

ISSN 0132 – 0890

www.rudmet.ru

ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Издается с 1961 года
(№ 1070)

2.2021


Тема номера: **Прокатка и другие
процессы ОМД
(стр. 16-44)**

<h1>Черные металлы</h1>	Издательский дом «Руда и Металлы»
№ 2 (1070), февраль 2021 г.	Издается с 1961 г.

**Ежемесячный научно-технический и производственный журнал
по актуальным проблемам металлургии и машиностроения**

Учредители:		
Акционерное общество «Издательский дом «Руда и Металлы»	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»	Федеральное бюджетное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова»
При участии:		
ПАО «ММК» ОАО «БМЗ — управляющая компания холдинга «БМК» Государственного Эрмитажа Журнала «Stahl und Eisen»	Официальный информационный орган Федерального УМО «Технологии материалов»	

Редакционный совет:
Председатель редакционного совета: О. Н. Сосковец Главный редактор: В. М. Колокольцев Первый зам. главного редактора: К. Л. Косырев Зам. главного редактора: А. Г. Воробьев, Е. В. Цирульников А. М. Беленький, В. Блек (Германия), Ю. Л. Бобарикин (Беларусь), О. И. Борискин, И. В. Буторина, Р. М. Валеев, Е. П. Волынкина, А. В. Выдрин, С. П. Галкин, Е. А. Голи-Оглу (Дания), Я. М. Гордон (Канада), В. Я. Дашевский, Д. Г. Еланский, Н. А. Зюбан, В. П. Иващенко (Украина), И. Е. Илларионов, Л. М. Капуткина, А. А. Казаков, А. П. Коликов, А. Г. Корчунов, А. В. Кушнарев, И. О. Леушин, В. А. Луценко (Украина), И. П. Мазур, Ю. Ю. Пиотровский, А. Н. Савенок (Беларусь), А. В. Серебряков, И. А. Султангузин, С. С. Ткаченко, А. Я. Травянов, Н. А. Чиченев, М. В. Чукин, П. Шеллер (Германия), Е. А. Яценко
Редакция:
Зам. главного редактора Е. В. Цирульников Редактор Г. Е. Форысенкова

Издатель — АО «Издательский дом «Руда и Металлы» Адрес издателя: 119049, Москва, Ленинский просп., 6, стр. 2, МИСиС, оф. 622 Адрес редакции: • фактический: 119049, Москва, Ленинский проспект 6, стр. 2, МИСиС, оф. 617 • почтовый: 119049, Москва, а/я № 71 Телефон/факс: (495) 955-01-75 Эл. почта: chermet@rudmet.ru, tsirulnikov@rudmet.ru www.rudmet.ru	Ежемесячный научно-технический и производственный журнал по актуальным проблемам металлургии и машиностроения «Черные металлы» № 2 (1070) февраль 2021 г. Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Свидетельство ПИ № ФС77-48681 от 28.02.2012 г.) Товарный знак и название «Черные металлы» являются исключительной собственностью Издательского дома «Руда и Металлы» Отпечатано с предоставленных готовых файлов в типографии «Канцлер» 150044, Россия, Ярославль, ул. Полушкина Роща, 16. стр. 66А. Тел. (4852) 58-76-33. Дата выхода в свет: 26.02.2021. Формат 60×90/8. Печ. л. 9,5. Офсетная печать. Бумага офсетная. Тираж 1000 экз. Цена свободная	За достоверность рекламной информации ответственность несет рекламодатель За достоверность научно-технической информации ответственность несет автор Перепечатка материалов возможна только с письменного разрешения редакции При перепечатке ссылка на «Черные металлы» обязательна «Реклама» — материал публикуется на правах рекламы Публикуемые материалы не обязательно отражают точку зрения редакции и редсовета журнала
	Подписные индексы: 92650 («Роспечать») 12985 («Пресса России»)	ISSN 0132-0890  9 770132 089006 >

СОДЕРЖАНИЕ

Производство чугуна и стали

Д. Р. Ганин, А. Ю. Фукс. Анализ влияния качества кокса на производство чугуна в условиях АО «Уральская сталь» 4

А. Ю. Третьяк, Цян Ван, Чун-Лей Ву, Е. И. Шифрин. Влияние наличия «полки» на внешней поверхности погружного стакана и электромагнитного воздействия в пределах его длины на качественное распределение потоков металла при непрерывной разливке стали 10

Прокатка и другие процессы ОМД

К. А. Котов, Н. Л. Болобанова, Д. В. Нуштаев. Разработка режимов правки горячекатаных полос в целях получения проката для высокотехнологичной обработки 16

А. В. Ивченко. Совершенствование методов контроля механических свойств и надежности стальных стержневых крепежных изделий 21

М. А. Шекшеев, А. Б. Сычков, С. В. Михайлицын, Е. С. Шеметова. Особенности структурообразования и формирования свойств сварных соединений из арматурных сталей классов прочности А500С и В500С 28

Р. Л. Шаталов, В. А. Медведев. Управление свойствами и структурой стальных сосудов охлаждением в различных средах на выходе прокатно-прессовых линий 34

Н. А. Бабайлов, Ю. Н. Логинов, Л. И. Полянский. Характер уплотнения мелкодисперсных материалов при валковом брикетировании в ячейках различной формы 39

