

Доменному цеху отгружается агломерат с существенно ограниченной возможностью вторичного образования мелочи.

Возврат, отсеянный на виброгрохоте, конвейерами подается в буферный бункер перед конвейером № 83 цикла возврата аглофабрики, откуда питателем вместе с просыпью из коллекторов агломашин, пылью батарейных циклонов и пылью из системы аспирации узла стабилизации аглофабрики № 3 направляется в бункера шихтового отделения.

Для локализации и удаления агломерационной пыли предусмотрена комплексная система аспирационных воздуховодов по всем точкам пылеобразования и отсос запыленного воздуха для очистки в электрофильтре. Очищенный воздух через трубу выбрасывается в атмосферу. Производительность вентилятора аспирационной установки – 504 м<sup>3</sup>/ч.

Для оценки качества готового агломерата установлен пробоотборник на конвейерах отгрузки агломерата. Кроме того, оборудован контрольный участок, позволяющий оперативно и представительно контролировать гранулометрический состав агломерата, производить разделку проб для определения химического состава. Достигнутые к настоящему моменту показатели ра-

**Показатели работы аглофабрики № 3 ОАО «ММК» до и после реконструкции**

Параметры	До реконструкции	Текущие показатели
Производительность, т/ч	105,93	93,12
Содержание класса 5–0 мм, %	10,2	7,4
Ровность по содержанию железа, %	90,2	91,3
Ровность по основности, %	89,4	91,1
Температура агломерата, °С	800	100–120

боты узла стабилизации представлены в **таблице**.

В январе месяце после пуска узла стабилизации весь агломерат с а/ф № 3 отправлялся на доменные печи № 1, 2. Остаток агломерата отдавался на доменную печь № 9. Прирост производства по доменной печи № 1 составил 62 т/сут и на доменной печи № 2 – 184 т/сут. Снижение расхода кокса по доменной печи № 2 составило 3,8 кг/т. Снижение выноса пыли по доменной печи № 2 составило 12,1 кг/т, по доменной печи № 1 – 2 кг/т. Это наиболее стабильно работающие на тот момент времени печи, что позволяет сделать вывод о высокой эффективности использования холодного стабилизированного агломерата.

В настоящий момент времени весь агломерат аглофабрики № 3 подаётся на печи № 4, 6.

УДК 662.741.3.022

В.Н. Егоров, А.В. Анисимов, Н.А. Тарасов, И.И. Мельников, М.Ю. Посохов, В.С. Загайнов

**О КОНДИЦИОНИРОВАНИИ УГОЛЬНОЙ ШИХТЫ ДЛЯ КОКСОВАНИЯ**

На 4-м Европейском конгрессе металлургов и коксохимиков, проходившем во Франции (Париж) в 2000 году, была представлена концепция мирового развития доменного и коксового производства на рубеже веков. Прогнозируется, что на основе потребности мирового рынка производство чугуна повысится с 500 млн т в 1999 г. до 675 млн т в 2010 году, а производство металлургического кокса для этих нужд возрастет соответственно с 260 до 285 млн т в год.

По материалам «Европейского саммита по коксу 2006» (Германия, Дюссельдорф, апрель 2006 г.) за последние 15 лет производство чугуна увеличилось с 500 до 785 млн т в год, а соотношение кокс/чугун сократилось с 0,72 до 0,60 в 1995 и 2005 гг. соответственно [1]. Ожидают, что рост мирового производства стали также будет продолжаться. При этом доля доменно-конверторного производства составляет 65,3%, электросталепла-

вильного – 31,8%, а технологическая цепочка «коксовое производство – доменная печь – кислородный конвертер» продолжает доминировать в производстве сырой стали [1].

В соответствии с этим процессы бескоксового производства: Midrex, Corex, D 105, Ромелт и др. в первой половине 21 века не смогут составить серьезную конкуренцию доменному процессу, который постоянно совершенствуется и имеет ещё достаточно большой потенциал для совершенствования в будущем.

В связи с проведением комплекса мероприятий по повышению эффективности доменного производства, главным из которых было снижение потребления доменного кокса, современный доменный процесс претерпел существенные изменения. В первую очередь, это значительное увеличение восстановителей, вдуваемых через фурмы, и повышение температуры дутья. Это

позволило перераспределить часть функции кокса как теплоносителя, но привело к следующим последствиям:

- возник переизбыток тепла в верхней зоне доменной печи;
- в связи с уменьшением количества доменного кокса возросли требования к его качеству как разрыхлителя и теплоносителя, так и науглероживающего агента в нижней части доменной печи.

