферу. И здесь вступает в силу своеобразный эколого-технологический парадокс: чем эффективнее работают установки по защите атмосферы от пылегазовых выбросов, тем больше мелкодисперсных фракций после улавливания подаётся в шлаконакопители. Шламы и пыли, находясь в открытом складировании, сами превращаются в источники мощных антропогенных факторов, дестабилизирующих экологическую ситуацию не только в зонах складирования, но и в регионах. Это вызвано тем, что пылевидные фракции шламо- и шлакохранилищ под воздействием солнечной энергии и ветровых потоков переходят в аэрозоли и мигрируют в приземном слое на значительные расстояния, загрязняют воздушный бассейн, приносят в почву и в открытые водоемы оксиды тяжелых металлов, а под воздействием осадков, в виде металлсодержащих соединений проникают в подпочвенные воды, изменяют их химический состав. Таким образом, открытое складирование шламов с экологической точки зрения является недопустимым методом обращения с отходами.

В Национальной металлургической академии Украины разработана концепция экологизации действующих и вновь создаваемых экологически чистых производств (ЭЧП) в структуре многоотраслевых промышленных центров.

Концептуально уровень экологизации металлургического производства, как технической системы природопользования, определяется степенью использования первичного сырья и рационального обращения с отходами. Необходимым условием перехода производства в разряд ЭЧП, является максимально возможное использованием энергетического и химического потенциалов твердых, газообразных и жидких отходов при их совместной или отдельной рециркуляции. Концепция позволила разработать экологически чистые, ресурсосберегающие технологии производства безобжиговых окатышей и брикетов из отходов производства.

Теоретические и экспериментальные исследования в электроферросплавном производстве позволили осуществить комплексный подход о проблеме использования твердых отходов в качестве вторичного металлургического сырья.

*Руководитель- доцент Бобылев В.П.

В тоже время, использованы самораспадающихся шлаков электроферросплавного производства потребовало проведения дополнительных исследований.

Исследования проводились с использованием отходов ферросплавного производства: ферроникелевых шламов и самораспадающихся шлаков. Химический состав определялся в соответствии с требованиями ГОСТ 15054-80 по отбору и подготовки проб и ГОСТ 23581.15-81, ГОСТ 23581.18-81 по выполнению анализа. Результаты химического анализа по основным элементам и соединениям представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав исследуемых материалов.

Материал	Содержание компонентов, %						
	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	Fe _{общ}	Ni	Cr ₂ O ₃
Шлак ФНП №1	23	3	50,4	5,2	9,1	0,04	--
Шлак ФНП №2	55	6-10	16-25	6-8%	8,6	0,06	--
шлак	18-20	3	38- 40	5	24-26	1,5-1,45	0,8-1
Пыль газоочистки	6 - 8,0	1,0	10	1,9	24,6 -31	--	--

Шлак ФНП №2 получен при использовании в качестве сырья Новокаледонской руды.

Выводы по результатам исследований.

1. Самораспадающиеся электроферросплавные шлаки с модулем основности $M_o > 2$ могут быть использованы при окусковании мелкозернистых отходов методом прессования.

2. При прессования (с усилием $F_{сж} = 4,508$ кН) самораспадающихся электроферросплавных шлаков, прочность полученных брикетов снижается на 45-50 % в течение 20-22 дней при их выдержке в нормальных условиях.

3. Введение в шлак добавки ДП-1(2% по массе) позволило повысить прочность брикетов на 50% после 14 дней выдержки и на 103,6% после 28 дней довести их прочность до $P_{сж} = 11,136$ Мпа.

4. Повышение прочности шламодержащих брикетов обеспечивается путем введения в шихту шлака и добавки (2% ДП-1).

ВПРОВАДЖЕННЯ ISO 14000 ЯК ФАКТОР РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ НА ВАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

О. М. Волокіта (ЭО – 01 - 10)*

Національна металургійна академія України

Важливими засобами керування екологічними проблемами і оцінки їх результативності є стандарти ISO 14000, які сприяють просуванню ефективних практик екологічного менеджменту. Для поліпшення стану довкілля дотримуються ієрархії підходів, а саме: знешкодження або усунення джерела; внутрішнє, а потім зовнішнє повторне використання або рециклізація; оновлення та оброблення; контрольовані механізми (термічна деструкція, розміщення на полігоні і т.і.).