Термообработка

О. Б. Крючков, А. В. Крохалев, П. И. Маленко, Л. Г. Саранин. Математический пакет MathConnex для расчета эквивалентного коэффициента теплопроводности рулона ленты 45

Металловедение и металлография

Ю. Б. Сазонов, Д. Ю. Ожерелков, Р. Ш. Латыпов, Е. Е. Горшков. О возможности идентификации изделий из сталей, алюминия, меди и сплавов на их основе по расширенному микропримесному элементному составу 51

Машиностроительные технологии

Д. Б. Белов, О. И. Борискин, С. И. Соловьев. Мелкомодульные червячные фрезы для обработки цилиндрических эвольвентных зубчатых колес 57

В. В. Куц, Д. С. Гридин. Комплексное исследование процесса нарезания винтовых канавок на внутренней поверхности цилиндрической стальной втулки поворотными режущими оправками . . . 63

Экономика и финансы

Н. А. Казакова, В. Г. Когденко. Анализ факторов, оказывающих влияние на уровень экологических рисков компаний черной металлургии 69

Журнал «Черные металлы» по решению ВАК Министерства образования и науки РФ включен в **Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук» по металлургии**

Журнал «Черные металлы» включен в Международную базу данных Chemical Abstracts Service

Журнал «Черные металлы» включен в **Международную базу данных Scopus, II квартиль (2019)** (по версии SCIMAGO)

Журнал «Черные металлы» входит в состав базы **Russian Science Citation Index (RSCI)** на платформе **Web of Science**

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА КОКСА НА ПРОИЗВОДСТВО ЧУГУНА В УСЛОВИЯХ АО «УРАЛЬСКАЯ СТАЛЬ»

Д. Р. ГАНИН, А. Ю. ФУКС*

Целью исследования была проверка соответствия качества кокса, используемого в доменном цехе АО «Уральская Сталь», рекомендуемым в научной литературе требованиям и исследование его влияния на расход кокса и производство чугуна на предприятии. Для исследования была выбрана доменная печь (ДП) № 1 с полезным объемом 1007 м³. Представлены результаты анализа данных о качестве кокса за трехлетний период: содержание золы, летучих веществ и серы в коксе, содержание влаги в коксе, коэффициент однородности кокса, показатели холодной прочности кокса (M_{25} и M_{10}), показатели горячей прочности кокса (CSR) и реакционной способности кокса после его высокотемпературного взаимодействия с CO₂ (CRI). Исследованиями выявлена значительная нестабильность содержания влаги в коксе, влияющая на изменение его расхода, и неоднородность гранулометрического состава кокса, увеличение стабильности и равномерности которых благоприятно повлияло бы на показатели доменного процесса. Установлено, что значения показателей истираемости кокса M_{10} , горячей прочности кокса и реакционной способности кокса не отвечают рекомендациям отечественных и зарубежных ученых. Предложены мероприятия по улучшению качества кокса, реализация которых позволит увеличить производительность доменных печей и снизить расход кокса на тонну чугуна.

Ключевые слова: качество кокса, доменная печь, производство чугуна, однородность кокса, прочность кокса, реакционная способность кокса.

DOI: 10.17580/chm.2021.02.01

Введение

Широко известно влияние качества кокса на результаты работы доменных печей [1, 2]. Так, загрузка в ДП кокса с большими отклонениями по размеру может быть причиной подвисания шихты, сгорания фурм, нарушения температурного режима и равномерности хода печи, снижения ее производительности. Механически непрочный кокс создает предпосылки замусоривания горна коксовой пылью, ухудшает сход шихты в печи, снижая ее газопроницаемость [3]. С показателями механической прочности тесно взаимосвязаны показатели реакционной способности (CRI) и прочности кокса после его высокотемпературного взаимодействия с CO₂ (CSR) [4–6].

В технических отчетах АО «Уральская Сталь» приводятся сведения о содержании золы, летучих веществ, серы и влаги в коксе, расसेве кокса по классам +80, 60–80, 40–60, 25–40, 0–25 мм, коэффициенте однородности, показателях холодной прочности (M_{25} и M_{10}), горячей прочности (CSR) и реакционной способности (CRI) кокса.

* *Новотроицкий филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет МИСиС», Новотроицк, Россия:*

канд. техн. наук Д. Р. Ганин, доцент кафедры металлургических технологий и оборудования;

АО «Уральская Сталь», Новотроицк, Россия:

А. Ю. Фукс, главный специалист технической дирекции по аглококсодоменному производству;

эл. почта: dmrگان@mail.ru

© Ганин Д. Р., Фукс А. Ю., 2021

Цель работы — установить соответствие качества каменноугольного кокса сухого и мокрого тушения, вырабатываемого из низкосернистых (0,3–1,0 %) углей Кузнецкого, Печорского и Южно-Якутского бассейнов и используемого в доменной плавке в АО «Уральская Сталь» рекомендуемым в научной литературе требованиям и исследовать его влияние на расход кокса и производство чугуна на предприятии.

Для этого анализировали влияние показателей качества кокса на его удельный расход и производство чугуна в ДП № 1 полезным объемом 1007 м³ за трехлетний период.

Результаты анализа и их обсуждение

Основные параметры работы ДП № 1 приведены в таблице.

