

УглеХимический журнал

4

Научно-технический
журнал

Выходит шесть номеров в
год

Основан в сентябре 1993 г.

У Ч Р Е Д И Т Е Л И:

Украинская научно-
промышленная
ассоциация
УКРКОКС

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ
«УКРАИНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УГЛЕХИМИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ
(УХИН)»

Государственное
предприятие

"Государственный институт
по проектированию
предприятий
коксохимической
промышленности"
(ГП "Гипрококс")

Журнал входит в перечень
изданий для публикации тру-
дов соискателей ученых сте-
пеней.

При перепечатке материалов
ссылка на журнал
обязательна.

За содержание рекламных
материалов редакция
журнала ответственности
не несет.

Цена договорная.

Содержание

стр.

- Мукина Н.В., Черноусова Е.П., Н.В. Кузниченко В.М., Сыт-
тник А.В.* Опыт внедрения лабораторной установки
для определения давления распираия углей и шихт на
КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»..... 3
- Романюк И.В., Скрипий Ю.Н., Клемин И.А, Мукина Н.В.
Банников Л.П.* Анализ и пути снижения расхода погло-
тительного масла на извлечение бензолных углеводо-
родов из коксового газа..... 10
- Максименко Л.Г., Хомченко С.Н., Скрипий Ю.Н., Мукина
Н.В. Борисенко А.Л., Малыш А.С., Герман К.Е., Спи-
рина Е.Ю.* Оценка выбросов загрязняющих веществ на
КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» с учетом вне-
дрения природоохранных мероприятий..... 16
- Сикан И.И., Скрипий Ю.Н., Клемин И.А., Мукина Н.В.,
Черноусова Е.П., Чешко Ф.Ф.* Особенности выделения
твердой дисперсной фазы из каменноугольной смолы
на центрифугах периодического и непрерывного дейст-
вия..... 21
- Черноусова Е.П., Мукина Н.В.* Современные методы иссле-
дований, используемые центральной лабораторией
КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»..... 29
- Романюк И.В., Скрипий Ю.Н., Каспрук М.В., Мельников
А.А., Мукина Н.В., Черноусова Е.П.* Стабилизационная
обработка оборотных циклов водоснабжения КХП ПАО
«АрселорМиттал Кривой Рог» реагентами PUROTECH.. 34

© ГП «УХИН», «Углехимический журнал», 2016
ISSN 1681-309X



ГП «УХИН»

Journal of Coal Chemistry

4

Bimonthly scientific and
technical journal

Founded in 1993

FOUNDERS:

Ukrainian Scientific
Industrial
Association
UKRKOKS

STATE ENTERPRISE
«UKRAINIAN
STATE
RESEARCH
INSTITUTE
FOR CARBOCHEMISTRY
(UKHIN)»

State enterprise "State
Institute for Designing
Enterprises of Coke Oven and
By-product Plants"
(SE "Giprokoks")

This journal is included in
the list approved by for
publication of works by
candidates for a scientific
degree.

Mention of the source when
reprinting papers is obligatory.
The Editorial Board is not
responsible for the content of
advertising materials.

The price is subject to agree-
ment.

Contents

page.

- Mukina N.V., Chernousova E.P., Kuznichenko V.M., Sytnik A.V.* The experience of the implementation of the laboratory apparatus for the pressure bursting of coal and blends in central plant laboratory of coke production of PJSC "ArcelorMittal Kryvyi Rih"..... 3
- Romanyuk I.V., Skripiy Yu.N., Klemin I.A., Mukina N.V. Bannikov L.P.* The analysis and the ways to reduce the flow of wash oil on the extraction of benzene hydrocarbons from coke oven gas..... 10
- Maksimenko L.G., Khomchenko S.N., Skripiy Yu.N., Mukina N.V., Borisenko A.L., Malysh A.S., Herman K.E., Spirina E.Yu.* The evaluation of pollutant emissions in the coke production of PJSC "ArcelorMittal Kryvyi Rih" with regard to the implementation of environmental protection measures..... 16
- Sican I.I., Skripiy Yu.N., Klemin I.A., Mukina N.V., Chernousova E.P., Cheshko F.F.* The features of solid dispersed phase separation from coal tar with the help of batch and continuous centrifugation..... 21
- Chernousova E.P., Mukina N.V.* Modern laboratory methods used by central laboratory of coke production of PJSC "ArcelorMittal Kryvyi Rih"..... 29
- Romanyuk I.V., Skripiy Yu.N., Kaspruk M.V., Melynikov A.A., Mukina N.V., Chernousova E.P.* The stabilization of circulating water supply cycles of coke production of PJSC "ArcelorMittal Kryvyi Rih" by PUROTECH reagents..... 34

© SE «UKHIN», Journal of Coal Chemistry, 2016
ISSN 1681-309X

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ РАСПИРАНИЯ УГЛЕЙ И ШИХТ НА КХП ПАО «АРСЕЛОРМИТТАЛ КРИВОЙ РОГ»**Н.В. Мукина¹, Е.П. Черноусова²***ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», 50095, Днепропетровская область, Кривой Рог, ул. Орджоникидзе, 1, Украина***В.М. Кузниченко³, А.В. Сытник⁴***Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)» 61023, г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина*¹ *Мукина Наталья Владимировна, начальник технического отдела КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Natalia.Mukina@arcelormittal.com*² *Черноусова Елена Петровна, начальник центральной лаборатории технического отдела КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Elena.Chernousova@arcelormittal.com*³ *Кузниченко Вячеслав Михайлович, канд. техн. наук, с.н.с., ведущ. научный сотрудник, e-mail: ko@ukhin.com.ua*⁴ *Сытник Алексей Владимирович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, e-mail: ko@ukhin.org.ua*

Внедренный на КХП ПАО «АРСЕЛОРМИТТАЛ КРИВОЙ РОГ» опытный образец лабораторной установки по определению давления расpirания углей и шихт, выполненный ГП «УХИН», позволяет получать величины давления расpirания такие же, как развиваемые в промышленной камере коксования. В ходе освоения установки устранены замеченные недостатки, установка эксплуатируется в центральной лаборатории коксохимического производства.

Ключевые слова: уголь, шихта, коксование, давление расpirания, измерения, лабораторная установка, освоение.

Известно, что различные коксующиеся угли при нагревании без доступа воздуха образуют пластический слой большей или меньшей толщины, а сама пластическая масса этого слоя характеризуется различными вязкостью, однородностью, термоустойчивостью, формирующими ее газопроницаемость. Сочетание этих параметров и скорости образования парогазовых летучих продуктов определяет величину свободного вспучивания пластической массы. При невозможности свободного вспучивания, что имеет место в условиях промышленного коксования угольных шихт в горизонтальных камерных печах, наполненный парогазовыми продуктами пластический слой оказывает давление (расpirания) на греющие стены камеры коксования через образующийся полукокк и кокс. Чем больше давление парогазовых продуктов в пластическом слое, тем больше давление расpirания коксуемой угольной загрузки. Поскольку нагрев угольной загрузки в коксовой камере двухсторонний, то образующиеся с двух сторон камеры пластические слои оказывают одинаковое давление на обе греющие стены. Это обусловлено одинаковым температурным режимом в обоих обогревательных простенках камеры коксования, что наглядно доказывается образованием осевого шва коксового пирога по оси камеры. Величина давления расpirания шихт зависит от их компонентного состава. Угольные концентраты различаются по технологическим свойствам, в том числе и по давлению расpirания. Наиболее расpirающие угли могут развивать давление до 60 кПа и более. Конструкции же обогревательных простенков коксовых батарей рассчитываются на нормальное давление 7 кПа. Эта величина принимается, как кри-

териальное значение для коксуемых угольных шихт, при котором обеспечиваются нормальные условия эксплуатации коксовых батарей и длительный срок их эффективной службы. Коксование шихт, давление распырания которых существенно выше критериального, приводит к трудностям при выдаче готового коксового пирога, т.е. к повышению ампеража электродвигателя пресс-штанги коксовыталькивателя (ампеража выдачи), а в экстремальных случаях – к единичному или массовому бурению печей.

Бурения, как известно, приводят к расстройству режима обогрева и графика выдачи как забуренных, так и соседних с ними печей, а также к падению производства кокса, к деформации кладки обогревательных простенков и, как следствие, к ускоренному износу печей. Для исключения указанных явлений необходимо, чтобы составление шихт для коксования проводилось не только с учетом получения прочного кокса, но и с учетом давления распырания сырья. Поэтому после очередной перешихтовки прежде, чем подавать шихту в производство, необходимо определить ее давление распырания.

В настоящее время в некоторых зарубежных странах (Франция, Германия, Чехия, Россия и др.) давление распырания опытных шихт определяют в полупромышленных коксовых печах с подвижной стенкой с загрузкой шихты от 150 до 500 кг [1-4]. Такие печи, по нашему мнению, практически полностью моделируют процесс коксования, осуществляемый в промышленных коксовых печах, однако их строительство и эксплуатация требуют больших финансовых затрат. Продолжительность определения давления распырания велика, т.к. период коксования в этих печах такой же, как и в промышленных. Гораздо дешевле и быстрее определить давление распырания угля или шихты можно с применением установки лабораторного масштаба, в которой созданы условия для моделирования промышленного процесса коксования в части развития давления распырания.

В 2012-2014 году в состав сырьевой базы КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» на постоянной основе были введены угольные концентраты дальнего зарубежья (США, Австралии, Канады, Колумбии). Информации об их свойствах в плане давления распырания на производстве не было, вместе с тем было зафиксировано увеличение ампеража при выдаче кокса из печи. Учитывая неудовлетворительное состояние печного фонда к.б. №№ 1-2, использовать опасные шихты в производстве было недопустимо.

Поскольку в этот период не было постоянства в сырьевой базе угольных концентратов, а угольные шихты необходимо было составлять с учетом не только ожидаемого качества кокса, но и с планированием по давлению распырания (так как данный показатель не подчиняется правилу аддитивности), было принято решение о приобретении лабораторной установки по определению давления распырания.

ГП «УХИН» в рамках НИР с КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» в 2014 г. был разработан и изготовлен опытный образец лабораторной установки для определения давления распырания углей и шихт, загружаемых насыпью. Перед этим ГП «УХИН» на Харьковском коксохимическом заводе был осуществлен способ замера давления распырания углей и шихт в полупромышленной печи с использованием подвижного вкладыша, вмонтированного в центральной части греющей стены камеры коксования [5]. Вкладыш выполнен из динасового кирпича толщиной 105 мм, площадь фронтальной поверхности составляет 700 см². При такой площади он испытывал давление распырания семи-девяти полномерных кусков кокса, обращенных «цветной капустой» к греющей стене камеры. Учитывая, что в центральной части греющей стены какие-либо краевые эффекты, связанные с неравномерностью температурного поля, отсутствуют, получаемые величины давления распырания соответствуют тем давлениям, которые имеют место в промышленной камере коксования. Если лабораторная установка позволяет получать величины давления распырания такие же, как по способу [5], то это значит, что они соответствуют тем же значениям, которые развиваются в промышленной камере коксования.

Изготовленный ГП «УХИН» для КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» опытный образец лабораторной установки для определения давления распырания углей и шихт позволяет получить результаты аналогичные, или весьма близкие к получаемым по способу [5]. Следовательно, данная установка воспроизводит в малом масштабе тот же процесс развития давления распырания, что имеет место в промышленной печи. Установка внедрена и освоена в Центральной Лаборатории КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» в 2014 г.

Конструкция установки схематически показана на рис. 1. В состав установки входит электропечь, трансформатор на 20 А, блок управления температурным режимом, блок индикации давления распырания, пьезоэлектрический датчик давления на 100 кПа, кронштейн

для датчика давления, реторты для коксования из стали марки Ст. 3.

Кирпичная кладка 1 печи выполнена в металлическом каркасе 2 из уголка и облицована листом из полированной нержавеющей стали. Для огнеупорной кладки использован кирпич из легковесного пеношамота марки ШЛ-04№7. Рабочая температура пеношамота – до 1570 К, коэффициент теплопроводности низкий ($\lambda = 0,29$ Вт/м×К), что способствует предотвращению утечки тепла в окружающее пространство. Этот материал легко поддается обработке, например, резке ножовкой по металлу. Кирпичная кладка образует нагревательную камеру, в передней и задней стенках которой размещены нагревательные элементы 3 из фехральной проволоки марки Х23Ю5, навитой в виде спирали. В передней части печи выполнен щелеобразный проем шириной 20 мм, который необходим для прохода бокового патрубка реторты при установке ее в нагревательную камеру. Поэтому нагреватель здесь состоит из двух отдельных, одинаковых по мощности спиралей. Общая мощность нагревателей составляет 3,5 кВт. Режим нагрева реторты 4 с угольной загрузкой 5 ведется автоматически блоком управления по показаниям хромель-алюмелевых термопар 6 типа ТХА-1007, ДСТУ 2857-94. Реторта имеет следующие размеры, мм: длина – 164, ширина – 106, высота – 190. В верхней ее части имеется фланец толщиной 6 мм для соединения с крышкой, снабженной газоотводным патрубком 7 с тарелкой 8 для сбора частично конденсирующихся в газоотводной трубке воды и каменноугольной смолы.

Реторта устанавливается в нагревательную камеру печи с незначительными зазорами. Крышка реторты футеруется тем же кирпичом что и кладка печи, толщина футеровки 40 мм. Внутри реторта футерована тем же пеношамотом, при этом толщина футеровки боковых стенок и днища составляет 30 мм. В передней части футеровки выполняются пазы шириной 11 мм для установки упорной пластинки 10 с образованием зазора 5 мм между ней и передней стенкой реторты. В передней стенке реторты сварен боковой патрубок длиной 150 мм, диаметром 16 мм для размещения в нем кварцевого стержня 11 диаметром 11 мм.

Камера коксования реторты образована футеровкой, незафутерованной частью задней стенки и металлической упорной пластинкой. С учетом того, что боковые стенки камеры выкладываются листовым асбестом толщиной 3 мм, полезная длина камеры составляет 94 мм, полезная высота – также 94 мм, ширина 86 мм. При этом над коксуемой угольной загрузкой имеется подводящее пространство высотой 20 мм, что достаточно

для свободной эвакуации парогазовых продуктов коксования в газоотводный патрубок.

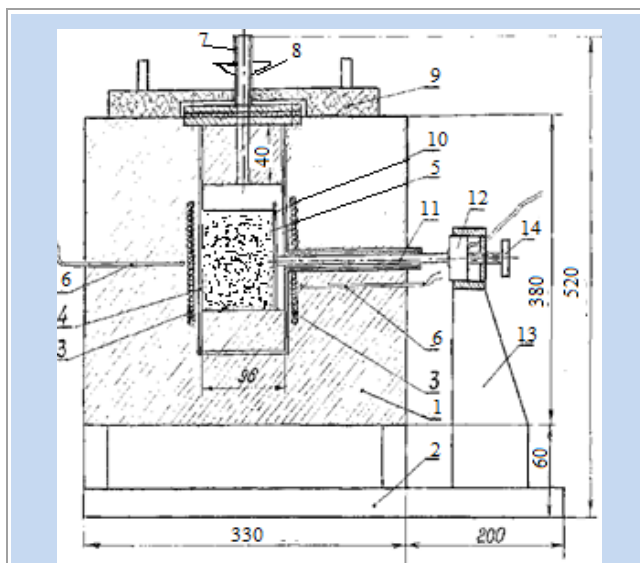


Рис. 1 Конструкция установки по определению давления распираия

1 – кирпичная кладка, 2 – каркас печи, 3 – нагревательные элементы, 4 – реторта, 5 – угольная загрузка, 6 – термопара, 7 – крышка реторты с газоотводной трубой, 8 – тарелка, 9 – крышка, 10 – упорная пластинка, 11 – кварцевый стержень, 12 – датчик давления, 13 – кронштейн, 14 – юстировочный винт

Датчик давления 12 расположен в гнезде кронштейна 13 с возможностью его перемещения при помощи юстировочного винта 14. Давление (распираия) коксуемой угольной загрузки воспринимает упорная пластинка, а от нее давление через кварцевый стержень передается на датчик давления. Поскольку датчик давления неподвижен (упирается в юстировочный винт), то неподвижна и система упорная пластинка – кварцевый стержень, хотя они и имеют свободу передвижения. Следовательно, давление распираия угольной загрузки происходит при постоянном объеме, т.е. при условиях, аналогичных коксованию в промышленной печи.

