

С.А. Воденников <sup>(1)</sup>, зав. кафедрой, д.т.н., профессор

С.А. Гаврилко <sup>(1)</sup>, профессор, к.т.н.

Г.А. Громак <sup>(1)</sup>, ст. преподаватель

Н.В. Личконенко <sup>(1)</sup>, ст. преподаватель

Ю.В. Мосейко <sup>(1)</sup>, доцент, к.п.н

Ю.С. Гаврилко <sup>(2)</sup>, инженер I-ой категории

## **РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО ПОЛУФАБРИКАТА ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПЕРЕДЕЛА В УСЛОВИЯХ ОАО «МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ ЗАПОРОЖСТАЛЬ»**

<sup>(1)</sup> Запорожская государственная инженерная академия,

<sup>(2)</sup> ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь»

Досліджено вплив змішування відходів залізовмісних матеріалів з рідким чавуном для одержання якісного замітника металевого брухту під час виплавляння сталі. Запропоновано оптимальне співвідношення компонентів шихти для виробництва напівфабрикату.

Исследовано влияние смешивания отходов железосодержащих материалов с жидким чугуном для получения качественного заменителя металлического лома при выплавке стали. Предложено оптимальное соотношение компонентов шихты для производства полуфабриката.

*Введение.* В связи с дефицитом металлического лома, его постоянным удорожанием и снижением качества в последнее время возникла проблема получения и использования при производстве стали его качественных заменителей.

*Анализ достижений.* В настоящее время во многих странах ведутся работы, связанные с получением новых видов металлической шихты – заменителей металлического лома. Например, в Российской Федерации разработан и успешно опробован в производстве новый вид металлической шихты, названный суперкомом (от слов суперкомпозит и оксид металла) или синтиком (от слова синтетика).

В качестве основы суперкома используются сплавы системы «железо-углерод» с высоким содержанием углерода, в частности передельный чугун, а также твердые окислители в виде железорудных окатышей, концентрата железной руды, агломерата и др. Соотношение металлической и минеральной составляющих в данном материале изменяется в широких пределах: от 90 : 10 до 70 : 30. В простейшем случае его состав включает в себя передельный чугун (основа) и оксиды железа [1].

Принцип получения этого вида металлической шихты заключается в смешивании железоуглеродистого расплава, служащего металлической основой, и твердых минеральных добавок во время разливки жидкого передельного чугуна на действующих разливочных машинах при условии их модернизации и дооснащения дозирующими системами. Полученный материал имеет вид чушек с равномерно распределенными по их объему минеральными компонентами и используется как в качестве самостоятельного вида металлической шихты, так и в сочетании с существующими видами ее в сталеплавильных агрегатах при выплавке сталей с различным содержанием углерода, преимущественно с регламентируемым содержанием микропримесей, при производстве которых требуются высокочистые шихтовые материалы.

Основные физические свойства суперкома: кажущаяся плотность – 5,0...5,6

г/см<sup>3</sup>, насыпная масса – 2,5...4,0 т/м<sup>3</sup>, теплопроводность – 14,5...21,5 Вт/(м·°С), теплоемкость – 0,32...0,40 кДж/(кг·К) и температура плавления 1150 °С.

При использовании суперкома интенсивное окисление углерода в нем начинается в области температур 1200...1300 °С при скорости окисления около 0,2 °С/мин.

На Череповецком комбинате «Северсталь», Магнитогорском и Западно-Сибирском металлургических комбинатах [2] были проведены опытные плавки с применением заменителя металлического лома – полуфабриката для металлургического передела, который получали следующим образом:

- в мульды разливочной машины загружали твердый наполнитель (окатыши, железорудный концентрат, агломерат);
- далее загружали измельченный твердый передельный чугун (чугунную крошку фракции +2 -50 мм), который не позволяет всплывать наполнителю;
- затем заливали порцию жидкого чугуна.

Полученный полуфабрикат использовали в качестве заменителя металлического лома при выплавке стали, при этом были получены положительные результаты плавки.

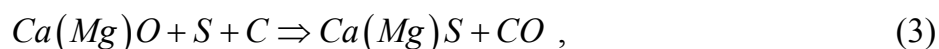
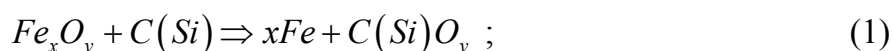
Недостатками данного способа получения полуфабриката являются:

- незначительная скорость протекания предварительных процессов окисления-восстановления;
- неравномерность распределения смешиваемых материалов;
- неоднородность химического состава и микроструктуры получаемого материала;
- наличие в нем вредных примесей (хрома, меди, никеля и др.), что отрицательно сказывается на качестве выплавляемой стали.

*Постановка задачи.* Целью данного исследования является усовершенствование известного способа получения полуфабриката применительно к условиям мартеновского производства ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» в части оптимального соотношения железосодержащих материалов и жидкого чугуна.

