



УДК 669.162.28:669.162.16

**РЕКОНСТРУИРОВАННАЯ СХЕМА
СОРТИРОВКИ КОКСА В КЦ № 1 ПАО «АКХЗ»**

**RECONSTRUCTED SCHEME OF THE COKE
PREPARATION AT THE COKE PLANT № 1 OF
PJSC "AVDIIVKA COKE"**

© 2013 Тимошенко В.Ф., Худокормов А.П.
(ПАО «АКХЗ»),
Торяник Э.И., к.т.н., Журавский А.А., к.т.н.,
Федорова С.В. (ГП «УХИН»)

Timoshenko V.F., Khudokormov A.P.
(PJSC "AVDIIVKA COKE"),
Toryanik E.I., PhD in technical sciences,
Zhuravskij A.A., PhD in technical sciences,
Fedorova S.V. (SE "UKHIN")

Выполнен всесторонний анализ особенностей подготовки кокса в коксовом цехе № 1 ПАО «АКХЗ». Показано, что снижение содержания класса +80 мм до требуемых низких значений не может быть достигнуто при сортировке кокса без применения специального дробящего оборудования. Получены результаты, которые послужили исходными данными для подбора и технологического расчета оборудования для рассева и дробления кокса. Результаты реализованы в виде реконструированной схемы подготовки кокса к доменной плавке в коксовом цехе №1 ПАО «АКХЗ».

A comprehensive analysis has been performed for the characteristics of the coke preparation at the coke plant № 1 of PJSC AVDIIVKA COKE." It has been shown that the reduction of class +80 mm to the required low values cannot be achieved by coke sorting without special crushing equipment. The results has been obtained, which served as the basis for the selection and technological calculation of the equipment for screening and crushing of coke. The results were implemented in the form of a reconstituted schemes of coke preparation for a blast smelting in the coke plant № 1 of PJSC AVDIIVKA COKE."

Ключевые слова: кокс, крупность, дробление, рассев, схема, реконструкция.
Keywords: coke, fineness, crushing, screening, scheme, reconstruction.

В процессе производства кокса по технологии слоевого коксования в современных коксовых печах в качестве конечного продукта получают куски кокса разной крупности от менее 10 мм до более 150 мм.

При этом в зависимости от коксуюмости и спекаемости угольной шихты, а также от скорости и конечной температуры ее коксования количество кусков кокса разной крупности может колебаться в широких пределах, – в особенности для кусков крупнее 80 мм (от 5 до 50 %). Известно отрицательное влияние фракции кокса крупнее 80 мм на ход доменного процесса [1]. Поэтому для доменного кокса содержание этого класса в товарной продукции (КД + 25 мм) ограничивается различными техническими условиями на уровне не более 10-15 % [2].

При ширине камеры коксования 450 мм и более процесс коксообразования сопровождается получением большого количества кусков кокса крупностью более 80 мм. Поэтому, как правило, такому коксу требуется внепечная механическая обработка [3].

Предварительная механическая обработка кокса перед его использованием в доменной печи может производиться дроблением всего рампового кокса в барабанном грохоте специальной конструкции, додрабливанием крупных кусков кокса в потоке на перепадах с конвейера на конвейер при транспортировке по тракту его подачи на коксортировку или выделением класса +80 мм и додрабливанием его, как правило, в зубчатых дробилках [4].

Внедрение технологии доменной плавки с использованием пылеугольного топлива требует применения кокса не только с определенным значением дополнительных показателей реакционной способности (CRI) и послереакционной прочности (CSR), но и равномерной крупности – в частности, с минимальным содержанием класса крупнее 80 мм.