Новые исследования фирмы «Thyssen Krupp Stahl AG» с мечеными атомами показали значительное увеличение времени пребывания кокса в доменной печи по сравнению с традиционным доменным процессом (см. рисунок). Сегодня стратегия развития практически всех доменных производств предполагает движение в этом направлении. Очевидно, что такое изменение не может не сказаться на требуемых свойствах кокса, которые определяются следующим:

- сохранением его основных функций в нижней части доменной печи после того, как он преодолеет «перегретую» верхнюю часть печи и будет находиться в домне более длительное время, что в конечном итоге должно быть обусловлено его пониженной реакционной способностью;
- для снижения температуры плавления окислов железа с 1535 до 950–1100°C кокс должен обладать повышенной науглероживающей способностью, компенсирующей снижение его общего количества;
- в связи с тем, что размеры кокса, достигающего нижней зоны доменной печи, изменяются на 25–75% в зависимости от его прочности и реакционной способности, требуется строгое регламентирование содержания менее прочных фракций кокса, загружаемого в доменную печь.

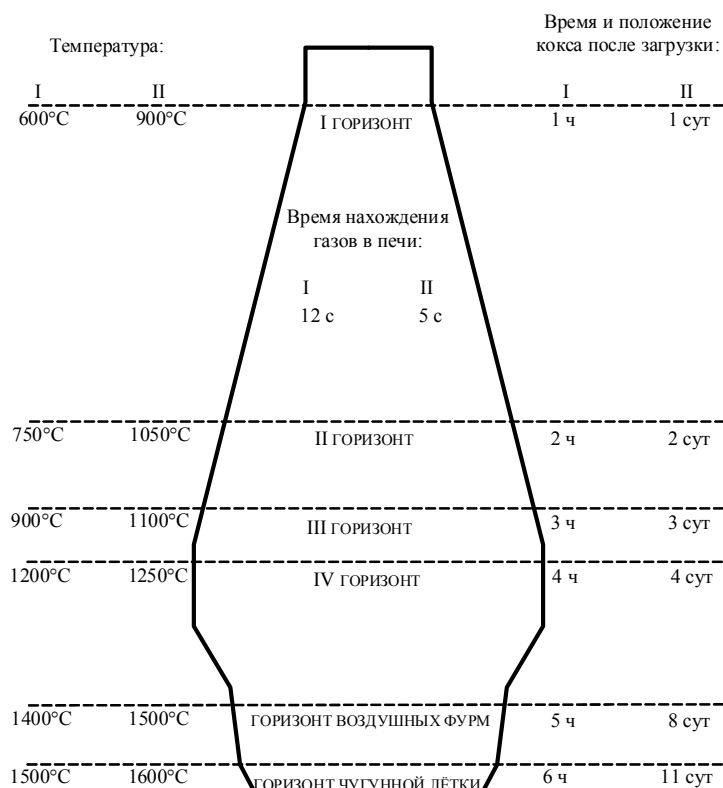
Следует отметить, что сегодня эти требования уже не являются теоретическими, а активно формируют современный рынок и ценовую политику на доменный кокс [2, 3].

Качественные показатели доменного кокса CRI – реакционная способность должна быть менее 30%, CSR – послереакционная прочность – более 61%, что является необходимым условием его замещения в доменном процессе. В связи с этим для обеспечения современных показателей доменного процесса необходимо совершенствовать технологию коксового производства с целью

получения доменного кокса с повышенными показателями высокотемпературных свойств и, в частности, показателем науглероживания и индексом реакционной способности кокса CSR.

Для формирования анизотропной структуры кокса большое значение имеют количество и качество пластической массы, образующейся при нагреве шихты. Последнее определяется вязкостью пластической массы, временем её пребывания в пластическом состоянии, температурным интервалом между максимальной пластичностью и затвердеванием пластической массы и др.

А это, в свою очередь, определяется степенью метаморфизма угля ( $R_{0,п}$ ), содержанием витринита ( $V_t$ ), генетическими особенностями витринита (степень восстановленности) и типами его ассоциаций с другими микрокомпонентами, а также характером распределения микрокомпонентов в угле. Эти характеристики угля и шихты в значительной степени и определяют особенности формирования анизотропной и пористой структуры кокса, его прочностных и реакционноспособных свойств. Поэтому целенаправленное решение проблемы улучшения качества кокса по показателям CSR и CRI требует более детального исследования



**Режим движения кокса в доменной печи:**

**I – традиционный процесс, расход кокса более 500 кг/т чугуна; II – новый процесс, печь № 1, завод Швельгерн, расход кокса менее 300 кг/т чугуна**

Таблица 1

Состав и качество производственной шихты 1 и 2 блоков ЗАО «РМК»

