

МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ

УДК 669.162.16

Сibaгатуллин С.К., Харченко А.С., Теплых Е.О., Степанов Е.Н., Мезин Д.А., Фетисов В.Б.

ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОКСОВОГО ОРЕШКА РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Представлены результаты исследований прочностных характеристик, реакционной способности и показателей технического анализа коксового орешка различного вида. Орешек, выделенный из вновь испеченного кокса, содержит на 20% больше фракции 19–25 мм по сравнению с полученным путем отсева у доменной печи.

Коксовый орешек сухого тушения имеет более высокую холодную и горячую прочность, повышенное содержание углерода, пониженную реакционную способность по сравнению с орешком мокрого тушения.

Ключевые слова: коксовый орешек, холодная прочность и горячая прочность, реакционная способность.

The results of researches of strength characteristics, reactivity and indicators of technical analysis of coke nut of various types are presented here. The coke nut, selected from the newly baked coke, contains 20% more fraction of 19–25 mm compared to the coke nut received by dropping from the blast furnace.

The coke nut of dry extinguishing has higher cold and hot strength, increased carbon content, the lower reactivity compared to the coke nut of wet extinguishing.

Key words: coke nut, drainage capacity, coke.

В доменную плавку коксовый орешек может поступать различного вида: выделенный из вновь испеченного кокса или отсеянный у печи, сухого или мокрого тушения. От показателей его качества зависит допустимый расход и эквивалент замены кокса [1,2]. В связи с этим определили показатели технического анализа, ситовый состав, холодную и горячую прочности.

Ситовый состав

Коксовый орешек содержит более 50% фракции 19–25 мм (табл. 1). Это выше средних величин эквивалентной по поверхности крупности агломерата и окатышей. Поэтому использование орешка может способствовать улучшению газопроницаемости шихты в верхней части печи [3].

Таблица 1

Ситовый состав коксового орешка различного происхождения

Вид коксового орешка	Содержание (%) по классам крупности (мм)			
	22,4-25	19-22,4	13-19	10-13
Отсеянный из вновь испеченного кокса: сухого тушения	30,9	42,1	22,2	4,8
мокрого тушения	29,7	40,6	23,9	5,8
Отсеянный у доменной печи: сухого тушения	25,3	30,7	34,8	9,2
мокрого тушения	22,1	26,4	38,7	12,8

Из табл. 1 видно, что орешек, выделенный из вновь испеченного кокса, содержит на 20% больше фракции 19–25 мм по сравнению с полученным путем отсева у доменной печи.

Холодная прочность

Ее характеризовали структурной прочностью, определяемой по ГОСТ 9521-74, и результатами испытаний в галтовочном барабане, используемом при вычислении горячей прочности CSR. Полученные

данные (табл. 2) свидетельствуют о том, что самой прочной является фракция 25–40 мм. Несколько уступает ей в прочности класс 10–25 мм. Структурная прочность кокса сухого тушения выше, чем мокрого. Средневзвешенные величины структурной прочности металлургического кокса сухого и мокрого тушения составили 80,4 и 78,7% соответственно. Средневзвешенная структурная прочность скипового кокса сухого тушения составила 79,8%, мокрого – 78%, то есть она была меньше прочности орешка.

Таблица 2

Структурная прочность кокса по фракциям, %

Фракция, мм	Вид кокса			
	Вновь испеченный		Отсеянный у доменной печи	
	сухого тушения	мокрого тушения	сухого тушения	мокрого тушения
> 80	77,5	75,8	–	–
60-80	79,7	77,6	–	–
40-60	80,5	78,9	–	–
25-40	86,9	86,1	87,0	86,6
10-25	86,2	85,5	86,7	85,8

Для определения холодной прочности в галтовочном барабане отбирали пробу исследуемого материала крупностью 19–22,4 мм, массой 0,2 кг, которую помещали в галтовочный барабан с частотой вращения 20 об/мин. Испытание длилось 30 мин, затем в течение 10 мин на вибрационном грохоте (ситане) отсеивали материал крупностью менее 9,5 мм. Надрешетный продукт взвешивали и определяли его количество в процентном соотношении от загруженной массы ($M_{>9,5}$, табл. 3). Для оценки стабильности этого показателя при последующих разрушениях оставшуюся массу коксового орешка снова поместили в галтовочный барабан и подвергли его аналогичному испытанию. Полученный результат представлен в табл. 3 показателем $M_{>9,5}$ (повторно).