Коксовый цех (КЦ) №1 ПАО «АКХЗ» включает в себя две угольные башни (№№ 1, 2), четыре коксовые батареи (№№ 1, 2, 3, 4) высотой 5 м и шириной камеры коксования 450 мм с комплектом коксовых машин и оборудованием, установки мокрого (УМТК №№ 1, 2) и сухого (УСТК № 1) тушения кокса и участок коксортировки (№ 1). Основная особенность батарей заключается в ширине камеры коксования, равной 450 мм. Это обстоятельство обуславливает при любых шихтах увеличение крупных классов (в т.ч. и + 80 мм) в товарном коксе при производственных параметрах подготовки и коксования шихты. Существующая схема сортировки кокса в КЦ № 1 предназначена для транспортировки и сортировки валового кокса сухого и мокрого тушения, производимого батареями №№ 1, 2, 3 (рис. 1-2). Технологическая схема материальных потоков производства кокса представлена на рис. 1.

Сортировка (рис. 2) включает в себя рампу, оборудованную автоматизированными затворами, для принятия кокса мокрого тушения и разгрузочные устройства для каждой камеры кокса сухого тушения. Транспортировка кокса производится в галереях с конвейерными трактами и перегрузочными станциями с различной высотой перепадов кокса при передаче его с конвейера на конвейер. На конвейерах после рампы и установки сухого тушения кокса (УСТК) устанавливаются устройства для дотушивания кокса на ленте конвейера. Отсев крупного кокса производится на двух 10-ти валковых грохотах с размерами отверстий между дисками 80 мм. Дробление крупного кокса производится в двух валковых зубчатых дробилках. Получение доменного кокса осуществляется с помощью четырех 14-ти валковых грохотов с размерами отверстий между дисками 25 мм. Доменный кокс может отгружаться потребителю через узел погрузки, оборудованный механизированным пробоотборником, в железнодорожные вагоны или накапливаться в 8 бункерах крупного товарного кокса.

Отделение сортировки мелких классов валового кокса включает в себя грохота ГИЛ-52 с ситами с отверстиями ячеек 25 мм и 10 мм для получения товарных классов кокса 10-25 мм и 10-0 мм, которые грузятся в железнодорожные вагоны через два бункера. Класс кокса крупнее 25 мм после контрольного грохота конвейерным трактом добавляется в кокс доменный и грузится в вагоны.

Для пересортировки имеется бункер возврата кокса.

Кокс мокрого тушения с рампы № 1 конвейерами К-1, К-2, К-5а1 подается на 10-ти валковый грохот с размером отверстий между дисками 80 мм. Кокс сухого тушения конвейером К-4а или К-4б подается на конвейер К-5б1 и далее на 10-ти валковый грохот. Надрешетный продукт 10-ти валкового грохота по желобу передается в двухвалковую зубчатую дробилку. Подрешетный продукт валкового грохота и прошедший дробилку кокс мокрого и сухого тушения конвейерами соответственно К5а2 и К5б2 подается на 14-ти валковые грохота с размером отверстий между дисками 25 мм. Надрешетный продукт этих грохотов (кокс доменный) может грузиться непосредственно в вагоны или, в случае необходимости, подаваться с помощью конвейера К-7 в бункера, из которых грузится в вагоны с помощью конвейера К-8.

Подрешетный продукт валковых грохотов с помощью конвейера К-9 поступает в отделение сортировки мелких классов на грохот ГИЛ-52, оборудованный ситами с размером отверстий 25 мм и 10 мм. Класс +25 мм с помощью конвейера К-10 и К-11 поступает на конвейер К-6 и добавляется к надрешетному продукту (доменный кокс) при погрузке его в вагоны. Классы кокса 25-10 и 10-0 мм поступают в соответствующие бункера для отгрузки в вагоны.