Период времени 2006 г.	Состав шихты, %												Качество шихты, %										
	Абашевская	Кузнецкая	Чертинская	Распадская	Беловская	Печорская	р. Каа-Хемский	Сибирь	Анжерская	Восточная	Нерюн-гринская	Нефте-кокс	W <sub>t</sub>	A <sup>d</sup>	S <sup>d</sup>	V <sup>daf</sup>	V <sup>d</sup>	Y, мм	R <sub>0,n</sub>	V <sub>t</sub>	σ <sub>R</sub>	σ <sub>ск</sub>	3-0
Первый блок																							
6, май	3,4	6,2	1,6	34,3	0,0	5,6	1,9	20,0	19,6	0,0	6,0	1,4	7,9	8,7	0,53	29,6	27,0	15,0	1,05	67,2	0,251	17,5	77
22, май	0,0	2,4	0,0	33,4	4,1	9,8	4,4	23,6	13,9	0,0	8,0	0,4	7,9	9,3	0,50	29,8	27,0	16,0	1,05	67,4	0,226	16,2	79
25, май	3,9	2,4	0,0	27,3	9,8	7,4	3,2	19,2	17,3	0,0	8,0	1,5	8,1	8,7	0,53	29,6	27,0	16,0	1,06	66,2	0,252	17,4	79
1, июнь	3,3	0,2	2,0	27,7	6,1	13,3	1,3	2,9	33,9	0,4	8,0	0,9	8,1	8,8	0,50	29,4	26,8	16,0	1,05	65,1	0,212	17,0	78
6, июнь	2,1	0,0	0,8	43,9	0,8	6,2	0,2	24,1	13,9	0,0	8,0	0,0	8,0	9,0	0,50	29,5	26,8	16,0	1,07	69,6	0,234	14,0	80
14, июнь	0,2	0,0	0,0	32,3	6,9	8,4	2,2	17,8	19,5	12,0	0,0	0,7	7,9	9,2	0,51	29,2	26,5	16,0	1,06	65,4	0,169	15,6	79
15, июнь	0,0	0,0	0,0	39,3	5,1	5,1	0,5	16,2	21,0	12,0	0,0	0,8	8,1	9,1	0,53	29,7	27,0	16,0	1,04	66,5	0,173	16,2	79
22, июнь	0,0	0,0	0,0	24,3	5,5	20,2	0,0	16,3	21,7	12,0	0,0	0,0	8,0	9,5	0,54	28,6	25,9	16,0	1,06	64,6	0,139	14,6	75
Второй блок																							
16, май	0,0	1,5	0,0	27,2	3,6	17,7	2,0	18,1	21,9	0,0	8,0	0,0	8,0	9,2	0,53	28,6	26,0	15,0	1,06	64,6	0,223	14,8	79
30, май	0,0	0,0	0,0	22,0	6,3	20,9	2,8	10,3	26,3	0,0	10,0	1,4	8,1	8,9	0,53	28,5	26,0	15,0	1,09	63,9	0,241	16,7	79
20, июнь	0,0	0,0	0,0	30,6	12,2	9,3	0,0	16,6	19,6	0,0	10,0	1,7	8,1	8,6	0,58	28,7	26,2	16,0	1,09	66,2	0,244	14,9	79
26, июнь	0,0	0,0	0,0	38,3	0,0	12,7	0,0	22,4	19,2	0,1	7,0	0,3	8,1	8,9	0,52	28,7	26,3	15,0	1,05	65,2	0,221	15,6	77

Таблица 2

Более детальный марочный состав производственной шихты 1 и 2 блоков ЗАО «РМК» с характеристикой её качества