Основные параметры работы ДП № 1	
Параметр, единица измерения	Значение
Производство чугуна, т/сут	1750–2150
Количество дутья, м ³ /мин	1850–2150
Давление дутья, кгс/см ²	2,0–2,2
Температура дутья, °С	980–1020
Давление газов под колошником, кгс/см ²	0,9–1,2
Число работающих фурм, ед.	16
Диаметр воздушных фурм, мм	150

Химический состав получаемых в ней чугуна и шлака следующие.

Химический состав чугуна ДП № 1, %

C	4,2–4,8
Fe	94,49–95,18
Si	0,45–0,55
Mn	0,09–0,15
S	0,015–0,017
P	0,05–0,07
Cr	0,010–0,015

Химический состав шлака ДП № 1

CaO, %	43–44
SiO ₂ , %	41–42
FeO, %	0,25–0,40
MnO, %	0,18–0,25
S, %	0,6–0,83
Al ₂ O ₃ , %	7,5–8,5
MgO, %	6,2–7,2
TiO ₂ , %	0,015–0,023
CaO/SiO ₂ , ед.	1,05–1,10
(CaO + MgO)/SiO ₂ , ед.	1,23–1,28

Содержание золы в коксе, определяемое содержанием ее в коксующихся углях, находится в диапазоне $A = 11,1 \div 12,2$ % (обычно в металлургическом коксе содержание золы находится в пределах от 8 до 13 %) [7].

Содержание летучих веществ в коксе составляет $V = 1,1 \div 1,2$ % (оптимальная величина летучих составляет $0,8 \div 1,2$ % [8], по другим данным, содержание летучих в коксе не должно превышать 1,5 % [9]).

Содержание серы в коксе зависит прежде всего от содержания ее в углях и составляет $S = 0,29 \div 0,56$ %.

Так как влага испаряется на верхних горизонтах печи, то абсолютное значение массовой доли влаги кокса не влияет на работу ДП, а главным фактором, нарушающим тепловую работу ДП, являются колебания влажности кокса [10], значения которой в условиях АО «Уральская Сталь» находятся в диапазоне $W = 2,5 \div 5,7$ %. Таким образом, наблюдается значительная нестабильность массовой доли влаги кокса, влияющая на тепловое состояние ДП, изменение расхода и неоднородность гранулометрического состава кокса.

Равномерность гранулометрического состава используемого на предприятии кокса оценивалась с помощью коэффициента однородности кокса:

$$K = \frac{(60 - 80) + (40 - 60) + (25 - 40)}{(+80) + (-25)},$$

где (+80) — содержание фракции +80 мм в коксе, %;
 (60–80) — содержание фракции 60–80 мм в коксе, %;
 (40–60) — содержание фракции 40–60 мм в коксе, %;
 (25–40) — содержание фракции 25–40 мм в коксе, %;
 (–25) — содержание фракции 0–25 мм в коксе, %.

Коэффициент однородности кокса K изменяется в пределах от 1,4 до 4,1, что свидетельствует о том, что гранулометрический состав используемого в АО «Уральская Сталь» кокса весьма различен, а увеличение его однородности снижает удельный расход кокса и увеличивает производительность ДП [11] (рис. 1).

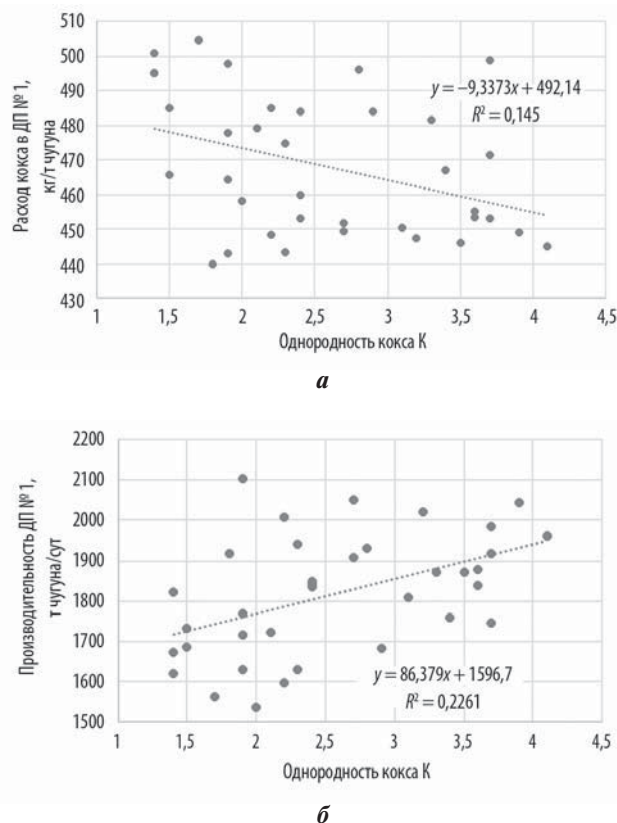


Рис. 1. Влияние коэффициента однородности кокса на удельный расход кокса в ДП № 1 (а) и ее производительность (б)

Качественный кокс, согласно требованиям доменного производства, должен иметь максимальное значение по показателю M_{25} и минимальное значение по показателю M_{10} [12].

Влияние показателей прочности кокса в холодном состоянии: M_{25} (характеризующего сопротивление удару [13]) и M_{10} (относимого к истираемости кокса [13]) на удельный расход кокса и производительность ДП № 1 представлено на рис. 2 и 3.