Таблица 3

Холодная прочность коксового орешка, определенная в галтовочном барабане, %

Показатель	Вид коксового орешка			
	Вновь испеченный		Отсеянный у доменной печи	
	сухого тушения	мокрого тушения	сухого тушения	мокрого тушения
M _{>9,5}	83,8	80,1	84,6	80,8
M _{>9,5} (повторно)	90,5	89,9	91,8	90,4

Из табл. 3 видно, что класс кокса 10–25 мм сухого тушения имеет более высокую холодную прочность по сравнению с этим же классом мокрого тушения. Орешек, выделенный из вновь испеченного кокса, больше истирается по сравнению с орешком из отсева на доменных печах.

Коксовый орешек, испытанный в галтовочном барабане, повторно обладает меньшей истираемостью.

Горячая прочность и реакционная способность

Реакционную способность CRI и горячую прочность CSR определяли в соответствии с ГОСТ Р50921-2005. Константу скорости реакции взаимодействия углерода с CO₂ (PCK) – по ГОСТ 10089-89.

Кокс фракции 25–40 мм имеет минимальную реакционную способность и максимальную горячую прочность, а класс 10–25 мм, наоборот, минимальную CSR и максимальную CRI (табл. 4).

Таблица 4

Реакционная способность и горячая прочность кокса по фракциям

Параметры	Фракция, мм				
	>80	60-80	40-60	25-40	10-25
Кокс сухого тушения: CRI, %	30,3	30,0	29,5	29	30,7
CSR, %	57,9	58,4	59,5	60,7	56,9
PCK, см ³ /(г·с)	0,27	0,26	0,24	0,22	0,29
Кокс мокрого тушения: CRI, %	31,7	31,5	31,1	30,5	32,1
CSR, %	55,9	56,2	57	58,2	55,1
PCK, см ³ /(г·с)	0,36	0,35	0,33	0,30	0,38
Кокс сухого тушения, отсеянный у доменной печи: CRI, %	–	–	–	29,3	31,0
CSR, %	–	–	–	60,1	56,4
PCK, см ³ /(г·с)	–	–	–	0,23	0,30
Кокс мокрого тушения, отсеянный у доменной печи: CRI, %	–	–	–	30,7	31,9
CSR, %	–	–	–	57,8	55,5
PCK, см ³ /(г·с)	–	–	–	0,31	0,37

В металлургическом коксе сухого тушения значения CSR и CRI составили 58,4 и 30 % соответственно (табл. 5). В коксе мокрого тушения горячая прочность была несколько меньше (56,2 %), реакционная способность выше (31,5 %).

Таблица 5

Реакционная способность и горячая прочность металлургического кокса и коксового орешка, %

Показатель	Металлургический кокс		Коксовый орешек			
			Вновь испеченный		Отсеянный у доменной печи	
	сухого тушения	мокрого тушения	сухого тушения	мокрого тушения	сухого тушения	мокрого тушения
CRI, %	30	31,5	31,2	32,3	31	32,1
CSR, %	58,4	56,2	55,9	54,8	56,4	55,1
PCK, см ³ /(г·с)	0,26	0,35	0,31	0,39	0,30	0,38

Технический анализ

Влажность кокса определяли по ГОСТ 27588-91, зольность – по ГОСТ 11022-95, содержание летучих по ГОСТ 6382-2001, серы по ГОСТ 8606-93. Полученные результаты анализа приведены в табл. 6 и 7.