Период времени 2006 г.	Состав шихты, %														Качество шихты, %										
	Г+ГЖО	ГЖ	Ж	ГЖ+Ж	К	ОС	КО	КО*	К+ОС+КО	КС	КС**	КСН	КС**+КСН	Т	W <sub>t</sub>	A <sup>d</sup>	S <sup>d</sup>	V <sup>daf</sup>	V <sup>d</sup>	y, мм	R <sub>0,n</sub>	V <sub>t</sub>	σ <sub>R</sub>	σ <sub>ск</sub>	3-0
Первый блок																									
6, май	2,9	37,1	12,7	49,8	0,4	16,5	0,1	9,1	17,0	5,3	6,0	6,9	12,9	3,0	7,9	8,7	0,53	29,6	27,0	15,0	1,05	67,2	0,251	17,5	77
22, май	2,2	39,0	11,2	50,2	0,6	20,3	0,3	6,5	21,2	7,4	4,0	6,2	10,2	2,3	7,9	9,3	0,50	29,8	27,0	16,0	1,05	67,4	0,226	16,2	79
25, май	1,7	32,8	16,7	49,5	0,0	18,1	0,1	8,1	18,2	6,9	4,8	7,8	12,6	3,0	8,1	8,7	0,53	29,6	27,0	16,0	1,06	66,2	0,252	17,4	79
1, июнь	0,9	32,2	19,0	51,2	0,4	9,5	0,0	15,9	9,9	1,7	8,9	10,3	19,2	1,2	8,1	8,8	0,50	29,4	26,8	16,0	1,05	65,1	0,212	17,0	78
6, июнь	1,1	45,1	7,3	52,4	0,4	20,4	0,0	6,1	20,8	7,4	4,7	5,6	10,3	1,9	8,0	9,0	0,50	29,5	26,8	16,0	1,07	69,6	0,234	14,0	80
14, июнь	4,2	33,8	9,7	43,5	4,1	9,2	8,4	8,6	21,7	6,5	6,4	7,0	13,4	2,1	7,9	9,2	0,51	29,2	26,5	16,0	1,06	65,4	0,169	15,6	79
15, июнь	1,8	40,4	6,2	46,6	3,9	8,4	8,4	9,3	20,7	6,3	6,8	7,1	13,9	2,0	8,1	9,1	0,53	29,7	27,0	16,0	1,04	66,5	0,173	16,2	79
22, июнь	3,6	25,5	18,3	43,8	4,8	8,4	8,4	9,6	21,6	5,8	7,0	7,3	14,3	1,3	8,0	9,5	0,54	28,6	25,9	16,0	1,06	64,6	0,139	14,6	75
Второй блок																									
16, май	3,1	30,2	16,6	46,8	1,1	17,5	0,1	10,2	18,7	6,1	5,8	7,9	13,7	1,4	8,0	9,2	0,53	28,6	26,0	15,0	1,06	64,6	0,223	14,8	79
30, май	4,9	22,1	23,2	45,3	0,0	15,4	0,1	12,3	15,5	3,9	7,0	8,9	15,9	2,2	8,1	8,9	0,53	28,5	26,0	15,0	1,09	63,9	0,241	16,7	79
20, июнь	2,7	33,3	12,3	45,6	0,6	18,6	0,0	8,7	19,2	6,9	6,4	7,5	13,9	3,0	8,1	8,6	0,58	28,7	26,2	16,0	1,09	66,2	0,244	14,9	79
26, июнь	6,4	34,5	8,9	43,4	1,4	18,6	0,0	8,5	20,0	6,7	6,4	6,5	12,9	2,1	8,1	8,9	0,52	28,7	26,3	15,0	1,05	65,2	0,221	15,6	77

Примечание: 1) в марку К, начиная с 14 июня 2006 года, включены угли марки КЖ ЦОФ Восточная;  
 2) более высокие средние значения отражательной способности витринита шихты второго блока за 30 мая и 20 июня 2006 года обусловлены, главным образом, участием в шихте нефтекоса 1,4 и 1,7% соответственно;  
 3) КО\* – угли марки КО с низкой степенью метаморфизма (R<sub>0,n</sub>=1,04–1,19%);  
 4) КС\*\* – угли марки КС с низкой степенью метаморфизма (R<sub>0,n</sub>=1,10–1,17%).

углей, особенностей их поведения в шихтах при коксовании с использованием петрографических методов оценки качества кокса.

Для производства кокса с требуемыми показателями качества необходимо обеспечить заданное соотношение марок углей в шихте при соблюдении определенных ограничений свойств шихты. Совокупность этих ограничений представляет собой критерий оптимальности ВУХИН [4]. Оптимальный марочный состав шихты из кузнечного сырья следующий, %:

ГЖ + Ж + КЖ (спекающая основа) – 40–45;  
К + КО + ОС (коксовая группа углей) – 35–40;  
КСН + КС (отощающая присадка) – 15–20.

Оптимальный марочный состав шихты должен сочетаться с ограничениями на ее свойства:  $V^d = 25\%$ ;  $y > 14$  мм;  $R_{0,n} > 1,12\%$ ;  $Vt > 60\%$ . Однако в настоящее время, в силу ряда причин, сложилась устойчивая тенденция к снижению поставок на коксование углей марок К, ОС, КО, являющихся коксующей основой шихты.

В сложившейся структуре поставок угольных концентратов КХП ОАО «ММК» определенный интерес представляет оценка состава и качества угольной шихты, их соответствие производственным показателям «холодной» и «горячей» прочности и реакционной способности кокса ЗАО «РМК».