Значения M_{25} находятся в диапазоне $80,7 \div 85,7$ %, что удовлетворяет требованиям к прочному коксу $M_{25} > 80$ % [14].

По данным работы [15], при повышении прочности кокса по M_{25} на 1 % расход кокса снижается на 0,6 %, а производительность ДП увеличивается на 0,6 %.

Для условий АО «Уральская Сталь» повышение прочности кокса по M_{25} на 1 % снижает удельный расход кокса в ДП № 1 на 1,53 % и увеличивает ее производительность на 3,99 %.

Значения M_{10} находятся в диапазоне $8,6 \div 11,7$ %, тогда как кокс высокого качества должен удовлетворять требованиям: $M_{10} \leq 8$ % (для печей объемом 1000 м³) и $M_{10} \leq 7,5$ % (для печей объемом 2000 м³) [16]. Повышенная истираемость кокса приводит к увеличению количества мелочи и мусора, повышению вязкости шлака, ухудшению газопроницаемости высокотемпературной зоны, повышению степени прямого восстановления из-за пониженной реакционной способности кокса.

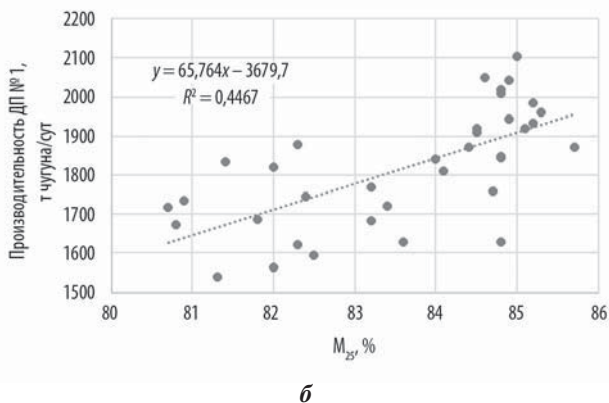
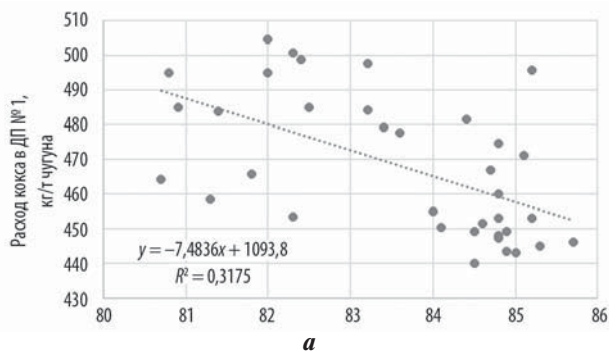


Рис. 2. Влияние M_{25} на удельный расход кокса в ДП № 1 (а) и ее производительность (б)

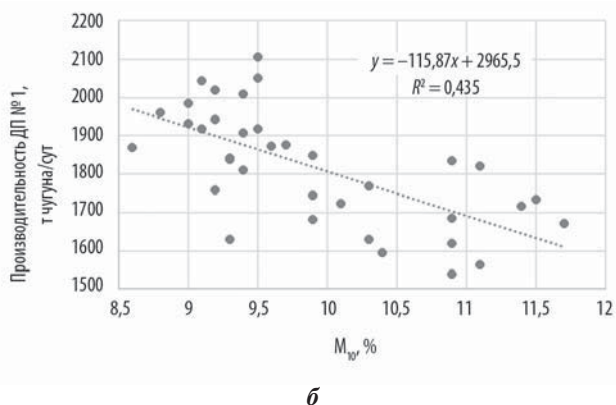
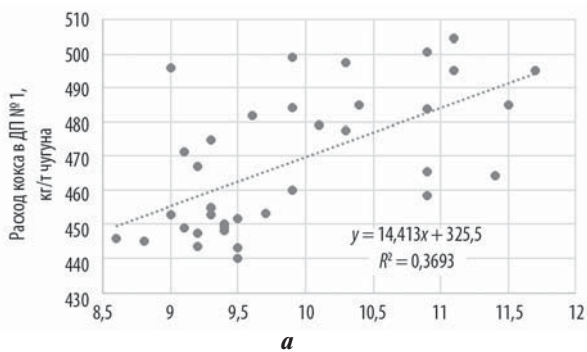


Рис. 3. Влияние M_{10} на удельный расход кокса в ДП № 1 (а) и ее производительность (б)

По данным работы [15], при снижении истираемости кокса по M_{10} на 1 % расход кокса уменьшается на 2,8 %, а производство чугуна увеличивается на 2,8 %.

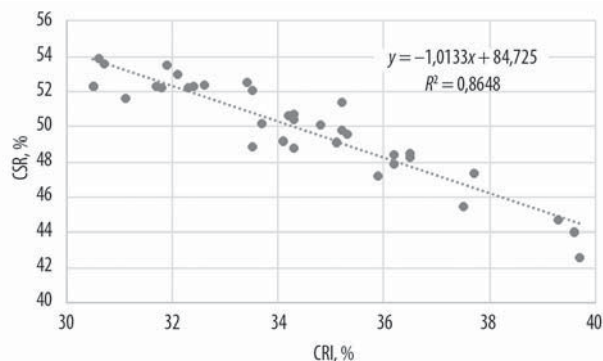


Рис. 4. Взаимосвязь показателей CSR и CRI в условиях АО «Уральская Сталь»

