

Е.К. МУХАМБЕТГАЛИЕВ<sup>\*1,2</sup>, С.О. БАЙСАНОВ<sup>1</sup>, В.Е. РОЩИН<sup>2</sup>

## ВОВЛЕЧЕНИЕ НЕКОНДИЦИОННОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВО КОМПЛЕКСНОГО СПЛАВА\*

<sup>1</sup>Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева, г. Караганда, РК

<sup>2</sup>Южно-Уральский государственный университет (НИУ), г. Челябинск, РФ

E-mail: ye.kenzhegaliuly@gmail.com

*The results of testing of technology of production silicon-aluminum-manganese complex alloy, which is used for smelting non-conforming high silica manganese ore deposits of the Zapadny Kamys, and as a reducing agent and as a source of silicon and aluminum in the charge is high-ash coals of Saryadyr deposit. As a result of enlargement, laboratory tests obtained complex alloy containing silicon, aluminum, manganese and iron. The alloy can be claimed at metallothermic getting refined ferromanganese brands, as well as for deoxidation and alloying of steel ordinary brands.*

**Введение.** Комплексные марганец-кремний-алюминиевые сплавы по сравнению со стандартными ферросплавами имеют ряд преимуществ. Они позволяют достичь более глубокой степени раскисления стали, эффективно воздействуют на её служебные характеристики, лучше усваиваются сталью, быстрее растворяются и меньше загрязняют обрабатываемый металл неметаллическими включениями. Создание комплексных ферросплавов связано с применением новых видов сырья и с максимальным использованием в нем всех полезных компонентов, то есть к созданию безотходной технологий.

Одной из технологических схем отвечающих требованиям комплексной переработки марганцевых руд является технология получения сплава АМС разработанная в Химико-металлургическом институте совместно с сотрудниками Ермаковского и Зестафонского заводов ферросплавов [1-3].

При использовании углей Экибастузского угольного бассейна (с каолинитовой вмещающей породой в зольной части) в ходе плавки из руды восстанавливается марганец, а из золы угля – кремний и алюминий. Сплав АМС, полученный при электротермической плавке джездинской марганцевой руды с использованием в качестве восстановителя экибастузского угля, имел следующий состав: 25-40% Mn, 30-40% Si, 6-12% Al, 0,8-1,25% P, остальное - Fe. Применение сплава АМС, выплавляемого электротермическим способом из марганцевых руд и энергетических углей, для раскисления спокойных марок стали, взамен обычно применяемых раскислителей, показало его эффективность за счет его более высокой раскислительной способности. Несмотря на вышеизложенные преимущества, сплав АМС [4] при остывании рассыпался до порошкообразного состояния из-за выделения фосфина. Такой порошкообразный сплав необходимо было

брикетировать, то есть, появлялась необходимость в дополнительных затратах.

Из-за непостоянства состава сплава, и несоответствия концентрации хотя бы одного из ведущих элементов (марганца или кремния) к концентрации в стандартных (традиционных) ферросплавах (силикомарганец или ферросилиций), он не получил широкого внедрения в сталеплавильной промышленности. С этих позиций более приемлемым может быть повышение концентрации кремния до уровня 40-50%. При этом марганец и алюминий могут исполнять роль легирующих компонентов и их содержание можно варьировать в различных марках сплава с шагом в 5 или 10%.

Ежегодный рост производства стали в мире приводит к неминуемому повышению спроса на марганец, кремний и алюминий. Последнее, как известно, производится из бокситов, а их запасы не бесконечны. Кроме сталеплавильной промышленности в алюминий нуждаются и ряд других секторов экономики, в том числе авиапромышленность, автопромышленность и т.п. Одним из альтернативных путей в отличие от производства алюминия из бокситов является использование глинозема золы угля через получение комплексных ферросплавов. Использование глинозема золы высокочольных углей расширит сырьевую базу, а ресурсы последнего огромны. Это позволит покрыть хотя бы частично быстрорастущий спрос на алюминий.

По разработанной в Химико-металлургическом институте одностадийной технологии получения комплексного сплава появляется возможность производства кремния и алюминия из пустой породы руды и золы восстановителя. Для получения комплексного сплава можно использовать некондиционные по содержанию марганца (20-25%) и непригодные для получения стандартных марок марганцевых ферросплавов высококремнезёмистые марганцевые руды. Запасы некондиционного марганцевого сырья в Казахстане огромны [5].

На стадии металлургического опробования по ранее разработанной в Химико-металлургическом институте технологической схеме получения алюмосиликомарганца с использованием высокочольного угля месторождения Борлы выявлено принципиальная возможность применения их в технологических целях [6-8].