Основная масса исследуемых шихт (табл. 1) характеризуется средним расчетным значением показателя отражения витринита 1,05–1,06% (66,7%) и только ~ 16,7% значением  $R_{0,n} = 1,09\%$ . Таким образом, почти 70% производственных шихт ЗАО «РМК» характеризуется средним показателем отражения витринита 1,05–1,06%, что недостаточно для получения кокса мокрого тушения с показателем CSR даже на уровне 50% и CRI на уровне 33,5%. Чтобы понять причину этого факта, необходимо рассмотреть этот вопрос с позиции марочного состава производственных шихт ЗАО «РМК».

Для более детального анализа марочного состава шихты нами отдельно были выделены низкометаморфизованные угли марок КО\* и КС\*\* (табл. 2), участие которых в шихте ухудшают показатели прочности и реакционной способности кокса.

Анализ результатов, приведенных в табл. 2, показывает, что сумма марок углей ГЖ и Ж, определяющая спекаемость шихт, превышает 45%-ный оптимальный уровень. Это обусловлено недостатком углей марки Ж в группе спекающих марок углей. При этом доля углей марки Ж составляет в шихтах от 6,2 до 23,2% при оптимальном уровне ~ 25%.

В группе коксующихся углей (К+КО+ОС) значительное количество составляют низкомета-

морфизованные угли марки КО\* с показателями отражения витринита 1,04–1,19% с преобладанием в них углей с еще более низкими значениями  $R_{0,n}$ , равными 1,04–1,12%.

В группе отощающих углей (КС+КСН), наряду с низкометаморфизованными углями марки КСН, также присутствует достаточно большое количество низкометаморфизованных углей марки КС\*\* с показателями отражения витринита  $R_{0,n} = 1,10–1,17\%$ , что предопределяет неспособность этой группы углей в необходимой мере играть роль отощающего компонента в шихтах при коксовании. В более обобщенном виде это представлено в табл. 3.

Так, например, доля углей марки Ж в структуре спекающей основы шихты (Ж+ГЖ) составляет 12,8–46,2% при оптимальном уровне ~ 56%. Иными словами, в спекающей основе шихты преобладают менее метаморфизованные угли марки ГЖ с примесью еще менее метаморфизованных углей марок Г и ГЖО.

Коксующая основа шихты на 22,8–61,6% представлена низкометаморфизованными углями марки КО, отличающимися низкой коксуюмостью и способностью формировать кокс повышенной реакционной способности.

Отощающая основа шихты на 58,2–80,3% состоит из низкометаморфизованных углей, формирующих низкие значения показателя CSR и высокие – CRI при более лучших для этого строя шихт показателях M25, M40, M10 (табл. 4).

Таблица 3

Анализ марочной структуры углей, составляющих спекающую, коксующую и отощающую основы шихты ЗАО «РМК»

Период времени 2006 г.	Спекающая основа шихты	Коксующая основа шихты		Отощающая основа шихты		
	Соотношение марок					
	Ж	ГЖО+ГЖ+Г	КО*	К+КО+ОС	КС**+КСН	КС
Первый блок						
6, май	24,1	75,9	34,9	65,1	70,9	29,1
22, май	21,4	78,6	23,5	76,5	58,0	42,0
25, май	32,6	67,4	30,8	69,2	64,6	35,4
1, июнь	36,5	63,5	61,6	38,4	91,9	8,1
6, июнь	13,6	86,4	22,7	77,3	58,2	41,8
14, июнь	20,3	79,7	28,4	71,6	67,3	32,7
15, июнь	12,8	87,2	31,0	69,0	68,8	31,2
22, июнь	38,6	61,4	30,8	69,2	71,1	28,9
Второй блок						
16, май	33,3	66,7	35,3	64,7	69,2	30,8
30, май	46,2	53,8	44,2	55,8	80,3	19,7
20, июнь	25,5	74,5	31,2	68,8	66,8	33,2
26, июнь	17,9	82,1	29,8	70,2	65,8	34,2

\* Угли марки КО с низкой степенью метаморфизма ( $R_{0,n} = 1,04–1,19\%$ );

\*\* Угли марки КС с низкой степенью метаморфизма ( $R_{0,n} = 1,10–1,17\%$ ).

