

10. *Cannarozzi, A.* A mixed variational method for linear coupled thermoelastic analysis / A. Cannarozzi, F. Ubertini // International Journal of Solids and Structures. 2001. № 38. P. 717 – 739.

11. *Bathe, K.J.* The inf-sup condition and its evaluation for mixed finite element methods / K.J. Bathe // Computers & Structures. 79. 2001. P. 243 – 252.

12. *Arnold, D.N.* Mixed finite element methods for elliptic problems / D.N. Arnold // Comput. Meth. Appl. Mech. Eng. 1990. № 82. P. 281 – 300.

13. *Зенкевич О.* Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. М.: Мир, 1975. 343 с.

14. *Боли, Б.* Теория температурных напряжений / Б. Боли, Дж. Уэйнер. М.: Мир, 1964. 520 с.

УДК 621.927/66Ъ9.2

Е.Б. ЛОЖЕЧНИКОВ, д-р техн. наук, А.К. ГАВРИЛЕНЯ (БНТУ),
С.В. ЛАСАНКИН (ООО «Ордком»)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАЗМОЛА ШЛАКОВ И КОМПАКТИРОВАНИЯ ИЗВЛЕКАЕМЫХ ИЗ НИХ МЕТАЛЛОВ

Металлургическое производство сопровождается образованием большого количества шлаков, лишь частично перерабатываемых (в основном в строительные материалы) с извлечением из них основных и сопутствующих металлов. Значительная часть шлаков складывается в накопительных отвалах. Объем накопленных в странах СНГ шлаков только медеплавильных производств составляет около 12,4 млн т [1, 2]. Шлаки медеплавильного производства представляют собой смесь металлической и неметаллической составляющих. Металлическая составляющая представляет собой «корольки», размеры которых варьируются в диапазоне 0,1...30 мм. Химический состав корольков разнообразен и зависит от технологии выплавки и марки выплавляемого сплава. Неметаллическая составляющая представлена соединениями кремния, алюминия, железа, кальция и др. [1 – 3].

Процентное содержание металлической фракции в металлургических шлаках определяется технологией разлива и составом шлака. Так, при производстве бронзовых сплавов содержание металла в шлаках может достигать 30% в весовом соотношении. Такое содержание сплава в шлаке делает особенно актуальной задачу его извлечения и возвращения в производство.

Объемы образования в Беларуси медьсодержащих шлаков сравнительно небольшие. Однако в условиях постоянного роста цен на цветные металлы задача возвращения в производство металлов из отходов стоит особенно остро. Традиционные технологии извлечения металла из шлаков достаточно трудоемкие. Осо-

