



The carried out investigations showed prospects of complex processing of copper-containing slags.

А. Г. СЛУЦКИЙ, В. Н. ЯГЛОВ, В. А. СМЕТКИН, С. В. ГРИГОРЬЕВ, БНТУ

УДК 621.745.669.13

## ПЕРЕРАБОТКА МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ ШЛАКОВ

Одним из источников вторичного сырья в Республике Беларусь являются шлаки цветнолитейных цехов, образующиеся при выплавке сплавов на основе меди.

Для утилизации медьсодержащих шлаков используют два процесса: переплав шлака в шахтной печи либо его измельчение в шаровой мельнице с последующим разделением продуктов помола на сите на металлический концентрат и хвосты [1]. Основными недостатками таких технологий являются их высокая энергоемкость и значительные потери металла на промежуточных стадиях передела.

В БНТУ проведены исследования по механической обработке медьсодержащих шлаков на лабораторном измельчительном комплексе, схема которого показана на рис. 1. Исходный материал, предварительно пропущенный через сито с ячейкой 10 мм, поступает через бункер с питателем 1 в мельницу 2. Тяжелая металлическая фракция после помола попадает в бункер 6, а мелкая более легкая фракция подхватывается воздушным потоком, создаваемым вентилятором 4 с регулируемым давлением, и проходит через осадительный циклон 3 в бункер 7.

Измельчение шлака осуществляли по трем вариантам с использованием минимального (I), среднего (II) и максимального (III) давления воздушного потока. В результате такой механической обработки произошло разделение шлака на две части: металлическую тяжелую и мелкую (дисперсную) более легкую. В зависимости от давления воздушного потока содержание металлической фракции от массы загружаемого шлака изменялось от 40 до 84% (рис. 2, табл. 1).

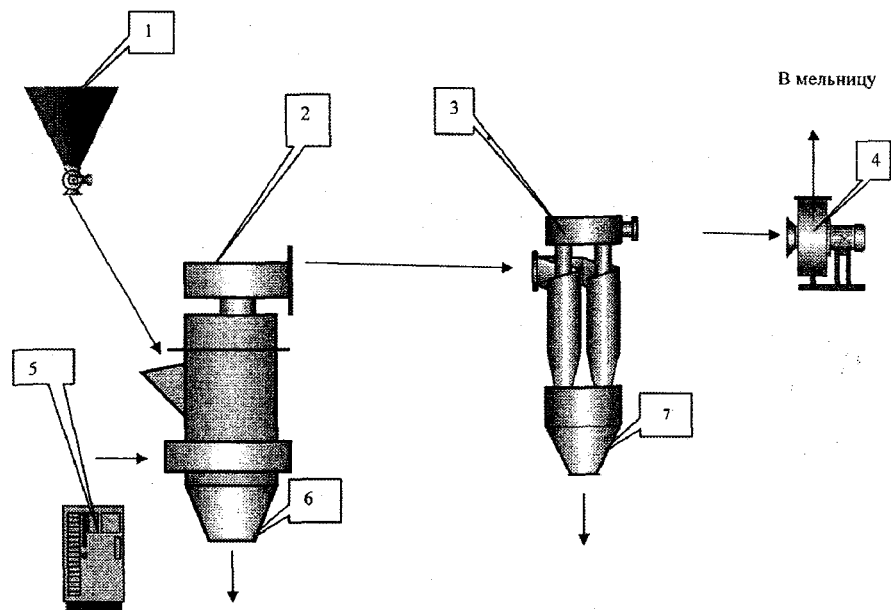


Рис. 1. Схема комплекса: 1 – бункер с питателем; 2 – мельница; 3 – циклон; 4 – вентилятор (транспортный); 5 – пульт управления; 6 – бункер для металлической фракции; 7 – бункер для дисперсной фракции

Исследование методом ситового анализа фракционного состава шлака после избирательного помола показало, что металлическая часть состоит из частиц размером от 2,5 до 0,05 мм и менее (рис. 3, а). Максимальное количество приходится на фракции 0,6–0,2 мм. Дисперсная часть содержит в основном фракцию размером 0,1–0,05 мм (рис. 3, б).

Следует отметить, что в зависимости от варианта размола фракционный состав металлической части существенно не изменится. Что касается дисперсной составляющей шлака, то с увеличением давления воздушного потока при размоле материала доля мелкой фракции значительно возрастает.

Результаты химического анализа, проведенные в лаборатории механико-технологического факультета на установке Spectro scan MAX-GV, показали, что металлическая и дисперсная составляющие шлака отличаются по составу (табл. 2).