Кварцевый стержень, являющийся передаточным звеном от упорной пластинки к датчику давления, не вносит ошибку в измерения давления распираия, т.к. его тепловое расширение ничтожно. Коэффициент теплового расширения кварца наименьший среди всех известных доступных материалов. При длине стержня

200 мм и средней по длине стержня температуре 420 °С (при температуре передней стенки реторты 900 °С) линейное его расширение составляет:

$$\Delta l = K \times l \times \Delta T \quad (1),$$

где K – коэффициент теплового расширения кварца – $0,54 \times 10^{-6}$; l – длина стержня, мм; ΔT – разница температур стержня нагретого и комнатной температуры, °С.

$$\Delta l = 0,54 \times 10^{-6} \times 200(420 - 20) = 0,04 \text{ мм} \quad (2).$$

Общий вид установки представлен на рис. 2.

В Инструкции по эксплуатации и Методике определения давления распираия, прилагаемых к установке, изложен ход проведения определения максимального давления распираия P , приведены требуемые параметры подготовки угольной загрузки (табл. 1), оговорена допустимая погрешность результатов измерений.

При выполнении измерения давления распираия вначале включают печь в сеть 220 В. Выкладывают боковые стенки камеры коксования реторты листовым асбестом толщиной 3 мм и производят загрузку камеры углем (шихтой). Загрузку производят тремя одинаковыми порциями, слегка припресовывая пестиком и измеряя высоту загруженной порции. С приобретением необходимых навыков общая высота загрузки 94 мм достигается точно, при этом достигается и требуемая по высоте средняя насыпная плотность (см. табл. 1). Для удерживания упорной пластинки во время загрузки камеры коксования, между ней и передней стенкой реторты вставляют П-образный шаблон толщиной 5 мм. После окончания загрузки, через боковой патрубок реторты вставляют кварцевый стержень до упора в металлическую пластинку, вынимают шаблон и по обеим сторонам пластинки помещают две эластичные вставки – комки бумаги. Они удерживают пластинку в неподвижном состоянии при прикручивании крышки реторты болтами и установке реторты в нагревательную камеру печи после достижения в ней заданной температуры. В самом начале процесса нагрева реторты бумаж-

ные вставки сгорают, что исключает их влияние на замер давления распираия. После установки реторты с находящимся в ее боковом патрубке кварцевым стержнем закрывают щелеобразный проем вкладышем, изготовленным из вышеуказанного кирпича, и сверху печи устанавливают термоизоляционную крышку. Уплотняют зазор между стержнем и патрубком асбестовой ватой и при помощи юстировочного винта подводят к торцу стержня датчик давления с таким расчетом, чтобы достигалось поджатие датчика с усилием 0,2-0,3 кПа, которое затем вычитают из полученного максимального давления распираия.

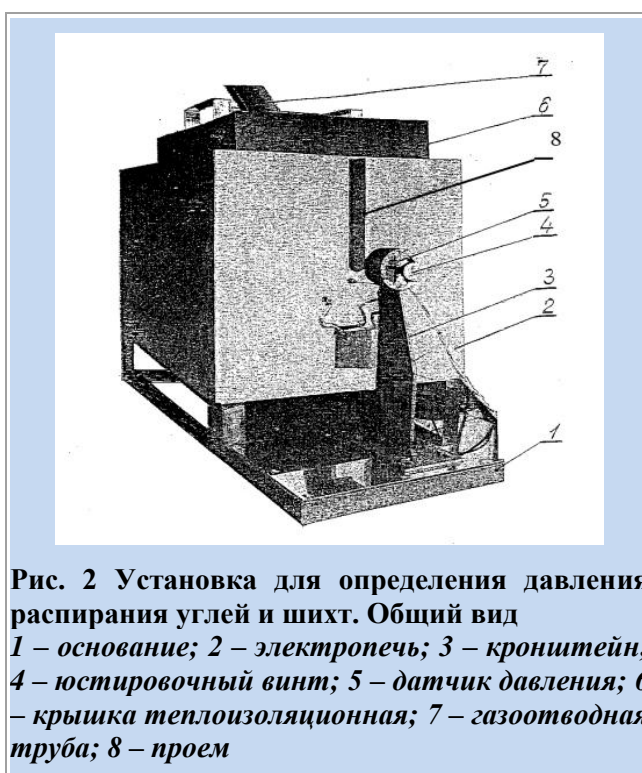


Рис. 2 Установка для определения давления распираия углей и шихт. Общий вид
 1 – основание; 2 – электропечь; 3 – кронштейн; 4 – юстировочный винт; 5 – датчик давления; 6 – крышка теплоизоляционная; 7 – газоотводная труба; 8 – тарелка

Таблица 1

Параметры подготовки угольной пробы, загружаемой в камеру коксования

Масса угольной загрузки, г	Уровень измельчения, кл ≤ 3 мм	Влажность, %	Насыпная плотность, г/см ³
600	80 ± 3	10 ± 2	0,80 ± 0,01

На тарелку 8 (рис. 1) газоотводного патрубка реторты устанавливают жестяную газоотводную трубку, заканчивающуюся в нижней части конусообразным расширителем. При эвакуации парогазовых продуктов

коксования в трубке может происходить их частичная конденсация и незначительная часть смолы и надсмольной воды стекают в тарелку. По мере уменьшения образования этих продуктов, содержание тарелки испаряется

и к концу определения в ней остается только затвердевшая пленка смолы. При определении давления расpirания высокометаморфизованных углей марок К, ОС, КС тарелка к концу опыта остается практически чистой.

В процессе проведения определения нет необходимости все время следить за показаниями датчика давления, т.к. максимум указывается на световом табло в кПа при нажатии кнопки на блоке индикации. После достижения максимума давления расpirания и устойчивого падения давления опыт заканчивают – выключают обогрев печи.

В ходе освоения установки были ликвидированы некоторые выявленные недостатки. Так, при первоначальной толщине передней и задней стенок реторты 3 мм и их температурах соответственно 900 и 850 °С было обнаружено, что давлением расpirания заднюю стенку постепенно выгибает наружу. Это могло приводить к занижению величины максимального давления расpirания. В то же время передняя стенка, не испытывающая давления расpirания (т.к. между ней и упорной пластинкой существует зазор) выгибается внутрь реторты термическими напряжениями. Для исключения указанных явлений толщина стенок была увеличена до 5 мм, температура передней стенки снижена на 20 °С, задней – на 250 °С. В результате зона смыкания пластических слоев сместилась ближе к задней стенке, однако это не повлияло на уровень величины максимального давления расpirания. Указанные мероприятия позволили исключить выгибание стенок реторты и способствовали уменьшению погрешности определения.

Было также замечено, что при испытаниях углей с высоким давлением расpirания упорную пластинку, выполненную первоначально толщиной 2 мм, локально вминает кварцевым стержнем, причем, глубина вмятины может достигать 2 мм. Это равносильно тому, что коксуемой загрузке позволяют свободно расширяться на 2 мм, а только затем начинают измерение давления расpirания, что явно приведет к занижению результата. Увеличение толщины пластинки до 3 мм позволило уменьшить глубину вмятины на 1 мм. Для гарантированного исключения деформации стержнем, толщина пластинки была увеличена до 5 мм.

Для исключения возможного разворачивания пластинки «цветной капустой» образующего слоя кокса от вертикальной ориентации по отношению к кварцевому

стержню, по углам пластинки были приварены шипы диаметром 5 мм и длиной 8 мм. В начале процесса коксования шипы закоксовываются в образующийся полукок и пластинка представляет как бы единое целое с полукоксом-коксом. При этом неравномерность выпуклостей «цветной капусты» кокса на фронтальной поверхности угольной загрузки не может повлиять на величину давления расpirания и тем самым приводить к значительным расхождениям получаемых результатов.

Поэтапное выполнение работ на установке по определению давления расpirания.

При коксовании углей с большой толщиной пластического слоя ($y \geq 25$ мм) было обнаружено, что при смыкании пластических слоев часть пластической массы выдавливается внутрипластическими газами из наверх коксуемой загрузки, что должно занижать давление расpirания таких углей. Поэтому было решено укладывать на верх угольной загрузки перфорированную металлическую пластинку толщиной 2 мм с шипами по углам со стороны задней стенки. Пластинка перфорирована 60 отверстиями диаметром 2 мм, равномерно распределенными по ее поверхности. В начале коксования пластинка закоксовывается шипами в полукок, превращающийся затем в кокс, и прочно удерживается на поверхности загрузки, препятствуя выходу пластической массы на поверхность. Образующиеся же газы свободно эвакуируются через отверстия в пластинке. Это позволило исключить выдавливание пластической массы из пластического слоя жирных углей и тем самым – ошибку измерения их давления расpirания.

После всех указанных усовершенствований установки и приобретения необходимых навыков работы на ней был достигнут норматив сходимости и воспроизводимости в различных диапазонах давления расpirания. Установка используется ЦЛ для определения давления расpirания новых, не поступавших ранее на производство углей, а также для периодической проверки углей, постоянно применяющихся в шихте для коксования, и для определения давления расpirания шихт при перешихтовках.

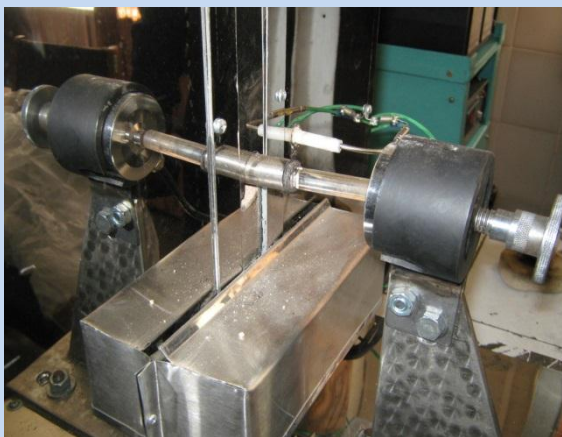
В 2014-2015 гг. на данной установке проведена наработка данных по определению качественных показателей используемых на производстве угольных концентратов, а также производственных угольных шихт (табл. 2, 3).



1. Загрузка пробы в реторту



2. Установка реторты в камеру

3. Сборка установки, подключение датчика за-
мера давления

4. Проведение испытания



5. Снятие показания



6. Образовавшийся «королек»

Рис. 3 Работа установки

Таблица 2

Давление расприрания угольных концентратов

Наименование	Марка	Давление расприрания, кПа
Высоколетучие HV		
Ресурс	ГЖО	2,2-7,4
Кузнецкая	ГЖ+Ж	1,5-2,2
Распадская	ГЖО	2,2-5,2
Краснолиманская	Ж	5,1
Clintwood	-	3,8
Октябрьская	Г	2,3
Среднелетучие MV		
Восточная	ККЖ	3,3
Свято-варваринская	К	25,0-33,0
Узловская	К	12,0-25,0
Брянковская	К	5,7
Crizzly Creek		3,4
Goomyella		2,4
Низколетучие LV		
Барзаская	КС	2,2
Краснобродская	КС	3,7

Таблица 3

Давление расприрания угольной шихты КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»

Период	Давление расприрания, кПа
Ноябрь 2014	5,8
Декабрь 2014	4,9
Июнь 2015	2,6
Июль 2015	2,4
Август 2015	2,5
Сентябрь 2015	2,1
Октябрь 2015	2,4
Ноябрь 2015	2,8
Декабрь 2015	3,0
Январь 2016	3,2
Февраль 2016	3,0
Март 2016	3,3
Апрель 2016	3,5

Выводы

Проведение испытаний по определению давления расприрания шихт позволило:

– своевременно вносить коррективы в марочный состав шихт перед использованием в производство;

– исключить случаи промышленного использования опасной шихты с повышенным давлением расприрания

– исключить случаи бурения коксового пирога, связанные с марочным составом угольных шихт.

Библиографический список

1. Брюер Р.Е. Пластические свойства, спекаемость и вступивание углей / Р.Е. Брюер / Сб. Химия твердого топлива. – Т. 2. – М.: Издательство иностранной литературы. – 1951. – С. 110-314.

2. Мицихин В.Г. Установка для определения давления растрепания при коксовании угольных шихт / В.Г. Мицихин, Л.В. Копелиович, Ю.А. Нечаев [и др.] // Кокс и химия. – 1988. – № 2 – С. 15-16.

3. Луазон Р. Кокс / Р. Луазон, П. Фош, А. Буайе. – М.: Металлургия, 1978. – 520 с.

4. Сытник А.В. Методы определения давления растрепания углей и шихт при коксовании (Аналитический обзор) / А.В. Сытник, В.М. Кузниченко // Кокс и химия. – 2011 – № 9. – С. 35-44.

5. Васильев Ю.С. Способ измерения давления растрепания коксуемой загрузки в полупромышленной печи. / Ю.С. Васильев, В.М. Кузниченко // Кокс и химия. – 1999. – № 6. – С. 16-21.

Рукопись поступила в редакцию 24.02.2016

THE EXPERIENCE OF THE IMPLEMENTATION OF THE LABORATORY APPARATUS FOR THE PRESSURE BURSTING OF COAL AND BLENDS IN CENTRAL PLANT LABORATORY OF COKE PRODUCTION OF PJSC "ARCELORMITTAL KRYVYI RIH"

© Mukina N.V., Chernousova E.P. (PJSC "ArcelorMittal Kryvyi Rih"), Kuznichenko V.M., PhD in technical sciences, Sytnik A.V., PhD in technical sciences (SE «UKHIN»)

The prototype of laboratory apparatus for the estimating of bursting pressure of coals and coal blends (the design of SE "UkHIN"), which has been implemented in the central plant laboratory of Coke Production of PJSC "ArcelorMittal Kryvyi Rih", allows to receive the same bursting pressure values as those, which are developing in the industrial coking oven. During the mastering of the apparatus its defects has been improved. Now the apparatus is using successfully in central plant laboratory of Coke Production.

Keywords: coal blend, coking process, bursting pressure measurement, laboratory apparatus, development.

УДК 66.074.547

АНАЛИЗ И ПУТИ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ПОГЛОТИТЕЛЬНОГО МАСЛА НА ИЗВЛЕЧЕНИЕ БЕНЗОЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ КОКСОВОГО ГАЗА

© И.В. Романюк¹, Ю.Н. Скрипий², И.А. Клемин, Н.В. Мукина⁴

ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», 50095, Днепропетровская область, Кривой Рог, ул. Орджоникидзе, 1, Украина.

Л.П. Банников⁵

Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИИ)» 61023, г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина.

¹ Романюк Игорь Васильевич, директор КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Igor.Romanyuk@arcelormittal.com

² Скрипий Юрий Николаевич, начальник производственно-технической службы КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Yuriy.Skripiy@arcelormittal.com

³ Клемин Игорь Анатольевич, начальник цеха улавливания, e-mail: Igor.Klemin@arcelormittal.com

⁴ Мукина Наталья Владимировна, начальник технического отдела КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Natalia.Mukina@arcelormittal.com

⁵ Банников Леонид Петрович, канд. техн. наук, заведующий химическим отделом, e-mail: ukhinbannikov@gmail.com

В статье рассмотрены способы снижения расхода поглотительного масла на улавливание бензольных углеводородов из коксового газа. Влияние плотности оборотного масла на данный процесс в целом следует рассматривать комплексно: с точки зрения как абсорбции, так и десорбции бензольных углеводородов. Предварительный нагрев насыщенного масла перед трубчатой печью до более высоких температур способствует большей стабильности масла. Показана эффективность работы теплообменного оборудования пластинчатого типа. Скорректированный температурный режим способствовал снижению удельного расхода масла на извлечение бензольных углеводородов.

Ключевые слова: бензольное отделение, дистилляционная колонна, дефлегмационно-конденсационная теплообменная аппаратура, удельный расход поглотительного масла.

Извлечение бензольных углеводородов (БУ) является важным этапом подготовки коксового газа к энергетическому использованию на коксохимическом производстве и за его пределами. Помимо получения ценного ароматического сырья для выработки чистых продуктов (бензола, толуола, ксилолов), при улавливании БУ происходит несколько сопутствующих процессов, повышающих качество коксового газа, а именно:

- охлаждение и конденсация водяных паров;
- снижение содержания нафталина в коксовом газе с 0,8-1,0 до 0,15-0,4 г/м³, что важно как для процесса последующей сероочистки газа, так и для защиты отопительной арматуры от отложений;
- снижение содержания сероорганических соединений в коксовом газе (CS₂, COS, тиофена).

Удаление сероорганических соединений в условиях постоянного повышения экологических требований становится важной стадией подготовки коксового газа к переработке. Так, авторитетное издание по вопросам очистки газов [1] свидетельствует о равнозначности очистки коксового газа от CS₂ и БУ, а также об имеющихся случаях проектирования специализированных установок для извлечения CS₂ поглотительным маслом.