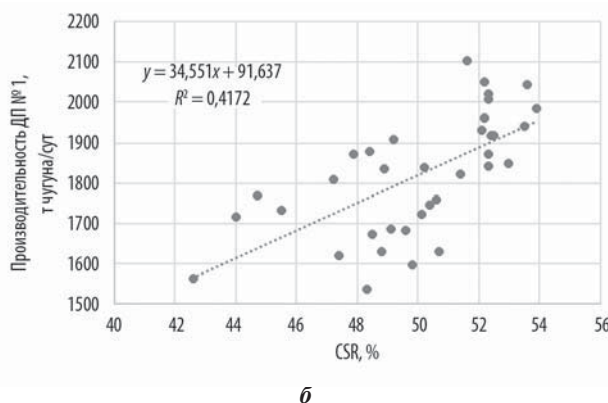
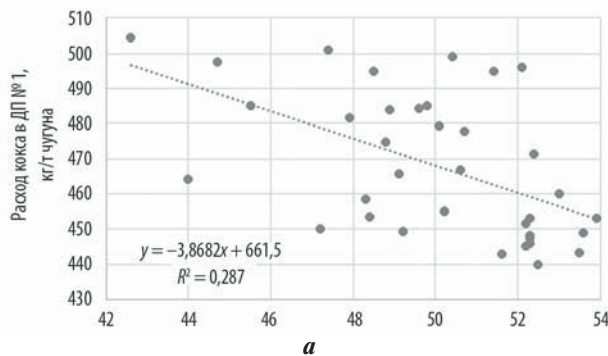


Рис. 5. Влияние горячей прочности кокса CSR на удельный расход кокса в ДП № 1 (а) и ее производительность (б)

Для условий АО «Уральская Сталь» при снижении истираемости кокса по M_{10} на 1 % удельный расход кокса в ДП № 1 снижается на 3,07 %, а ее производительность увеличивается на 6,41 %.

Показатели M_{25} и M_{10} линейно взаимосвязаны [12]. Установлена взаимосвязь между показателями механической прочности и показателями реакционной способности и прочности кокса после его высокотемпературного взаимодействия с CO_2 [3]. С показателем M_{10} взаимосвязан показатель CSR [3]. Кроме того, установлена тесная взаимосвязь CSR и CRI между собой [17–19], которая подтверждается и в условиях АО «Уральская Сталь» (рис. 4).

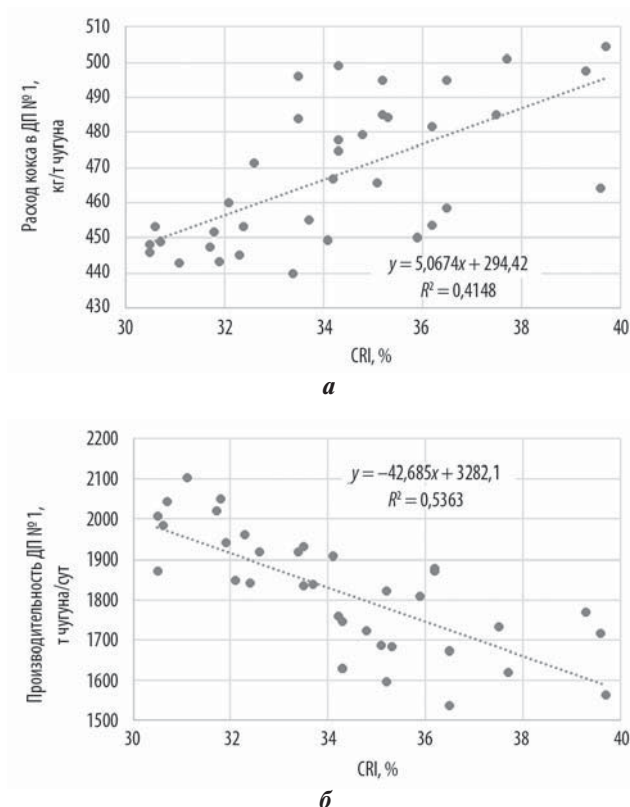


Рис. 6. Влияние реакционной способности кокса CRI на удельный расход кокса в ДП № 1 (а) и ее производительность (б)

Влияние горячей прочности кокса CSR на удельный расход кокса и производительность ДП № 1 приведено на рис. 5.

Оптимальные значения показателей CSR и CRI составляют: CSR \geq 58 % и CRI \leq 28 % (для печей объемом 1000 м³); CSR \geq 60 % и CRI \leq 26 % (для печей объемом 2000 м³) [3, 17]. Значения показателя CSR в исследуемый период находятся в диапазоне 42,6÷53,9 %, что не отвечает требованиям оптимальных значений.

По данным работы [15], при повышении прочности кокса по показателю CSR на 1 % расход кокса уменьшается на 0,7 %, а производство чугуна увеличивается на 0,7 %.

Для условий АО «Уральская Сталь» при повышении прочности кокса по показателю CSR на 1 % удельный расход кокса снижается на 0,79 %, а производительность ДП № 1 увеличивается на 2,14 %.

С ростом CSR уменьшается разрушение кокса в высокотемпературных зонах ДП, улучшается газопроницаемость столба шихтовых материалов, повышается производительность печи, уменьшается расход кокса на выплавку чугуна.

Влияние реакционной способности кокса CRI на удельный расход кокса и производительность ДП № 1 приведено на рис. 6.

