УДК 669.162.12.003.12

А.С.Нестеров, Л.И.Гармаш, М.Г.Болденко, С.В.Колдомасов*

ОЦЕНКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КУСКОВОЙ РУДЫ ПАО «ЕВРАЗ-СУХА БАЛКА»

Институт черной металлургии НАН Украины,
** ПАО «ЕВРАЗ им. Петровского»*

Приведены результаты исследования металлургических свойств железорудных материалов текущего потребления комбината «ЕВРАЗ-ДМЗ им.Петровского» и вероятного поставщика карбонато-магнетитовой руды. Показано, что по основным прочностным характеристикам кусковая карбонато-магнетитовая руда месторождения «Суха балка» не уступает железорудным материалам текущего потребления на комбинате, хотя ее восстановимость ниже на 8-10%. Введение в состав доменной шихты 15-20% кусковой железной руды исследованного химического состава незначительно отразится на формировании вязко-пластичной зоны доменной печи при соответствующем организации ее распределения на колошнике.

Ключевые слова: доменная печь, вязко-пластичная зона, железорудные материалы, карбонато-магнетитовая руда

Состояние вопроса. В условиях нестабильности поставок и возрастающего дефицита сырьевых ресурсов вопросы расширения сырьевой базы аглодоменного производства становятся все более актуальными. На металлургическом комбинате «ЕВРАЗ-ДМЗ им. Петровского» накоплен достаточный опыт работы доменных печей при использовании в составе доменной шихты двух и более видов окускованного железорудного сырья различного химического состава и способа окускования (агломерат ЮГОК, окатыши Качканарского и Северного горно-обогатительных комбинатов, шлако-скраповая смесь), а также сырого флюса. В то же время, использование любого нового вида сырья, в частности, кусковой карбонато-магнетитовой руды «Суха Балка» требует проведения дополнительных исследований, которые бы минимизировали риск ошибочного прогноза показателей доменной плавки при замене одних видов железорудных материалов другими.

Дополнительный ввод в состав доменной шихты в большом количестве (10-15% от массы ЖРС) кусковой руды повышает вероятность локальных концентраций отдельных видов сырья по сечению колошника доменной печи, обусловливающих расширение интервала вязко-пластичного состояния железорудных материалов.

Цель работы. Для оценки металлургических свойств железорудных материалов необходимо иметь объективную информацию о поведении руды при восстановительно-тепловой обработке: значения горячей прочности, восстановимости, характера размягчения-плавления и капельного течения расплава через коксовую насадку.

Методика исследования. Комплексные исследования металлургических свойств проводились по методике оценки качества железорудных материалов, разработанной в ИЧМ, которая включает стандартную методику определения прочности в исходном состоянии (ГОСТ 15137-79), определение показателя растрескивания (аналог ИСО 8371), статическое испытание на измельчение в условиях восстановления при низких температурах (аналог стандарта ИСО 4696-2), а также оценку поведения железорудных материалов при проплавке на коксовой насадке [*Система* контроля качества железорудных материалов для доменного производства / А.С.Нестеров, В.И. Большаков, Можаренко Н.М. и др. //Международная научно-практическая конференция, посвященная 100-летию со дня рождения проф. Воловика Г.А. «Актуальные проблемы аглодоменного производства», Днепропетровск 19-21.05. 2010г.].

Основные результаты исследования. Исследовались кусковая карбонато-магнетитовая руда, агломерат ЮГОК и окатыши Кач ГОКа. Их химический состав, расчетные и фактические показатели металлургических свойств агломерата ЮГОК, окатышей КачГОК, кусковой карбонато-магнетитовой руды, а также смеси агломерат : окатыши : руда в соотношении 60 : 20 : 20 представлены в табл.1.

Анализ результатов показывает, что исследуемая карбонато-магнетитовая руда имеет высокие показатели прочности в исходном состоянии ($Б_{+5}$=91% ГОСТ 15137-79) и при определении показателя растрескивания на воздухе в температурном диапазоне от 20 до 700^0С (фр +7 более 90%). В то же время, низкотемпературная прочность карбонато-магнетитовой руды после восстановительно-тепловой обработки значительно уступает прочностным характеристикам как окатышей, так и агломерата. Причем основная часть мелких фракций – это мелкодисперсная пыль фракции менее 0,5мм (рис.1).

Таблица 1. Состав и свойства железорудных материалов, проплавляемых на ПАО «ЕВРАЗ-ДМЗ им.Петровского» (* факт/ расчет).