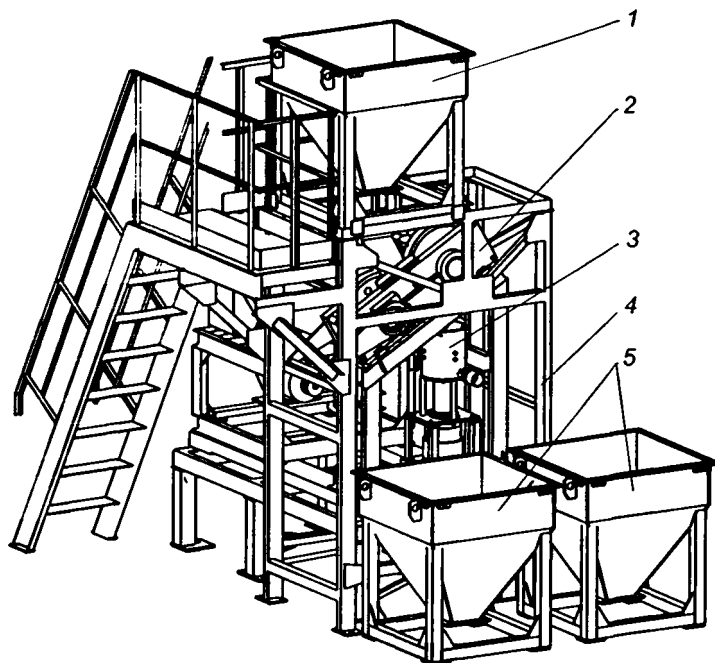


Рис. 1. Общий вид технологического комплекса

бое место в них занимает измельчение. Именно от качества измельчения материала зависит эффективность всего технологического процесса обогащения. Шлаки предварительно дробят в щековых и им подобных дробилках с последующим отсевом крупных частиц – конгломератов металла, а затем размалывают до высокодисперсного состояния. Время размола в обычно используемых шаровых мельницах составляет 2...3 ч. В результате размола происходит разрушение спекшихся конгломератов оксидов, сульфидов и других соединений с более прочными частицами металлической фракции. Разные дисперсность и плотность образовавшихся при размоле частиц определяют их разделение мокрым (флотация) или сухим (воздушно-проходная сепарация) способом [4]. При обоих способах полнота отделения металла от более легких, не содержащих металлы соединений зависит от тонкости помола последних при сохранении более крупных и тяжелых металлосодержащих частиц. Наиболее благоприятные условия для такого избирательного размола гетерогенной смеси – в валковых мельницах. При обжати в валках более прочные металлосодержащие частицы находятся в окружении хрупкой, легко деформируемой и разрушаемой до высокодисперсного со-

стояния массы. Поскольку частицы металлов испытывают при этом всестороннее сжатие, их деформация и разрушение затруднены. Это подтверждено результатами экспериментов и опытом производства металлургических полуфабрикатов прокаткой порошков [5, 6].

Для размола медесодержащих шлаков и компактирования в толстые полосы подлежащих переплаву дисперсных продуктов спроектирован и изготовлен технологический комплекс (рис. 1), основу которого составляет прокатный стан RT600. Комплекс состоит из прокатного стана 2, измельчителя 3 выходящей из валков слабоуплотненной полосы, эстакады 4, на которой устанавливается бункер 1 с подлежащим размолу или компактированию материалом и приемных бункеров 5. Подлежащий размолу материал поступает из бункера самотеком через шиберный дозатор в бункер прокатного стана, установленный на его валки. Прокатываемый материал захватывается и уплотняется в полосы толщиной 5...7 мм. Поскольку процесс уплотнения порошка валками сопровождается его деформацией, менее прочная неметаллическая составляющая при этом разрушается. Сформованные в валках полосы попадают в проходной молотковый измельчитель, откуда порошок лопатками вращающегося диска подается через гибкий рукав в приемные бункера, оборудованные пылезащитными экранами.

Конструкция прокатного стана выполнена для условий обработки давлением сыпучих материалов. Привод его валков 5 (рис. 2)

