

А.Г. СЛУЦКИЙ, канд. техн. наук,
 Р.Э. ТРУБИЦКИЙ, канд. техн. наук,
 И.Л. КУЛИНИЧ,
 А.И. ИВАНОВ,
 Ю.В. ШЕВЧУК (БНТУ)

ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ЛИГАТУРЫ НА ОСНОВЕ МЕДИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Легирующие присадки на основе меди широко используются при производстве черных и цветных сплавов. При этом их производство является комплексным и включает использование как первичных, так и вторичных компонентов. Ранее выполненные исследования показали перспективность применения для этих целей отходов смежных производств в виде отработанных катализаторов, шламов гальванического производства, а также шлаков цветно-литейного производства [1, 2].

В таблице 1 представлена информация о химическом составе и источниках образования медьсодержащих отходов.

Таблица 1 – Медьсодержащие отходы

Наименование	Состав	Стоимость меди, у.е. (за 1 т)	Примечание
Отработанный катализатор НТК-4	54 % CuO, 11 % ZnO, 14 % Cr ₂ O ₃ , ост. MgO	1980	химическая промышленность
Шламы гальваники	30–40 %CuO	1040	гальваническое производство
Шлаки от производства сплавов на основе меди	45–55 % (Cu+CuO), до 35 % (Zn+ZnO), до 5 % (Pb+PbO), до 5 % (Sn+SnO)	1430	цветно-литейное производство
Лом меди	100 % Cu	5200	все отрасли машиностроения и транспорта

Характерно, что медь находится в таких отходах как в чистом виде, так и в оксидной форме (шлаки от плавки латуни и бронзы). Например, в гальванических шлаках и отработанных катализаторах медь полностью находится в виде оксидов, доля которых составляет от 50 до 76 %. Использование таких вторичных материалов в качестве основы легирующих присадок на ряде промышленных предприятий позволило существенно снизить себестоимость литых заготовок.

В данной работе представлены результаты исследований возможности получения лигатур методом металлотермического восстановления с использованием в составах восстановительных смесей медьсодержащих отходов. Термодинамические расчеты и экспериментальные исследования показали, что медь из оксидной фазы можно легко восстановить любым способом [3, 4].

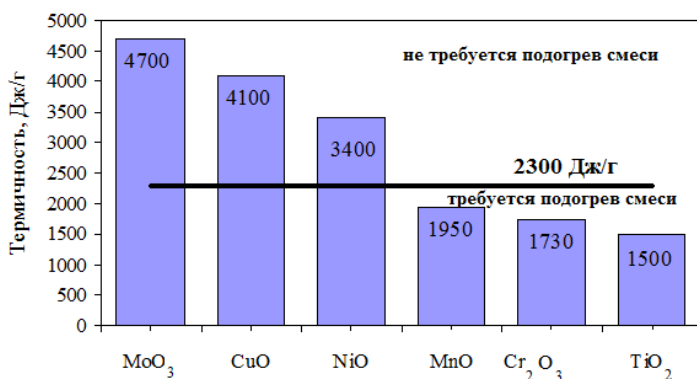


Рисунок 1 – Расчетные значения термичности восстановительного алюмотермического процесса для некоторых оксидов

За счет высокой термичности процесс алюмотермического восстановления таких элементов как молибден, медь и никель можно осуществлять без предварительного внешнего подогрева смеси. Это позволяет использовать в составах высокотермичных смесей дисперсные медьсодержащие отходы (шлаки, отработанные катализаторы, гальванические шламы.), а также оксиды кремния, марганца, титана и других соединений при получении лигатур различного состава и назначения.

Для получения дисперсной фракции медьсодержащего шлака использовали избирательный размол, который позволил из общей массы выделить металлическую и дисперсную часть (рисунок 2) [5]. Дисперсная часть содержит в основном фракцию размером 0,1–0,05 мм. Результаты химического анализа показали наличие в ней, наряду с другими соединениями, до 50 % оксидов меди.



а – тяжелая металлическая фракция; б – легкая дисперсная фракция

Рисунок 2 – Продукты избирательного размола

Что касается отработанных медьсодержащих катализаторов, то для их применения в составах восстановительных металлотермических смесей необходим обычный размол до требуемой фракции. Гальванические медьсодержащие шламы можно использовать в готовом виде после обязательной прокалки.

По отработанной методике была выполнена серия предварительных экспериментов с целью подбора оптимальных составов восстановительных смесей на основе оксидов меди с добавками компонентов, содержащих оксиды марганца, кремния, молибдена и др. В качестве восстановителя использовали порошок алюминия и частично кальций, входящий в состав силикокальция. Для обеспечения полноты протекания химических реакций основной восстановитель добавляли с избытком.