Качество шихты и кокса 1 и 2 блоков ЗАО «РМК»

Период времени 2006 г.	Качество шихты, %											Качество кокса, %									Наименование				
	W <sub>t</sub>	A <sup>d</sup>	S <sup>d</sup> <sub>t</sub>	V <sup>daf</sup>	V <sup>d</sup>	y, мм	R <sub>0,n</sub>	V <sub>t</sub>	σ <sub>R</sub>	σ <sub>ск</sub>	3-0	W <sub>t</sub>	A <sup>d</sup>	V <sup>daf</sup>	K, см <sup>3</sup> /г*С	CRI	CSR	S <sup>d</sup>	M25	M40	M10	T, ч	Номер бат.	Общий уровень перепадов, м	
Первый блок																									
6, май	7,9	8,7	0,53	29,6	27,0	15,0	1,05	67,2	0,251	17,5	77	2,9	11,9	1,2	0,54	38,4	41,7	0,50	86,0		7,8	16,45	8		
6, май	7,9	8,7	0,53	29,6	27,0	15,0	1,05	67,2	0,251	17,5	77	5,0	12,0	1,2	0,37	35,9	45,5	0,49		68,2	8,6	19,45	13-14		
22, май	7,9	9,3	0,50	29,8	27,0	16,0	1,05	67,4	0,226	16,2	79	2,8	12,1	1,2	0,49	37,0	45,9	0,44	87,6		7,0	17,45	7		
25, май	8,1	8,7	0,53	29,6	27,0	16,0	1,06	66,2	0,252	17,4	79	3,7	12,3	1,1	0,41	35,6	48,1	0,51		69,4	8,8	21,45	13-14		
1, июнь	8,1	8,8	0,50	29,4	26,8	16,0	1,05	65,1	0,212	17,0	78	4,6	12,7	1,2	0,37	34,2	50,1	0,49		68,1	8,3	19,45	13-14		
6, июнь	8,0	9,0	0,50	29,5	26,8	16,0	1,07	69,6	0,234	14,0	80	2,9	12,1	1,1	0,45	35,4	47,2	0,50		68,8	8,0	19,45	13-14		
6, июнь	8,0	9,0	0,50	29,5	26,8	16,0	1,07	69,6	0,234	14,0	80	2,9	12,1	1,1	0,36	34,6	48,9	0,50		71,8	7,8	19,45	д.п.№10		
14, июнь	7,9	9,2	0,51	29,2	26,5	16,0	1,06	65,4	0,169	15,6	79	3,1	12,6	1,1	0,32	34,1	50,7	0,50		67,8	8,2	19,45	13-14		
15, июнь	8,1	9,1	0,53	29,7	27,0	16,0	1,04	66,5	0,173	16,2	79	2,9	12,3	1,2	0,30	34,0	47,3	0,50		66,8	9,4	19,45	13-14		
22, июнь	8,0	9,5	0,54	28,6	25,9	16,0	1,06	64,6	0,139	14,6	75	2,7	12,9	1,2	0,43	38,3	41,1	0,48	86,5		8,7	16,45	7		
Второй блок																									
16, май	8,0	9,2	0,53	28,6	26,0	15,0	1,06	64,6	0,223	14,8	79	—	12,1	1,0	0,35	32,7	51,0	0,44	87,1		6,3	15,45	9		
16, май	8,0	9,2	0,53	28,6	26,0	15,0	1,06	64,6	0,223	14,8	79	5,8	12,2	1,1	0,50	35,9	48,6	0,46	83,2		8,6	16,45	3-4		
30, май	8,1	8,9	0,53	28,5	26,0	15,0	1,09	63,9	0,241	16,7	79	—	11,8	1,0	0,35	34,0	48,7	0,40	87,0		7,0	16,45	9		
20, июнь	8,1	8,6	0,58	28,7	26,2	16,0	1,09	66,2	0,244	14,9	79	3,8	12,5	1,2	0,44	37,0	46,1	0,50	83,8		8,6	17,15	3-4		
26, июнь	8,1	8,9	0,52	28,7	26,3	15,0	1,05	65,2	0,221	15,6	77	3,7	12,5	1,1	0,35	36,5	45,5	0,48	83,8		8,4	16,45	1-2		
26, июнь	8,1	8,9	0,52	28,7	26,3	15,0	1,05	65,2	0,221	15,6	77	3,7	12,5	1,1	0,4«	37,5	45,6	0,48	85,0		6,6	16,45	д.п.№4		

Таблица 5

Сравнительный анализ качества шихты ОАО «ММК» и российских производителей

Производители кокса	«НТМК»	«Северсталь»	«ЗСМК»	«НЛМК»	«ММК»
Марочный состав угольной шихты, %					
Г	—	—	—	—	0,3
ГЖО	2,7	12,7	0,4	6,6	2,7
ГЖ	24,6	1,9	8,3	28,7	33,8
Ж	18,6	57,2	31,2	14,6	13,4
КЖ					—
К	10,8	4,0	6,5	9,3	1,6
КО	4,6	5,4	9,3	1,3	11,6*
КСН	2,9	1,9	0,1	5,7	7,4
КС	26,0	13,0	31,3	16,9	12,0*
ОС	9,1	1,8	13,0	15,7	15,1
ТС, СС, Т	0,7	2,1		1,3	2,1
Качество шихты					
A <sup>d</sup> , %	9,2	8,5	8,5	9,7	9,0
S <sup>d</sup> , %	0,52	0,71	0,43	0,48	0,53
V <sup>daf</sup> , %	29,0	29,1	27,2	29,0	29,2
y, мм	16,5	13,9	15,5	15,3	15,7