В связи с пуском моноэтаноламиновых сероочистных установок важность стабильности процесса очистки коксового газа от БУ повышается ввиду необратимых потерь поглотителя на образование нерегенерируемых соединений с сероорганическими компонентами [2].

Улавливание БУ из коксового газа является широко распространённым процессом, однако до сих пор актуальны разработки, снижающие операционные затраты. Также, в зависимости от рыночного спроса на нефтепродукты, продолжают рассматриваться проблемы определения экономически обоснованной глубины извлечения БУ [3]. При проектировании или модернизации новых установок важен выбор между капитальными затратами на рекуперацию тепла (оптимальная поверхность теплообмена) и ценой на вырабатываемый продукт [4].

Следует отметить, что повышение глубины извлечения БУ из коксового газа по данным Белова К.А. сопровождается увеличением содержания в сыром бензоле сернистых и непредельных соединений приблизительно на 4 %, что приводит к повышению потерь бензола при мойке серной кислотой примерно в два раза. Однако это повышает себестоимость продукции лишь при наличии на предприятии цеха ректификации сырого бензола [5].

Работающие бензольные установки подвергаются загрязнению поверхностей массо- и теплообмена со стороны коксового газа, охлаждающей воды, оборотного масла. Кроме того, колебания объемов коксового газа и содержания в нем БУ приводят к необходимости постоянного контроля технологического процесса не только в рамках параметров технологического регламента. Для повышения эффективности процесса периодически возникает необходимость в разработке и выполнении специальных исследовательских программ по обследованию установок. Важными проблемами являются снижение расхода пара, удельного расхода поглотительного масла, БУ с очищенным коксовым газом. Часто такие обследования приводят к выводам о необходимости частичной модернизации имеющейся аппаратуры бензольного отделения.

Вышеизложенное подтверждается данными предприятий объединения «Укркок»: наблюдается существенный разброс отношения выработки полимеров бензольного отделения к производству сырого бензола (СБ). В 2015 г данная величина, косвенно свидетельствующая об удельном расходе поглотительного масла на абсорбцию БУ, колебалась в пределах 130-136 кг полимеров на 1 т СБ.

На предприятии ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» в 2010-2013 гг. удельный расход масла составлял 126-158 кг/т сырого бензола (табл. 1).

Таблица 1

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Расход масла, кг/т СБ	150,5	125,8	145,3	158	96,1	71,9

В общем случае, высокий расход поглотительного масла связан с превышением скорости образования полимеров над скоростью их вывода из оборота, потерями масла с очищенным коксовым газом за счет капельного уноса и испарения, потерями легких погонных масел с сырым бензолом при дистилляции поглотителя. Удельный расход масла может снижаться в результате понижения объемов очищаемого газа и уменьшения выработки сырого бензола при прочих равных ключевых факторах, обуславливающих потери масла.

Поглотительное масло содержит около 40 азотсодержащих компонентов и 16 компонентов фенольного ряда; оно характеризуется склонностью к кристаллизации при охлаждении и к полимеризации при нагревании [6]. Отсюда следует, что стабильность поглотительного масла является в том числе и функцией температурного режима.

Наиболее интенсивно полимеризуются фракции с температурой кипения 280-285 и 396-295 °С. В процессе эксплуатации происходит снижение количества отгона до 270 °С, определяющего абсорбционные свойства масла: чем меньше молекулярная масса поглотительного масла, тем выше его поглотительная способность. С другой стороны, при уплотнении масла разность температур кипения между БУ и маслом увеличивается, что улучшает отгонку первых при десорбции. Пользуясь методикой расчета процесса [7], можно удостовериться, что снижение средней молекулярной массы масла требует повышения удельного расхода пара на десорбцию БУ. Таким образом, влияние плотности оборотного масла на рассматриваемый процесс в целом, следует рассматривать комплексно: с точки зрения как абсорбции, так и десорбции БУ. Данное положение было исследовано в производственных условиях ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» в условиях, сложившихся при отсутствии поставок поглотительного масла в плановых количествах.

Бензольное отделение предприятия ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» было введено в эксплуатацию в 1979 г. и вобрало в себя все передовые решения того времени:

- для нагрева масла перед дистилляционной колонной применена трубчатая печь;
- дистилляционная колонна оснащена 23-мя тарелками: 10 шт. в укрепляющей и 13 шт. в испаряющей части;
- регенератор масла выполнен в виде аппарата колонного типа с 12-ю тарелками.

Следует отметить, что такая схема дистилляции во многом отвечает актуальным и на сегодняшний день требованиям по экономии поглотительного масла. Недогрев поглотительного масла перед колонной является существенным недостатком многих бензольных отделений, особенно в связи с дефицитом пара требуемых параметров. При внедрении трубчатых печей для подогрева поглотительного масла подчеркивались преимущества более высокого нагрева масла перед дистилляцией [5]. За счет высокой температуры сходящего с колонны обезбензоленного масла, нагрев насыщенного масла происходит до более высоких температур (до 145 °С). В результате до окончательного нагрева насыщенного масла происходит отдувка растворенных газов, агрессивных соединений и легких непредельных компонентов масла. Данное обстоятельство способствует большей стабильности поглотительного масла и уменьшению интенсивности коррозии бензольной колонны.

Наличие в верхней части дистилляционной колонны 10-ти укрепляющих тарелок способствует снижению потерь масла с сырым бензолом, так как в этой зоне происходит ректификация смеси БУ и легкой части поглотительного масла. В результате наиболее стабильная часть масла возвращается в абсорбент, а в сыром бензоле повышается количество отгона до 180 °С.

Таблица 2

Усредненные показатели работы бензольного отделения

Показатели	До модернизации	После модернизации
Период времени	июль 2013-май 2014	июнь 2014-октябрь 2015
Расход масла, кг/т СБ	134	71
Очищаемый объем коксового газа, м ³ /ч	71673	83800
Производство полимеров, т/мес.	101	74
Производство СБ, т/мес.	1518	1830
Выход СБ, % от массы шихты	0,96	0,99
Плотность СБ, кг/м ³	885	881
Объемная доля отгона до 180 °С в СБ, %	92,7	94,1
Массовая доля бензола в СБ, %	71,9	72,8
Плотность полимеров бензольного отделения, кг/м ³	1127	1144
Массовая доля смолистых веществ в полимерах, %	33	41
Вывод масла из оборота, т/мес.	204	129
Содержание БУ в коксовом газе, до очистки, г/м ³	34,4	33,1
Содержание БУ в коксовом газе, после очистки, г/м ³	2,9	2,3
Плотность оборотного масла, кг/м ³	1077	1087
Массовая доля в оборотном масле, %:		
фенола	1,3	1,1
нафталина	5,1	6,4
отгона до 230 °С	1,4	1,0
отгона до 285 °С	88	83
отгона до 230-300 °С	92	90
Температура газа, поступающего на скруббер, °С	25,7	30,4
Температура масла, поступающего на скруббер, °С	30,9	33,8
Массовая доля БУ в насыщенном масле, %	1,9	1,7
Массовая доля БУ в обезбензоленном масле, %	0,5	0,2
Температура насыщенного масла после скруббера, °С	29,5	35,4
Температура насыщенного масла после теплообменника, °С	92,4	108,7
Температура насыщенного масла после трубчатой печи, °С	141,9	145,3
Температура обезбензоленного масла после колонны, °С	129,2	138,5
Температура обезбензоленного масла после теплообменника, °С	98,0	107,5
Температура верха колонны, °С	137,4	118,1
Температура низа колонны, °С	129,2	138,5
Температура паров после дефлегматора, °С	82,7	84,9
Расход электроэнергии, кВт×ч/1000 м ³ газа	16,45	15,71
Расход пара, гКал/1000 м ³ газа	0,0891	0,0838
Расход воды технической, м ³ /1000 м ³ газа	0,0158	0,0163

Регенерационная колонна, в отличие от регенератора испарительного типа, также имеет массообменные тарелки, которые более четко отделяют погоны поглотительного масла от донного остатка («полимеров»).

Вышеприведенные обстоятельства были приняты во внимание при принятии решения о способе модернизации бензольного отделения с использованием преимуществ традиционной схемы, несмотря на реализацию на предприятиях Украины в последнее время способов с орошением колонны сырым бензолом вместо флегмы [8].

Имеющееся теплообменное оборудование устарело морально и физически в процессе длительной эксплуатации. Так, возникала постоянная необходимость в чистке дефлегматоров, что приводило к повышенным расходам пара и трудовых ресурсов. До 40 % теплообменной поверхности дефлегматоров было заглушено, сопутствующее оборудование также требовало постоянного ремонта. В связи с высокими затратами на эксплуатацию изношенного оборудования была выполнена замена водяного, масляного дефлегматора и конденсатора с использованием аппаратов пластинчатого типа.

Стабилизация температурного режима отделения дистилляции за счет проведенной модернизации теплообменного оборудования привела к существенному улучшению показателей по расходу поглотительного масла. В табл. 2 приведена сравнительная характеристика двух периодов работы с повышенным и сниженным удельным расходом масла

Анализируя приведенные данные, следует отметить, что расход масла сократился в среднем на 63 т в месяц, удельный расход масла сократился до 71 кг/т СБ, выработка полимеров упала на 27 т в месяц. Экономия привозного поглотителя достигнута за счет следующих факторов:

- разработки улучшенного температурного режима дистилляционной колонны и сопутствующего теплообменного оборудования, прежде всего – пластинчатого типа;

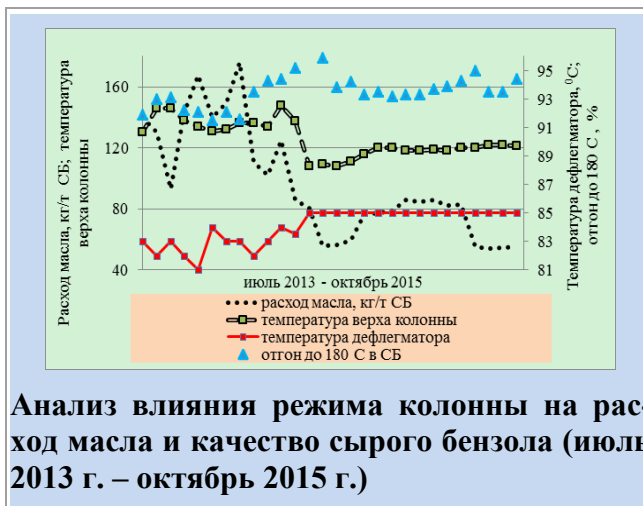
- выбор поставщика, обеспечивающего более низкое содержание фенолов в свежем масле;

- снижение вывода масла с полимерами в условия вынужденного дефицита поступления свежего масла при сохранении высокой степени извлечения БУ

Суть улучшенного температурного режима дистилляции основывается, прежде всего, на том, что выросла температура насыщенного масла на выходе из нового дефлегматора пластинчатого типа. Вследствие этого нагрев масла в теплообменнике «масло-масло» спирального

типа увеличился в среднем на 16,3 °С; соответственно выросла и температура масла, поступающего в колонну. Температура дефлегматора была повышена до 85 °С, в результате чего количество флегмы на орошение колонны увеличилось. Температура верха колонны соответственно снизилась до 118 °С, отгон бензольных углеводородов из поглотительного масла улучшился. При таком режиме, вследствие повышения температуры масла, поступающего на колонну, и увеличения расхода флегмы, орошающей верх колонны, происходит снижение содержания БУ в обезбензоленном масле (с 0,5 до 0,2 % по массе) и повышение доли отгона до 180 °С в сыром бензоле (с 92,7 до 94,1 %). Согласно данным табл. 2, удельный расход острого пара на колонну снижается, что не позволяет слишком понижать температуру кипения наиболее ценных легких погоней масла и предотвращает потерю масла с сырым бензолом.

На рисунке показана динамика изменения основных показателей работы бензольного отделения.



Уменьшение вывода масла из оборота привело к некоторому утяжелению масла по всем контролируемым параметрам. Кроме того, усредненная температура масла, подаваемого на скруббер, увеличилась (в основном, за счет зимних месяцев, чтобы препятствовать кристаллизации компонентов из масла). С одной стороны, абсорбционная способность масла в таких условиях понижается, но отгон самых легких компонентов (бензольных углеводородов) из утяжеленного масла улучшается за счет повышения разности температур кипения. Поэтому содержание бензольных углеводородов в масле дебензине снизилось до 0,2 %, а содержание БУ в очищенном газе – до 2,3 г/м³.

Выводы

Дефлегмационно-конденсационное теплообменное оборудование пластинчатого типа в условиях эксплуатации «классической» схемы дистилляции с орошением флегмой показало свою работоспособность и высокую эффективность.

Скорректированный температурный режим дистилляции позволил снизить потери масла с сырым бензолом, снизить расход острого пара и уменьшить удельный расход масла до 55-85 кг/т СБ. Предварительный нагрев насыщенного масла перед трубчатой печью до более высоких температур способствует большей стабильности масла.

Небольшой рост удельного веса оборотного масла с 1077 до 1087 кг/м³ в данных условиях не снизил степень улавливания бензольных углеводородов.

Библиографический список

1. **Kohl A.L.** *Gas purification* / **A.L. Kohl, R.B. Nielsen.** – Houston, TX: Gulf Publishing Company, 1997. – 1395 p.
2. **Банников Л.П.** Особенности совместного поглощения кислых компонентов коксового газа раствором моноэтаноламина / **Л.П. Банников, А.В. Костенко, С.В. Нестеренко, А.В. Панасенко** // *Углехимический журнал.* – 2014. – № 5. – С. 34-40.
3. **Яценко О.А.** Оптимизация затрат в бензольном отделении / **О.А. Яценко, В.И. Саранчук** / *Химия и хи-*

мическая технология: всеукр. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. – Днепропетровск, 2002. – С. 103-104.

4. **Buskies U.** *Economic process optimization strategies* / **U. Buskies** // *Chemical Engineering Technology.* – 1997. – № 20. – P. 63-70.

5. **Белов К.А.** Интенсификация работы бензольных отделений на коксохимических заводах / **К.А. Белов, С.Н. Лазорин.** – Харьков: Металлургиздат, 1959. – 142 с.

6. **Лобзин В.И.** Высококипящие компоненты в поглотительном масле / **В.И. Лобзин, С.В. Мочальников, Г.А. Солодов, А.В. Папин, А.В. Неведоров** // *Известия Томского политехнического университета.* – 2007. – Т. 310. – № 1. – С. 14-151.

7. **Коробчанский И.Е.** Расчеты аппаратуры для улавливания химических продуктов коксования / **И.Е. Коробчанский, М.Д. Кузнецов.** – М.: Металлургия, 1972. – 296 с.

8. **Басий Ю.А.** Модернизация бензольно-скрубберного отделения на ПАО "ЕВРАЗ ДНЕПРОДЗЕРЖИНСКИЙ КХЗ". Замена бензольной колонны с применением тарельчатых устройств с неподвижными клапанами / **Ю.А. Басий, П.Е. Максименко, С.И. Охрименко, Л.П. Банников** // *Углехимический журнал.* – 2015. – № 5. – С. 35-40.

Рукопись поступила в редакцию 20.02.2016

THE ANALYSIS AND THE WAYS TO REDUCE THE FLOW OF WASH OIL ON THE EXTRACTION OF BENZENE HYDROCARBONS FROM COKE OVEN GAS

© Romanyuk I.V., Skripiy Yu.N., Klemin I.A., Mukina N.V. (PJSC "ArcelorMittal Kryvyi Rih"), Bannikov L.P., PhD in technical sciences (SE «UKHIN»)

The article describes the causes of and ways to reduce the flow of wash oil on the extraction of benzene hydrocarbons from coke oven gas. The influence of circulating oil density in this process in general should be considered complexly: both on the absorption, and on the desorption of benzene hydrocarbons. The preheating of saturated oil to a higher temperature before tubular furnace promotes greater oil stability. The efficiency has been shown of operation of plate-type heat transfer equipment. The adjusted temperature conditions helped to reduce the specific flow of oil on the extraction of benzene hydrocarbons.

Keywords: benzene separation, distillation column, the reflux-condensation heat-exchange equipment, the specific flow of wash oil.