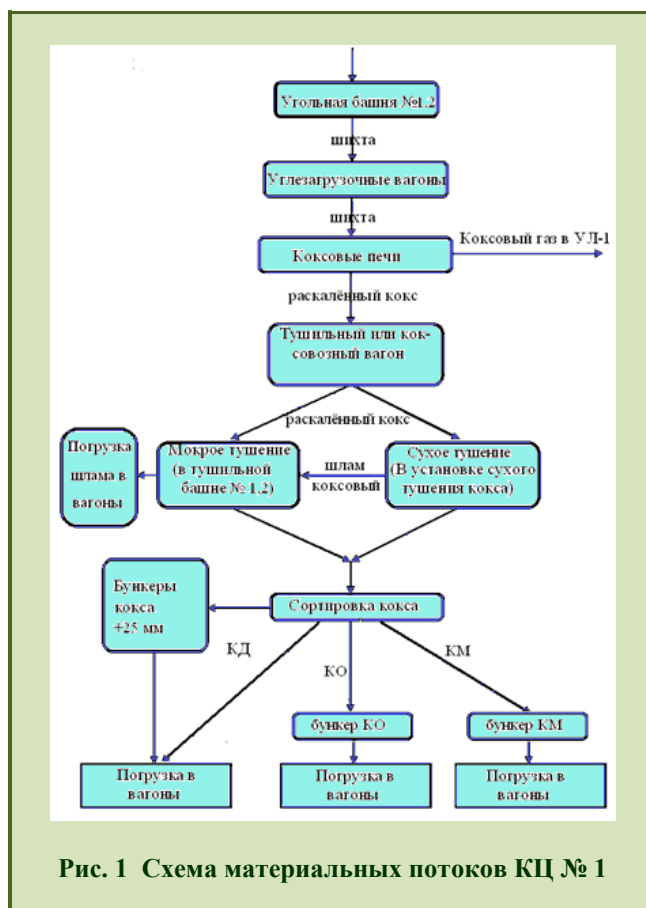


Рис. 1 Схема материальных потоков КЦ № 1

Оборудование коксортировки включает в себя 6 валковых грохотов, предназначенных для разделения рампового кокса на классы крупности: на участке дробления крупного кокса (2 грохота) для отсева кокса класса +80 мм перед подачей его на двухвалковую дробилку в здании рассева кокса (4 грохота) на классы размером более и менее 25 мм. Рабочая поверхность валковых грохотов образована системой чугунных зубчатых дисков («звездочек»), насаженных на квадратные валы, которая располагается на раме, наклоненной под углом 15°. Вращение валов с дисками осуществляется от приводного устройства, снабженного коробкой скоростей. Последняя обеспечивает увеличение скорости вращения валков по длине грохота и скорости движения потока кокса по рабочей поверхности в направлении уклона. Грохоты монтируются на специальных тележках, способных передвигаться по рельсовым путям, что позволяет менять их расположение для профилактических работ и ремонтов без остановки сортировки.

Крупные куски кокса скатываются с образованной дисками поверхности грохота, мелкие куски кокса проваливаются в зазоры между дисками.

В дробильно-сортировочном отделении установлены две двухвалковые зубчатые дробилки, предназначенные для дробления крупного кокса (+80 мм) с целью выполнения требований технических условий по содержанию класса +80 мм в коксе доменном (не более 13-17 %). Основные технические характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные технические данные зубчатой двухвалковой дробилки

Наименование параметра	Численное значение
Производительность, т/час	60-120
Номинальная частота вращения валков, с ⁻¹	0,66
Размеры загружаемого кокса, мм, не более	360
Размеры дробленого материала, мм	До 80
Рабочее давление на один сантиметр длины валка, кг	200
Максимальный отход валка от рабочего положения при прохождении недробленых тел, мм	50
Размеры валка, мм:	
диаметр	900
длина	900
Габаритные размеры дробилки, мм, не более:	4220
длина	4220
ширина	3590
высота	1360
Мощность электродвигателя, кВт	45
Масса дробилки (без электрооборудования и запасных частей), т	12,8