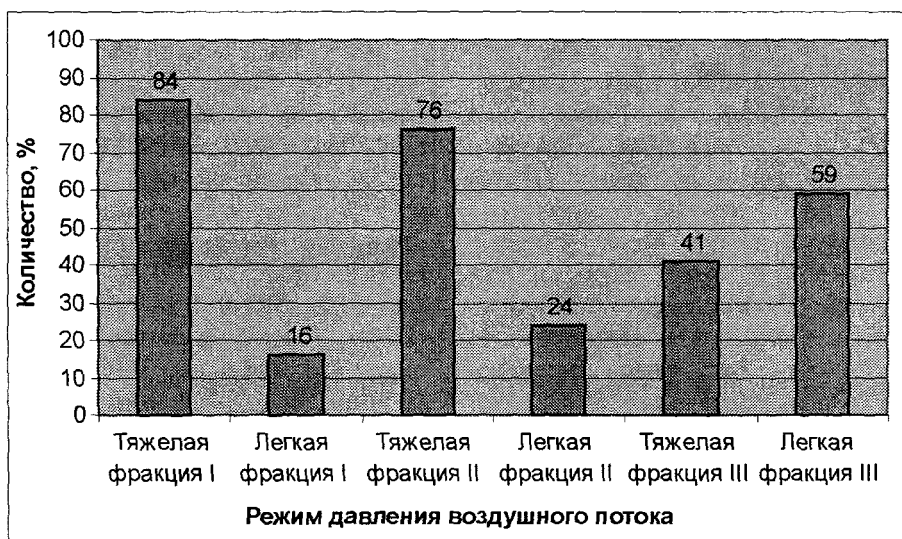
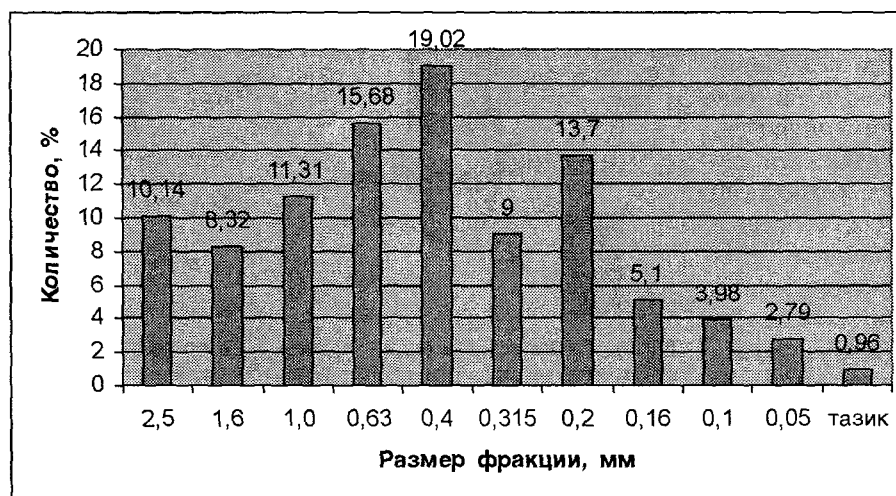


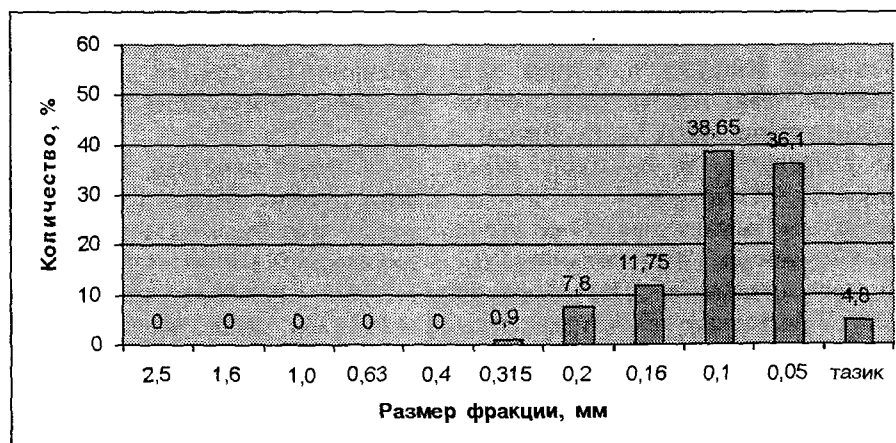
Рис. 2. Соотношение металлической и дисперсной частей медьсодержащего шлака после размола