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА КХП ПАО «АРСЕЛОРМИТТАЛ КРИВОЙ РОГ» С УЧЕТОМ ВНЕДРЕНИЯ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

© Л.Г. Максименко¹, С.Н. Хомченко², Ю.Н. Скрипий³, Н.В. Мукина⁴

ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», 50095, Днепропетровская область, Кривой Рог, ул. Орджоникидзе, 1, Украина

А.Л. Борисенко⁵, А.С. Малыш⁶, К.Е. Герман⁷, Е.Ю. Спирина⁸

Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)» 61023, г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина

¹ Максименко Лиана Григорьевна, директор департамента по охране окружающей среды ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»,

e-mail: Liana.Maksimenko@arcelormittal.com

² Хомченко Сергей Николаевич, зам. директора ДООС ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Sergey.Homchenko@arcelormittal.com

³ Скрипий Юрий Николаевич, начальник производственно-технической службы КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Yuriy.Skripiy@arcelormittal.com

⁴ Мукина Наталья Владимировна, начальник технического отдела КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Natalia.Mukina@arcelormittal.com

⁵ Борисенко Александр Львович, канд. техн. наук, зам. директора по научной работе, e-mail: zd@ukhin.org.ua

⁶ Малыш Александра Сергеевна, канд. техн. наук, с.н.с., ведущий научный сотрудник отдела АИСМуЭ

Герман Константин Евгеньевич, старший научный сотрудник отдела АИСМуЭ, e-mail: konstantin.german@ukhin.org.ua

⁷ Спирина Елена Юрьевна, старший научный сотрудник отдела АИСМуЭ, e-mail: spirina.ukhin@gmail.com

В статье приведена оценка выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» согласно выполненной ГП «УХИН» инвентаризации 2014 г. Определены показатели эмиссии (удельные выбросы) основных и вспомогательных производств КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». Приведены внедренные и планируемые к внедрению основные природоохранные мероприятия по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Ключевые слова: атмосферный воздух, источники выбросов, природоохранные мероприятия, загрязняющие вещества, дымовые трубы, коксовые батареи, удельные выбросы, технологические нормативы.

Публичное Акционерное Общество «АрселорМиттал Кривой Рог» (ПАО «АМКР») занимает лидирующие позиции среди предприятий горно-металлургического комплекса Украины и является частью международной корпорации АрселорМиттал. ПАО «АМКР» – предприятие с полным металлургическим циклом, которое включает коксохимическое производство (КХП), горнодобывающее производство (открытые разработки и подземная добыча руды) и металлургическое производство, в составе которого действуют аглодоменный, сталеплавильный и прокатный департаменты. Деятельность ПАО «АМКР» охватывает производственную цепочку от добычи железной руды до изготовления и сбыта готовой металлопродукции [1].

На ПАО «АМКР» снижение выбросов загрязняющих веществ является одной из важнейших задач, решаемых наряду с производством продукции. Для ее решения внедряются современные технологии с достаточно большими финансовыми затратами [2].

КХП ПАО «АМКР» является одним из крупных производителей кокса в Украине. На производстве осуществляется переработка угольных концентратов и дальнейшее получение из них кокса, коксового газа и химических продуктов коксования. Основным потребителем коксовой продукции КХП является металлургическое производство предприятия. Химическая продукция (смола каменноугольная, бензол сырой каменноугольный, смола тяжелая улавливания для дорожного строительства, аммония сульфат, полимеры бензолного отделения) реализуется потребителям на внутренний рынок Украины и за рубеж. Производимая серная кислота используется в собственном технологическом цикле при производстве сульфата аммония; коксовый газ используется на КХП, а его избыток (приблизительно 45-50 %) передается на металлургическое производство.

В составе КХП находятся следующие основные производственные цеха [3]:

- углеподготовительный цех;
- коксовый цех № 1;
- цех улавливания;
- цех сероочистки;
- технологический цех.

Кроме того, на предприятии имеются дополнительные цеха и службы завода:

- специализированный ремонтный цех (СРЦ);
- цех по обслуживанию и ремонту электрооборудования (ЦОРЭО);
- управление производством, в состав которого входит центральная лаборатория.

В настоящее время на предприятии эксплуатируются четыре коксовые батареи №№ 1-4, которые входят в состав коксового цеха № 1, проектной мощностью 2346 тыс.т./год валового кокса 6 %-ной влажности. Коксовые батареи №№ 5, 6 были полностью остановлены в 2013 г. Коксовые батареи №№ 7-10, входящие в состав коксового цеха № 2, были поэтапно выведены из эксплуатации с полной остановкой коксового цеха № 2 в декабре 2008 г.

На данном этапе развития предприятия одним из основных проектов на ПАО «АМКР» является реконструкция коксовых батарей №№ 5, 6. Пуск коксовой батареи № 6 запланирован на 2016 г., а завершение строительства и пуск коксовой батареи № 5 – на 2017-2018 гг. Реконструкция комплекса коксовых батарей №№ 5, 6 предусматривает строительство батарей с использованием технологии трамбования угольной шихты и с учетом последних требований по промышленной безопасности,

энергетической и экономической эффективности, а также требований по охране окружающей среды.

Основные технологические операции в процессе производства кокса, такие, как загрузки камер коксования угольной шихтой, процесс коксования, выдачи, тушения и сортировки кокса, сопровождаются выделением в атмосферу веществ в виде суспендированных твердых частиц, недифференцированных по составу, а также диоксида серы, сероводорода, цианистого водорода, оксидов азота, оксида углерода, бензола, фенола, аммиака, бенз(а)пирена и нафталина.

Основными технологическими процессами, которые дают наибольший вклад в общие выбросы КХП, являются: обогрев коксовых батарей (выбросы из дымовых труб), тушение кокса, получение пара на пиковой котельной, обогрев трубчатых печей. Выбросы от этих технологических процессов составляют 73 %. Основными загрязняющими веществами, которые выделяются в атмосферу от КХП ПАО «АМКР», являются:

- оксиды азота – 34,1 %;
- диоксид серы – 15,7 %;
- оксид углерода – 34,5%;
- вещества в виде суспендированных твердых частиц – 12,1 %;
- прочее – 3,6 %.

Разработка и внедрение технологических нормативов допустимых выбросов для коксовых печей [4], а также гармонизация природоохранного законодательства с нормативами Европейского Союза потребовали от предприятий внесения существенных изменений в природоохранную деятельность.

На ПАО «АМКР» в течение всего периода работы, и особенно в последние годы, внедрено значительное количество наилучших природоохранных и технологических мероприятий, относящихся к наилучшим существующим технологиям (BAT-Techniques) [5, 6], направленных на снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

С 2007 по 2012 гг. на производстве было выполнено природоохранное мероприятие по поэтапному объединению воздушников аппаратов и емкостей в общий коллектор с подключением к газопроводу прямого коксового газа. В настоящее время большинство воздушников и емкостей цеха улавливания подключено к коллекторной системе сбора выбросов загрязняющих веществ, что позволило снизить выбросы таких веществ, как аммиак, сероводород, цианистый водород, бензол, фенол, нафталин.

На ряде емкостного оборудования цеха улавливания (хранилищах, сборниках, бункерных частях механизированных осветлителей и т.д.) установлены дыхательные клапаны, что уменьшило выбросы загрязняющих веществ от этих источников на 90 %.

В 2007-2011 годах была выполнена реконструкция цеха сероочистки с использованием технологии очистки коксового газа вакуум-карбонатным методом с производством серной кислоты способом мокрого катализа с использованием оборудования датской фирмы «Хальдор Топсе А/О». Это позволило снизить выбросы SO_2 , и его концентрация на всех источниках соответствует уровню перспективных технологических нормативов.

С пуском установки WSA, предназначенной для получения серной кислоты, были переведены в резервное оборудование электрофильтры, которые в 2014 г. полностью выведены из эксплуатации. Обеспечение эффективной конверсии SO_2 в SO_3 в контактном аппарате позволило достигнуть значения перспективного технологического норматива по диоксиду серы в отходящих газах установки WSA [4].

В 2012 г. была проведена реконструкция пяти газоочистных установок (ГОУ) угледоготовительного цеха, что позволило улучшить эффективность работы ГОУ и привело к снижению валовых выбросов на 9,26 т.

В 2013-2014 гг. на предприятии выполнена реконструкция аммиачной установки № 2 цеха улавливания с использованием отработанного поглотительного раствора в аммиачной колонне № 2 для высвобождения связанных солей аммиака и замены щелочного реагента на отработанный раствор цеха сероочистки. Это позволило сэкономить на закупке щелочи и практически полностью отказаться от подачи раствора ЦСО в шихту, что также улучшило санитарные условия труда работников предприятия.

Проведено усовершенствование процесса обогрева гаража размораживания, с переходом на обогрев продуктами горения природного газа и установкой новых горелочных устройств с современными АСУ ТП, что привело к сокращению выбросов от гаража размораживания угля на 45 %.

На коксовых батареях установлены газоплотные двери, видимое газование составляет не более 5 % для коксовых батарей №№ 3, 4 и не более 10 % для коксовых батарей №№ 1, 2. На КХП ПАО «АМКР» постоянно выполняются работы по техническому обслуживанию коксовых батарей: проводится механическая очистка дверей и рам камер коксования, уплотнение грузочных люков глиняной суспензией или другим мате-

риалом, торкретирование коксовых камер и отопительной системы и др.



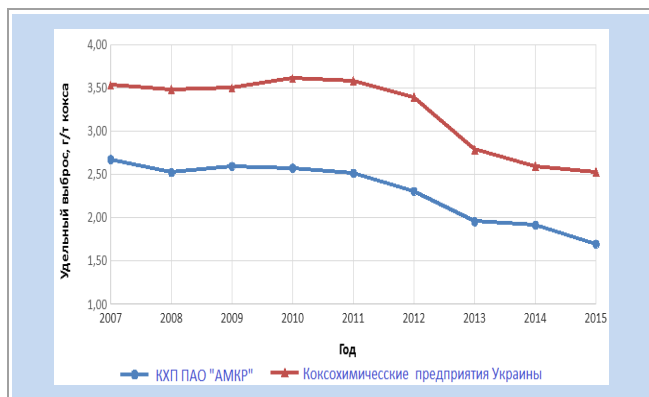
Согласно последней проведенной ГП «УХИН» инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух 2014 года на предприятии имеется 246 источников выбросов от основных и вспомогательных производств, из них 84 являются организованными, 104 – неорганизованными, 58 – воздушники емкостей и хранилищ [7].

При проведении инвентаризации выбросов загрязняющих веществ была выполнена работа по количественной оценке выбросов с использованием инструментальных измерений и расчетных методов. С учетом проектного производства кокса количество выбрасываемых загрязняющих веществ в атмосферу составляет 4876 тонн от основного и вспомогательного производства, что на 2925 тонн или 37,5 % меньше по сравнению с 2007 г. (без учета вывода коксовых батарей №№ 7, 9).

Динамика изменения показателей эмиссии с учетом фактического производства кокса коксохимических предприятий Украины с 2007 по 2015 гг. в сравнении с КХП ПАО «АМКР» приведены на рис.

Показатели эмиссии приведены согласно ежегодной формы статотчетности за выбросы 2-ТП (воздух).

Показатели эмиссии загрязняющих веществ от коксохимических предприятий ежегодно снижаются как за счет внедрения природоохранных мероприятий, так и за счет сокращения производства кокса.



При работе коксовых батарей на удлинённых периодах коксования вырабатывается кокс высокой степени готовности. При этом такие ингредиенты, как аммиак, цианистый водород, сероводород, фенол будут практически полностью отгазовываться с коксовым газом, что уменьшает их количество при выдаче кокса. Снижаются также и выбросы твердых веществ (коксовой пыли).

Динамика изменения показателей эмиссии КХП ПАО «АМКР» в сравнении с коксохимическими предприятиями Украины при фактическом производстве кокса представлена на рис.

В коксохимической промышленности достаточно большое количество неорганизованных источников выбросов. Большая часть из них имеет газовые выбросы с высокой температурой. Это такие источники как, выдача кокса, загрузка шихты, газование дверей, люков, стояков, выбросы от башен тушения кокса. Расчет выбросов по этим источникам может быть выполнен только на основе показателей эмиссии.

Степень достоверности определения выбросов загрязняющих веществ и установления показателей эмиссии в значительной степени зависит от типа источников выбросов, возможности проведения на них инструментальных замеров. К организованным источникам выбросов относятся дымовые трубы коксовых батарей, трубчатые печи, пиковая котельная, дымовая труба установки WSA, газоочистные установки и др.

Благодаря внедрению природоохранных и технологических мероприятий на предприятии наблюдается снижение таких загрязняющих веществ, как диоксид

серы, аммиак, цианистый водород, сероводород, бензол, фенол, нафталин.

В настоящее время на предприятии внедрены и достигнуты на существующем оборудовании текущие технологические нормативы допустимых выбросов, утвержденные Приказом Минприроды Украины № 507 от 29.09.2009 г. (в редакции Приказа Минприроды Украины от 30 мая 2014 года № 184) [4], кроме коксовых батарей №№ 1, 2, которые планируются к выводу из эксплуатации до 2023 г.

В период эксплуатации батарей с длительным сроком службы предприятие увеличивает затраты на техническое обслуживание и ремонты кладки коксовых батарей для устранения прососов из печных камер в отопительные простенки. В период 2013-2015 годов руководство ПАО «АМКР» ежегодно затрачивает средства в размере 2-3 млн. \$ на выполнение работ по ремонту печных камер и герметизации коксовых батарей.

Для достижения перспективных технологических нормативов допустимых выбросов [8] на предприятии кроме ремонта печных камер и реконструкции коксовых батарей №№ 5, 6 планируется ремонт трубчатых печей цеха улавливания, замена горелочных устройств котлоагрегатов технологического цеха, что приведет к снижению выбросов более, чем на 20 %.

Выводы

1. Объем валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при проектной мощности 2346 тыс.т./год валового кокса 6 %-ной влажности составляет 4876 тонн от основного и вспомогательного производства. Выбросы от основных технологических процессов, которые дают наибольший вклад в общие выбросы от источников КХП (обогрев коксовых батарей, выбросы из дымовых труб, тушение кокса, получение пара на пиковой котельной, обогрев трубчатых печей), составляют 73 % от всех выбросов предприятия. Основными загрязняющими веществами, которые выделяются в атмосферу от КХП ПАО «АМКР» являются: оксиды азота – 34,1 %; диоксид серы – 15,7 %; оксид углерода – 34,5 %; вещества в виде суспендированных твердых частиц – 12,1 %.

2. На КХП ПАО «АМКР» за последние годы внедрено значительное количество природоохранных и технологических мероприятий, относящихся к наилучшим существующим технологиям. Внедрение новых технологий и соблюдение взятых на себя обязательств в сфере защиты окружающей природной среды, привели к снижению показателя эмиссии (удельных выбросов) загрязняющих веществ до 1,69 г/т кокса 6 %-ной влаж-

ности в 2015 г. Это значительно ниже среднеотраслевого показателя, который по итогам 2015 года составил 2,7 г/т кокса.

3. В настоящее время на КХП ПАО «АМКР» выполняется комплекс работ по реконструкции коксовых батарей №№ 5, 6 с внедрением новых технологий с учетом всех требований по охране окружающей природной среды.

4. Руководство предприятия и специалисты – технологи, механики, энергетики, экологи – со всей серьезностью и большим чувством ответственности подходят к проблеме защиты окружающей среды, а потому все нормативные показатели в соответствии с Законодательством Украины либо уже достигнуты, либо будут достигнуты в ближайшие годы согласно утвержденному плану природоохранных мероприятий. Это, в свою очередь, обеспечит улучшение условий для проживания людей в г. Кривой Рог без риска для здоровья, а также комфортную рабочую среду без производственных рисков для работников предприятия.

Библиографический список

1. ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». О предприятии / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arcelormittal.com.ua/index.php?id=8>.

2. Максименко Л.Г. Охранять окружающую среду – значит управлять ее качеством / Л.Г.Максименко // Кокс и химия. – 2002. – № 7. – С. 25-28.

3. УКРРУДПРОМ. АрселорМиттал Кривой Рог. О предприятии / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ukrudprom.ua/reference/factory/mitstkriv.html>.

4. Технологічні нормативи допустимих викидів забруднюючих речовин від коксових печей. Затверджені Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України 29 вересня 2009 року № 507 (у редакції Наказу Міністерства екології та природних ресурсів України від 30 травня 2014 року № 184) / [Електронний ресурс]. – Режим доступа: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/find:№184+від+30.05.2014/RE25439.html.

5. Наилучшие зарубежные технологии по снижению выбросов загрязняющих веществ на коксохимических заводах (Best Available Techniques Reference Document On the production of Iron and Steel/ December – 2001). Рекомендации для внедрения / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eippcb.jrc.es/reference/>.

6. Ковалев Е.Т. Анализ технического состояния коксохимических предприятий Украины и возможность внедрения на них наилучших доступных технологий / Е.Т.Ковалев, А.С.Мальши, А.Л.Борисенко // Экология и промышленность. – 2011. – № 4. – С. 13-17.

