

частоты вращения и корпуса двигателя с частотами, кратными оборотной, что свидетельствует о наличии дефекта «расцентровка валов».

Список литературы: 1. Биргер И.А. Техническая диагностика. – М.: «Машиностроение», 1978. – 240 с., ил. – (Надежность и качество). 2. Борцов Ю.А., Соколовский Г.Г. Автоматизированный электропривод с упругими связями. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 288 с. 3. В.П. Дьяконов. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Обработка сигналов и проектирование фильтров. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 576 с.: ил. – (Серия «Библиотека профессионала»). 4. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, А.В. Ковалев и др.; Под ред. В.В. Клюева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение: Спектр, 2003. – 656 с.: ил. – ISBN 5-217-03178-6. 5. Устройство управления тиристорное серии БТУ 3601. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.

Сдано в редакцию 14.05.07

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ АЛЮМИНИЕВЫХ ШЛАКОВ

Бредихин В.Н.¹, Кушнерова Е.Ю.², Кушнеров² В.Ю.

(1-ДонНИПИЦМ, г. Донецк, Украина; 2-ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

The work presents thermotechnical calculation of the equipment for aluminium slag processing using hot-pressing method. The equipment design is developed that allows both to recover up to 80% of aluminium directly in the shop during 5 ? 15 min and to decrease significantly gassing and dusting during the slag cooling-down.

Введение. При переплаве лома и отходов алюминия, а также при литье отливок, когда плавку ведут с небольшими добавками покровно-рафинирующих и модифицирующих флюсов, на поверхности расплава в обязательном порядке образуется шлаковая фаза.

Шлаковая фаза состоит из смеси оксидов, хлоридов, нитридов основных компонентов сплава, кремнеземных составляющих шихты, компонентов флюсов, материалов футеровочной массы.

Шлаковая фаза алюминиевых сплавов пропитана металлом и при удалении её с поверхности расплава образуется сильно металлизированный продукт, который содержит кроме оксидной части, до 50% металлической составляющей.

На протяжении многих лет перед переработчиками стоит задача не только по уменьшению образования шлака, но главное по увеличению извлечения металла из него [1,2]. При этом по законам термодинамики окисление металлического алюминия происходит постоянно, пока кислород присутствует около открытой алюминиевой поверхности. При этом алюминий сгорает по реакции (1) и в результате чего в оксид переходит порядка 1% алюминия в минуту.



Такая ситуация требует разработки полного комплекса мероприятий начиная от снижения до минимума образования шлака в печи, до максимального извлечения из

шлака алюминия. При этом наибольший эффект достигается, если извлечение металла будет происходить в первые 5÷10 минут после удаления шлака из печи.

Сегодня известно много способов по переработке алюминиевых шлаков, но большинство это “холодные способы”, которые выполняются после остывания и передачи шлака на специальные предприятия (цеха). При этом используются традиционные схемы обогащения: дробление, классификация, сепарация [3]. Известны также центробежная обработка шлаков фирмы “Рейнольдс” [4], а также использование центрифуг погружного типа. Однако эти разработки не нашли широкого применения из-за большой сложности технологического оборудования.

Задачей исследований являлось теоретические исследования процесса горячего прессования алюминиевого шлака и разработка на базе полученных результатов конструкции агрегата. Технология переработки шлаков методом горячего прессования имеет значительные преимущества перед существующими технологиями, как с точки зрения конструктивного исполнения, так и эффективности процесса.

Институт ДонНИПИЦМ (г.Донецк, Украина) выполнил теплофизические и конструктивные расчёты установки для переработки горячего алюминиевого шлака. В статье представлены теплофизические расчёты и конструкция установки по переработке горячего алюминиевого шлака[5].

В общем случае температура шлака t изменяется в пространстве и во времени,

$$t = t(x, y, z, \tau) \quad (2)$$

При этом передача тепла (теплообмен) – самопроизвольный процесс передачи внутренней энергии, осуществляемый за счёт теплопроводности, конвекции тепла и теплового излучения.

Плотность теплового потока по закону Био–Фурье пропорциональна градиенту температуры и представлена следующим соотношением:

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \quad (3)$$

где, λ – физический параметр, называемый коэффициентом теплопроводности, ккал/м•час•град.