Виробництво продукції на комбінаті "Запоріжсталь" пов'язано з викидами великих обсягів шкідливих речовин в атмосферу, водойми, утворенням промислових відходів. Для мінімізації негативного впливу на довкілля на підприємстві здійснюється удосконалення технологічного устаткування, зменшення енерговитрат, модернізація природоохоронного устаткування, утилізація промислових відходів; діє сертифікована Інтегрована Система Менеджменту якості, екології і охорони праці та програма природоохоронних дій на 2012-17 рр. Це дозволило за останні 6 років знизити викиди в атмосферу на 41%, скидання стічних вод - на 10%; повторне використання технічної води складає 86%, а твердих відходів - більше 35%. Порівняльні дані щодо викидів у атмосферу та поводження з твердими відходами у 2011-12 рр. наведені у табл.1, 2; сума екологічного податку за цей період зменшена на 3,759 млн. грн.

Таблиця 1 - Забруднення атмосфери ВАТ «Запоріжсталь» речовинами, т/рік

Рік	Тверді частки	Газоподібні	Інші	Усього
2011	5402,178	61808,789	28,383	67239,350
2012	4378,756	51182,144	27,223	55588,123

Таблиця 2 - Динаміка поводження з відходами ВАТ «Запоріжсталь»

Рік	Утворено, т	Використано, т	Реалізовано, т	Розміщено, т
2011	3534921	1234408	618703	1681810
2012	3484882	1386885	783261	1314736

Таким чином, впровадження стандартів ISO 14000 на підприємстві дозволило суттєво покращити екологічні та економічні показники, забезпечити конкурентні переваги і розширити можливості виходу продукції підприємства на міжнародні ринки.

*Керівник – к.т.н., доцент кафедри інженерної екології та охорони праці Іванов І.І.

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ЭЛЕКТРОСТАЛИ ЗА СЧЕТ ПОДОГРЕВА МЕТАЛЛОЛОМА

Жукова И.К. (ЭКМС – 13)*

Донецкий национальный технический университет

Снижение материало- и энергопотребления в электросталеплавильном производстве является актуальной проблемой. Одним из эффективных мероприятий, направленных на решение этих задач, является подогрев металлолома.

В настоящее время подогрев металлошихты может производиться как непосредственно в ванне дуговой электропечи, так и отходящими из печи газами. Предварительный и дополнительный подогрев металлолома в ваннах ДСП осуществляется альтернативными видами энергии. К ним, в первую очередь, относятся топливно-кислородные горелки.

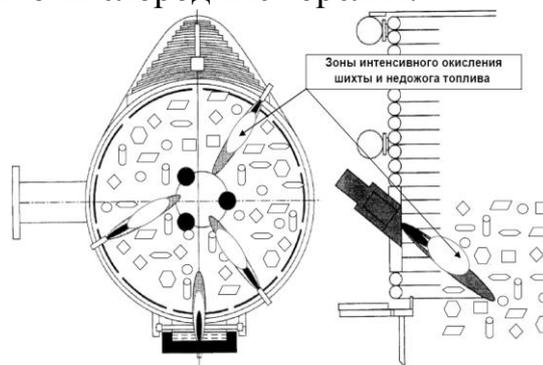


Рисунок – Типовая система газокислородных горелок для подогрева шихты в ванне ДСП

Применение стационарных топливно-кислородных горелок связано с рядом проблем. В начале процесса плавления, когда шихта холодная (большая разница температуры между пламенем горелки и шихтой), газокислородные горелки имеют высокий КПД.

В целях увеличения количества тепла, передаваемого шихте горелками, можно увеличить число горелок и снизить их единичную мощность. С данным видом подогрева связаны технологические и конструктивные сложности.

Для этих целей были разработаны и внедрены в производство на ряде ДСП поворотные сводовые газокислородные горелки большой мощности.

Подогрев металлолома отходящими из печи газами. Проходя через столб шихты газы электросталеплавильных агрегатов, наряду с падением температуры, также изменяют свой химический состав. Данные изменения являются результатом неполного сгорания органических примесей в металлоломе в условиях нехватки кислорода.

Таким образом, подогрев металлолома дает возможность снизить энергозатраты и повысить эффективность выплавки стали в электропечах.