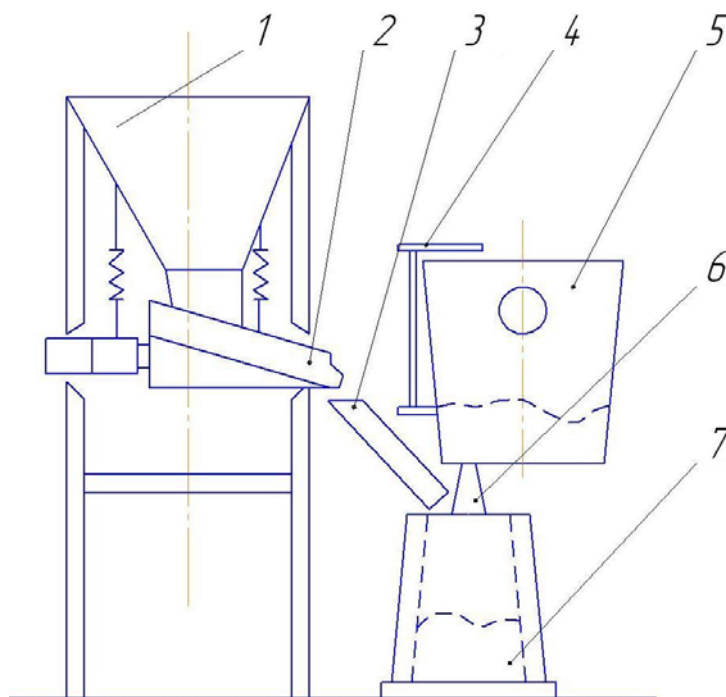
*Основная часть исследований.* Исследования, связанные с получением заменителя металлического лома для выплавки стали, выполняли в литейном цехе ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» по схеме, представленной на рис. 1.

В бункер-дозатор 1, расположенный над изложницей-кокилем 7, загружают отсев агломерата фракции менее 5 мм. К изложнице-кокилю подают чугуноразливочный ковш 5 с жидким чугуном, скорость истечения которого регулируют шиберной заслонкой 4. Из чугуноразливочного ковша через выпускное отверстие 6 в изложницу-кокиль сливают жидкий чугун. Одновременно в струю чугуна при помощи вибропитателя 2 через течку 3 подают отсев агломерата. Окончательное смешивание материалов происходит в изложнице-кокиле. После завершения предварительного частичного протекания процессов восстановления оксидов железа, окисления углерода и кремния, разложения флюсов и десульфурации чугуна соответственно по реакциям (1), (2) и (3):



о чем свидетельствует прекращение выделения газов ( $CO_2$  и  $CO$ ), и затвердевания ма-

териала, слиток охлаждали водой и дробили до кусков менее 800 мм [3].



1 - бункер-дозатор; 2 - вибропитатель; 3 - течка;  
4 - шиберная заслонка; 5 - чугуноразливочный ковш;  
6 - выпускное отверстие; 7 - изложница-кокиль

**Рисунок 1** – Схема получения заменителя металлического лома

Для определения оптимального соотношения отходов металлургического производства в смеси с жидким чугуном исследовали пробы материалов (№ 1-5), в которых соотношение отсева агломерата и жидкого чугуна составляло 20 : 80, 25 : 75, 30 : 70, 35 : 65, 40 : 60 (% мас.) соответственно.

Визуальный, химический и микроструктурный анализ полученных проб материала (табл. 1) показывает, что оптимальным является соотношение отсева агломерата и жидкого чугуна, равное 30 : 70 (% масс.), проба № 3.

При указанном соотношении были достигнуты:

- необходимая для дальнейшего передела степень обезуглероживания (содержание углерода 3,4...3,6 %);
- оптимальное отношение оксидов железа к углероду (4,3...4,5);
- минимальное количество вредных примесей (содержание меди, никеля и хрома не более 0,03 %);
- наиболее равномерное распределение оксидов железа и флюсов по объему полученного материала [4].

Получение оптимальной величины соотношения отсева агломерата и жидкого чугуна достигается путем регулирования скоростей истечения чугуна из ковша и отсева агломерата из бункера-дозатора, которые составляют 3,0 т/мин и 1,3 т/мин соответственно.

На основании результатов предварительных экспериментов проведены опытно-промышленные испытания по получению полуфабриката в литейном цехе ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» с последующим его дроблением в копровом цехе. Свойства полученного продукта приведены в табл. 2.