Функциональная зависимость между изменением температуры в пространстве и во времени рассчитана на основе 1-го и 2-го законов термодинамики и закона Био–Фурье и выражается дифференциальным уравнением теплопроводности:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \text{div}(\lambda \text{ grad } t) + \frac{q_v}{c\gamma} \quad (4)$$

если λ – величина постоянная, то

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t + \frac{q_v}{c\gamma} \quad (5)$$

где, $a = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma}$ – коэффициент температуропроводности в м²/час. Он характеризует скорость выравнивания температуры в неравномерно нагретом теле.

c – теплоёмкость, ккал/кг•град

γ – удельная масса тела, кг/дм³

q_v – объёмная производительность источников тепла, ккал/м³•час. Физически q_v равна количеству тепла, выделяемому источниками в единице объёма тела в единицу времени;

$\nabla^2 t$ – дифференциальный оператор второго порядка (оператор Лапласа).

В прямоугольных координатах

$$\nabla^2 t = \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \quad (6)$$

Для стационарного режима, т.е. температуры стенки t_{c_1} и t_{c_2} постоянные, причём $t_{c_1} > t_{c_2}$, уравнение теплопроводности (4) имеет вид

$$\nabla^2 t + \frac{q_v}{\lambda} = 0 \quad (7)$$

В качестве соотношения, связывающего плотность теплового потока на границе тела (q_c), температуры поверхности тела (t_c) и окружающей среды, т.е. жидкости или газа ($t_{жс}$) принят закон Ньютона – Рихмана:

$$q_c = \beta(t_c - t_{жс}) \quad (8)$$

где, β - коэффициент теплоотдачи, ккал/м²•час•град и численно равен q_c при $t_c - t_{жс} = 1^\circ\text{C}$.

Физически коэффициент β характеризует интенсивность теплообмена между поверхностью тела и окружающей его жидкостью или газом.

Как видим из уравнения (8), β не зависит от координат и времени и от разности ($t_c - t_{жс}$).

Следовательно, тепло отдаваемое нагретым шлаком Q_1 затрачивается на нагрев более холодного тела – пуансона Q_2 и на компенсацию потерь тепла в окружающую среду - Q_n , которые не превышают 5÷7% от запасенного тепла шлаком и им можно пренебречь.

Тогда тепловой баланс будет представлен как:

$$Q = Q_1 = Q_2 \quad (9)$$

где, Q – тепловая нагрузка аппарата.

Если теплообмен протекает без изменения агрегатного состояния теплоносителей, то уравнение (9) можно записать в виде

$$Q = G_1(\dot{I}_{1н} - \dot{I}_{1к}) = G_2(\dot{I}_{2н} - \dot{I}_{2к}) \quad (10)$$

где, $\dot{I}_{1н}, \dot{I}_{1к}$ – энтальпия горячего теплоносителя на входе и выходе аппарата;
 $\dot{I}_{2н}, \dot{I}_{2к}$ – начальная и конечная энтальпия холодного теплоносителя.

Значение энтальпии запишем в виде

$$I_{1н} = C_{1н} \cdot t_{1н} \quad (11)$$

тогда уравнение (10) примет следующее выражение:

$$Q = G_1(C_{1н}t_{1н} - C_{1к}t_{1к}) = G_2(C_{2к}t_{2к} - C_{2н}t_{2н}) \quad (12)$$

где, G_1, G_2 – массовый расход нагретого и холодного теплоносителя, соответственно;
 $C_{1н}, C_{1к}$ – средние удельные теплоёмкости нагретого теплоносителя в диапазоне изменения температур $(0 \div t_{1н})$ на входе в аппарат и $(0 \div t_{1к})$ на выходе из аппарата, соответственно;

$C_{2н}, C_{2к}$ – средние удельные теплоёмкости холодного теплоносителя в диапазоне $(0 \div t_{2н})$ и $(0 \div t_{2к})$ соответственно.

Общая кинетическая зависимость для процессов теплопередачи, выражающая связь между тепловым потоком Q' и поверхностью теплообмена F , представляет собой основное уравнение теплопередачи:

$$Q' = K \cdot F \cdot \Delta t_{cp} \cdot \tau \quad (13)$$

где, K – коэффициент теплопередачи, определяющий среднюю скорость передачи тепла вдоль всей поверхности теплообмена;

Δt_{cp} средняя разность температур между теплоносителями, определяющая среднюю движущую силу процесса теплопередачи или температурный напор;

τ – время;

F – расчётная поверхность теплообмена в m^2 .