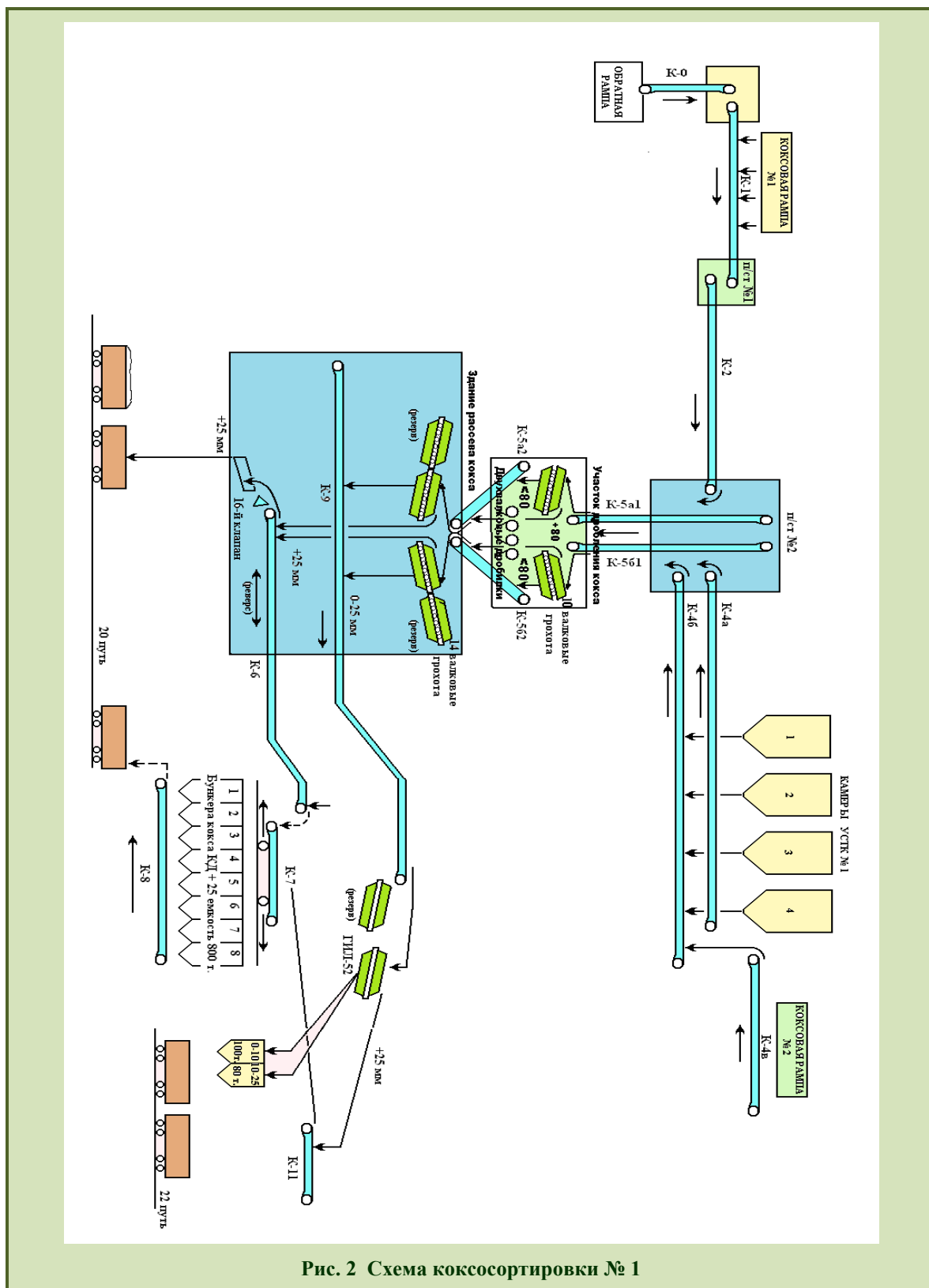


Рис. 2 Схема коксортировки № 1

Двухвалковые зубчатые дробилки обеспечивают заданный размер кусков кокса при минимальном образовании мелочи в процессе дробления.

Дробильные валы приводятся в движение отдельно вынесенными двигателями. Крупный кокс подается желобом в дробилку и распределяется по всей ширине валков. Форма зубьев, а также диаметр и скорость вращения валков подбираются в зависимости от крупности исходного и конечного продукта.

Конвейеры – 15шт. – предназначены для транспортирования кокса от установок тушения кокса до средств рассева и погрузки отдельных фракций кокса в железнодорожные вагоны. При транспортировке кокса конвейерным трактом происходит его дробление за счет перепада кусков кокса с конвейера на конвейер. При этом работа разрушения может определяться количеством и общей высотой перепадов.