*Руководитель- доцент кафедры РТП Перистый М.М

СОДЕРЖАНИЕ

1. МЕТАЛЛУРГИЯ ЧУГУНА

1. Двоеглазова А.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДУТЬЕВОГО РЕЖИМА В СЛОЕВОМ ПРОЦЕССЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЧАСТИЧНОМЕТАЛЛИЗИРОВАННОГО СЫРЬЯ..... 6
2. Шерстюк А.А. УПРАВЛЕНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ НА ОСНОВЕ РАСЧЁТНОГО КОНТРОЛЯ ОБОБЩАЮЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДУТЬЕВОГО РЕЖИМА ПЛАВКИ.....8
3. Яцура Л.В. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ С РАСХОДОМ ПУТ ДО 200КГ/Т ЧУГУНА НА ДНЕПРОДЗЕРЖИНСКОМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ КОМБИНАТЕ..... 9
4. Донченко М.А. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА НА НЕКОТОРЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ.....11
5. Гриц В. А. КАЧЕСТВО КОКСА И ПОКАЗАТЕЛИ ВЫПЛАВКИ ЧУГУНА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА...13
6. Джафаров Э.Д. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАГРУЗКИ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДОМЕННОЮ ПЕЧЬ.....14
7. Хромоногих А.В. ПОДГОТОВКА КОКСА К ДОМЕННОЙ ПЛАВКЕ....15
8. Королев И.С. ВДУВАНИЕ КОКСОВОГО ГАЗА В ДОМЕННОЮ ПЕЧЬ..16
9. Мных А.С. АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ФРАКЦИЙ ПОЛИДИСПЕРСНОЙ АГЛОМЕРАЦИОННОЙ ШИХТЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ КОМБИНАТА «ЗАПОРОЖСТАЛЬ».....17

2. МЕТАЛЛУРГИЯ СТАЛИ

1. Збинец А.В. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОТЛИВКИ ИЗ СТАЛИ С ШИРОКИМ ИНТЕРВАЛОМ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ В НЕОХЛАЖДАЕМОМ КОКИЛЕ..... 20
2. Замковой О.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АГРЕГАТЕ КОВШ-ПЕЧЬ.....22
3. Купчак А.А. ТЕХНОЛОГИЯ НАУГЛЕРОЖИВАНИЯ СТАЛЬНОЙ ВАННЫ УГЛЕРОДКАРБИДОКРЕМНИЕВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ....24
4. Даций М.А. ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА МАГНИЕМ ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ.....26

5. Грабівський К.П., Стецик А.І. ШВИДКІСТЬ ЗНЕВУГЛЕЦЮВАННЯ ЯК ПРОВІДНА СКЛАДОВА ДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ КЕРУВАННЯ КОНВЕРТЕРНОЮ ПЛАВКОЮ.....	27
6. Кириченко Х.І. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЛЕГУВАННЯ СТАЛІ РІДКИМ ФЕРОМАНГАНОМ.....	28
7. Оруджов Р.П. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ПЛАВКОГО ІНОКУЛЯТОРА З МЕТАЛЕВИМ РОЗПЛАВОМ ПРИ БЕЗПЕРЕРВНОМУ РОЗЛИВАННІ СТАЛ.....	30
8. Сидоров К.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ФУТЕРОВКИ СТАЛЕРАЗЛИВОЧНОГО КОВША ВО ВРЕМЯ РАЗЛИВКИ НА МНЛЗ.....	31
9. Тиминский С. А. ПРИБОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАЗОВЫХ СТРУЙ	33
10. Вовк В.В. КОНТРОЛЬ СКОРОСТИ ОБЕЗУГЛЕРОЖИВАНИЯ ВАННЫ КОНВЕРТЕРА.....	34
11. Купчак А.А. ТЕХНОЛОГИЯ НАУГЛЕРОЖИВАНИЯ СТАЛЬНОЙ ВАННЫ УГЛЕРОДКАРБИДОКРЕМНИЕВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ.....	35
12. Рябый Д. В. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ШЛАКОВОГО ПРОНИКНОВЕНИЯ В МАТРИЦУ ОГНЕУПОРА.....	37

3. ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЯ И СПЕЦИАЛЬНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

1. Ластовиченко Д.А. РАФИНИРОВАНИЕ ТИТАНА ПРИ КАМЕРНОМ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОМ ПЕРЕПЛАВЕ.....	40
2. Манько Д.В. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА ПРИСАДОК ПЛАВИКОВОГО ШПАТА ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ ЗАГОТТОВОК КОЛЕСНОЙ СТАЛИ.....	42
3. Погорелов А. Є. ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПЕРЕВЕДЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ШЛАКУ В ГАЗОВУ ФАЗУ ПІД ЧАС ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ПЛАВКИ НЕФЕЛІНОВИХ СІЄНІТІВ.....	44
4. Тохташ А. Д. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО ПОЛОГО СЛИТКА.....	45
5. Ужвий А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ ЗАСЫПОК СТАЛЕВЫПУСКНОГО ОТВЕРСТИЯ ЭРКЕРА ДУГОВОЙ	