7. Звіт з інвентаризації викидів забруднюючих речовин на коксохімічному виробництві ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». – Харків: ГП «УХИН», 2014.

8. Федак С.П. Анализ состояния готовности коксохимических заводов к внедрению перспективных технологических нормативов допустимых выбросов / С.П.Федак, Т.Ф.Трембач, А.Л.Борисенко, А.С.Мальши, Е.Ю. Спирина-Смилка / IX Міжнародна науково-практична конференція. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення. – Алушта, 2013 р., т. II – С. 211-215.

Рукопись поступила в редакцию 21.03.2016

THE EVALUATION OF POLLUTANT EMISSIONS IN THE COKE PRODUCTION OF PJSC "ARCELORMITTAL KRYVYI RIH" WITH REGARD TO THE IMPLEMENTATION OF ENVIRONMENTAL PROTECTION MEASURES

© Maksimenko L.G., Khomchenko S.N., Skripiy Yu.N., Mukina N.V. (PJSC "ArcelorMittal Kryvyi Rih"), Borisenko A.L., PhD in technical sciences, Malyshev A.S., PhD in technical sciences, Herman K.E., Spirina E.Yu. (SE «UKHIN»)

The article presents the evaluation of pollutant emissions into the air at the Coke Production of PJSC "ArcelorMittal Kryvyi Rih" according to the inventory fulfilled by SE "UKHIN" in 2014. The emission values (specific emissions) of the main and auxiliary plants of Coke Production of PJSC "ArcelorMittal Kryvyi Rih" has been defined. The basic environmental measures to reduce the emission of pollutants into the air which has been implemented or planned for implementation has been presented.

Keywords: air, sources of emissions, environmental protection measures, pollutants, smoke pipes, coke oven batteries, specific emissions, technological standards.

ОСОБЕННОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОЙ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ ИЗ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ НА ЦЕНТРИФУГАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО И НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ**И.И. Сикан¹, Ю.Н. Скрипий², И.А. Клемин³, Н.В. Мукина⁴, Е.П. Черноусова⁵***ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», 50095, Днепропетровская область, Кривой Рог, ул. Орджоникидзе, 1, Украина***Ф.Ф. Чешко⁶***Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИИ)» 61023, г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина*¹ Сикан Иван Иванович, главный инженер КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Ivan.Sikan@arcelormittal.com² Скрипий Юрий Николаевич, начальник производственно-технической службы КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Yuriy.Skripiy@arcelormittal.com³ Клемин Игорь Анатольевич, начальник цеха улавливания КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Igor.Klemin@arcelormittal.com⁴ Мукина Наталья Владимировна, начальник технического отдела КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Natalia.Mukina@arcelormittal.com⁵ Черноусова Елена Петровна, начальник центральной лаборатории технического отдела КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Elena.Chernousova@arcelormittal.com⁶ Чешко Федор Федорович, доктор техн. наук, с.н.с. ученый секретарь, e-mail: Cheshko@ukhin.org.ua

В статье представлены результаты дещлакации каменноугольных смол на осадительных центрифугах периодического и непрерывного действия. Показано, что выделение нерастворимых в хинолине веществ из каменноугольной смолы на осадительных центрифугах определяется продолжительностью фугования. Наряду с этим применение трикантеров для обезвоживания и обеззоливания каменноугольных смол не может не привести к некоторому снижению содержания в последних α_1 -, α -, следовательно, и α -фракции.

Ключевые слова: каменноугольная смола, осадительная центрифуга, периодическое действие, трикантер, обезвоживание, дещлакация, вещества, нерастворимые в хинолине, вещества, нерастворимые в толуоле.

В последнее время коксохимические предприятия Украины начинают использовать для обезвоживания и дещлакации каменноугольной смолы высокоэффективные современные аппараты – трикантеры. Последние представляют собой шнековые осадительные (отстойные) центрифуги с высокой скоростью вращения ротора, предназначенные для разделения трехкомпонентных смесей (две жидкости и твердый шлам) по плотности. В 2011 г. впервые в нашей стране подобная установка (трикантер Z5E-4/441 фирмы «Flottweg», см. рис. 1) была внедрена на КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» [1].

В настоящее время трикантерная дещлакация работает также на ЧАО «Запорожжкокс», и еще ряд коксохимических предприятий рассматривают возможность приобретения трикантеров. Однако перспективы использования этой технологии вызывают опасения на некоторых заводах, имеющих в своем составе мощности по переработке каменноугольной смолы. Это вызвано тем, что значительное количество известных технологических приемов на основе центробежной дещлакации сопровождается снижением содержания в каменноугольных смолах не только грубодисперсной твердой фазы (фусов), но и мелкодисперсных углеродистых составляющих α_1 -фракции (веществ,

нерастворимых в хинолине). В мировой практике такие приемы используются для производства пеков с пониженным содержанием α_1 -фракции (пропиточные пеки, сырьё для специальных видов пекового кокса). Подобные технологии длительное время изучались и в ГП «УХИН» [2-5].



Рис. 1 Общий вид трикантера Z5E-4/441

В последнее время в Украине и ряде других стран сложилась устойчивая тенденция к снижению степени пиролизованности каменноугольных смол. Это приводит к серьезным проблемам при производстве каменноугольных электродных пеков-связующих, которые являются самым ликвидным видом продукции химического крыла КХП. Пеки из «легких» смол,

соответствуя контрактным требованиям по большинству прочих показателей, содержат недостаточные количества веществ, нерастворимых в толуоле и в хинолине. В таких условиях применение аппаратов, способных еще больше понизить массовую долю упомянутых компонентов в исходной смоле, необычайно осложнит производство качественных электродных связующих – если не сделает его невозможным без коренной реконструкции производства.

В табл. 1 приведены свойства двух промышленных смол разной степени пиролизованности, а также экспериментальных, полученных на их основе путем очистки от твердодисперсной фазы с применением осадительного центрифугирования [6, 7]. Для очистки использовалась центрифуга периодического действия конструкции УкрНИИХИММАШа ЦГ-ЛГ-450Н.

Очистка велась в оптимальных условиях, длительное время обрабатывавшихся в лабораторных и опытно-промышленных условиях [6]. Поскольку одним из основных факторов, влияющих на эффективность процесса, является разность плотностей между твердой и жидкой фазой, для уменьшения плотности последней в смолу вносили антраценовую фракцию (АФ) в количестве 20 % от объема смеси. Характеристика АФ: плотность – 1143 кг/м³; температура начала кипения – 360 °С; температура выкипания 50 % – 400 °С; содержание фракций группового состава: α -фракции – 0,8 %, β -фракции – 12,6 %, γ -фракции – 86,6 %.

Таблица 1

Свойства промышленных и очищенных смол

Каменноугольная смола		Плотность, кг/м ³	Массовая доля фракций, %	
			α	α_1
Смолы, очищенные от α_1 -фракции / исходные смолы, подвергавшиеся очистке	A	1197/1215	6,7/11,7	0,2/6,1
	D	1160/1169	3,5/5,4	0,3/1,8

Как видно из приведенных данных, отстойное центрифугирование позволяет удалять из каменноугольных смол нерастворимые в хинолине вещества практически до уровня, приближающегося к пределу ошибки определения этого показателя. Тот факт, что для этого приходилось вводить в смолу АФ, в настоящее время не имеет решающего значения. Влияние этого материала на вязкость каменноугольной смолы не представляется достаточно значимым, чтобы заметно снизить вязкость дисперсионной среды, т.е. ее сопротивление дви-

жению твердых частиц в центробежном поле (для этой цели применяются, как правило, менее вязкие разбавители: бензол, ксилолы, бензины и пр.). Что же касается плотности, то внесение 20 % АФ в низкопиролизованную смолу с плотностью 1169 кг/м³ позволило снизить этот показатель жидкой фазы до 1164 кг/м³, чего оказалось достаточно для практически полного удаления из данной смолы твердой дисперсной α_1 -фракции и для снижения массовой доли α -фракции более чем в 1,5 раза. В настоящее время ряд коксохимических предприя-

тий Украины производят смолы, характеризующиеся значительно меньшей плотностью – 1155-1165 кг/м³. В то же время природа и свойства первичной α_1 -фракции остались практически неизменными. Осадительное центрифугирование таких смол (например, с целью обезвоживания и обеззоливания) может привести к полной непригодности

полученного в результате сырья для производства электродной продукции.

В табл. 2 представлены свойства невыкипающих остатков (среднетемпературных пеков, СТП), полученных из исходных и очищенных смол (температура однократного испарения – 370-380 °С).

Таблица 2

Свойства СТП на основе исходных и очищенных КУС

Показатели качества	СТП на основе смол			
	исходных		очищенных	
	A	D	A ¹	D ¹
Выход пека, %	56,5	53,8	53,8	50,7
Температура размягчения, %	66,0	60,5	64,5	61,0
Выход летучих веществ, %	55,4	61,0	58,4	65,6
Массовая доля α -фракции, %	24,1	19,7	18,1	16,0
Массовая доля α_1 -фракции, %	10,7	3,9	1,5	1,7

Данные табл. 2 подтверждают тот факт, что пеки, полученные из очищенных смол, отличаются от пеков из исходных смол пониженным содержанием α -фракции и повышенным выходом летучих веществ.

Сходные данные были получены при осадительном центрифугировании каменноугольных смол на промышленной двухроторной дешламационной центрифуге 2ОГН-2201У-02. В табл. 3 представлены характеристики исходной и очищенной смол [2, 8].

Таблица 3

Характеристика исследованных смол

Смола	Плотность, кг/м ³	Массовая доля, %	
		α -фракции	α_1 -фракции
Исходная	1190	8,4	3,9
Смесь с АФ	1181	6,2	3,0
Смесь с АФ центрифугированная	1176	0,5	1,3

Кроме разности плотностей дисперсной среды и дисперсионной фазы одним из важных факторов, влияющих на эффективность выделения последней, является ее гранулометрический состав. Считается [3, 8, 9], что размеры частиц α_1 -фракции в смолах разной степени пиролизованности при отсутствии нарушений ПТЭ в работе отделения дешламации колеблются от 0-7 до 0-20 мкм. При этом можно констатировать, что массовая доля α_1 -фракции в смоле определяется главным образом частицами крупностью 3-4 мкм и выше.

В табл. 4 представлен гранулометрический состав смол, подвергнутых осадительному

центрифугированию на центрифуге периодического действия ЦГ-ЛГ-450Н (свойства исходных и очищенных смол – см. табл. 1). Определение гранулометрического состава проводилось по исследовательской методике, исключающей стадию выделения α_1 -фракции из смолы. Это позволяет избежать искажений истинной крупности частиц за счет дополнительной агрегации (при выделении) и диспергации (при промывке и препарировании выделенного осадка). Обозначения образцов смол: А и D – исходные смолы; А¹ и D¹ – смолы, подвергнутые глубокой очистке.

Таблица 4

Гранулометрический состав α_1 -фракции различных смол

Размер частиц, мкм	Образец КУС			
	A	D	A ¹	D ¹
	Количество частиц, % от общего количества			
0,0-0,5	5,8	11,7	31,7	24,9
0,5-1,0	17,1	16,9	29,1	23,6
1,0-2,0	24,2	29,5	24,8	27,6
2,0-3,0	20,6	14,9	9,5	13,3
3,0-4,0	11,7	10,6	3,3	4,9
4,0-5,0	8,0	5,9	1,0	2,2
5,0-6,0	4,3	4,6	0,2	1,8
6,0-7,0	3,4	1,6	0,4	1,2
7,0-8,0	0,9	0,6	0,1	1,2
8,0-9,0	1,4	0,4	отс.	0,4
9,0-10,0	0,7	0,2	отс.	0,2
10,0-15,0	1,3	0,1	отс.	0,3
15,0-20,0	0,2	отс.	отс.	отс.
<i>ВСЕГО*</i>	99,6	97,0	100,1	101,7
Общее количество частиц в 5×10^5 мкм ³ смолы, шт.	5775	3850	не опр.	1133

* Каждое значение является средним из пяти определений, поэтому их сумма отличается от ста процентов; незначительность отличия показывает высокую воспроизводимость результатов.

Таким образом, очистка смолы на исследованных в ГП «УХИН» осадительных центрифугах периодического действия изменяет гранулометрический состав α_1 -фракции: если, например, в смоле А количество частиц класса 0-1 мкм составляет 22,9 %, то в смоле А¹ – 60,8 % за счет удаления более крупных частиц.

В исследованных образцах не было обнаружено частиц α_1 -фракции крупнее 20 мкм.

Снижение доли частиц в результате осадительного центрифугирования становится заметным для обеих смол на уровне крупности частиц, равной 2-3 мкм.

Сходные данные по определению гранулометрического состава каменноугольной смолы производства КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» получены в ходе отладки режима трикантера в отделении конденсации этого предприятия [10]:

– отсутствие частиц крупностью более 20 мкм, что свидетельствует об эффективной работе механизированных осветлителей;

– основное количество частиц, нерастворимых в хинолине, по размерам не превышают 5 мкм;

– около 40 % частиц имеют размер около 3 мкм.

Имеются литературные данные [11] о том, что применение высокопроизводительных центрифуг непрерывного действия позволяет лишь частично снижать в смоле массовую долю веществ, нерастворимых в хинолине – например, с 12,1 до 9,2 %, причем частицы менее 10 мкм не поддаются выделению. Иными словами, с помощью центрифугирования эффективно удаляются только наиболее крупные частицы, относящиеся к α_1 -уносу.

Тем не менее, эксплуатация трикантера Z5E-4/441 фирмы «Флоттвег» на КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» показала способность этого аппарата существенно влиять на групповой состав обрабатываемой смолы. Соответствующие данные представлены в табл. 5.

Таблица 5

Влияние обезвоживания и дешламации с помощью трикантера Z5E-4/441 на групповой состав каменноугольной смолы

Дата	Свойства каменноугольной смолы до и после осадительного центрифугирования									
	массовая доля воды, %		плотность при 20 °С, кг/м ³		массовая доля золы, %		массовая доля α-фракции, %		массовая доля α ₁ -фракции, %	
	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после
24.07.2011 (12:00)	3,2	0,7	1205	1202	0,19	0,11	9,7	8,5	6,9	6,6
24.07.2011 (15:30)	4,0	0,4	1205	1204	0,18	0,14	7,6	6,2	7,0	6,5
24.07.2011 (19:00)	4,2	0,8	1207	1203	0,14	0,06	10,8	9,6	6,8	5,8
15.09.2011	8,2	1,6	1242	1221	0,21	0,06	14,3	11,1	12,8	9,5
16.09.2011 (14:00)	4,0	1,0	1233	1228	0,15	0,08	15,1	14,3	12,2	11,2
19.09.2011	13,6	1,0	1261	1248	0,22	0,1	18,5	16,2	15,8	13,9

Как видно из приведенных данных, достигнутая высокая эффективность обезвоживания и обеззоливания смолы (соответственно на величину до 12,6 и 0,12 % абс.) сопровождается заметным снижением ее плотности (на величину до 21 кг/м³), массовой доли α-фракции (на величину до 3,2 % абс.) и массовой доли α₁-фракции (на величину до 3,3 % абс.), причем снижение массовой доли упомянутых фракций тем заметнее, чем выше их содержание в исходной смоле.

Здесь следует отметить, что согласно данным производителя аппараты «Флоттвег» выделяют из каменноугольной смолы твердые дисперсные примеси с размером частиц более 50 мкм до уровня массовой доли последних менее 0,3 % [1]. Подобные частицы в каменноугольных смолах КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» обнаружены не были. Однако, учитывая высокую склонность частиц α₁-фракции к агрегированию [12], можно предположить достаточно значительное их удаление из смолы на таком аппарате. Тем не менее, глубина выделения из смолы нерастворимых в хинолине веществ, достигнутая на центрифугах периодического действия (см. табл. 1-3), на КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» ни разу не достигалась.

По нашему мнению, определяющими в этом плане являются конструкционные и функциональные различия центрифуг периодического и непрерывного действия.

Внешний вид и принципиальная схема периодической дешламационной центрифуги представлены на рис. 2 [13, 14].