**Таблица 1** – Химический состав и металлургические свойства полученных проб полуфабриката для мартеновского передела

Номер пробы	Химический состав, %				Микроструктурный анализ
	C	Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub>	Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub> /C	примеси	
1	3,52	16,55	4,70	не более 0,03	Неравномерные включения оксидов железа и флюсов в сплаве с углеродом
2	3,43	15,70	4,58		Относительно равномерное распределение включений оксидов железа и флюсов в сплаве железа с углеродом с частичным их смещением к периферии
3	3,41	15,12	4,43		Практически равномерное распределение оксидов железа и флюсов в сплаве железа с углеродом по всему объему
4	3,36	15,52	4,62		Относительно равномерное распределение со смещением на периферию включений оксидов железа и флюсов
5	3,22	18,51	5,75		Наличие включений оксидов железа и флюсов преимущественно на периферии, в центре - сплав железа с углеродом

**Таблица 2** – Состав полуфабриката для выплавки стали

Химический анализ, %					Микроструктурный анализ
C	Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub> /C	Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub>	CaO+MgO	Cu+Ni+Cr	
3,42	4,41	15,08	2,45	0,025	Равномерное распределение оксидов железа и флюсов по всей площади исследуемого шлифа

Анализ данных показывает, что полуфабрикат для выплавки стали соответствует предъявляемым требованиям по содержанию углерода (3,42 %), отношению оксидов железа к углероду (4,41), количеству вредных примесей (менее 0,030 %) и размерам кусков (менее 800 мм).

Наличие в полученном материале оксидов железа и углерода обеспечивает донный характер кипения и перемешивание объема металла при введении его в сталеплавильную ванну с момента начала плавления.

Компоненты чугуна: углерод, кремний, марганец и др. – окисляются кислородом твердого окислителя (оксидов железа), превращая тем самым основу полуфабриката – чугун в сталь с заранее заданным остаточным содержанием углерода. Оксиды железа при этом превращаются в чистое железо за счет восстановления их элементами чугуна. Скорость окисления в данном процессе равна скорости восстановления, причем эти скорости достигают высоких значений.

Опытно-промышленные испытания показали, что из одной тонны чугуна можно получить до 1,4 т полуфабриката. За счет добавки отсева агломерата (до 0,4 т) дополнительно образуется кислорода до 90 кг/т полуфабриката, расходуемого на окисление примесей чугуна, а также обеспечивается дополнительный выход железа. В зависимости от содержания железа в отсева агломерата и концентрации элементов-восстановителей в чугуне можно получать дополнительно около 200 кг железа/т чу-

гуна.

Проведенные опытные плавки в мартеновском цехе ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» при замене 40 % металлического лома соответствующим количеством полученного полуфабриката позволили снизить себестоимость стали на 1,5 %, а также повысить ее качество по содержанию вредных примесей.

#### *Выводы*

1. Проанализированы способы получения новых видов металлической шихты для выплавки стали, к основным недостаткам которых можно отнести неоднородность химического состава и микроструктуры получаемого материала, а также нестабильность размеров отливок.

2. Полученный полуфабрикат – заменитель металлического лома для выплавки стали соответствует предъявляемым требованиям по содержанию углерода, отношению оксидов железа к углероду, количеству вредных примесей и размерам.

2. Для условий ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» наиболее оптимальным является соотношение отсева агломерата и жидкого чугуна 30 : 70 (% масс.).

3. Применение полуфабриката для металлургического передела с заменой 40 % металлолома позволяет снизить себестоимость выплавляемой стали на 1,5 % и повысить ее качество.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Способ производства шихтовой заготовки, разливочная машина для его осуществления и шихта для безобжигового окускования твердых наполнителей [Текст] : пат. 2147967 Рос. Федерация: МПК В 22 D 3/00, В 22 D 5/04, С 21 С 5/2 / *Белкин А. С., Зуев Г. П., Юрин Н. И. и др.* – Заявитель и патентообладатель ОАО «Тулачермет». – № 98115496/02 ; заявл. 13.08.1998 ; опубл. 27.04.2000.
2. Способ получения полуфабриката для металлургического передела [Текст] : пат. 2146181 Рос. Федерация: МПК В 22 D 3/00, С 21 С 5/52 / *Белкин А. С., Чигладзе Г. Г., Зуев Г. П. и др.* – Заявитель и патентообладатель ОАО «Тулачермет». – № 99115145/02 ; заявл. 13.07.1999 ; опубл. 10.03.2000.
3. Общая металлургия : [учеб. для вузов] / *В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев* ; под ред. В. Г. Воскобойникова. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2004. – 768 с. – Библиогр.: с. 768. – ISBN 5-94628-062-7.
4. Спосіб отримання напівфабрикату для металургійної переробки [Текст] : пат. 60039 Україна: МПК В 22 D 3/00 / *Воденніков С. А., Гаврилко С. О., Громак Г. А. та ін.* – Заявник і патентоволодар Запорізька державна інж. академія. – № u201013476 ; заявл. 15.11.2010 ; опубл. 10.06.2011.

Стаття надійшла до редакції 10.09.2012 р.  
Рецензент, проф. М.Ф. Колесник