ЭЛЕКТРОПЕЧИ И ВОВЛЕЧЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЮ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	47
6. Жердев К.В. ПЛАЗМОВЕ РАФІНУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ.....	49
7. Кутина М.В. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ЛИГАТУР ПРИ ВЫПЛАВКЕ ЭЛЕКТРОСТАЛЕЙ С КАРБОНИТРИДНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ.....	50
8. Гимадеева Э.А. СПОСОБЫ АЗОТИРОВАНИЯ СТАЛИ И СПЛАВОВ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ.....	52
9. Юшкевич П.О. ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ РІДКИМ МЕТАЛОМ.....	54

4. ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

1. Залозный В.В. АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ СВОЙСТВ ОТЛИВОК ИЗ ВЧШГ.....	56
2. Алексеенко А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛА ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ.....	57
3. Ерофеев Н.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КЛАСТЕРИЗАЦИИ ПРИ ОПИСАНИИ ОДНОКОМПОНЕНТНЫХ БРОНЗ.....	58
4. Крупка Е.Ю. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОГНЕВОГО РАФИНИРОВАНИЯ МЕДИ С ДОБАВЛЕНИЕ В РАСПЛАВ СОЕДИНЕНИЯ Cu – P.....	60
5. Зверева Я.Ю. ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА БЛОКА ГУБЧАТОГО ТИТАНА ВБЛИЗИ РЕАКЦИОННОЙ ЗОНЫ.....	62

5. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

1. Шаройко А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ОСЕВЫХ ДЕФЕКТОВ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ СОРТОВОЙ ЗАГОТОВКИ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ.....	65
2. Иванцова Е.А. ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВИНТОВОЙ ЭКСТРУЗИИ ЧЕРЕЗ МАТРИЦЫ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ.....	67
3. Хусаинов Е.О. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕФОРМАЦИИ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ СОРТОВОЙ ЗАГОТОВКИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	69
4. Мироненко А.И. ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УГАРА МЕТАЛЛА ПРИ НАГРЕВЕ ЗАГОТОВОК ПЕРЕД ПРОКАТКОЙ.....	71

5. Волков Е.В. РАЗРАБОТКА КАЛИБРОВКИ ВАЛКОВ ДЛЯ ПРОКАТКИ АРМАТУРНОЙ ПОЛОСЫ 50×4 мм.....72
6. Якушева А.В. РАЗРАБОТКА ЭМПИРИЧЕСКИХ ФОРМУЛ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛА НА БАЗЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ.....73
7. Закутняя И.В. РАЗРАБОТКА ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ ТОНКИХ ШИРОКИХ ПОЛОС.....75

6. ПРИКЛАДНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ И МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ

1. Дзюба Т.В. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ ПРОВОЛОЧНЫХ СПИЦ В СРЕДАХ С НЕЙТРАЛЬНОЙ КИСЛОТНОСТЬЮ.....78
2. Сапрыкина Ю.В. АНАЛИЗ КАЧЕСТВА СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СПОРТИВНЫХ КЛИНКОВ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ.....79
3. Бостанжи Е.Ю. СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ БРОНЗ.....80
4. Генкузина В.О. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРОКАТА ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ ХРОМОНИКЕЛЬМАРГАНЦЕВОЙ СТАЛИ.....81
5. Паршикова В.А. СВОЙСТВА КАТАНКИ ИЗ СРЕДНЕУЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ В СЫПУЧИХ СРЕДАХ.....82
6. Пономаренко Д.В. СПОСОБЫ РЕГЛАМЕНТАЦИИ ХИМСОСТАВА СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ.....84
7. Самойленко Ю.В. ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ АУСТЕНИТИЗАЦИИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ С ИСХОДНОЙ СТРУКТУРНОЙ НЕОДНОРОДНОСТЬЮ.....86
8. Селищев В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОНЫ ДЕФОРМАЦИИ ВОКРУГ ОТПЕЧАТКОВ ПИРАМИДЫ ВИККЕРСА.....88
9. Шевченко М. В. ИССЛЕДОВАНИЕ НАСЫЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АЗОТО-УГЛЕРОДИСТОЙ ПАСТЫ ПРИ НИТРОЦЕМЕНТАЦИИ.....89
10. Токаренко Х.А ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕГИРОВАНИЯ КИСЛОРОДОМ НА СТРУКТУРУ ТИТАНА В ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННОМ СОСТОЯНИИ.....90