Параметры		Агломерат ЮГОК	Окатыши КачГОК	Карбонато-магнетитовая руда (руда★)	Смесь 60%Агл+20% ОК +20% Р
Химичес-кий состав, %	Fe	55,52	59,08	63,36	57,8
	FeO	12,89	2,81	30,78	14,45
	SiO_2	9,32	3,99	1,52	6,69
	CaO	11,2	1,28	2,94	7,56
	MgO	0,86	0,6	2,94	1,22
	Al_2O_3	0,51	2,9	0,84	1,05
	CaO/SiO_2	1,2	0,32	1,93	1,22

Исходная прочность (ГОСТ15137-79)					
Барабанная прочн.,%	$Б_{+5}$	-	-	91,4	-
ГОСТ	$Б_{-0,5}$	-	-	2,87	-
ИСО 4700	прочность, кг/ок	-	167,5	-	-
Рассев					
%	Фракция +40	-	-	93,3	-
	Фракция 20 -40	-	-	2,1	-
	Фракция 10-20	-	-	4,6	-
	Фракция 5 -10	-	-	0	-
	Фракция - 5мм	-	-	0	-
Определение показателя растрескивания (аналог ИСО 8371)					
%	Фракция +7,0	-	-	92,6	-
	Фракция (0 - 3,15)	-	-	5,1	-
	Фракция (0- 0,5)	-	-	1,8	-
Низкотемпературная прочность ЖРС после восстановления (аналог ИСО 4696-2)					
%	RDI +7,0	65,2	89,6	68,6	-
	RDI (0 - 3,15)	9,4	6,2	26,6	-
	RDI (0- 0,5)	4,4	3,8	18,2	-
Восстановимость при 900 ^{o}C , % (Rf)		69,2	71,56	62,0	-
Высокотемпературные свойства*					
Температура полной потери газопроницаемости слоя (T_{45} %), ^{0}C		-/1265	-/1214	1310/1347	1250/1271
Температура начала фильтрации жидких фаз Тнф, ^{o}C		-/1378	-/1395	1470/1490	1410/1404
Содержание FeO в первичном шлаке ($FeO_{пш}$), %		-/15,37	-/38,2	1,5/6,97	14,36/16,2
Масса первичного шлака, ($M_{пш}$), %		-/20,1	-/35,0	4,0/3,0	18,0/17,8
Масса остатка расплава в слое кокса, ($M_{ост}$), %		-/13,3	-/7,6	28/20,2	10,5/12,6

а)

б)

в)

г)

Рисунок. Карбонато-магнетитовая руда месторождения «Суха балка» в исходном состоянии (а), после нагрева в окислительной (б) и восстановительной атмосферах (в) (после восстановительно-тепловой обработки без нагрузки), после динамической нагрузки (г).

Как видно, высокотемпературные свойства кусковой карбонато-магнетитовой руды месторождения «Суха балка» суммарной основностью $(CaO+MgO)/(SiO_2+Al_2O_3)$ 2,5 ед. значительно отличаются от металлургических свойств агломерата и окатышей текущего производства. Так, температуры полной потери газопроницаемости слоя (T_{45}) и начала фильтрации жидких фаз ($T_{нф}$) у руды на 80-120^{0}С выше, чем у традиционных материалов. При проплавке руды практически отсутствует первичный высокозакисный расплав.

Коксовая насадка до температур 1550^{0}С остается загроможденной флюсовым расплавом, через коксовую насадку в основном фильтруется только металлическая составляющая. Остаток расплава в слое кокса - на уровне 22% от массы восстановленной пробы, в отличие от 7,6% и 8,9% для окатышей и агломерата.

Проплавка в лабораторных условиях смесей агломерата, окатышей и карбонато-магнетитовой руды разного химсостава показала, что смесь железорудных материалов в высокотемпературной зоне доменной печи ведет себя как новый вид материала. Результаты расчетного эксперимента представлены в табл.2.

Таблица 2. Расчетный химический состав и высокотемпературные свойства железорудных материалов.

№	Наименования материала	Химический состав						$\frac{CaO}{SiO_2}$	Высокотемпературные свойства					
		Fe	SiO_2	CaO	FeO	Al_2O_3	MgO		$T_{нф}$	FeO	T_{45}	$T_{мф}$	$M_{пш}$	$M_{ост}$
1	Агл. ЮГОК	55,52	9,32	11,20	12,89	0,51	0,86	1,20	1378	15,38	1266	1483	20,08	13,35
2	Ок. КачГОК	59,08	3,99	1,28	2,81	2,90	0,60	0,32	1395	28,20	1215	1417	34,89	1,34
3	Руда★	63,36	1,52	2,94	30,78	0,84	2,94	1,93	1488	6,97	1347	1545	-6,00	10,34
4	Руда 1	67,59	3,19	0,14	24,24	1,21	0,55	0,04	1392	32,08	1252	1435	19,20	1,49
5	Руда 2	63,42	5,94	1,25	25,03	1,21	1,21	0,21	1373	31,15	1263	1430	29,98	2,49
6	Руда 3	63,47	7,09	0,66	24,88	1,18	0,86	0,09	1345	37,36	1247	1402	38,66	0,54
7	60А+20О+20Р★	57,80	6,69	7,56	14,45	1,05	1,22	1,13	1404	16,26	1272	1482	17,83	10,35
8	60А+20О+20Р1	58,65	7,03	7,00	13,14	1,13	0,75	1,00	1384	21,28	1253	1460	22,87	8,58
9	60А+20О+20Р2	57,81	7,58	7,23	13,30	1,13	0,88	0,95	1380	21,10	1255	1459	25,02	8,78
10	60А+20О+20р3	57,82	7,81	7,11	13,27	1,12	0,81	0,91	1375	22,34	1252	1454	26,76	8,39
11	0,8А+0,2Ок	56,23	8,25	9,22	10,87	0,99	0,81	1,12	1382	17,94	1255	1470	23,05	10,95