\* Преобладание углей марки КО и КС с низкой степенью метаморфизма

Таблица 6

Состав, качество зольной шихты и кокса

Номер варианта	Состав шихты по шахтогруппам, %					Качество угольной шихты, %						Качество кокса, %					
	ГЖ+Ж	К+ОС+КО	КС+КСН	ОФ Нерюнгринская	Нефт. Кокс	W <sub>t</sub>	A <sup>d</sup>	V <sup>d</sup>	S <sup>d</sup> <sub>t</sub>	y, мм	Помол	A <sup>d</sup>	S <sup>d</sup> <sub>t</sub>	M <sub>25</sub>	M <sub>10</sub>	CRI	CSR
1						8,2	9,5	26,9	0,55	16	78	11,8	0,52	85,5	10,6	40,1	35,7
2	51	21,7	15,3	7	5	8,2	8,8	26,4	0,71	16	78	11,7	0,56	88,6	9,0	37,0	38,7
3	48	21,7	13,3	7	10	8,2	8,4	25,7	0,81	16	78	11,3	0,78	88,9	9,1	34,5	40,9

Таким образом, все три составляющие основы производственной шихты ОАО «ММК» (спекающая, коксующая и отошающая) представлены значительным количеством низкометаморфизованных углей, формирующих низкие значения показателей CSR и высокие значения показателей CRI промышленного кокса.

Из всего вышеизложенного следует, что сложившаяся структура поставок угольных концентратов для ОАО «ММК» не может обеспечить требуемое качество доменного кокса. Несмотря на сравнимые показатели механической прочности кокса ОАО «ММК» с аналогичными показателями других заводов России, показатели CRI и CSR на фоне тех же предприятий являются неудовлетворительными.

Сравнение марочного состава шихты ОАО «ММК» с другими заводами России показывает (табл. 5), что при изменении структуры поставок, а именно: увеличении поставок концентратов обогатительных фабрик «Абашевская», «Кузнецкая», «Печорская» (марка Ж) до оптимального уровня за счет снижения поставок концентратов обогатительных фабрик «Распадская» (марка ГЖ) и «Анжерская» (марки КО\*, КС\*\*, КСН), можно обеспечить уровень показателей реакционной способности 28–32% и горячей прочности 55–58%. Для решения данной проблемы представляется также целесообразным привлечение в угольную шихту различных добавок – продуктов пиролиза углей и их аналогов не угольного происхождения. В целом, этот процесс носит название «кондиционирование», он достаточно изучен и находит периодическое применение как в отечественной, так и зарубежной практике [5–17].

Учитывая масштабы коксового производства, выбор кондиционирующей добавки является сложной задачей, поскольку помимо прямого назначения она одновременно должна отвечать нескольким требованиям: быть доступной по количеству, цене и не иметь направления более квалифицированного использования. Исходя из мирового баланса энергоносителей [18], в настоящее время и в обозримом будущем таким требованиям могут отвечать только продукты глубокой переработки и пиролиза в нефтеперерабатывающей промышленности – сернистая нефтекоксовая мелочь с содержанием серы от 1,5 до 3,0%.

В связи с этим нами были проведены ящичные коксования угольных шихт, которые показали, что при существующей структуре поставок угольных концентратов добавление в шихту 5% нефтекоксовой мелочи снижает реакционную способность кокса на 3,1% и увеличивает горячую прочность на 3% (табл. 6).

Это согласуется с результатами проведенных ранее опытных доменных плавов на коксе с участием нефтекоксовой мелочи [19].

Вместе с тем следует отметить, что при существующей структуре и качестве угольной сырьевой базы ОАО «ММК» добавка нефтекоксовой мелочи даже в количестве 10% не обеспечивает требуемый уровень показателей качества производственного кокса: CSR ~55,0%, CRI ~32,0%, не говоря уже об уровне современных требований к этим показателям: CSR=60–65% и CRI=23–30% [20].

В связи с этим представляется целесообразным достигать улучшения показателей CSR и CRI кокса одновременно по двум направлениям:

1) за счет изменения структуры поставок угольных концентратов, в которых нет или присутствуют в незначительных количествах низкометаморфизованные угли;

2) за счет добавки в шихту нефтекоксовой мелочи в количестве ~5%.

При этом первое направление, как наиболее эффективное, следует признать приоритетным.