11. Трусова О.А. ИЗУЧЕНИЕ ПРОКАЛИВАЕМОСТИ ХРОМОНИКЕЛЬМОЛИБДЕНОВЫХ СТАЛЕЙ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ВАЛОВ.....92
12. Зозуля А.П. К ВОПРОСУ ГРАФИТИЗАЦИИ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ ИГЛ.....93
13. Жук А.Н. ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ХОЛОДНОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ АУСТЕНИТИЗАЦИИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТАЛИ ДЛЯ ВЫСОКОПРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ..... 94
14. Ермаченко Д. И. РАЗМЕР ЗЕРНА КАК ОПЕРАТИВНЫЙ КРИТЕРИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕМПЕРАТУРЫ НЕКОНТРОЛИРУЕМОГО НАГРЕВА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ.....96

7. ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА

1. Андриенко Е.Н. СИСТЕМА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ В ПЕЧАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ.....98
2. Богущий В. Б. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ДЕГАЗАЦИИ ОТ ВОДОРОДА РАСПЛАВОМ АЛЮМИНИЯ КОМПЛЕКСНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ.....100
3. Буша А. А. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГНОЗНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ УГАРА МЕТАЛЛА ПРИ ЕГО НАГРЕВЕ ПЕРЕД ПРОКАТКОЙ.....102
4. Хребтова О.Ю. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ТЕПЛОТРАЖАЮЩЕГО ЭКРАНА104
5. Федоренко К.В. ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ФОРСУНОК ЗВО, КАК ИНСТРУМЕНТ СНИЖЕНИЯ РЕСУРСОЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОДУКЦИИ..... 106
6. Михайленко Д.Е. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ И РАЗОГРЕВА СТАЛЕРАЗЛИВОЧНОГО КОВША.....108
7. Неделин А.Ю. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА ПУТ-ТЕХНОЛОГИИ.....109
8. Рыжих В.Ю. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ КОНВЕКТИВНОЙ ДИФфуЗИИ В ТЕХНОЛОГИИ ВНЕПЕЧНОЙ ДЕГАЗАЦИИ РАСПЛАВА АЛЮМИНИЯ РАССРЕДОТОЧЕННОЙ ПО ДНИЩУ КОВША ПРОДУВКОЙ АРГОНОМ..... 110

9. Савченко М.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОГО ПРОЦЕССА В КАМЕРЕ ТУШЕНИЯ ПРИ СУХОМ ТУШЕНИИ КОКСА ИНЕРТНЫМИ ГАЗАМИ.....	111
10. Ульяновкин Д.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЛИЯНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЛИНЕЙНОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ.....	112
11. Харитонов В.В. УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА ВЭР КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК.....	113
12. Жибоедов С.А. ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛОСКОПЛАМЕННЫХ ГОРЕЛОК В НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ.....	114

8.ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

1. Завгородний К.А. ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПРИ СЖИГАНИИ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА	116
2. Халецкая О.А. ПРЕИМУЩЕСТВА УТЕПЛЕНИЯ СТЕН ПОМЕЩЕНИЙ ЖИДКИМИ КЕРАМИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ «КОРУНД».....	117
3. Нилов Е.А. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВОГО НАСОСА В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	118
4. Оноприенко Д.О., Варакута В.В. АККУМУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА.....	119
5. Боев Ю.А., Абрамян М. Х., Стольская Ю. К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ПОМЕЩЕНИЯ.....	120
6. Борисова А.М., Кирьянов В.П. ШАРИКОВАЯ ОЧИСТКА КАК ВАРИАНТ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТУРБИНЫ.....	122
7. Чуб А.С., Варакута В.В. КОНДЕНСАЦИОННЫЕ ЭКОНОМАЙЗЕРЫ – УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОТЛОВ.....	123
8. Филипенко К.О. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗА В УКРАИНЕ.....	125
9. Фофонова Ю.И., Кудрявцев Д. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СБРОСНЫХ ВОД СИСТЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩ ТЭС.....	126