**Целью данной работы** является выявление возможности получения комплексного сплава и лигатуры из неиспользуемых отвальных высокочольных углей и некондиционных высококремнезёмистых марганцевых руд, а также отработка стабильного и легко регулируемого электрического режима бесшлакового процесса.

**Исходные материалы.** В качестве шихтовых материалов использовали высокочольный уголь месторождения Сарыадыр (Акмолинская обл., Казахстан) который малоприменим в энергетических целях, и некондиционную марганцевую руду месторождения Западный Камыс. Технологичность использования высокочольных углей месторождения Борлы показана проведенными испытаниями, что касается высокочольных

углей месторождения Сарыадыр, то они отличаются более высокими значениями пористости, что положительно может отразиться на газопроницаемости шихты.

Перед проведением испытаний опытные партии марганцевой руды и высокозольного угля были подвергнуты техническим операциям по отбору усредненных проб. Химический состав и технический анализ шихтовых материалов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав и технический анализ шихтовых материалов

Материал	Состав, масс. %								
	Mn <sub>общ</sub>	Fe <sub>общ</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P <sub>общ</sub>	S <sub>общ</sub>	TiO <sub>2</sub>
Зола угля	–	4,61	61,32	28,7	1,42	1,08	0,024	0,71	1,01
Руда марганцевая	25,59	9,51	29,8	1,84	8,1	0,49	0,07	0,072	–
Технический анализ, масс. %			зола		летучие			влага	
Высокозольный уголь			44,20		20,74			1,88	
Руда марганцевая			–		–			0,71	

По гранулометрическому составу высокозольный уголь соответствовал фракциям +30 – 40 мм, а марганцевая руда +20 – 30 мм. Такой относительно однородный фракционный состав компонентов шихты обусловил возможность удовлетворительного их смешения.

**Методика проведения экспериментов.** Опытные испытания по выплавке комплексного сплава проводили в крупнолабораторной руднотермической электропечи с мощностью трансформатора 200 кВ·А. Электропечь была футерована шамотным кирпичом.

Плавку вели непрерывным способом с загрузкой шихты небольшими порциями по мере усадки колошника и с периодическим выпуском сплава через каждые 2 часа в чугунные изложницы, расположенные каскадом. Количество восстановителя в шихте рассчитывали из условия полного восстановления минеральной части руды и золы угля. Корректировку шихты в зависимости от состояния колошника, летки и выхода сплава проводили изменением навески минеральной составляющей шихты, а именно, марганцевой руды. Шихту загружали вокруг электрода с поддержанием конуса. Металл каждого выпуска взвешивали, после чего отбирали пробы для определения химического состава. Опытные испытания были разбиты на 5 периодов при рабочем напряжении 24,5 и 36,8 В. В каждом периоде изменяли навеску добавок марганцевой руды.

**Результаты экспериментов и их обсуждение.** Работа печи в целом характеризовалась равномерной газопроницаемостью шихты на колошнике по всей поверхности, глубокой посадкой электрода и относительно устойчивым электрическим режимом. Шихта сходила самосходом, что

подтверждало наличие под электродом газовой полости. Разделка леточного отверстия не вызывала затруднений, металл выходил активно. При этом полученный комплексный сплав имел следующий химический состав: кремния 30-37%, алюминия 10-15%, марганца 17-27%, фосфора 0,02% углерода 0,05% остальное железо. Извлечение основных элементов в состав сплава составило кремния, алюминия, марганца и железа 87%, 80%, 88,2%, 98%, соответственно. Расход электроэнергии варьировался в пределах 7,5-9 МВт·ч/т, получено порядка 160 кг сплава.

Таким образом, плавка комплексного сплава характеризуется полным восстановлением всех основных элементов руды и золы угля, высокой степенью их извлечения в сплав при низком расходе шихтовых материалов на 1 т сплава.

**Анализ результатов.** При изучении электрического режима выплавки во всех периодах работа печи характеризовалась относительно устойчивым электрическим режимом без явных нарушений хода процесса выплавки. Степень извлечения компонентов шихты в сплав зависит также от электрического режима плавки, в частности, от глубины посадки электрода, определяемой соотношением силы тока и напряжения (рис. 1). По зависимости извлечения основных элементов в сплав от отношения рабочего напряжения к силе тока выявлен оптимальный интервал этой величины в пределах  $72 \times 10^4 \dots 80 \times 10^4$ . В этом интервале отношения рабочего напряжения к силе тока достигаются наиболее высокие технико-экономические показатели выплавки сплава.