Тепловой расчёт выполнен при совместном решении следующих основных уравнений:

а) уравнение теплового баланса (9) и

б) уравнение теплопередачи (13).

За исходные значения принято:

- масса охлаждаемого алюминиевого шлака, $G = 200$ кг;
- состав флюса - 50% $NaCl$ и 50% KCl , следовательно:
 $Q = 82832$ кДж = 19768,7 ккал.

Из уравнения теплопередачи (13) находим тепловой поток Q_1 :

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{cp} \cdot \tau$$

Получаем следующие конструктивные значения:

$$F = 3,13 \text{ м}^2 - \text{поверхность теплообмена}; \Delta t_{cp} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$K = \frac{\lambda}{\delta} - \text{коэффициент теплопередачи, Вт/м}^2 \cdot \text{град},$$

где $\lambda = 45 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$; $\delta = 120 \text{ мм}$ – толщина стенки.

$$K = \frac{45}{0,2} = 375 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}; \quad \tau = 1 \text{ сек.}$$

$$Q_1 = 234750 \text{ Вт} \cdot \text{с} = 234750 \text{ Дж} = 234,75 \text{ кДж}$$

Время охлаждения горячего алюминиевого шлака до температуры 400°C составляет,

$$\tau = \frac{Q}{Q_1} = \frac{82832 \text{ кДж}}{234,75 \text{ кДж/с}} = 352,85 \text{ с} = 5,88 \text{ мин.}$$

Охлаждающим агентом является обратная вода (либо тосол) с начальной температурой до $+20^\circ\text{C}$. При условии, что конечная температура воды на выходе из аппарата будет не более 40°C , тогда расход её составляет $175 \text{ м}^3/\text{час}$.

На основании теплового расчёта разработана конструкция пресса (рис.1) с усилием прессования 80 тонн (два гидроцилиндра с усилием по 40т каждый, с рабочим давлением в системе 160 кгс/см^2 , ходом штока 500мм и объёмом шлаковницы $0,27\text{м}^3$).

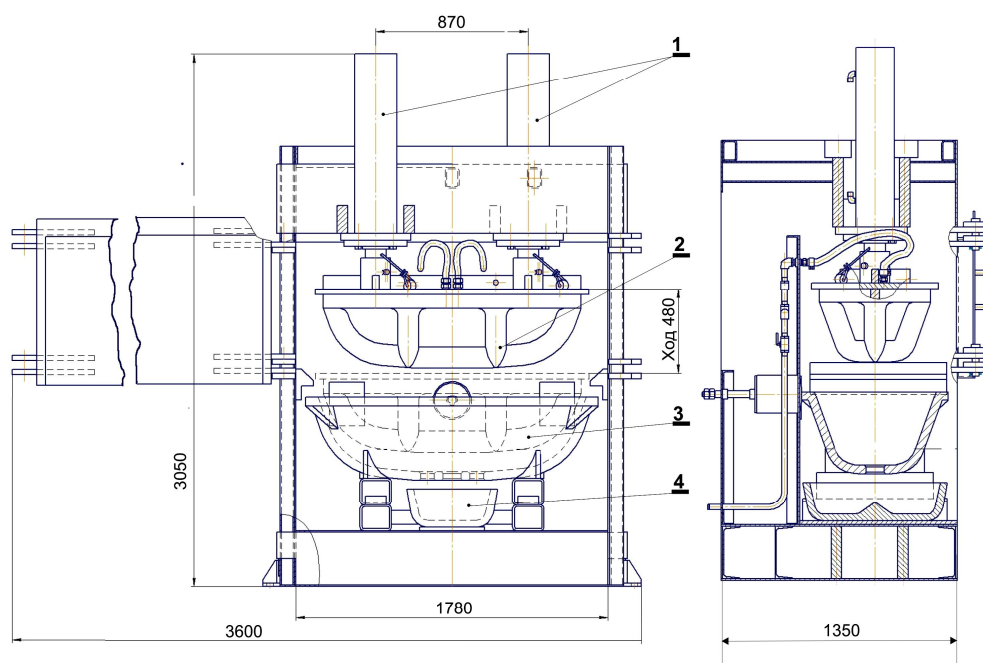


Рис.1. Установка для извлечения металла из алюминиевого шлака
1-гидроцилиндр; 2-пуансон; 3-шлаковница; 4- изложница

В табл.1 представлена техническая характеристика установки по извлечению металла методом прессования горячего алюминиевого шлака. На рис.2 показаны

фрагменты прессования и реальный шлаковый «прессостаток», который содержит 3% алюминия, при исходном содержании его в шлаке - 52%.