Анализ приведенной схемы показывает, что конвейерный тракт транспортировки кокса имеет минимальное количество перепадов (два перепада для кокса мокрого тушения и один перепад до валкового грохота для кокса сухого тушения), высота которых не обеспечивает значительное механическое воздействие на кокс (дробление).

Как уже говорилось, ширина камер коксования батарей №№ 1-4 составляет 450 мм, что при прочих равных условиях является предпосылкой для получения кокса с большим содержанием класса +80 мм. Подтверждением этого служат результаты исследований, которые показали, что содержание класса +80 мм в рамповом коксе мокрого тушения достигает 50 %, а в валовом коксе сухого тушения – до 30 %.

Исследования ситового состава кокса цеха № 1 и свойств классов крупности (25-40, 40-80, +80 мм) проводились путем отбора представительных проб рампового кокса массой не менее 300 кг каждая: мокрого тушения (батареи № № 1 и 2) и сухого тушения (батарея № 3).

Характеристика угольной шихты и технологического режима коксования в период проведения исследований представлена в табл. 2.

Отобранные пробы кокса доставляли в коксопробную ОТК коксового цеха № 1 и исследовали на аттестованном оборудовании в соответствии с действующими нормативно-техническими документами. Ситовый состав рамповых коксов представлен в табл. 3.

Из приведенных данных видно, что рамповый кокс мокрого и сухого тушения содержит значительные количества класса +80 мм, содержание которого в доменном коксе не должно превышать 10 %. Снижение содержания класса +80 мм до столь низких значений не может быть достигнуто при сортировке кокса без использования специального дробящего оборудования, что и потребовало реконструкции схемы коксортировки.

Таблица 2

Характеристика угольной шихты и режима коксования

Марочные компоненты	№ варианта шихты			
	1	2	3	4
	доля в составе шихты, %			
Г	20	20	18	18
Ж	35	35	38	38
К	37	37	40	40
СС	8	8	4	4
	№ батареи			
Показатели режима коксования	1,2	3	3	1,2
Период коксования, ч-мин	20-30	22-30	23-00	19-00
Температуры в контрольных вертикалах фактические, °С:				
машинная сторона	1277	1270	1258	1306
коксовая сторона	1330	1308	1309	1352

Таблица 3

Ситовый состав валового кокса

№ пробы	Способ тушения	Ситовый состав, %						Масса пробы, кг
		+80	80-60	60-40	40-25	25-10	-10	
1	Мокрое	48,7	25,0	15,7	5,3	2,1	3,2	495,2
2	Сухое	28,4	33,7	24,7	7,9	2,4	2,9	394,3
3	Сухое	22,0	28,7	32,9	10,0	3,3	3,1	420,0
4	Мокрое	46,2	26,6	16,9	5,5	2,4	2,4	381,1

Более низкое содержание класса +80 мм в коксе сухого тушения обусловлено дополнительным воздействием разрушающих усилий на кокс в форкамере и камере тушения.

Для классов крупности рамповых коксов определялись показатели механических и физико-химических свойств. Механическая прочность испытанных проб кокса представлена в табл. 4.

Как видно из этих данных, сухое тушение приводит к закономерному улучшению свойств кокса. Это свидетельствует об упрочнении кокса в результате его механической обработки: класс 40-80 мм характеризуется наибольшей прочностью среди исследованных проб. При мокром тушении такого упрочнения не происходит, что, очевидно, связано с общим достаточно невысоким уровнем прочности кокса мокрого тушения.

Таблица 4

Механическая прочность доменного кокса и различных классов его крупности

Дата	Способ тушения	Класс крупности, мм	Механическая прочность, %	
			M ₂₅	M ₁₀
13.02.13	Мокрое	+25	82,9	9,3
		40-80	82,2	10,2
		+80	80,8	10,2
18.02.13	Сухое	+25	83,9	9,8
		40-80	86,0	8,0
		+80	83,0	12,0
04.03.13	Сухое	+25	84,4	10,8
		40-80	85,8	9,0
		+80	84,4	9,4
05.03.13	Мокрое	+25	80,2	9,4
		40-80	80,6	9,4
		+80	80,6	11,0

Кокс класса +80 мм характеризуется наименьшей прочностью, как для мокрого, так и для сухого тушения, что свидетельствует о возможности упрочнения его при механической обработке [5].