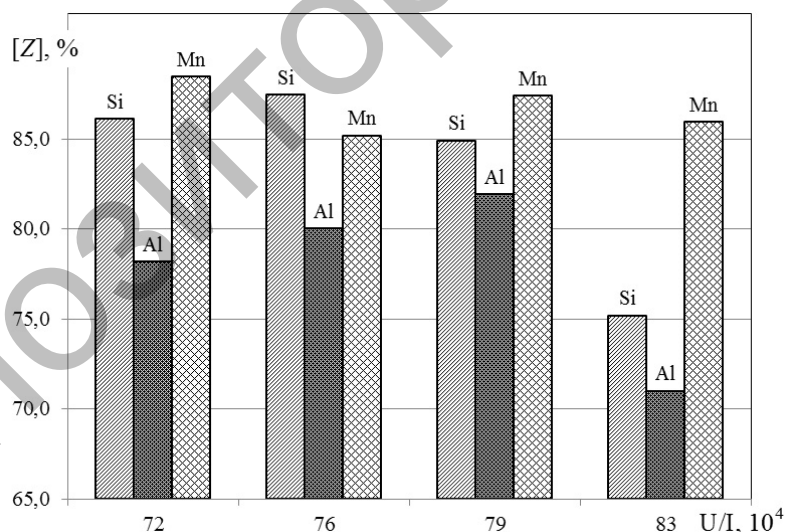


Рисунок 1 – Зависимость степени извлечения [Z] основных элементов в сплав от отношения рабочего напряжения к силе тока

Установлено, что соотношение минеральной составляющей шихты к твердому углероду в интервале 1,9...2,15 и отношение рабочего напряжения к силе тока  $72 \times 10^4 \dots 80 \times 10^4$  является оптимальной для технологии выплавки комплексного сплава из угля месторождения Сарыадыр зольностью 43...45%.

## **Выводы:**

1. Установлена принципиальная возможность получения комплексного сплава с высокими технико-экономическими показателями выплавки из отвальных низкофосфористых углей месторождения Сарыадыр и некондиционной марганцевой руды месторождения Западный Камыс.

2. Некондиционные по содержанию марганца, непригодные для производства стандартных марок марганцевых ферросплавов высококремнезёмистые марганцевые руды минуя дополнительные стадии обогащения, могут быть успешно использованы для получения комплексного сплава.

3. При производстве такого сплава достигается высокий переход основных элементов шихты в сплав (кроме потерь за счет улетучивания) кремния-87%, алюминия-82% и марганца-88,5%.

4. В новом сплаве совмещены три элемента, используемые в массовом производстве стали для раскисления и легирования. Этот сплав может найти широкое применение при производстве стали, а также для получения рафинированных сортов ферромарганца.

## **Литература:**

1. Медведев Г.В., Волков С.С., Букетов Е.А. и др. Получение сплава АМС из бедной марганцевой руды и высокозольного угля и его применение для раскисления стали. // Сталь. 1968. №10. С. 907-908.

2. Медведев Г.В., Волков С.С., Лаппо С.И., Такенов Т.Д., Букетов Е.А. и др. Возможность производства сплава АМС из низкосортного сырья и использование его в металлургии. // Сталь. 1970. №7. С. 616-618.

3. Медведев Г.В., Лаппо С.И., Букетов Е.А., Габдуллин Т.Г. и др. Перспективы использования марганцевых руд Казахстана. // Труды Химико-металлургического института АН КазССР. Алма-Ата: Наука. 1972. т. 13. С. 135-149.

4. Медведев Г.В., Такенов Т.Д. Сплав АМС. Алма-Ата: Наука. 1979. 140 с.

5. Друинский М.И., Жучков В.И. Получение комплексных ферросплавов из минерального сырья Казахстана. Алма-Ата: Наука. 1988. 208 с.

6. Мухамбетгалиев Е.К., Байсанов С.О., Байсанов А.С. и др. Опыт получения марганецсодержащего кремнеалюминиевого сплава с повышенным содержанием алюминия. // Труды III международной Казахстанской металлургической конференции «Казахстанской Магнитке 50 лет» – Республиканский издательский кабинет по учебной и методической литературе Министерства образования и науки РК, ЛОТ, РГП «Карагандинский государственный индустриальный университет». Темиртау. 2010. С. 11 – 12.

7. Мухамбетгалиев Е.К., Байсанов С.О., Байсанов А.С. Совершенствование технологии выплавки алюмосиликомарганца. // Металлы. 2013. №6. С. 12-15.

8. Инновационный патент №26607, бюлл. №12 от 25.12.2012. Сплав «Алюмосиликомарганец» Набиев М.А., Байсанов С.О., Толымбеков М.Ж., Мухамбетгалиев Е.К., Байсанов А.С.

*\* Работа выполнена по научно-технической программе: «Научно-технологическое обеспечение рационального использования минерально-сырьевых ресурсов и техногенных отходов черной и цветной металлургии с получением востребованной отечественной промышленностью продукции» в рамках проекта «Комплексное использование железомарганцевых руд с получением лигатур для литейных сталей» 2015-2017 гг.*