Таблица 1. Результаты избирательного размола медьсодержащего шлака

Давление воздушного потока	Количество материала				
	металлическая часть		мелкая фракция		всего загружено
	кг	%	кг	%	
Минимальное (I)	6,8	84	1,3	16	8,1
Среднее (II)	8,5	76	2,7	24	11,2
Максимальное (III)	4,5	41	6,5	59	11,0



a



b

Рис. 3. Фракционный состав металлической и дисперсной частей медьсодержащего шлака (размол по варианту III):  
a – металлическая часть; б – дисперсная часть

Таблица 2. Химический состав металлической и дисперсной части медьсодержащего шлака

Наименование	Содержание элементов, %							Прочие элементы, %			
	Cu	Zn	Sn	Pb	Al	Fe	Si	Ca	Mn	S	P
Дисперсная часть (вариант I)	19,3	11,2	1,04	2,6	18,2	6,3	27,6	9,49	1,17	0,46	0,46
Дисперсная часть (вариант III)	23,6	9,2	1,05	1,6	14,9	4,5	34,1	7,44	0,69	0,48	0,47
Металлическая часть (после сплавления)	87,2	2,8	3,4	1,5	0,05	3,6	0,33	—	0,3	0,07	0,21

Из таблицы видно, что дисперсная часть шлака содержит 19–23% меди, небольшое количество олова, свинца, значительное количество цинка, алюминия и кремния. Металлическая часть состоит на 87% из меди с незначительным количеством олова, свинца, железа.

Методом рентгенофазового анализа на установке ДРОН-3 установлено, что в различных фракциях шлака медь содержится как в чистом виде, так и в соединении с кислородом.

Ранее проведенные исследования и термодинамические расчеты [2–4] показали реальную возможность восстановления ряда легирующих

элементов и особенно меди из шлаковой фазы в процессе выплавки железоуглеродистых сплавов. Для подтверждения этого в лабораторных условиях проводили опытные плавки чугуна с добавками в качестве легирующей присадки дисперсной части медьсодержащего шлака. Легирование осуществляли по двум вариантам.

По первому варианту легирующую присадку вводили в ковш под струю жидкого металла. По второму варианту дисперсную медьсодержащую фракцию вводили в индукционную печь в составе твердой металлозавалки.

Полученные результаты приведены в табл. 3, 4.

Таблица 3. Результаты легирования чугуна

Наименование материала	Количество жидкого чугуна в ковше, кг	Количество вводимого материала, г	Содержание меди, %			Степень усвоения, %
			Cu	Si	Mn	
Дисперсная фракция (1)	25	150	0,09	0,8	0,37	85
Дисперсная фракция (2)	25	150	0,103	2,2	0,42	86
Дисперсная фракция (3)	25	150	0,125	2,11	0,58	87

Таблица 4. Результаты легирования чугуна в индукционной печи

Наименование материала	Добавка в шихту, г	Количество шихты, кг	Содержание, %		Степень усвоения, %
			Si	Cu	
Исходный чугун		50	1,6	—	—
Дисперсная фракция (образец 1)	500	50	1,7	0,18	93
Дисперсная фракция (образец 2)	500	50	2,0	0,19	95
Дисперсная фракция (образец 3)	650	65	1,83	0,21	91

Металлическую часть медьсодержащего шлака проплавливали в печи сопротивления. Полученные слитки проанализировали в химической лаборатории. Установлено, что по своему составу полученный сплав соответствует оловянистой бронзе.

Таким образом, проведенные исследования показали перспективность переработки медьсодержащих шлаков, которая включает следующие этапы:

- предварительный размол шлака и разделение его на металлическую и дисперсную фракции;
- использование металлической части шлака в качестве шихтовой составляющей при выплавке бронзы;

- экономное легирование высокоуглеродистых сплавов железа медью с использованием дисперсной части шлака.

### Литература

1. Задиранов А.Н. Исследование и оптимизация процессов утилизации металла из медьсодержащих шлаков, образующихся в плавильно-литейных цехах металлургических предприятий: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1993.
2. Слуцкий А.Г., Трубицкий Р.Э., Сметкин В.А. Исследование особенностей легирования гильзового чугуна медьсодержащими отходами // Литье и металлургия. 2005. С. 113–116.
3. Казачков Е.Л. Расчеты по теории металлургических процессов. М.: Металлургия, 1988.
4. Леках С.Н., Мартынюк М.Н., Слуцкий А.Г. и др. Экономное легирование железоуглеродистых сплавов. Мн.: Наука и техника, 1996.