Рис.2. Фрагменты процесса переработки алюминиевого шлака

Таблица 1. Техническая характеристика установки по переработке алюминиевых горячих шлаков

| | |
|--|------------|
| 1. Номинальное усилие прессования, тс | 80 |
| 2. Номинальное давление рабочей жидкости в гидросистеме, кгс/см ² | 160 |
| 3. Максимальный ход штока гидроцилиндра, мм | 500 |
| 4. Размеры камеры прессования, мм | |
| • длина | 1780 |
| • ширина | 860 |
| 5. Объём шлаковницы, дм ³ | 270 |
| 6. Время цикла охлаждения, мин. | 5?15 |
| 7. Установленная мощность электрооборудования, кВт | 30 |
| 8. Масса пресса без оснастки и маслостанции, кг | 6980 |
| 9. Габаритные размеры, м | |
| • длина (при открытой двери) | 2,41(4,18) |
| • ширина | 1,68 |
| • высота | 3,05 |

Заключение. Выполненные теплотехнические расчёты позволили рассчитать конструктивные характеристики специальной установки по выдавливанию из горячего алюминиевого шлака, металлической составляющей. При этом в течении 5?15 мин

возвращается до 90% металла (с 50?60% до 3?4%) непосредственно в цехе, резко уменьшается количество газов и пылеобразования.

Список литературы: 1. Sivilotty O., Light Metal Age, 1984, V.42,N.11?12,P.9. 2. Галевский Г.В., Кулагин Н.М., Минцис М.Я. Металлургия вторичного алюминия, Новосибирск, Наука, 1998, 289с. 3. Колобов Г.А., Бредихин В.Н., Чернобаев В.М. Сбор и обработка вторичного сырья цветных металлов. Учебник для вузов./ - М.: Металлургия, 1993.-228 с. 4. Патент США, # 4137073, опубл. 01.03.79. 5. Контракт на разработку прессового оборудования для ООО «Русский металл, Россия», ДонНИПИЦМ, Донецк, 2006.

Сдано в редакцию 20.05.07

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВИБРОПОЛЯ ОДНОМАССОВОЙ МАШИНЫ С БИГАРМОНИЧЕСКИМ ДЕБАЛАНСНЫМ ВОЗБУДИТЕЛЕМ КОЛЕБАНИЙ НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

Букин С.Л., Лютый А.П., Маслов С.Г.
(ДонНТУ, Укрросуглемашсервис, г. Донецк, Украина)

In work was executed the analysis of vibrating system with biharmonic vibrator. The vibrating field of working body of the biharmonic vibrating machine having one degree of freedom is considered, its basic dynamic parameters are certain. It is established, that trajectories of fluctuations of the biharmonic vibrating machine considerably differ from traditional - linear, circular and elliptic. The received trajectories of fluctuations of working body, for example, a vibrating roar, allow to raise essentially technological parameters of process of division on the sizes of damp loose materials and removals of water due to variable on the module and a direction of inertial influence on a processable material.

Основными динамическими параметрами регулирования технологических показателей вибрационных машин различного назначения являются амплитуда и частота колебаний. Кроме того, форма траекторий колебаний рабочего органа вибромашины во многом определяет область ее применения. Амплитуду колебаний инерционных машин, получивших наибольшее распространение во всем мире, обычно регулируют изменением статического момента массы дебалансов. Частота колебаний, как правило, не регулируется, но в некоторых моделях она может изменяться путем ступенчатого изменения передаточного числа клиноременной передачи привода вибровозбудителя или плавным регулированием числа оборотов электродвигателя привода при помощи частотного преобразователя.

Целью настоящей работы является установление возможности расширения числа динамических параметров для интенсификации технологического процесса вибрационной обработки углей, руд, нерудных и других полезных ископаемых.

В последнее время все большее развитие приобретают вибромашины с бигармоническим режимом работы [1-3]. По сравнению с машинами с гармоническим режимом последние имеют более высокую удельную производительность и эффективность разделения, например при сухой классификации влажных трудногροхотимых материалов [4], а также обезвоживании и дешламации.

Рассмотрим упрощенную модель движения рабочего органа вибромашины.