Установлено, что на характер процесса восстановительной плавки существенное влияние оказывает соотношение в составе смеси различных оксидов меди. При этом, например, максимальное количество отходов в виде дисперсной части медьсодержащего шлака не должно превышать 30–40 %. В противном случае из-за низкой термичности процесс восстановления меди осуществляется не полностью. С учетом выявленных особенностей в лабораторных условиях

получены опытные образцы лигатур медь-кремний, медь-марганец, медь-молибден, медь-титан.

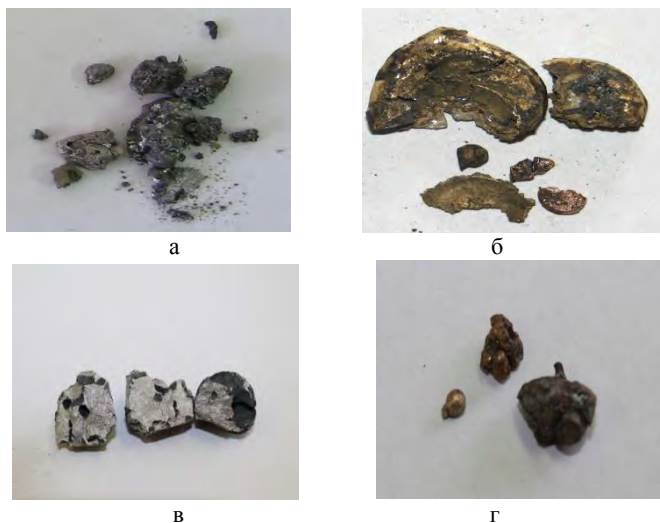
Результаты опытных плавов показали, что процесс алюминотермического восстановления металлов протекал активно практически без выбросов продуктов реакции за пределы тигля, что обеспечило достаточно высокий металлургический выход по лигатуре (от 89 до 94 %) (таблица 2).

Таблица 2 – Составы восстановительных смесей и результаты плавки лигатуры

Состав восстановительной смеси	Металлургический выход, %	Химический состав лигатуры
Оксид меди (30 % шлака), алюминий, силикокальций	92	Cu – 60 %, Al – 1 %, Si – 39 %
Оксид меди (50 % шлака), оксид молибден, алюминий	94	Cu – 55 %, Mo – 43 %, Al – 2 %
Оксид меди (30 % катализаторов), оксид марганца, алюминий	91	Cu – 82 %, Mn – 15 %, Al – 3 %
Оксид меди (30 % шлама гальваника), оксид титана, алюминий	89	Cu – 82 %, Ti – 15 %, Al – 3 %

В качестве примера на рисунке 3 представлены фотографии опытных образцов некоторых лигатур на основе меди.

Таким образом, в результате выполненных исследований показана реальная возможность получения лигатур металлотермическим методом с использованием в составах восстановительных смесей медьсодержащих отходов. В дальнейшем планируется изготовление опытных партий различных по составу лигатур и проведение лабораторных и заводских испытаний при получении легированных сплавов на основе черных и цветных металлов.



а – медь-кремний; б – медь-молибден; в – медь-марганец; г – медь-титан

Рисунок 3 – Опытные образцы лигатуры на основе меди

Литература

1. **Леках, С.Н.** Экономное легирование железоуглеродистых сплавов / С.Н. Леках [и др.]. – М.: Наука и техника, 1996. – 173 с.
2. **Леках, С.Н.** Проблемы рециклинга окисленных металлосо-держающих отходов / С.Н. Леках // *Литье и металлургия*. – 2001. – № 2. – С. 38–40.
3. **Термодинамические** особенности процесса восстановления легирующих элементов из соединений / А.Г. Слуцкий [и др.] // *Металлургия: Республ. межведом. сб. науч. тр.* – Минск: БНТУ, 2009. – Вып. 32. – С. 210–217.
4. **Слуцкий, А.Г.** Энергосберегающая технология получения лигатур на основе молибдена / А.Г. Слуцкий, А.С. Калиниченко, В.А. Шейнерт // *Литье и металлургия*. – 2014. – № 2. – С. 91–94.
5. **Переработка** медьсодержащего шлака / А.Г. Слуцкий [и др.] // *Металлургия: Республ. межведом. сб. науч. тр.* – Минск: БНТУ, 2008. – Вып. 31. – С. 72–79.