Уровень показателя CRI в исследуемый период находится в диапазоне 30,5÷39,7 %, что не отвечает требованиям оптимальных значений.

Для условий АО «Уральская Сталь» при снижении показателя CRI на 1 % удельный расход кокса снижается на 1,1 %, а производительность ДП № 1 увеличивается на 2,28 %.

Оценить производительность ДП можно также с помощью уравнения регрессии:

$$Pr = -2600,94 + 18,65 CSR + 41,71 M_{25} (R = 0,713),$$

где Пр — производительность ДП № 1, т чугуна/сут; CSR — горячая прочность кокса, %; M₂₅ — показатель механической прочности кокса, %.

Экономический эффект от снижения расхода кокса составит:

- при увеличении коэффициента однородности кокса K на 1 % 258,12 млн р.;
- при увеличении горячей прочности кокса CSR на 1 % 94,45 млн р.;
- при снижении реакционной способности кокса CRI на 1 % 131,52 млн р.

Улучшить качество кокса в АО «Уральская Сталь» по его однородности и горячей прочности можно стабилизацией гранулометрического состава кокса за счет: установки в желобах отбойных плит [16]; воздействия на кокс регламентированным давлением непосредственно на грохоте [16]; монтажа специального механизма для додробливания фракции +80 мм, например двухвалковой дробилки с рифлеными валками.

Для обеспечения низкой реакционной способности кокса необходимо жестко контролировать содержание щелочей (не более 0,2 %) и сульфидной серы. Данные элементы ослабляют структуру кокса.

Выводы

1. Качество кокса, используемого в доменной плавке в АО «Уральская Сталь», соответствует рекомендуемым в научной литературе требованиям по содержанию золы, летучих веществ, значениям показателя M₂₅.

2. Наблюдается значительная нестабильность массовой доли влаги кокса и неоднородность его гранулометрического состава, при этом качество кокса не соответствует рекомендуемым в научной литературе требованиям по значениям показателей истираемости кокса M₁₀, горячей прочности кокса CSR и реакционной способности кокса CRI.

3. В результате исследования влияния качества кокса на его расход и производство чугуна в ДП № 1 АО «Уральская Сталь» установлено следующее:

- увеличение однородности гранулометрического состава кокса снижает его удельный расход ($R^2 = 0,145$; $R = 0,3808$ — связь слабая) и увеличивает производительность печи ($R^2 = 0,2261$; $R = 0,4755$ — связь слабая);
- повышение прочности кокса по M₂₅ на 1 % снижает удельный расход кокса на 1,53 % ($R^2 = 0,3175$;

$R = 0,5635$ — связь средняя) и увеличивает производительность печи на 3,99 % ($R^2 = 0,4467$; $R = 0,6683$ — связь средняя);

– уменьшение истираемости кокса по M_{10} на 1 % снижает удельный расход кокса на 3,07 % ($R^2 = 0,3693$; $R = 0,6077$ — связь средняя) и увеличивает производительность печи на 6,41 % ($R^2 = 0,435$; $R = 0,6595$ — связь средняя);

– повышение прочности кокса по показателю CSR на 1 % снижает удельный расход кокса на 0,79 % ($R^2 = 0,287$; $R = 0,5357$ — связь средняя) и увеличивает производительность печи на 2,14 % ($R^2 = 0,4172$; $R = 0,6459$ — связь средняя);

– уменьшение показателя CRI на 1 % снижает удельный расход кокса на 1,1 % ($R^2 = 0,4148$; $R = 0,6440$ — связь средняя) и увеличивает производительность печи на 2,28 % ($R^2 = 0,5363$; $R = 0,732$ — связь высокая). **ЧМ**

Библиографический список

1. Gu K., Wu Sh., Kou M., Zhou H., Wang L. et al. Influence of Coke Quality on Main Technical Indexes of Blast Furnace // TMS 2018: 9th International Symposium on High-Temperature Metallurgical Processing. The Minerals, Metals & Materials Series. 2018. P. 745–752. DOI: 10.1007/978-3-319-72138-5_71
2. Дмитриев А. Н. Формирование качества кокса за счет изменения состава угольной шихты для кокования, влияния качества кокса на его расход в доменной плавке и производительность // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 4. С. 40–44.
3. Малыгин А. В., Мальцев В. А., Видуецкий М. Г. Рудоподготовительные процессы в плавильном производстве. — Екатеринбург : ООО АМК «День РА», 2016. — 445 с.
4. Мучник Д. А., Кассим Д. А., Лялюк В. П., Шмельцер Е. О. Качество кокса и перспективы доменной плавки. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 228 с.
5. Штафиев Н. С., Чевычелов А. В., Гридасов В. П., Пишнограев С. Н., Степанов Е. Н. и др. Исследование влияния реакционной способности и горячей прочности кокса на показатели работы доменных печей Магнитогорского металлургического комбината // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2009. № 3. С. 29–32.

