

УДК 699.18

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МЕТАЛЛИЗОВАННЫХ ПРОДУКТОВ

К.С.Медведева студент гр. МММ-14, V курс

Научный руководитель: И.Е. Ходосов, ст. преподаватель
Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк

Одно из направлений развития металлургических технологий – это получение материалов с высокими эксплуатационными свойствами: повышенная прочность, хладостойкость, коррозионная стойкость и пр. Общей проблемой, возникающей при производстве высококачественных сталей является низкое качество и высокая стоимость используемых материалов. Традиционно в металлоизделиях применяют металлический лом и чугун. Использование лома связано с высокой ценой и нестабильным качеством, а именно повышенным содержанием примесей цветных металлов, что в итоге снижает качество готовой продукции. Давно известно, что производство чугуна является материало- и энергозатратным процессом. При доменном производстве используют предварительно подготовляемые железорудный агломерат и дефицитный кокс, что приводит к значительному удорожанию чугуна.

Альтернативным сырьем для производства высококачественных сталей является первородное железо прямого восстановления, которое получают путем внедоменного передела железосодержащего сырья. Технологии производства металлизованных продуктов развиваются и совершенствуются с 60-х годов прошлого столетия, и к настоящему времени объем производства внедоменного железа достиг 76 млн. т. в год. В России и в мире железо прямого восстановления в основном получают с использованием в качестве восстановителя конвертированного природного газа. Главные недостатки данных технологий – это высокий расход природного газа, сложный технологический процесс его конвертации и использование только богатых железных руд [1].

Замена природного газа возможна при использовании в качестве восстановителя продуктов термического разложения угля. Существует множество технологических предложений производства металлизованных материалов с использованием угля. Однако пока нет единого технологического решения, получившего широкое промышленное распространение [2].

На кафедре металлургии черных металлов СибГИУ проводится работа по исследованию и разработке энергоэффективной технологии получения высококачественных металлизованных материалов из природных для использования при выплавке сталей ответственного назначения. Одно из направлений исследований – изучение процессов твердофазного

восстановления оксидов железных руд с использованием в качестве углеродистых восстановителей углей и отходов их обогащения.

При проведении исследований в качестве железосодержащего сырья использовали железную руду и железорудный концентрат полученный путем магнитного обогащения железной руды. В качестве твердых углеродистых восстановителей применяли коксовый орешек, угли разных технологических марок (уголь длиннопламенный марки – Д; уголь бурый марки – Б2; уголь слабоспекающийся марки – СС) и отходы обогащения углей – «угольный КЕК», полученный в результате обогащения методом флотации углей марок – ГЖ и КС. Составы материалов и технический анализ восстановителей приведены в таблице 1 [3].

Таблица 1 - Составы материалов и технический анализ восстановителей

Фазовый состав исходной железной руды							
Много:	гематит (Fe_2O_3)						
Присутствует:	магнетит ($FeO \cdot Fe_2O_3$), гетит (α - $FeOOH$), кварц (SiO_2), каолинит ($Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$)						
Немного:	хлорит железа, полевой шпат						
Химический состав железной руды, %							
Fe _{общ.}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S	CaO	MgO	влага
52,3	14,24	2,51	0,072	0,42	0,94	0,76	5,78
Химический состав железорудного концентрата, %							
Fe _{общ.}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S	CaO	MgO	влага
61,2	6,75	2,2	0,02	0,41	1,96	2,31	5,78
Восстановитель	Характеристика						
	Содержание [C] в рабочей массе, %	A ^d (зола), %	V ^{dat} (летучие), %	W ^r (влага), %			
Уголь - 2Б	49,1	7,83	46,76	35,3			
Уголь - Д	55,6	5,64	43,53	15,4			
Уголь - СС	70,02	6,4	34,3	6,7			
Кек - ГЖ	35,6	21,7	38,8	41,2			
Кек - КС	42,4	25,2	28,7	38,5			
Кокс	84,56	9,41	1,83	3,1			

Исследования проводили с применением методов термодинамического моделирования и проведения активного эксперимента. Полученные расчетным путем данные уточняли в ходе высокотемпературных экспериментов. Высокотемпературные эксперименты проводили с использованием печи сопротивления с графитовым нагревателем, трубчатой печи с молибденовым нагревателем и лабораторной дуговой сталеплавильной печи (ДСП). Из используемых материалов были изготовлены рудовосстановительные композиции различного состава, которые в дальнейшем подвергали грануляции, сушке и восстановительному обжигу. В ходе экспериментов изменяли температуру и время выдержки. Образующиеся газовые фазы отбирали и анализировали на хроматографе. Полученные металлизованные материалы анализировали с применением химических, рентгенографических и спектроскопических методов [4]. Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

В результате исследований изучены процессы восстановления железа из оксидов железных руд с применением разных

углеродистых восстановителей при температурах восстановительного обжига 800, 900, 1000, 1100, 1200 °С. Определены зависимости влияния физико-химических свойств углей и отходов их обогащения на процессы твердофазного восстановления железа из оксидов железных руд. Получены губчатые металлизованные продукты с максимальным содержанием металлического железа 83 %. Губчатое железо было использовано при выплавке стали в ДСП в количестве 30 – 50 % от количества шихтового материала. Состав полученной стали приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты экспериментальных плавок

Количество материала	Содержание элементов в металле, %					Содержание элементов в шлаке, %					
	C	Si	Mn	P	S	Al ₂ O ₃	MgO	C	CaO	SiO ₂	MnO
лом	0,3	0,5	0,094								
30, %	№1	0,34	0,4	0,024		8,11	36,17	≤ 1,00	6,83	19,81	2,05
	№2	0,32	0,4	0,025		8,12	36,05		6,80	19,20	2,15
	№3	0,36	0,36	0,026	≤ 0,05	8,10	36,20		6,75	19,92	2,07
50, %	№4	0,4	0,4	0,036		12,00	29,40		1,88	45,72	2,77
	№5	0,41	0,38	0,035		12,05	29,01		1,9	46,2	2,78
	№6	0,39	0,4	0,034		12,65	29,10		1,75	45,62	2,56

Дальнейшее изучение процессов металлизации с применением различных углеродистых восстановителей позволило определить условия образования металлических гранул с содержанием металлического железа более 99%. Температуры процессов образования металлических гранул не превышают 1300 °С.

Результаты исследований определили возможность получения высококачественного металлургического сырья путем переработки железных руд, углей и отходов их обогащения. Полученные данные могут быть использованы при разработке современных технологий комплексной переработки природных ископаемых с получением металлизованных материалов пригодных при производстве металлургической продукции с высокими эксплуатационными свойствами.

Список литературы:

1. Юсфин Ю.С. Металлургия железа / Ю.С. Юсфин, Н.Ф. Пашков – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 464 с.
2. Амдур А.М. Кинетика восстановления железорудного концентрата углем / А.М. Амдур, А.М. Потапов, А.Л. Разницаина, М. Лхамсупен // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия – 2012. – № 8. – С. 17–20.
3. Штумпф Г.Г. Физико-технические свойства горных пород и углей Кузнецкого бассейна: Справочник / Г.Г. Штумпф, Ю.А. Рыжков, В.А. Шаламанов, А.И. Петров. – М: Недра, 1994. – 447 с.2.
4. Ходосов И.Е. Получение чистого железа путем внедоменной переработки железных руд и углей Кузбасса / И.Е. Ходосов, О.И. Нохрина // Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации»: материалы Инновационного конвента. – Кемерово, 2014. – С. 378–380.