Таблица 6

Содержание компонентов в металлургическом коксе и коксовом орешке по техническому анализу, %

Показатель	Металлургический кокс		Коксовый орешек			
			КХП		Рассев у доменной печи	
	сухого тушения	мокрого тушения	сухого тушения	мокрого тушения	сухого тушения	мокрого тушения
A ^d	11,8	12,9	13,1	13,7	13,0	13,5
V ^{daf}	1,3	1,4	1,5	1,7	1,6	1,9
W ^r	0,2	9,2	0,3	16,4	0,2	12
C	83,85	83,21	83,18	82,88	83,64	82,13
S	0,59	0,60	0,55	0,60	0,59	0,60

Таблица 7

Содержание компонентов в различных по крупности фракциях кокса, %

Параметры	Фракция, мм				
	>80	60-80	40-60	25-40	10-25
Кокс сухого тушения: A ^d	12,4	12,8	12,8	13	13,2
V ^{daf}	1,4	1,2	1,1	1,1	1,5
W ^r	–	–	–	–	–
C	83,9	83,71	83,68	83,69	83,57
S	0,48	0,51	0,55	0,51	0,51
Кокс мокрого тушения: A ^d	12,9	13,1	12,7	13,1	13,3
V ^{daf}	1,4	1,6	1,3	1,4	1,9
W ^r	2,84	6,52	7,08	13,84	16,1
C	83,67	83,03	83,23	82,73	82,65
S	0,48	0,54	0,56	0,57	0,55
Кокс сухого тушения, отсеянный у доменной печи: A ^d	–	–	–	13,1	13,8
V ^{daf}	–	–	–	1,1	1,7
W ^r	–	–	–	–	–
C	–	–	–	82,77	82,31
S	–	–	–	0,59	0,6
Кокс мокрого тушения, отсеянный у доменной печи: A ^d	–	–	–	13,5	14,3
V ^{daf}	–	–	–	1,6	1,9
W ^r	–	–	–	9,1	11,8
C	–	–	–	81,92	81,57
S	–	–	–	0,59	0,60

Согласно табл. 7 с уменьшением крупности кокса в нем увеличивается содержание золы и летучих, повышается влажность, уменьшается содержание углерода.

Кокс класса 10–25 мм по сравнению с металлургическим коксом имеет пониженное содержание углерода, повышенное – влаги, золы и летучих. Орешек сухого тушения по сравнению с орешком мокрого тушения обладает меньшим содержанием золы, летучих, серы и большим – углерода.

Заключение

Коксовый орешек сухого тушения имеет более высокую холодную и горячую прочность, повышенное содержание углерода, пониженную реакционную способность по сравнению с орешком мокрого тушения.

Орешек, выделенный из вновь испеченного кокса, содержит на 20% больше фракции 19–25 мм по сравнению с полученным путем отсева у доменной печи.

Кокс класса 10–25 мм по сравнению с металлургическим коксом обладает более высокой холодной прочностью, повышенной реакционной способностью и пониженной горячей прочностью.

Список литературы

1. Результаты использования в доменной печи коксового орешка с одновременным улучшением качества скипового кокса / Сибатуллин С.К., Харченко А.С., Полинов А.А., Семенов М.А., Бегинюк В.А. // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2010. № 2. С. 24–27.
2. Об условиях, необходимых для эффективного использования коксового орешка в шихте доменной печи / А.С. Харченко, Е.О. Теплых, А.А. Полинов, С.А. Гришечкин, М.А. Семенов, В.Л. Терентьев // Теория и технология металлургического производства : межрегион. сб. науч. трудов. № 10. Магнитогорск : ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. С. 26–30.
3. Кузин А.В. Коксовый орешек – компенсирующее мероприятие для улучшения газопроницаемости «сухой» зоны доменной печи. Донецк : Наука Праці Донецк. нац. ун-та, 2007. № 9. С. 31–41.