6. Степанов Е. Н., Мезин Д. А., Шашков О. А., Мельников И. И., Рослый А. Ю. и др. Оценка факторов, влияющих на формирование показателей качества кокса CSR и CRI // Сталь. 2009. № 10. С. 9–11.
7. Ефименко Г. Г., Гиммельфарб А. А., Левченко В. Е. Металлургия чугуна. — Киев : Выща школа, 1988. — 351 с.
8. Бабарыкин Н. Н. Теория и технология доменного процесса. — Магнитогорск : ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. — 257 с.
9. Вегман Е. Ф., Жеребин Б. Н., Похвиснев А. Н., Юсфин Ю. С., Курунов И. Ф. и др. Металлургия чугуна / под ред. Ю. С. Юсфина. — М. : ИКЦ «Академкнига», 2004. — 774 с.
10. Леонтьев Л. И., Юсфин Ю. С., Малышева Т. Я., Шумаков Л. С., Травянов А. Я. и др. Сырьевая и топливная база черной металлургии. — М. : ИКЦ «Академкнига», 2007. — 304 с.
11. Sibagatullin S. K., Kharchenko A. S., Savchenko G. Yu., Beginyuk V. A. Blast furnace performance improved through optimum radial distribution of materials at the top while changing the charging pattern // CIS Iron and Steel Review. 2018. Vol. 16. P. 11–14. DOI: 10.17580/cisirs.2018.02.02
12. Смирнов А. Н., Алексеев Д. И. Анализ математических моделей по управлению показателями качества кокса M_{25} , M_{10} , применяемых на коксохимических предприятиях России // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 2. С. 164–179. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-2-166-181
13. Бигеев В. А., Вдовин К. Н., Колокольцев В. М., Салганик В. М., Субагатуллин С. К. и др. Основы металлургического производства / под общ. ред. В. М. Колокольцева. — СПб. : Лань, 2017. — 616 с.
14. Тарасов В. П., Тарасов П. В. Теория и технология доменной плавки. — М. : Интермет-Инжиниринг, 2007. — 384 с.
15. Товаровский И. Г., Меркулов А. Е. Нормативная оценка влияния параметров доменной плавки на расход кокса и производительность // Металлургия чугуна — вызовы XXI века : Тр. VIII Международного конгресса доменщиков. — М. : Издательский дом «Кодекс», 2017. С. 111–122.
16. Мучник Д. А., Бабанин В. И. Возможности улучшения качества кокса вне печной камеры. — М. : Инфра-Инженерия, 2014. — 368 с.
17. Ghosh B., Sahoo B. K., Chakraborty B., Manjhi K. K., Das S. K. et al. Influence of coke structure on coke quality using image analysis method // International Journal of Coal Science & Technology. 2018. Vol. 5. P. 473–485. DOI: 10.1080/197392699.2017.1340883
18. Sarenčičova J., Klika Z., Kolomazník I., Bartoňnová L., Baran P. Relationships among coking and related cokes characteristics: a statistical evaluation // Acta Geodyn. Geomater. 2018. Vol. 15. No. 3. P. 311–322. DOI: 10.13168/AGG.2018.0023
19. Kardas E., Pustějovska P. Quality of coke used in blast furnace process— Analysis of selected parameters // QPI. 2019. Vol. 1, Iss. 1. P. 602–609.

DOI: 10.17580/chm.2021.02.01

“CHERNYE METALLY”, 2021, No. 2, pp. 4–9

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF COKE QUALITY ON THE PRODUCTION OF PIG IRON IN THE CONDITIONS OF JSC “URAL STEEL”

D. R. Ganin¹, Cand. Eng., Associate Prof., Dept. of Metallurgical Technologies and Equipment;

A. Yu. Fuks², Chief Specialist for Sintering and Coking Production, Technical Directorate

¹ Novotroitsk branch of the National University of Science and Technology (Novotroitsk, Russia)

² “Ural Steel” JSC (Novotroitsk, Russia)

E-mail: dmrغان@mail.ru

Abstract: The purpose of the study was to conformity of the quality of coke used in the blast-furnace shop of JSC “Ural Steel” meets the requirements recommended in the scientific literature, and to study its impact on the consumption of coke and the production of pig iron at the enterprise. For the study, the blast furnace № 1 with a useful volume of 1007 m³ and the blast furnace No. 4 with a useful volume of 2002 m³ were selected. The results of the analysis of data

on the quality of coke over a three-year period: ash content, volatile matter and sulphur in the coke, the moisture content in the coke, the coke uniformity coefficient, indicators of the cold strength of coke (M_{25} and M_{10}), indicators of coke hot strength (CSR) and reactivity of coke after high-temperature interaction with CO₂ (CRI). Studies have revealed significant instability of the moisture content in the coke, which affects the change in its consumption, and heterogeneity of the granulometric composition of the coke, increasing the stability and uniformity of which would favorably affect the indicators of the blast furnace process. It was found that the values of the indicators of M_{10} coke attrition, hot strength of coke (CSR) and reactivity of coke (CRI) do not meet the recommendations of domestic and foreign scientists. Measures are proposed to improve the quality of coke, the implementation of which will increase the productivity of blast furnaces and reduce the consumption of coke per ton of pig iron.