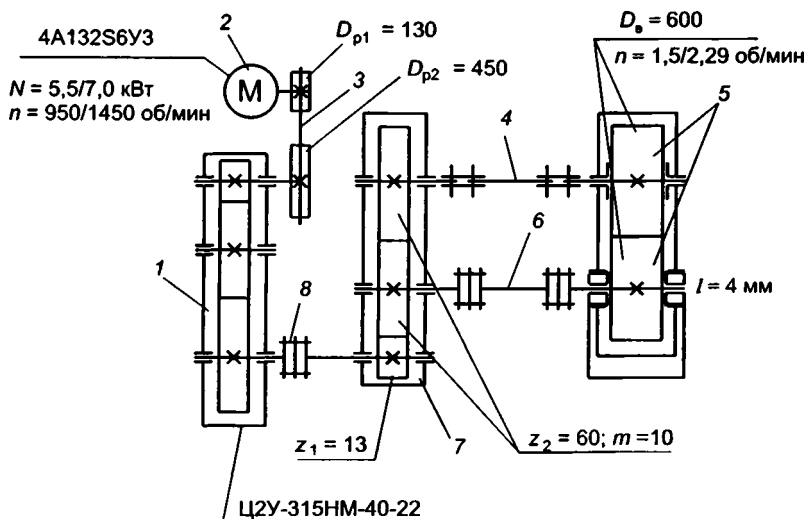


Рис. 2. Кинематическая схема проектного стана RT600

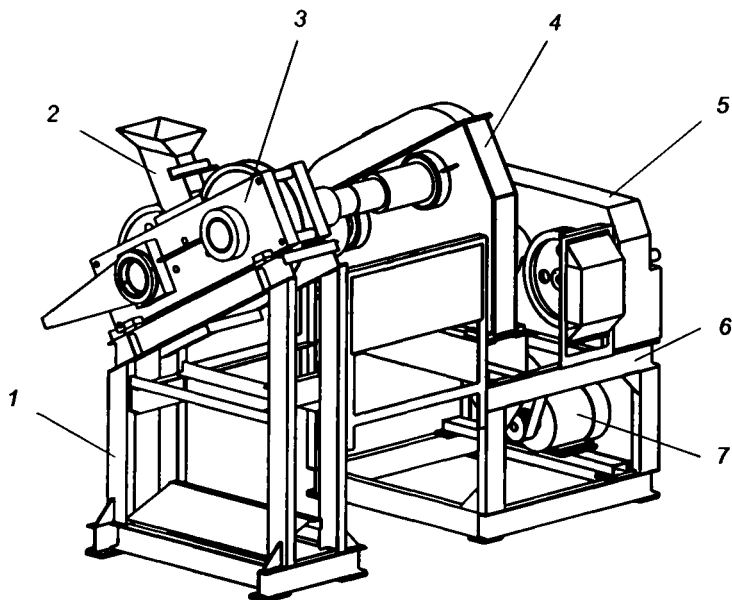


Рис. 3. Прокатный стан RT600

осуществляется от электродвигателя 2 через ременную передачу 3, редуктор 1, муфту 8, шестеренную клетку 7 и шпинделя 4 и 6. Компонентно прокатный стан выполнен в виде двух агрегатов – привода и рабочей клетки (рис. 3). Привод представляет собой электродвигатель 7, сварную станину 6, редуктор 5 и шестеренную клетку 4. Рабочая клетка 3 установлена на собственной станине 1. Над валками закреплен бункер 2 со щекими, плотно прижатыми к торцам бочки валков.

Особенность конструкции прокатного стана RT600 заключается в его рабочей клетке (рис. 4). Ее базовыми деталями являются две плиты 10, выполненные из толстолистовой стали с наваренными бобышками в местах расточки отверстий под подшипники 6 и 9 валов 7, на которых посажены бочки валков 8. Плиты стянуты шпильками 5 с распорными трубами. Подшипники верхнего валка установлены непосредственно в расточки плит, нижнего (регулируемого) – в эксцентрично выполненные втулки 1, на выступающие концы которых посажены втулки рычагов 4. Поворотом связанных между собой рычагов с эксцентриковыми втулками осуществляется регулировка межвалкового зазора, толщины и плотности уплотняемого в валках материала. Фиксирование положения эксцентриковых втулок, а

следовательно, и раствора валков, осуществляется сухарями 2, стягиваемыми винтом 3.

Для обеспечения постоянного заднего подпора прокатываемого материала на валки и удобства удаления продуктов обработки рабочая клеть установлена на наклонные под углом 30° к горизонту балки.

Технологический комплекс изготовлен на УП «Завод политехник» БНТУ и эксплуатируется на ГЗОЦМ «Сплав» (г. Гай, Россия).

Производительность комплекса при размоле медьсодержащих шлаков – 500 или 750 кг/ч при оснащении двигателями с частотой вращения ротора соответственно 950 или 1450 об/мин (5,5 или 7,0 кВт).

Проведенная на стадии испытания контрольно-балансовая плавка показала, что измельчение шлака в валках перед воздушной сепарацией позволило увеличить содержание металлической составляющей в переработанном концентрате с 56 до 85,5%, т.е. в 1,5 раза.