#### Выводы:

1. Для достижения требуемого уровня качества металлургического кокса, снижения его расхода в доменных печах ОАО «ММК» необходимо:

а) изменение структуры поставок угольных концентратов с целью снижения доли низкометаморфизованных углей как в спекающей, так и отошающей части шихты;

б) кондиционирование производственной шихты нефтекоксовой мелочью.

2. Провести опытно-промышленные коксования шихт оптимального состава и качества с различным участием нефтекоксовой мелочи с целью стабилизации качества угольной сырьевой базы ОАО «ММК», обеспечивающей современный уровень показателей CSR и CRI кокса, и заключение на этой основе долгосрочных договоров на поставку требуемого угольного сырья и нефтекоксовой мелочи.

#### Библиографический список

1. Рудыка В.И. Роль и значение технологической базы на нынешнем этапе развития металлургического и коксового производства / Кокс и Химия. 2006. № 6. С. 2–7.
2. Takatomi X. Технология производства кокса в 21-м веке // Kinzoku-Metals and Technology. 1999. Vol. 69. № 6. P. 31–36.
3. Копелиович Л.В. Связь технико-экономических показателей доменной плавки с качеством используемого кокса // Кокс и химия. 1993. № 6. С. 13–16.

4. Киселев Б.П. Состояние сырьевой базы коксования России // Кокс и химия. 2001. № 3. С. 18–26.
  5. Сасаки Масахиро, Омори Масао, Миура Йосиаки и др. Получение кускового кокса: Заявка 2127495 Япония, МКИ 5 С 10 D 57/04.
  6. Исследование особенностей процесса коксования углей с нефтяным коксом / Вдовиченко Н.С., Кокшаров В.Я., Кокшарова М.Е. и др. // Кокс и химия. 1982. № 8. С. 14–17.
  7. Получение литейного кокса из шихты с участием нефтекоксовой мелочи / Унтербергер О.Г., Кокшаров В.Я., Страхов В.М. и др. // Кокс и химия. 1995. № 12. С. 13–17.
  8. Производство, прокатка и направление исследования нефтяного кокса // Материалы совещания, 26–27 января 1999 г. Омск, 1999. 94 с.
  9. Данильян П.Г. Использование и разработка способа производства угленефтяного кокса для цветной металлургии: Автореф. ... дис. канд. техн. наук. М., 1982. 24 с.
  10. Получение литейного кокса в большегрузных печах АКХЗ / Унтербергер О.Г., Страхов В.М., Киселев Б.И. и др. // Кокс и химия. 1994. № 9. С. 16.
  11. О новых направлениях применения нефтяного кокса // Материалы конференции, 10 июня 1999 г. Пермь, 1999. 22 с.
  12. Золотухин Ю.А. Рациональное использование ресурсов углей для коксования // Кокс и химия. 1994. № 2. С. 9–13.
  13. Коксование нетрадиционных угольных шихт в условия коксохимического производства Западно-Сибирского металлургического комбината Гайниева Г.Р., Патрушев А.Н., Хамидулин Ф.З. и др. // Кокс и химия. 1996. № 1. С. 10–12.
  14. Формирование заданных свойств углеродистого восстановителя для электротермических процессов (Обзор) / Улановский М.Л., Должанская Ю.Б., Лихенко А.Н. и др. // Кокс и химия. 2000. № 4. С. 14–20.
  15. Коксование угольных шихт с добавками смолистых отходов / Панченко Н.И., Гуляев В.М., Глущенко Л.И. и др. // Кокс и химия. 1993. № 6. С. 11–13.
  16. Нагорный Ю.С., Гуляев В.М., Глущенко Л.И. Использование смолосодержащих отходов коксохимического производства в шихте для коксования // Кокс и химия. 1993. № 1. С. 12–14.
  17. Опыт использования неспекающихся углей в шихтах для коксования / Плужников А.И., Мирко В.А., Турченкова Л.М. и др. // Кокс и химия. 1993. № 5. С. 2–3.
  18. Кауфман А.А. Химическая технология энергоносителей и углеродных материалов: Введение в специальность. Екатеринбург: ГОУ УГТУ-УПИ, 2001. 57 с.
  19. Теплообмен в доменной печи при работе на коксе, полученном из угольной шихты с нефтекоксовой мелочью / Терентьев В.Л., Пишнограев С.Н., Сибатуллин С.К. и др. // Теплофизика и информатика в металлургии: достижения и проблемы: Труды Междунар. конференции. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2000. С. 45–51.
  20. Grosspietsch K., Lunden H.B., Dauwels G. et al // Revue de metallurgie. C I T. 1999. V. 96. № 10. P. 2–11.
-