10. Гайдук К.Э., Ву В.К. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭНЕРГИИ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ.....	127
11. Хоменко С.Г., Г.М. Ермоленко ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОПOTЕРЬ ОБОРУДОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ВТОРИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА.....	128
12. Худяков А.И., Матяш С.О. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НЕРАЦИОНАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ДЛЯ КОТЕЛЬНЫХ ЖКХ.....	129
13. Кмить М.Н., Украинцев Е.С. ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ НА КАЧЕСТВО ВЕДЕНИЯ ТОПОЧНОГО ПРОЦЕССА.....	131
14. Копейка Д.В. РЕКОНСТРУКЦИЯ ПЯТИЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ ПЕРВЫХ МАССОВЫХ СЕРИЙ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ.....	133
15. Коробко Е.Р. СОКРАЩЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ	135
16. Королева В.Г. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА.....	136
17. Кудрявцев Д., Фофонова Ю. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ.....	137
18. Ларина А.С., Величко Л.В. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕ – ДЕЙСТВЕННЫЕ СПОСОБЫ СЭКОНОМИТЬ НА ЭНЕРГОРЕСУРСАХ.....	138
19. Мезенцев Е.А. ВОЗВРАЩЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ В РАБОТЕ КОТЕЛЬНОЙ.....	139
20. Половіна М.С. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В КОТЛАХ КВГМ – 1,6 В ОПАЛЮВАЛЬНІЙ КОТЕЛЬНІ № 17 ВО «ВОЛНОВАХАМІЖРАЙТЕПЛОМЕРЕЖА».....	140
21. Потемкина Ю.А. К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ КОГЕНЕРАЦИИ В СИСТЕМАХ ЖКХ.....	142

22. Силашко В.В., Моисейченко А.С. К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ БЛОЧНЫХ КОТЕЛЬНЫХ В СИСТЕМАХ ЖКХ.....	143
23. Титаренко Е. В. АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ПАО «ЕМЗ» С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА ЗАВОДА.....	144
24. Величко Л.В., Ларина А.С. МЕХАНИЗМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ.....	146
25. Вшивкова А.О. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ.....	147
26. Ву В.К., Гайдук К.Э. КОГЕНЕРАЦИЯ: ГАЗОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, КОГЕНЕРАЦИОННЫЕ ГАЗОПОРШНЕВЫЕ ТЭЦ.....	148
27. Федорова В.А. СХЕМА ВОЗДЕЙСТВИЯ БЛОКА 300 МВт ТЭС НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	149
28. Феденко К.Р. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛА СИЛОВЫХ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПС «Новотроицкая» - 110/35/6 кВ.....	150
29. Бородин А.А. ПРОБЛЕМА ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ПЫЛИ ВЫСОКИМИ КОНЦЕНТРАЦИЯМИ.....	152
30. Шлеенкова А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА ПЛАВНИКОВЫХ ЭКРАНОВ В ТОПКАХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ.....	153

9. ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В МЕТАЛЛУРГИИ

1. Пикалов Д.С. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПОЛУЧЕНИЯ ЧУГУНА АЛЬТЕРНАТИВНЫМ СПОСОБОМ	155
2. Александрова А.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ.....	157
3. Авдеева В.В. ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	159

4. Бейлинсон В.Б. ХАРАКТЕРИСТИКА ВЛИЯНИЯ АГЛОМЕРАЦИОННОЙ ФАБРИКИ ПАО ММК ИМ. ИЛЬЧА НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ	160
5. Каштальян Г.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ УГЛЕЙ ДЛЯ КОКСОВАНИЯ.....	161
6. Кострица Ю. А. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОКСОВОГО ГАЗА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (НА ПРИМЕРЕ ЧАО "ЕНАКИЕВСКИЙ КОКСОХИМПРОМ").....	162
7. Пономарёва А.В. ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЕЛЕКТРОСТАЛИ В ДСП-150.....	163
8. Рассказенкова Д.В. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ КРИОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОТЛИВОК В ПЕСЧАНЫХ ФОРМАХ	164
9. Шморгун Ю.А. СОКРАЩЕНИЕ ВЫБРОСОВ СУПЕРТОКСИЧНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ АГЛОМЕРАЦИИ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ.....	166
10. Сторожук А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО КАНАЛУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ.....	168
11. Волокіта О.М. ВПРОВАДЖЕННЯ ISO 14000 ЯК ФАКТОР РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ НА ВАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ».....	170
12. Жукова И.К. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОПЛАВКИ ЗА СЧЕТ ПОДОГРЕВА МЕТАЛЛОЛОМА.....	171