Осадительные центрифуги периодического действия предназначены преимущественно для разделения плохо фильтрующихся суспензий с нерастворимой твердой фазой (размер частиц 5-40 мкм). Промывка осадка в этих центрифугах не предусмотрена. В центрифугах ОГН выгружаемый осадок периодически срезается специальным ножом, расположенным во внутренней части ротора. Общим конструктивным признаком центрифуг является горизонтальное расположение оси ротора 5, вал которого вращается и подшипниках качения 6, установленных в станине 8. На передней крышке центрифуги смонтированы: механизм среза осадка 3, разгрузочный бункер 1, питающая труба 2, регулятор уровня слоя загрузки и переключатели хода ножа. В кожухе 4 центрифуги предусмотрен люк-воздушник для отвода паров и газов из внутренней полости кожуха. Конструкцией осадительных центрифуг типа ОГН предусмотрен механизм отвода осветленной жидкости, состоящий из отводящей трубы с силовым гидроцилиндром и дросселем для регулирования глубины погружения. При достижении заданного уровня слоя осадка осуществляется его срез.

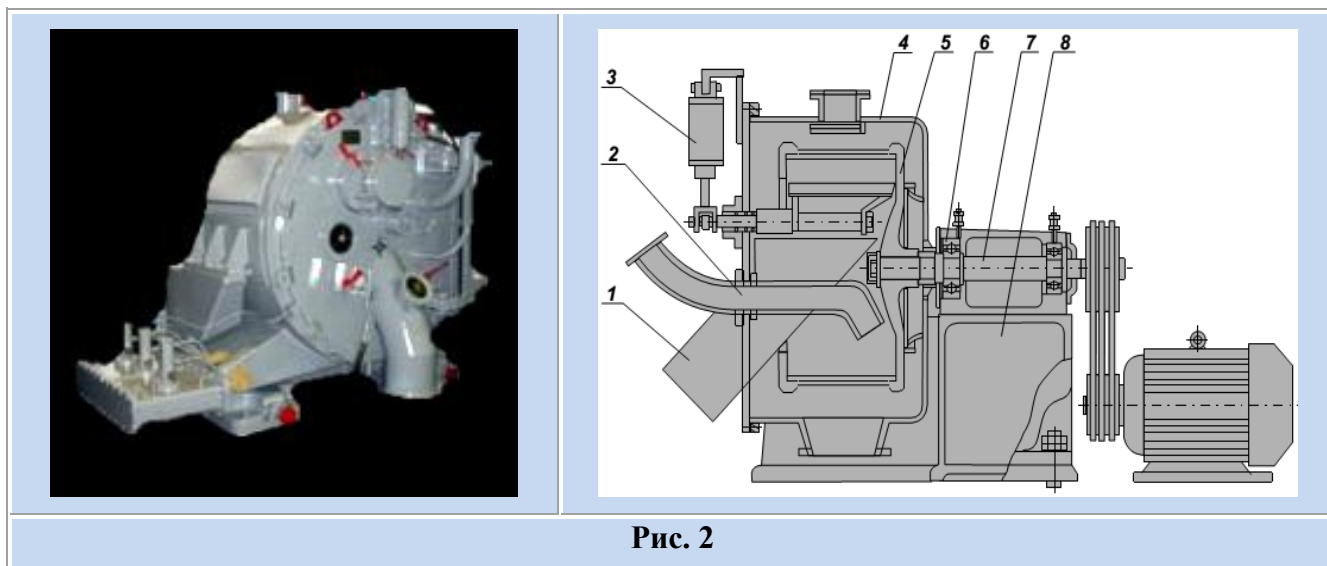


Рис. 2

Принципиальная схема трикантера представлена на рис. 3 [3, 15].

Разделяемый продукт подается в трикантер через полый вал 1. Твердая дисперсная фаза оседает под действием центробежной силы на внутренней стенке барабана 2. Два жидких компонента – 3 и 4, имеющие разную плотность, под действием той же силы образуют два полых соосных цилиндра, при этом менее плотная фаза 3 (вода) расположена ближе, а более плотная 4 (смола) – дальше от центра. Толщина обоих слоев определяется настройкой затворной шайбы 5 и регулируемого диска разделения фаз 6. Находящаяся на внутренней стенке барабана твердая фаза 7 подается с помощью конически-цилиндрического шнека 8 по конусу барабана 9 в сторону разгрузочных отверстий 10 и выбрасывается в полость сбора твердой фазы.

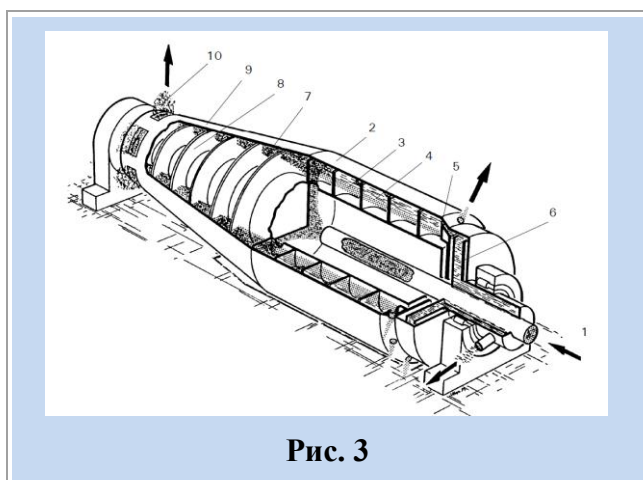


Рис. 3

Одним из основных параметров центрифуг независимо от конструкции является фактор разделения F_r , который показывает, во сколько раз ускорение центробежного поля, развиваемого в данной центрифуге, превышает ускорение гравитационного поля (ускорение свободного падения). F_r зависит от угловой скорости вращения и радиуса ротора:

$$F_r = \omega^2 R / g \quad (1),$$

где ω – угловая скорость вращения ротора центрифуги, рад/с; R – внутренний радиус ротора, м; g – ускорение свободного падения, м/с².

В свою очередь,

$$\omega = \pi n / 30 \quad (2),$$

где n – частота вращения ротора, мин⁻¹.

Кроме технических характеристик аппарата и свойств обрабатываемой суспензии на эффективность осадительного центрифугирования оказывают значительное влияние условия процесса. Помимо температуры процесса, продолжительности пребывания суспензии в центробежном поле, использования разбавителей и др. факторов, большое значение имеют также порядок удаления твердого осадка, взаимное воздействие выделяемых фаз, а также другие физико-химические и технологические факторы. Так, например, опытно-промышленные испытания по глубокой дешламации каменноугольной смолы на центрифуге 2ОГН-2201У-02 показали [2, 8]:

– в начальный период работы центрифуги (первый цикл отстоя, до снятия осадка) наблюдается anomальное изменение массовой

доли компонентов группового состава смеси, что, очевидно, вызывается неустановившимся тепловым режимом центрифуги, которая обладает значительной тепловой инерцией;

– при продолжительности отстоя 15 мин наблюдается эффект флотации частиц α_1 -фракции (т.е. их унос каплями воды и легких фракций в верхний слой), в результате чего ее содержание в слое 0-50 мм (от периферии ротора) несколько выше, чем в более глубоких слоях;

– при продолжительности отстоя 30 мин с увеличением количества циклов происходит некоторое увеличение содержания α_1 -фракции в слое 150-190 мм за счет увеличения толщины слоя фусов.

Тем не менее, одним из определяющих параметров процесса является продолжительность фугования. Это может быть проиллюстрировано данными, полученными в ходе тех же испытаний (первоначальное содержание α_1 -фракции в смоле – 7,0 %, температура фугования – 90 °С). Данные представлены в табл. 6.

В табл. 7 представлены параметры работы и сравнительная характеристика всех осадительных центрифуг, упоминавшихся выше.

Таблица 6

Зависимость глубины выделения α_1 -фракции от продолжительности обработки каменноугольной смолы на центрифуге 2ОГН-2201У-02

Продолжительность фугования, мин.	Остаточная массовая доля α_1 -фракции, %
10	4,5
20	1,7
30	1,6
40	1,2

Сравнивая характеристики центрифуг, можно сделать основной вывод о том, что с точки зрения возможности выделения из дешламируемой и обезвоживаемой каменноугольной смолы частиц α_1 -фракции десятикратное преимущество трикантера по фактору разделения нивелируется низкой продолжительностью фугования в этом аппарате. Возможность практически полного выделения нерастворимых в хинолине веществ из каменноугольной смолы на осадительных центрифугах периодического действия определяется именно возможностью управлять продолжительностью фугования в весьма широких пределах.

Таблица 7

Характеристика осадительных центрифуг

Параметры	Отстойные центрифуги периодического действия [2, 8]		Трикантер Z5E-4/441 [10]
	ЦГ-ЛГ-45 ОН	2ОГН-2201У-02	
Частота вращения ротора, n , мин ⁻¹	1500	600	2998
Угловая скорость вращения ротора, ω , рад/с	157	63	314
Радиус ротора, R , м	0,225	1,100	0,512
Фактор разделения (при максимальной частоте вращения ротора), F_r	566	445	5151
Рабочая емкость ротора, дм ³	20	2700	195
Расход сырья на центрифугу, м ³ /с	<i>аппарат периодического действия</i>	<i>аппарат периодического действия</i>	0,0023
Продолжительность пребывания сырья в аппарате, с	600	600-2400	84 <i>Рассчитано исходя из расхода сырья и рабочей емкости ротора</i>

Наряду с этим все вышеизложенное показывает, что применение трикантеров для обезвоживания и обеззоливания каменноугольных смол не может не привести к некоторому снижению содержания в последних α_1 -, α , следовательно, и α -фракции. В условиях производства электродных пеков на основе смол низкой и даже средней степени пиролиза этот эффект может повлечь за собой самые негативные последствия. При этом возможность предотвратить излишнее «облегчение» каменноугольной смолы путем изменения параметров работы трикантера представляется на первый взгляд мало реальной, т.к. приемы, направленные на торможение выделения мелкодисперсной твердой фазы, негативно скажутся на эффективности обезвоживания и обеззоливания смолы.

В любом случае, изложенные в настоящей статье материалы доказывают необходимость углубленного изучения данного вопроса.

Библиографический список

1. **Белошапка И.В.** Пути улучшения качества каменноугольной смолы КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» на трикантерной центрифуге фирмы «Флоттвег» / **И.В.Белошапка, И.А.Клемин, Н.В.Мукина, С.П.Жадан** // Углекимический журнал. – 2011. – № 3-4. – С. 24-31.

2. **Питюлин И.Н.** Научно-технологические основы создания каменноугольных углеродсодержащих материалов для крупногабаритных электродов / **Игорь Наркиссович Питюлин.** – Харьков: ИПЦ «Контраст», 2004. – 480 с.

3. **Ковалев Е.Т.** Справочник коксохимика. В 6-ти томах. Том. 3. Улавливание и переработка химических продуктов коксования. Гл. 14. Переработка каменноугольной смолы / **Е.Т.Ковалев, И.Н.Питюлин, Ф.Ф.Чешко** – Харьков: ИД «ИНЖЭК», 2009. – 432 с.

4. **Гапотченко Н.П.** Исследования и разработка технологии получения каменноугольного пропиточного пека / **Н.П. Гапотченко, И.Н. Питюлин, П.Э. Черняк [и др.]** // Кокс и химия. – 1986. – № 12. – С. 39-42.

5. **Марков В.В.** О получении каменноугольной смолы с низким содержанием веществ, нерастворимых в хинолине / **В.В. Марков, В.М.**

Петропольская, Т.С. Батыева [и др.] // Кокс и химия. – 1984. – № 8. – С. 31-36.

6. **Питюлин И.Н.** Получение и технологическое опробование промышленной партии пропиточного пека / **И.Н. Питюлин, В.И. Шустиков, Ф.Ф. Чешко [и др.]** // Углекимический журнал. – 2001. – № 5-6. – С. 39-46.

7. **Скрипченко Н.П.** О целесообразности применения стадии очистки смолы от нерастворимых в хинолине веществ при производстве пропиточного пека / **Н.П. Скрипченко, Ф.Ф. Чешко, Л.П. Банников** // Экологические проблемы индустриальных мегаполисов: сб. трудов международной научно-практич. конфер. Донецк, 30-31 мая 2011. – Донецк: ДонНТУ, 2011. – С. 120-121.

8. **Чешко Федір Федорович.** Дослідження та розробка способів спрямованого формування властивостей кам'яновугільних пеків різного призначення: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.17.07 «Хімічна технологія палива» / **Федір Федорович Чешко.** – Харків, 1997. – 24 с.

9. **Чешко Ф.Ф.** Методика оценки гранулометрического состава α_1 -фракции каменноугольной смолы / **Ф.Ф. Чешко, И.Н. Питюлин, А.И. Пырин [и др.]** // Углекимический журнал. – 1995. – № 1-2. – С. 53-56.

10. **Мукина Н.В.** Влияние гранулометрического состава твердой дисперсной фазы каменноугольной смолы на эффективность ее выделения в центрифуге непрерывного действия / **Н.В. Мукина, Л.П. Банников, Ф.Ф. Чешко, Г.Г. Ачкасова** // Углекимический журнал. – 2012. – № 1-2. – С. 33-42.

11. **Barman R.K.** Limitations of centrifugal decantation for improving quality of coke oven tars in sail plants / **R.K. Barman, P.K. Sarkar, D.K. Kundu** // Coke oven managers' year book. – 2001. – P. 170-176. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.coke-oven-managers.org/PDFs/barma.

12. **Cheshko F.** Microscopic Study of the Coal Tar Carbonaceous Dispersed Phase / **Fedir Cheshko** // Chemistry & Chemical Technology. – 2011. – № 5(3). – С. 355-362.

13. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://neftegaz-zip.ru/?q=catalog&catid=12165>.

14. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://neftegaz-zip.ru/?q=catalog&catid=12124>.

15. Декантеры и трикантеры «Флоттвег» для очистки каменноугольной смолы коксохимических производств [текст]: каталог. – М.: Флоттвег ГмбХ@Ко.КГаА, 2006. – 3 с.

Рукопись поступила в редакцию 12.03.2016

THE FEATURES OF SOLID DISPERSED PHASE SEPARATION FROM COAL TAR WITH THE HELP OF BATCH AND CONTINUOUS CENTRIFUGATION

© Sican I.I., Skripiy Yu.N., Klemin I.A., Mukina N.V., Chernousova E.P. (PJSC "ArcelorMittal Kryvyi Rih"), Cheshko F.F., Doctor of Technical Sciences (SE "UKHIN")

The article presents the results of solid dispersed phase separation from coal tars with the help of batch and continuous centrifugation. It has been shown that the separation of quinoline insolubles from coal tars at the decantation centrifuges is determined by the duration of centrifugation. Along with this the application of the tricanter for deashing and dehydrating of coal tars must lead to some reduction in the content of the quinoline insolubles, and, consequently, toluene insolubles.

Keywords: coal tar, decanting centrifuge, batch, tricanter, dehydration, deashing, quinoline insolubles, toluene insolubles.

УДК 66.092.89.001.53

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИЕЙ КХП ПАО «АРСЕЛОРМИТТАЛ КРИВОЙ РОГ»

© Е.П. Черноусова¹, Н.В. Мукина²

ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», 50095, Днепропетровская область, Кривой Рог, ул. Орджоникидзе, 1, Украина

¹ Черноусова Елена Петровна, начальник центральной лаборатории технического отдела КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Elena.Chernousova@arcelormittal.com

² Мукина Наталья Владимировна, начальник технического отдела КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Natalia.Mukina@arcelormittal.com

В статье перечислены основные направления работы центральной заводской лаборатории КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». Показаны факторы, за счет которых подразделение успешно решает стоящие перед ним задачи.

Ключевые слова: центральная заводская лаборатория, развитие, оснащение, кадры, контроль, качество, аккредитация, технология, исследования.

Центральная лаборатория, созданная в 1938 году, продолжает играть большую и ответственную роль в контроле производства на предприятии. Она осуществляет контроль по всей цепи производственного процесса – от приемки угольных концентратов до выпуска готовой продукции. Учитывая то, что выпускаемая продукция коксохимического производства отличается широким ассортиментом, лаборатория выполняет огромный комплекс исследований (около 100 тысяч в год) с применением химических (гравиметрия, титриметрия, газовый анализ), физико-химических (фотометрия, спектрофотометрия, хроматография) и других методов исследований.

При этом хочется отметить, что основной задачей лаборатории является не пассивная констатация качества выпускаемой предприятием продукции, а оказание помощи производству в обеспечении выпуска

коксохимической продукции высокого качества, соответствующей требованиям государственных стандартов и технических условий.