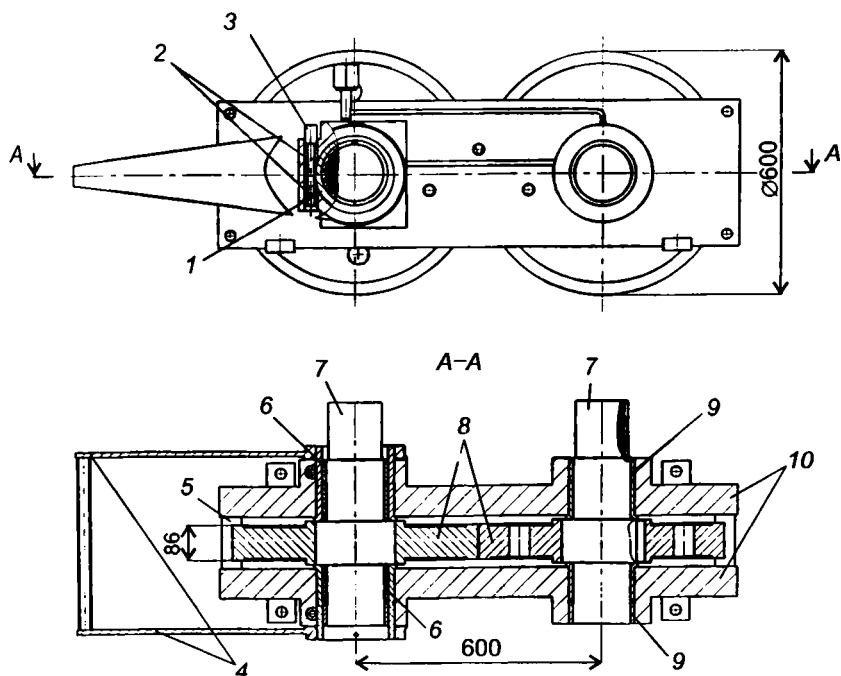


Рис. 4. Рабочая клеть прокатного стана RT600

Техническая характеристика прокатного стана RT600

Тип	Двухвалковый
Валки:	
диаметр бочки, мм	600
длина бочки, мм	85
Частота вращения валков, об/мин	1,5/2,25
Толщина проката, мм	3...9
Привод:	
мощность, кВт	5,5/7,0
частота вращения ротора, об/мин	950/1450
Габаритные размеры, мм:	
длина	2530
ширина	1500
высота	2000
Масса, кг	4000
Габариты эстакады (без приемных бункеров), мм:	
длина	3400
ширина	2400
высота	4100

ЛИТЕРАТУРА

1. *Купряков, Ю.П.* Шлаки медеплавильного производства и их переработка / Ю.П. Купряков. М.: Металлургия. 1987. 201 с.
2. *Корюкин, Е.Б.* Флотационно-магнитная схема переработки конвертерных шлаков / Е.Б. Корюкин, С.Н. Литовских, О.В. Киреев // Цветные металлы. 2002. № 8. С. 18 – 20.
3. *Гречко, А.В.* Барботажная пирометаллургическая переработка отходов различных промышленных производств / А.В. Гречко, В.М. Парецкий, А.Д. Бессер // Цветные металлы. 2005. № 1. С. 42 – 44.
4. *Сиденко, П.М.* Измельчение в химической промышленности / П.М. Сиденко. М.: Химия, 1968. 382 с.
5. *Ложечников, Е.Б.* Прокатка в порошковой металлургии / Е.Б. Ложечников. М.: Металлургия, 1987. 184 с.
6. *Ложечников, Е.Б.* Переработка промышленных отходов в валковых мельницах / Е.Б. Ложечников, А.В. Бусел // Ресурсосберегающие и экономически чистые технологии: в 2 т. Т. 1. Труды науч.-техн. конф. Гродно, 1995. С. 165 – 170.

УДК 621.745.669.13

А.Г. СЛУЦКИЙ, канд. техн. наук, В.А. СМЕТКИН, канд. пед. наук,
О.А. СЛУЦКАЯ, В.Г. ПАВЛОВИЧ (БНТУ),
Р.Э. ТРУБИЦКИЙ (ОАО «Лидский ЛМЗ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВЫПЛАВКЕ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ

Процессы легирования железоуглеродистых сплавов находят широкое применение в металлургии и литейном производстве. Перспективным направлением является разработка ресурсосберегающих технологий экономного легирования сплавов за счет вто-