При механической обработке кокса класса +80 мм, кроме класса 40-80 мм, образуются побочные продукты дробления и других классов – 25-40, 25-10 и -10 мм [6]. Поэтому для оценки количества мелких классов (менее 40 мм), образующихся при дроблении, была исследована динамика разрушения кокса класса более 80 мм. Пробу кокса +80 мм в количестве 50 кг загружали в микум-барабан и рассевали на классы после обработки при 10, 25, 50 и 100 оборотах барабана. Полученные результаты приведены в табл. 5.

Таблица 5

Динамика разрушения кокса класса +80 мм

Классы крупности, мм	Выход классов (%) после обработки в барабане, оборотов			
	10	25	50	100
Кокс мокрого тушения 13.02				
+80	28,8	17,0	7,2	2,2
80-60	38,4	35,2	28,6	21,2
60-40	21,2	28,2	36,0	37,8
40-25	8,4	13,0	16,0	20,4
25-10	1,6	5,2	6,8	9,2
10-0	1,6	1,8	5,4	9,2
Кокс сухого тушения 18.02				
+80	36,4	18,8	11,2	3,6
80-60	39,4	41,6	34,6	25,8
60-40	13,6	21,8	26,6	34,0
40-25	5,2	9,0	13,2	15,6
25-10	3,6	3,8	6,6	9,0
10-0	3,8	5,0	7,8	12,0

Данные табл. 5 подтверждают возможность упрочнения кокса при механической обработке: максимальный выход классов 40-80 мм достигается в интервале 25-50 оборотов барабана. Кокс сухого тушения дробится менее интенсивно по сравнению с коксом мокрого тушения, однако характеризуется несколько более высокой истираемостью из-за ослабленной адгезии пылевидных частиц на крупных кусках кокса в связи с его низкой влажностью. Содержание классов менее 40 мм (продуктов нежелательного чрезмерного разрушения кокса) непрерывно увеличивается с ростом глубины механической обработки.

Полученные результаты позволяют прогнозировать потери доменного кокса при дроблении класса +80 мм. и послужили исходными данными для подбора и технологического расчета оборудования для отсева и дробления кокса, которые были реализованы в виде реконструированной схемы подготовки кокса к доменной плавке в коксовом цехе № 1 ПАО «АКХЗ».

Основной задачей после введения в эксплуатацию узла отсева и дробления крупного кокса является разработка технологических параметров отсева и дробления валового кокса крупнее 80 мм, обеспечивающих максимально возможный выход доменного кокса крупнее 25 мм. При этом содержание в нем кокса класса +80 мм не должно превышать 11-13 %.

Решение поставленной задачи осуществляется путем оценки ситового состава рампового кокса мокрого тушения и кокса сухого тушения. При этом определяется содержание класса крупнее 80 мм и показатель его механической прочности M_{25} , а также содержание класса крупнее 25 мм.

Параметрами, регулирующими эффективность отсева и дробления крупного кокса, являются размер отверстий между дисками валкового грохота и расстояние между валками зубчатой дробилки.

Работа валковых и вибрационных грохотов контролируется по данным отсева отдельных фракций. При увеличении зазоров между дисками валковых грохотов либо износе сит с увеличением отверстий более чем на 15 % от заданного, валки грохотов или сита подлежат замене. Увеличение размера отсевающих отверстий валкового грохота приводит к изменению выхода класса, поступающего на дробление, и может служить параметром, регулирующим эффективность отсева и дробления крупного кокса в зависимости от его количества и механической прочности исходного кокса.

Следует учитывать и то, что при отсеве крупного кокса на валковом грохоте также происходит дробление крупных кусков кокса, причем в зависимости от их прочности и количества валков на грохоте величина образования класса менее 25 мм может достигать 2-3 % [4].