Кроме того, лаборатория ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» выполняет также следующие функции:

- контроль правильности ведения технологического процесса в соответствии с технологическими инструкциями для повышения качества выпускаемой продукции и снижения потерь в процессе производства;
- контроль качества сырья и материалов, поступающих на предприятие, на соответствие стандартам, техническим условиям и сертификатам качества продукции;
- разработка, составление планов и выполнение исследовательских и экспериментальных работ, которые направлены на совершенствование технологии производства, улучшение качества выпускаемой продукции;
- участие в пусковых испытаниях и наладочных работах нового и отремонтированного оборудования;

- участие в разработке нормативной документации (НД) и технической документации, технологических регламентов предприятия;
- рассмотрение претензий на отгруженную продукцию;
- составление и предоставление отчетной и технической информации по результатам анализов и исследований руководству и соответствующим подразделениям предприятия.
- участие в испытании образцов новой продукции предприятия;
- освоение и внедрение новых методов определения качества сырья и выпускаемой продукции;
- участие в процедурах межлабораторного и внешнего контроля качества измерений;
- проведение внутреннего лабораторного контроля точности измерений.

Для получения коксовой продукции заданного качества необходимо контролировать качество угольных концентратов, поступающих на предприятие, а также шихту угольную для коксования.

Особое внимание уделяется контролю коксовой продукции, основными показателями качества которой являются: массовая доля общей серы, зольность, массовая доля влаги, «горячая прочность» и реакционная способность – эти и другие свойства кокса должны соответствовать требованиям, иначе его вряд ли с уверенностью можно будет назвать «хлебом металлургии».

Также под контролем лаборатории находится процесс очистки коксового газа, так как газ используется в качестве топлива в подразделениях предприятия. Технологический процесс очистки включает в себя применение кислоты серной и поглотительного масла. Они, как основные материалы, используемые при очистке коксового газа, проверяются тщательным образом в ходе всего технологического процесса. Проходят испытания на всех этапах производства и продукты очистки коксового газа – сырой бензол, смола каменноугольная, аммония сульфат. Вся эта продукция используется во многих отраслях промышленности.



Оперативное выявление отклонений позволяет своевременно внести корректировку с целью недопущения выхода показателей качества готовой продукции за рамки заданных норм.

Однако все перечисленные серьезные задачи центральная лаборатория не смогла бы успешно решать при отсутствии определенных условий, которые созданы на предприятии.

Одним из основных таких условий является предоставление руководителем предприятия работникам центральной заводской лаборатории фактической возможности действовать в строгом

соответствии с правилами и обязанностями, определенными положением о лаборатории.

Вторым условием успешной работы лаборатории является систематичность проведения и высокое качество контроля проводимых испытаний, а также методическое обеспечение и обеспечение нормативными документами (НД).



Центральная лаборатория ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» в полном объеме обеспечена актуализированными нормативными документами. Так, контроль качества продукции, выпускаемой предприятием, проводится в соответствии со следующими НД:

- шихта угольная для коксования ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» по ТУ У 10.1-00190443-032:2006;
- кокс доменный ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» по ТУ У 23.1-00190443-173:2006;
- орешек коксовый по ТУ У 19.1-00190443-120:2012;
- мелочь коксовая по ТУ У 23.1-00190443-011:2011;
- бензол сырой каменноугольный по ТУ У 24.1-00190443-003-2003;
- аммония сульфат коксохимического производства по ТУ У 24.1-00190443-067:2007;
- смола каменноугольная по ТУ У 23.1-00190443-100:2007;
- смола тяжелая из кислой смолки улавливания для дорожного строительства по ТУ У 322-00190443-131-98;
- газ коксовый очищенный по ТУ У 35.2-00190443-101:2014;
- кислота серная техническая по ГОСТ 2184-77.

Технические условия по заявке ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» разрабатывает ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «УКРАИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УГЛЕХИМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (УХИН)».

Необходимо также обеспечение лабораторий достаточным и удобным помещением и современным оборудованием, приборами и комплектующими, химической посудой и реактивами. Так, только за последние семь лет, начиная с 2009 года, для проведения испытаний по определению показателей качества прибывающего сырья и готовой продукции были приобретены:

- печь трубчатая электрическая CS3-02A-G для определения общей серы в коксохимических продуктах;
- аппарат пластометрический сдвоенный полуавтоматический CP2-02A для определения пластометрических показателей угольных концентратов и угольных шихт;
- петрографический комплекс «Lucia» для определения петрографических характеристик угольных концентратов и угольных шихт;
- термогравиметрический анализатор TGA-701 для определения выхода летучих веществ, зольности и ана-

литической влаги угольных концентратов, угольных шихт и кокса доменного;

- печь лабораторная LV9/1100/D1 80 для определения зольности угольной шихты и кокса доменного;
- экспериментальная установка CARBOTEST для проведения опытных коксований индивидуальных углей и угольной шихты (см. рис. 2);
- установка PR-140/1300VM для измерения параметров CRI/CSR доменного кокса (индекса реакционной способности и прочности остатка кокса после реакции);
- установка для определения давления расширения угольных концентратов и шихт (рис. 3);
- аппарат для определения условной вязкости ВУБ-20 для определения условной вязкости смолы каменноугольной;
- центрифуга лабораторная ЕВА-20.



Рис. 2 Экспериментальная установка CARBOTEST

В 2005 году Центральная лаборатория, одна из первых лабораторий в Украине, была аккредитована Национальным агентством по аккредитации Украины на соответствие требованиям ДСТУ ISO/IEC 17025 «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій».

Аудит ЦЛ проводится в соответствии с утвержденным планом. Эксперты проверяют систему менеджмента лаборатории, компетенцию персонала, условия проведения испытаний, оценку мето-

дов измерений, а также насколько правильно и квалифицированно эти испытания выполняются.

Критерии аккредитации довольно жесткие. Это высокие требования к уровню образования сотрудников, и к техническому оснащению лабораторий. В ходе аккредитации отмечена профессиональная и техническая подготовка персонала центральной лаборатории, хорошая материальная и нормативная база, достаточная для проведения испытаний.



Рис. 3 Установка для определения давления расширения

Аттестат об аккредитации на техническую компетентность Центральной лаборатории согласно требованиям ДСТУ ISO/IEC 17025 значительно повышает статус КХП ПАО «АМКР» в глазах зарубежных партнеров. Это также автоматически подтверждает полное соответствие системы менеджмента лаборатории требованиям стандарта ISO 9001.

Вот уже на протяжении 11 лет лаборатория таким образом успешно подтверждает свою компетентность.

Кроме того, с целью подтверждения компетентности лаборатории и экспериментальной проверки квалификации ее сотрудников, лаборатория постоянно принимает участие в межлабораторных сравнениях результатов измерений (МСР). Так как в межлабораторных сравнениях участвуют одновременно несколько лабораторий, исследующих один и тот же объект, участие в МПР позволяет подтвердить соответствие нормам государственных и международных стандартов, объективно оценить свою деятельность, обеспечить признание лаборатории национальными и международными системами аккредитации. Справка-сертификат о результатах участия в МСР принимается во внимание при аккредитации лаборатории и других проверках контролирующих органов.

Центральная лаборатория участвует в проведении межлабораторных испытаний не только с украинскими аккредитованными лабораториями, но и с международными. Начиная с 2013 года лаборатория на постоянной основе принимает участие в международных межлабораторных исследованиях по определению CRI и CSR кокса, организованных компанией LQS (США).



Сегодняшнее молодое поколение работников ЦЛ ценит и с успехом применяет знания, которые передали им их наставники: Соловьев Г.Д., Фуррук П.А., Скрынская Т.А., Глуходед К.П., Ставцева С.В., Кришталь Н.В., Стыркулова Т.П., Яковлева Н.И., Тимофеева Д.Ю. Коллектив имеет свои традиции и одна из них – проводить встречи с наставниками и «держат отчет» за каждую отработанную «пятилетку».

Наличие в лаборатории квалифицированных кадров наряду с современным оснащением и пополнением трудолюбивой молодежью является одной из гарантий того, что продукция на предприятии вырабатывается в соответствии с установленными нормами и стандартами качества и конкурентоспособна на рынке.

Рукопись поступила в редакцию 04.04.2016

MODERN LABORATORY METHODS USED BY CENTRAL LABORATORY OF COKE PRODUCTION OF PJSC "ARCELORMITTAL KRYVYI RIH"

© Chernousova E.P., Mukina N.V. (PJSC "ArcelorMittal Kryvyi Rih")

The article describes the basic areas of work of the central plant laboratory of Coke Production of PJSC "ArcelorMittal Kryvyi Rih" and shows the factors due to which division successfully solves the challenges it faces.

Keywords: central plant laboratory, development, equipment, supervision, staff, control, quality, accreditation, technology, research.

УДК 622.793.2:66.028

СТАБИЛИЗАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ОБОРОТНЫХ ЦИКЛОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ КХП ПАО «АРСЕЛОРМИТТАЛ КРИВОЙ РОГ» РЕАГЕНТАМИ PUROTESH

© И.В. Романюк¹, Ю.Н. Скрипий², М.В. Каспрук³, А.А. Мельников⁴, Н.В. Мукина⁵, Е.П. Черноусова⁶

ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», 50095, Днепропетровская область, Кривой Рог, ул. Орджоникидзе, 1, Украина

¹ Романюк Игорь Васильевич, директор КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Igor.Romanyuk@arcelormittal.com.

² Скрипий Юрий Николаевич, начальник производственно-технической службы КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Yuriy.Skripiy@arcelormittal.com.

³ Каспрук Михаил Владимирович, главный энергетик КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Mihail.Kaspruk@arcelormittal.com.

⁴ Мельников Александр Александрович, начальник технологического цеха КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Aleksandr.Melnikov@arcelormittal.com.

⁵ Мукина Наталья Владимировна, начальник технического отдела КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Natalia.Mukina@arcelormittal.com.

⁶ Черноусова Елена Петровна, начальник центральной лаборатории технического отдела КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», e-mail: Elena.Chernousova@arcelormittal.com.

Целью исследований, изложенных в данной статье, является разработка эффективного метода стабилизации воды оборотных циклов водоснабжения при использовании в качестве подпитки ливневых вод, а также разработка ингибиторной защиты теплообменного оборудования от коррозионных разрушений реагентами PuroTech.

Ключевые слова: оборотный цикл водоснабжения, подпитка, ливневые воды, стабилизация, коррозия, разрушение, ингибитор, реагенты PuroTech.

Повышенная коррозионная и накипная активность оборотных вод способствует образованию на теплообменных поверхностях слоя отложений, ухудшающих теплообмен, и, следовательно, ведет к дополнительным энергозатратам, потерям коксохимических продуктов и увеличению расхода подпиточных вод. Для охлаждающей воды оборотных циклов водоснабжения коксохимических предприятий и предприятий черной металлургии существуют следующие требования:

1. Обратная вода не должна выделять механических, карбонатных и других солевых отложений. Ориентировочно допускается скорость отложений не более $0,25 \text{ г}/(\text{м}^2 \times \text{ч})$;

2. Вода не должна вызывать точечной и язвенной коррозии, а также равномерной коррозии металла со скоростью, превышающей $0,09 \text{ г}/(\text{м}^2 \times \text{ч})$, а также разрушение бетона.

При эксплуатации различных оборотных циклов охлаждения КХП происходит их загрязнение, коррозия теплообменного оборудования, возникает накипь. Для обеспечения оптимального водно-химического режима работы оборотных систем охлаждения необходимо применять комплекс инженерно-технических мероприятий с использованием химических реагентов для обработки воды. Компания «Технохимреагент» уже более 10-ти лет успешно применяет коррекционную обработку воды с помощью реагентов для различных отраслей промышленности [1].

В качестве подпитки для данных оборотных циклов используется техническая вода. Однако в последнее время большое внимание уделяется использованию сточных вод для пополнения оборотных систем. Поэтому в 2015 году в технологическом цехе выполнили перевод на подпитку оборотного цикла ливневыми водами с целью прекращения сброса сточных вод на городские очистные сооружения и сокращения или исключения забора свежей технической воды для пополнения оборотных циклов.

Техническое состояние теплообменного оборудования технологического цеха (ТЦ) при ранее применяемом водно-химическом режиме оценивалось как удовлетворительное, однако изменение состава подпитки кардинально меняет свойства оборотной воды. К тому же присутствующие в подпитке взвешенные вещества (абразивные частицы, увеличивающие эрозионный износ арматуры и трубопроводов) затрудняют эффективную работу реагентов, а склонность подпиточной воды к образованию накипи и возникающая при этом способность образовывать отложения создают идеальные условия для протекания подшламовой коррозии. Также нельзя не отметить, что наличие в ливневых водах азота аммонийного и нитратов неизменно приводит к протеканию в оборотном цикле процессов нитрификации, ведущих к резкому снижению pH оборотной воды и к повышению скорости коррозии.

Целью исследований, изложенных в данной статье, является разработка эффективного метода стабилизации воды оборотных циклов водоснабжения при использовании в качестве подпитки воды ливневых вод, а также разработка ингибиторной защиты теплообменного оборудования от коррозионных разрушений реагентами PUROTECH.

Обработка системы охлаждения имеет две основные цели:

1. Продлить срок службы оборудования охлаждающей системы;
2. Обеспечить хорошую теплоотдачу.

Любые неполадки в системе, производимые накипью, отложениями или микробиологическим обрастанием, снижают теплообмен и понижают эффективность охлаждения. Коррозия разрушает поверхность теплообменника, возникают течи, что приводит к смешиванию охлаждающей воды и рабочей среды.

В программе обработки охлаждающей воды обязательно должны быть три компонента:

1. Микробиологический контроль;
2. Контроль образования накипи и отложений;
3. Контроль коррозии.

Обработка воды, применяемая по каждому компоненту программы, должна подбираться на основе принципа действия и совместимости с другими компонентами обработки. Так как химические вещества для контроля биологической ситуации могут быть агрессивными и способными реагировать между собой, необходимо представить краткий обзор по контролю коррозии и накипи и по химическим веществам, используемым в процессе, прежде, чем обратить внимание непосредственно на контроль обработки воды в микробиологическом аспекте.

Для контроля образования накипи используются три типа химических веществ:

1. Растворители;
2. Адсорбирующие вещества;
3. Диспергирующие вещества.

Так, например, неорганические фосфаты производят умягчение воды, связывая ионы кальция и

магния, а органические фосфонаты повышают растворимость малорастворимых солей, чем увеличивают их концентрацию в воде и приводят к выносу растворённых солей с продувкой. Кроме того, при превышении по каким-либо причинам (особенно в начальные периоды обработки) предела растворимости малорастворимых солей, фосфонаты способствуют образованию взвесей фосфатов в толще воды, а не на теплообменных поверхностях, что ингибирует образование отложений [2] не только фосфатов, но и гидратов окиси железа. Органические фосфонаты способствуют изменению кристаллической решётки при образовании кристаллов малорастворимых солей, что приводит к образованию неприкипающих дисперсных шламов, легко удаляемых с продувкой. Схема действия фосфонатов и диспергирующих веществ – рис. 1-3.

Содержащиеся в составе реагентов полиакрилатные дисперсанты приводят к образованию мягких, легкоподвижных не прилипающих к поверхностям шламов, скапливающихся в чаше градирни и легко удаляемых с продувкой.

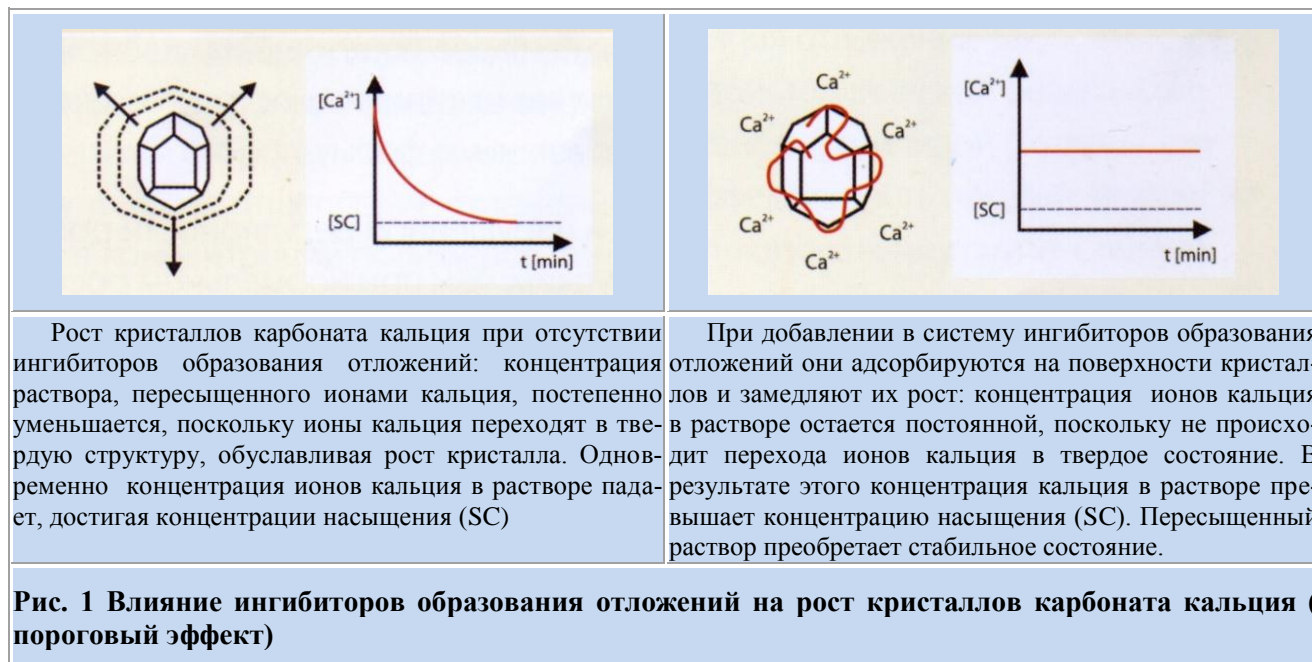


Рис. 1 Влияние ингибиторов образования отложений на рост кристаллов карбоната кальция (пороговый эффект)



Контроль образования микробиологических организмов – наиболее важный аспект в программе обработки охлаждающей воды. Неполноценность в программе контроля микробиологического обрастания приводит к возникновению проблем роста микробиологических организмов, коррозии металла, гниения деревянных деталей градирен.