Bibliography

1. The results of the use of coke nut with the simultaneous improvement of the skip coke quality in a blast furnace / Sibagatullin S.K., Kharchenko A.S., Polinov A.A., Semenyuk M.A., Beginyuk V.A. // Vestnik MSTU named after G.I. Nosov. 2010. № 2. P. 24–27.
2. Kharchenko A.S., Teplykh E.O. Polinov A.A. and others. About conditions needed for the efficient use of coke nut in the burden of a blast furnace. Interregional collection of scientific papers. Theory and technology of metallurgical production № 10. Magnitogorsk MSTU named after G.I. Nosov, 2010. P. 26–30.
3. Kuzin A.V. Coke nut – the compensating event to improve the gas permeability of the «dry» zone of a blast furnace. Science Pratsi. Donetsk: National University, 2007. № 9. P. 31–41.

УДК 541.12.036:628.74

Черчинцев В.Д., Савина Ю.Е.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АБСОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ УЛАВЛИВАНИЯ ДИОКСИДА СЕРЫ ИЗ ГАЗОВ АГЛОМЕРАЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Абсорбционные методы очистки отходящих газов от сернистых соединений в современной металлургии получили широкое распространение. В чёрной металлургии, а особенно в агломерационном производстве, важной проблемой является очистка отходящих газов от диоксида серы. В течение последних десятилетий ведётся поиск эффективных методов очистки газов. Полый форсуночный абсорбер, орошаемый известковым раствором, является наиболее перспективным. Однако такие проблемы, как зарастание оборудования, коррозионный и эрозийный износ форсунок, где в качестве поглотителя используется известковая суспензия, не были решены до конца. При решении проблемы зарастания стенок скруббера и форсунок необходимо использовать добавки в поглотительный раствор – природные и аминовые кислоты, адипиновую кислоту, тиосульфат натрия, оксид магния и другие.

Ключевые слова: загрязнение, очистка газов, диоксид серы, абсорбер, абсорбция, форсунок.

Absorption methods of the off-gases purification from sulfur compounds are widespread in modern metallurgy. The cleaning of the off-gases from sulfur dioxide is an important problem in the siderurgy, especially in the agglomeration production. In recent decades we have been searching for the effective methods of gases purification. The hollow spray absorber, irrigated with lime mortar is the most promising one, but there is still no solution for such problems as the overgrowing of the equipment, and corrosive and erosive wear of nozzles, where the lime slurry is used as the absorber. To solve the problem of the overgrowing of the walls of the scrubber and nozzles it is necessary to use additives in absorption solution - the natural and amino acids, adipic acid, sodium thiosulfate, magnesium oxide, and others.

Key words: pollution, gas cleaning, sulfur dioxide, scrubber, absorption, nozzles.

В чёрной металлургии, а особенно в агломерационном производстве, важной проблемой является очистка отходящих газов от диоксида серы. При превышении концентрации диоксида серы в воздухе выше нормы возрастает число смертельных случаев, в первую очередь среди людей старшего поколения и лиц, страдающих заболеваниями дыхательных путей. Кроме того, диоксид серы в присутствии 3-4 бенз(а)пирена вызывает раковые опухоли. Таким образом, диоксид серы является ко-канцерогеном (т.е. веществом, усиливающим действие канцерогена).

В течение последних десятилетий ведётся поиск

эффективных методов очистки газов. Существует множество различных методов и способов очистки: в качестве сорбента используется известняк, обожженный магнит, кальцинированная сода, окись магния, окись цинка, водный раствор сульфата и бисульфата аммония и другие. На различных установках проводились испытания таких абсорберов, как аппарат распыливающего типа (АРТ), горизонтальная труба Вентури, аппарат с шаровой насадкой и полый форсуночный абсорбер, двухконтактный скруббер потока фирмы Mitsubishi и др. [1].

В настоящее время применяемые методы очистки