Поэтому в зависимости от содержания класса + 80 мм в рамповом коксе и заданной нормы его в товарном коксе (7-10 %) устанавливаются размер отверстий на валковом грохоте и расстояние между валками зубчатой дробилки. Направленно регулировать размер отверстий валкового грохота можно путем установления двух дополнительных шайб между дисками. Кроме того, необходимо определить степень износа дисков грохота и, как следствие, увеличение размера отсевающих отверстий в зависимости от продолжительности работы и нагрузки кокса на грохот.

Увеличение размера отсевающих отверстий приведет к повышению содержания крупного кокса в товарной продукции, что можно компенсировать дроблением надрешетного продукта валкового грохота. Однако это может привести к снижению выхода доменного кокса. Поэтому задача заключается в контроле содержания класса + 80 мм в рамповом коксе, размере отсевающих отверстий грохота и расстояния между зубчатыми валками дробилки.

Учитывая трудности определения ситового состава рампового кокса, очевидно, необходимо установить статистическую зависимость этого показателя от марочного состава и свойств шихты, режимов её подготовки и коксования или же установить влияние этих параметров на выход доменного кокса и содержание в нем класса +80 в зависимости от режима работы дробильно-сортирующего узла кокса.

Для того, чтобы описать механизм прогнозирования выхода доменного кокса (V_d) и содержание в нем класса +80 мм (V_{+80}) необходимо разработать методику статистической обработки фактических данных работы цеха с целью установления зависимостей выхода указанных параметров от марочного состава шихты, показателей её качества, условий подготовки, режима коксования и условий сортировки кокса (количества и высоты перепадов на тракте коксододачи, размеров ячеек валковых грохотов и расстояния между валками зубчатой дробилки). Таким образом, для разработки рациональных параметров сортировки и додробливания крупных классов кокса необходимо получить зависимости в виде:

$$V_d = f(V^d, y, R_o, \frac{\sum СП}{\sum ОК}, П, \tau, T, P_p, d_B, d_d) \quad (1),$$

$$V_{+80} = f(V^d, y, R_o, \frac{\sum СП}{\sum ОК}, П, \tau, T, P_p, d_B, d_d) \quad (2),$$

где: V^d – выход летучих веществ, %;

y – толщина пластического слоя, мм;

R_o – отражательная способность витринита, %;

$\frac{\sum СП}{\sum ОК}$ – отношение суммарного содержания спекающихся компонентов к суммарному содержанию отошающих

компонентов;

$П$ – помол шихты (содержание класса менее 3 мм), %;

τ – период коксования, ч;

T – температура контрольных вертикалов, °С;

P_p – работа разрушения кокса на тракте коксододачи (количество и высота перепадов кокса с конвейера на конвейер);

d_B – размер отсевающих отверстий валкового грохота, мм;

d_d – расстояние между валками зубчатой дробилки, мм.

Данные для разработки математической модели могут быть получены путем статистической обработки фактических результатов работы цеха с использованием дробильно-сортировочного комплекса и без его использования, а также путём проведения опытно-промышленных исследований.

Библиографический список

1. Тайхерт Э. Влияние различной крупности кокса на режим работы доменной печи с горном диаметром 7,8 м / Э.Тайхерт, В.Н.Гупта // Черные металлы. – 1976. – № 14-15. – С. 19-23.
2. ТУ У 322-00190443-114-96. Кокс доменный. Технические условия.
3. Сапожников Л.М. Исследование современных принципов коксования углей / Л.М.Сапожников, Г.В.Спиранская [Труды ИГИ АН СССР. – Т. 6. – Вып. 1.]. – М.: Издательство АН СССР, 1953. – 63 с.
4. Мучник Д.А. Сортировка кокса / Д.А.Мучник, Е.Б.Иванов – М.: Металлургия, 1968. – 288 с.
5. Теплицкий М.Г. Сухое тушение кокса / М.Г.Теплицкий, И.З.Гордон, Н.А.Кудрявая, М.С.Кручинин, Ю.М.Волович. – М.: Металлургия, 1971. – 264 с.
6. Мучник Д.А. Формирование свойств доменного кокса / Дамир Абрамович Мучник. – М.: Металлургия, 1983. – 180 с.

Рукопись поступила в издательство 01.08.2013