В охлаждающих системах присутствуют три основных типа организмов: бактерии, водоросли и грибки.



Требования к химическому составу технической воды определяются условиями использования ее в конкретных технологических процессах. Наибольшее количество воды расходуется в теплообменной аппаратуре на отведение избыточного тепла. В условиях работы оборотных систем многократный нагрев воды и охлаждение ее в градирнях приводит к потерям диоксида углерода и к отложению на поверхности теплообменников и труб карбоната кальция. Основным требованием к воде, расходуемой на подпитку оборотных систем, является ограничение ее карбонатной и сульфатной жесткости. Ограничивается в подпиточной и оборотной воде также содержание взвешенных веществ.

Содержание растворимых солей в оборотной воде растет пропорционально коэффициенту упаривания. При этом возрастает и коррозионная активность воды. Наконец, для предотвращения интенсивного биологического обрастания сооружений и теплообменных аппаратов оборотных систем должно быть ограничено содержание органических веществ и соединений биогенных элементов (азота, фосфора), являющихся питательной средой для микроорганизмов. Это касается как

собственно оборотной воды, так и компонентов, вносимых со свежей технической водой.

Допустимая скорость биологических обрастающих теплообменных аппаратов не должна превышать 0,07 г/(м²×ч) [3].

Стабилизационная обработка оборотной воды системы охлаждения технологического цеха КХП «АрселоррМиттал Кривой Рог» началась в 2007 году, а с 2009 года – в цехе улавливания. Технологические параметры систем охлаждения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование показателя	Единицы измерения	Значение показателя	
		Технологический цех	Цех улавливания
Объем системы	м ³	7400	7500
Расход оборотной воды	м ³ /ч	6600	7000
Расход подпиточной воды	м ³ /ч	116	127
Разница температур	°С	8-10	8-10
Испарение	м ³ /ч	77	89
Капельный унос	м ³ /ч	3	3
Продувка	м ³ /ч	36	36
Коэффициент упаривания	-	2,5-3,0	2,5-3,0

Химический состав оборотных вод системы охлаждения технологического цеха КХП «Арселорр-Миттал Кривой Рог» представлен в табл. 2.

Таблица 2

Наименование показателя	Подпиточная вода	Оборотная вода цеха энергообеспечения	Оборотная вода цеха улавливания
рН	8,0-8,5	8,1-9,0	7,9-8,9
Жёсткость общая, мг-эquiv./дм ³	4,0-4,5	9,0-15,0	12,0-19,0
Содержание кальция, мг/дм ³	49-55	100-190	150-220
Солесодержание, мг/дм ³	300-380	600-1600	1200-1900
Содержание сульфатов, мг/дм ³	120-130	160-340	170-480
Содержание хлоридов, мг/дм ³	30-50	75-180	130-290
Содержание взвешенных веществ, мг/дм ³	5-10	10	2-10
Жесткость карб., мг-эquiv./дм ³	2,8-3,0	5,2-8,2	6,0-11,0
Щелочность, мг-эquiv./ дм ³	3,0-3,2	5,0-8,0	7,5-9,0
Окисляемость, мг О ₂ / дм ³	5,0-20,0	6,0-30,0	11,0-50,0
Индекс Ланжелье (норма 0)		0,9-2,0 (накипь)	1,4-2,3 (накипь)
Индекс Ризнера (норма 6,0-6,5)		4,9-6,6 (накипь)	4,3-5,6 (накипь)

Расчет качества оборотной воды ТЦ при подпитке ливневыми водами свидетельствует о том, что подпиточная вода приобретает коррозионно-опасные свойства, а циркуляционная вода – тенденцию к накипеобразованию. Таким образом, при

использовании очищенных промливневых вод в качестве подпитки системы оборотного водоснабжения ТЦ и при водно-химическом режиме с коэффициентом упаривания $K_u = 3,0$ во избежание

накипеобразования на поверхностях нагрева была необходима корректировка реагентной обработки.

PuroTechiChem 1032P – это сбалансированная смесь ингибиторов коррозии и накипеобразования для открытых оборотных систем. Этот продукт содержит высокоэффективный полимер, который рекомендован для систем с высоким коэффициентом пребывания в системе (КПС). Также данный реагент пригоден к применению в системах, где наблюдаются высокая концентрация фосфатов в подпиточной воде и высокие температуры охлаждаемых поверхностей.

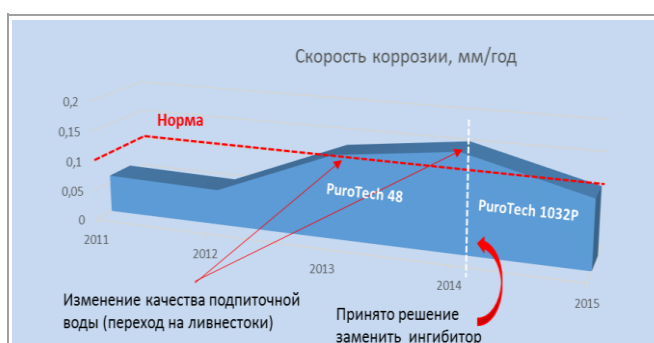


Рис. 4 Мониторинг коррозионной активности оборотной воды технологического цикла в течение подачи ингибитора PuroTech 48

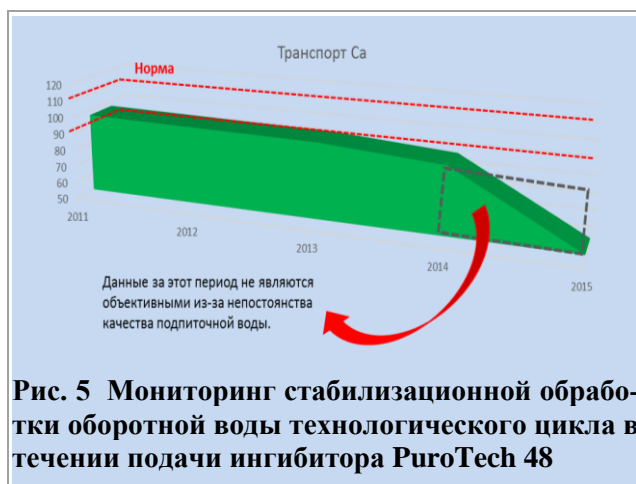


Рис. 5 Мониторинг стабилизационной обработки оборотной воды технологического цикла в течение подачи ингибитора PuroTech 48

PuroTechiChem 1032P предназначен для работы при низкой щелочности для минимизации или устранения потребности в подщелачивании. Защита от коррозии обеспечивается определенными органофосфатными производными, которые связывают участки коррозии железа. Защита от накипеобразования обеспечивается применением уни-

кального полимера, специально разработанного для сложных систем. Техническое состояние теплообменного оборудования ЦУ при применяемом водно-химическом режиме удовлетворительное. Это объясняется стабильностью качества подпиточной воды (технической) и грамотно реализуемой программой стабилизационной реагентной обработки уже на протяжении более шести лет.

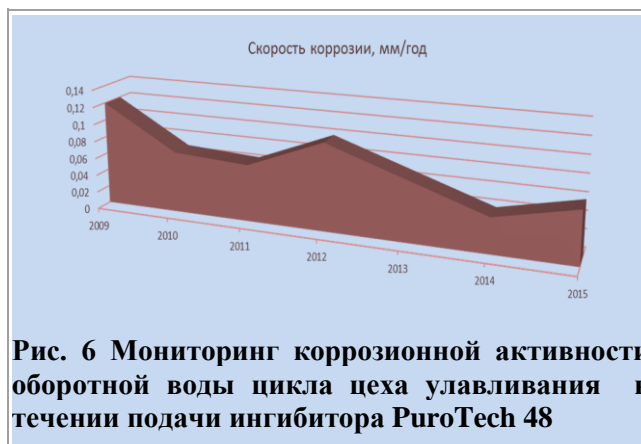


Рис. 6 Мониторинг коррозионной активности оборотной воды цикла цеха улавливания в течение подачи ингибитора PuroTech 48

Применяемый в ЦУ реагент PuroTech 48 стабильно показывает хорошие результаты (рис. 6). Это жидкий комплексный многофункциональный реагент, содержащий неорганические полифосфаты, органические фосфонаты и органические дисперсанты в оптимальном соотношении. Имеющиеся в его составе ингибиторы накипеобразования производят мягкую очистку трубопроводов и теплообменного оборудования от отложений, препятствующих эффективному теплообмену и снижающих скорость течения жидкости в пристеночном слое.

Стабильность состава подпиточной воды в цехе улавливания и применение высокоэффективного реагента PuroTech 48 для стабилизационной обработки воды охладительных циклов за счет снижения накипеобразования, коррозии и биологического загрязнения на поверхностях теплообменников, а также оптимизация работы оборотных систем позволили снизить расход воды на подпитку систем на 30 %, уменьшить количество продувочных вод, поддерживать теплообменное оборудование в работоспособном состоянии с минимальным количеством отложений на теплообменных поверхностях. PuroTech 48 имеет существенное преимущество перед препаратами на основе простых фосфатов, так как является комплексным, поскольку содержит вещества (дисперсанты, антинакипины,

комплексообразователи, диспергенты, ингибиторы), которые способствуют образованию кристаллов фосфата кальция оптимальной формы в толще воды, а не на стенке труб, приводит к образованию легкоподвижных шламов, удаляемых с продувкой, и постепенно разрушает ранее образовавшиеся отложения. Очищенная от отложений поверхность надёжно защищается от коррозии несколькими ингибиторами, действующими по разным механизмам (рис. 7).

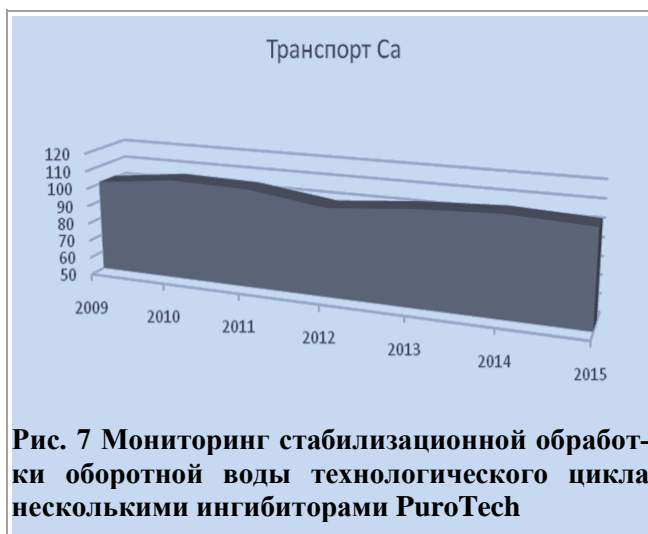


Рис. 7 Мониторинг стабилизационной обработки оборотной воды технологического цикла несколькими ингибиторами PuroTech

В соответствии с Регламентом на обоих водооборотных циклах микробное число в обрабатываемой воде должно поддерживаться в пределах 10^2 - 10^5 колоний/см³. В процессе проведения обработки данное требование соблюдалось. По результатам данных микробиологического тестирования микробное число находилось на уровне 10^3 - 10^5 . Таким образом, концентрации биоцидных реагентов было достаточно для поддержания микробного числа в нормируемых пределах, а значит проводимая биоцидная обработка является достаточной для данных систем. Визуально обрастания на насадке градирни отсутствуют. Имеются незначительные обрастания водорослями в зонах протечек воды наружу и низкой скорости потока.

Как уже указывалось ранее, обработка биоцидами должна предшествовать обработке ингибиторами коррозии и накипеобразования, особенно в оборотных циклах нефтеперерабатывающих и коксохимических заводов. Это связано с тем, что оборотная вода последних содержит значительное количество питательных органических веществ,

способствующих размножению микроорганизмов и водорослей. Обработка способствует сохранению уровня полезных фосфатов в оборотной воде, поскольку прекращает жизнедеятельность бактерий, грибов, водорослей и микроорганизмов, поглощающих фосфор; преобразует плотные плёнообразные или нитевидные биологические загрязнения в мелкодисперсные подвижные осадки, скапливающиеся в чаше градирни и легко удаляемые с продувочной водой; устраняет неприятный запах оборотной воды, обусловленный наличием бактерий и микроорганизмов; снижает показатель окисляемости воды; сохраняет активность в интервале pH от 6 до 9,5.

Реагентами, эффективно выполняющими вышеописанные действия, являются:

1. Броморганический биоцид PuroTech 62 – используется как индивидуально, так и совместно с другими реагентами для контроля биообрастаний на теплообменных поверхностях, и в градирнях;

2. PuroTech 68 – жидкий микробиоцидный продукт на основе четвертичных аммонийных солей. Обладает повышенной эффективностью против водорослей, проявляет свойства ПАВ, смывает биопленку, помогает избежать привыкания бактерий и водорослей к биоцидной обработке;

3. PuroTechMicrobiocideWT(k) – жидкий стабилизированный микробиоцидный продукт на основе производных изотиазолинонов (изотиазолина). Используется для предотвращения биологического загрязнения установок обратного осмоса, ультра- и нанофильтрации, а так же оборотного водоснабжения.

В настоящее время актуальной является замена воды для подпитки оборотных систем сточными водами. Но такие воды по важным показателям качества не соответствуют требованиям к подпиточной воде. Поэтому на КХП проводится работа по выбору варианта создания систем очистки стоков для их повторного использования с целью дальнейшей реконструкции водоотведения КХП и создания системы бессточного водоснабжения.

Выводы

Применение высокоэффективных реагентов PuroTech для стабилизационной обработки воды охладительных циклов за счет снижения накипеобразования, коррозии и биологического загрязнения на поверхностях теплообменников и оптимизации работы оборотных систем позволило сни-

зить на 30 % расход чистой воды на подпитку систем, частично заменив подпитку на ливневыми стоками, а также уменьшить количество продувочных вод, поддерживать теплообменное оборудование в работоспособном состоянии с минимальным количеством отложений.

Библиографический список

1. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://technochemreagent.com/>

2. Кабачник М.И. О комплексобразующих свойствах оксиэтилидендифосфоновой кислоты в водных растворах / М.И.Кабачник, Р.П.Ластовский, Т.Я.Медведь, В.В.Медынцев, И.Д.Колпакова, Н.М.Дятлова // ДАН СССР. – 1967. – Т. 177. – № 3. – С. 582-585.

3. Шабалин А.Ф. Обратное водоснабжение промышленных предприятий / А.Ф.Шабалин. – М.: Стройиздат, 1996. – 296 с.

Рукопись поступила в редакцию 04.04.2016

THE STABILIZATION OF CIRCULATING WATER SUPPLY CYCLES OF COKE PRODUCTION OF PJSC "ARCELORMITTAL KRYVVI RIH" BY PUROTECH REAGENTS

© Romanyuk I.V., Skripiy Yu.N., Kaspruk M.V., Melynikov A.A., Mukina N.V., Chernousova E.P. (PJSC "ArcelorMittal Kryvyi Rih")

The aim of research, which has been outlined in this paper, is to develop an effective method of stabilizing of water of circulating water supply cycles when using as make-up of storm water, as well as the using of PuroTech reagents for inhibitor protection of heat-transfer equipment from corrosion damage.

Keywords: circulating water cycle, make-up, storm water, stabilization, corrosion damage, inhibitor, PuroTech reagents