Расчетные значения характеристик высокотемпературных свойств расплава с достаточно высокой точностью подтверждаются лабораторными испытаниями. На основании этого был проведен расчетный эксперимент по прогнозированию состава и высокотемпературных свойств смесей агломерата, окатышей и руды в заданном раннее соотношении при изменении состава карбонато-магнетитовой руды. Как видно, при замене части агломерата кусковой железной рудой различного состава при однородном смешивании различных кусковых руд с агломератом и окатышами интервал вязко-пластичного состояния в доменной печи расширяется на 25-35^{0}С. При локализации отдельных видов сырья по сечению колошника доменной печи интервал вязко-пластичного состояния может расшириться на 40-60^{0}С. Кроме того, использование кусковых руд с содержанием SiO_2 более 6% приводит не только к расширению интервала вязко-пластичного состояния в доменной печи, но и к увеличению содержания FeO в первичных шлаковых расплавах.

Заключение. Анализ металлургических свойств кусковой карбонато-магнетитовой руды месторождения «Суха балка» показал, что:

- прочностные характеристики руды в исходном состоянии превышают прочностные характеристики железорудных материалов текущего потребления на комбинате ПАО «ЕВРАЗ-ДМЗ им.Петровского»;
- показатель растрескивания руды при быстром нагреве соответствует требованиям к кусковым железным рудам для доменного производства;
- высокий уровень содержания фракции -3,15 мм при низко-температурном восстановлении в основном за счет фракции -0,5мм, может отразиться либо на повышенном выносе колошниковой пыли из доменной печи и соответственно повышенном расходе железа на тонну чугуна, либо на реакционной способности кокса, соответственно снижении его горячей прочности, что повышает вероятность загромождения горна доменной печи коксовым мусором;
- восстановимость кусковой руды ниже на 8-10% чем у материалов текущего производства;
- локализация высокоосновной кусковой руды в отдельных зонах доменной печи может приводить к загромождению горна неплавкими массами;
- ввод в состав доменной шихты 15-20% кусковой железной руды исследованного химического состава (при организации ее распределения на колошнике доменной печи) незначительно отразится на формировании вязко-пластичной зоны.

Статья рекомендована к печати
к.т.н. Можаренко Н.М.

О.С.Нестеров, Л.І.Гармаш, М.Г.Болденко, С.В.Колдомасов

Оцінка металургійних властивостей кускової руди ПАТ «ЄВРАЗ-Суха Балка»

Проведено дослідження металургійних властивостей залізорудних матеріалів поточного споживання комбінату «ЕВРАЗ-ДМЗ ім. Петровського» та імовірного постачальника карбонат-магнетитової руди. Показано, що за основними характеристиками міцності кускова карбонат-магнетитова руда родовища «Суха балка» не поступається залізорудним матеріалами поточного споживання на комбінаті, хоча її відновлюваність на 8-10% нижча. Введення до складу доменної шихти 15-20% кускової залізної руди дослідженого хімічного складу (при організації її розподілу на колошнику доменної печі) спричинить незначний вплив на формування в'язко-пластичної зони.

Ключеві слова: доменна пічь, в'язко-пластична зона, залізорудні матеріали, карбонато-магнетитова руда

A.S.Nesterov, L.I.Garmash, M.G.Boldenko, S.V. Koldomasov2

Evaluation metallurgical properties lumps PJSC "Evraz Sukha Balka"

The paper presents the results of a study of metallurgical properties of iron ore materials of current consumption combine "Eurasia-DMZ im.Petrovskogo" and credible supplier of carbonate-magnetite ore. It is shown that the basic strength characteristics lump carbonate-magnetite ore deposit "Sukha Balka" not inferior iron ore materials of current consumption at the plant, although its recoverability below 8-10%. Introduction of the blast charge 15-20% lump iron ore studied the chemical composition slightly affect the formation of viscous-plastic zone of the blast furnace at the appropriate organization of its distribution on the throat.

Keywords: blast furnace, plastic zone, iron materials, carbonate-magnetite ore