Key words: coke quality, blast furnace, pig iron production, coke uniformity, coke cold strength, coke reactivity, coke hot strength

References:

1. Gu K., Wu Sh., Kou M., Zhou H., Wang L., Yao Sh., Du B. Influence of Coke Quality on Main Technical Indexes of Blast Furnace. TMS 2018:

- 9th International Symposium on High-Temperature Metallurgical Processing. *The Minerals, Metals & Materials Series*. 2018. pp. 745–752.
- Dmitriev A. N. Formation of coke quality by changing composition of the coal charge for coking, influence of coke quality on its consumption in blast furnace smelting and productivity. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tekhnicheskoy i ekonomicheskoy informatsii*. 2018. No. 4. pp. 40–44.
 - Malygin A. V., Maltsev V. A., Viduetskiy M. G. Ore preparation processes in smelting production. Ekaterinburg: OOO AMK "Den RA", 2016. 445 p.
 - Muchnik D. A., Kassim D. A., Lyalyuk V. P., Shmeltser E. O. Coke quality and prospects of blast-furnace smelting. Vologda: Infra-Inzheneriya, 2020. 228 p.
 - Shtafienko N. S., Chevychelov A. V., Gridasov V. P., Pishnograev S. N., Stepanov E. N. et. al. Study of influence of reactivity and hot strength of coke on performance of blast furnaces at the Magnitogorsk Iron and Steel Works. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tekhnicheskoy i ekonomicheskoy informatsii*. 2009. No. 3. pp. 29–32.
 - Stepanov E. N., Mezin D. A., Shashkov O. A., Melnikov I. I., Roslyi A. Yu. et. al. Assessment of factors affecting the formation of CSR and CRI coke quality indicators. *Stal*. 2009. No. 10. pp. 9–11.
 - Efimenko G. G., Gimmelfarb A. A., Levchenko V. E. Iron metallurgy. Kiev: Vyshcha shkola, 1988. 351 p.
 - Babarykin N. N. Blast furnace theory and technology. Magnitogorsk: GOU VPO "MGU", 2009. 257 p.
 - Vegman E. F., Zherebin B. N., Pokhvisnev A. N., Yusfin Yu. S., Kurunov I. F. et. al. Iron metallurgy. Edited by Yu. S. Yusfin. Moscow: IKTs "Akademkniga", 2004. 774 p.
 - Leontev L. I., Yusfin Yu. S., Malysheva T. Ya., Shumakov L. S., Travyanov A. Ya. et. al. Raw materials and fuel base of ferrous metallurgy. Moscow: IKTs "Akademkniga", 2007. 304 p.
 - Sibatullin S. K., Kharchenko A. S., Savchenko G. Yu., Beginyuk V. A. Blast furnace performance improved through optimum radial distribution of materials at the top while changing the charging pattern. *CIS Iron and Steel Review*. 2018. Vol. 16. pp. 11–14.
 - Smirnov A. N., Alekseev D. I. Analysis of mathematical models for management of M_{25} , M_{10} coke quality indicators used at coke plants in Russia. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2018. Vol. 22. No. 2. pp. 164–179.
 - Bigeev V. A., Vdovin K. N., Kolokoltsev V. M., Salganik V. M., Sibagatullin S. K. et. al. Basics of metallurgical production. Edited by V. M. Kolokoltsev. Saint-Petersburg: Lan, 2017. 616 p.
 - Tarasov V. P., Tarasov P. V. Blast furnace theory and technology. Moscow: Intermet-Inzhiniring, 2007. 384 p.
 - Tovarovskiy I. G., Merkulov A. E. Regulatory assessment of influence of blast-furnace smelting parameters on coke consumption and productivity. *Iron metallurgy — challenges of the XXI century: Proceedings of the VIII International blast furnace congress*. Moscow: Izdatelskiy dom "Kodeks", 2017. pp. 111–122.
 - Muchnik D. A., Babanin V. I. Possibilities for improving the coke quality outside an oven chamber. Moscow: Infra-Inzheneriya, 2014. 368 p.
 - Ghosh B., Sahoo B. K., Chakraborty B., Manjhi K. K., Das S. K. et al. Influence of coke structure on coke quality using image analysis method. *International Journal of Coal Science & Technology*. 2018. Vol. 5. pp. 473–485.
 - Sarenčišova J., Klika Z., Kolomaznik I., Bartoňnová L., Baran P. Relationships among coking and related cokes characteristics: a statistical evaluation. *Acta Geodyn. Geomater*. 2018. Vol. 15. No. 3. pp. 311–322.
 - Kardas E., Pustějovska P. Quality of coke used in blast furnace process — Analysis of selected parameters. *QPI*. 2019. Vol. 1, Iss. 1. pp. 602–609.

Сварка алюминиевых сплавов

Дриц А. М., Овчинников В. В.

Представлен анализ механических и физико-химических свойств алюминия и его сплавов; описаны особенности свариваемости деформируемых алюминиевых сплавов; приведены современные взгляды на механизмы образования пор, оксидных включений и горячих трещин в сварных соединениях; описаны характеристики свариваемости, механические свойства сварных соединений при статическом и динамическом нагружениях, а также при контакте с агрессивной средой; приведены данные о сварочном оборудовании и критериях его выбора для изготовления конструкций из алюминиевых сплавов.

Книга будет полезна для инженерно-технических и научных работников, магистров и аспирантов, занимающихся вопросами металловедения и сварки алюминиевых сплавов.

Издание 2-е, переработанное и дополненное.

Страницы: 476
Переплет: твердый
Год издания: 2020



На правах рекламы

По вопросам приобретения книги обращайтесь:
119049, Москва, Ленинский проспект, д.6, стр. 2
(НИТУ МИСиС, "А"-корпус), 6-й этаж, офис 624.
E-mail: books@rudmet.ru
Тел.: (495) 955-01-75



«Руда и Металлы»
Издательский дом