

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛА

А.В. Шевелев (ЭПИ МИСиС), Ж.В. Зацепилова (ОАО "ЭЗТМ")

Изложен способ энергосберегающего получения металлов электролизом расплавленных солей. Способ основан на периодическом измерении скорости процесса с использованием ультразвукового метода измерения уровня расплава и разработанного авторами алгоритма оптимального управления.

Ключевые слова: получение кальция, электролиз, оптимальное управление, энергосбережение.

Одним из важнейших направлений стратегии экономического развития страны является энергосбережение. Естественно, что наибольшее внимание процессам энергосбережения должно уделяться, прежде всего, энергоемким технологиям. К таким широко распространенным в промышленности технологиям относятся процессы электролитического получения металлов – алюминия, кальция, циркония, никеля, меди и других.

В себестоимости металлов, полученных методом электролиза, затраты на электроэнергию достигают 30%. Однако до настоящего времени на большинстве предприятий, где осуществлен электролитический метод получения металлов, ТП ведутся не в оптимальном энергосберегающем режиме, что приводит к повышенным затратам.

В цехе производства кальция на ОАО "ЧМЗ" (г. Глазов), например, в настоящий момент ТП электролиза ведется путем автоматического поддержания заданных значений технологических параметров (температуры, разрежения, напряжения). Этот подход обеспечивает стабильность ТП и не требует больших затрат на его внедрение. Однако он не реализует возможность сокращения затрат электроэнергии. При таком принципе управления не учитывается то обстоятельство, что в процессе электролиза и при периодической загрузке порошка в аппарат изменяется концентрация хлористого кальция в электролите, что влияет на интенсивность процесса электролиза. Вместе с тем, изменяя до определенного значения напряжения на электродах ванны, можно добиться минимума затрат электроэнергии на производство 1 кг кальция.

Единственным сдерживающим фактором внедрения этого способа управления является отсутствие

прибора для измерения скорости процесса электролиза. Эта задача, однако, может быть решена косвенным методом с помощью алгоритма обработки результатов периодического измерения уровня расплава.

Переход от автоматического поддержания параметров к регулированию значения напряжения на ванне, как показали проведенные авторами исследования, позволят уменьшить энергетическую составляющую себестоимости продукции на 20...30%

Эффективность процесса электролиза характеризуется таким параметром, как "выход по энергии", который соответствует количеству металла в кг, полученному при затрате электроэнергии в 1 кВт·ч.

На рисунке представлены расчеты по результатам исследования ТП получения кальция в электролизерах с токовой нагрузкой 45 кА [1].

На процесс электролиза влияют следующие параметры: напряжение, сила тока, температура, концентрация электролита, концентрация хлористого кальция. Регулирующим параметром является напряжение между анодами и катодом электролизера [2].

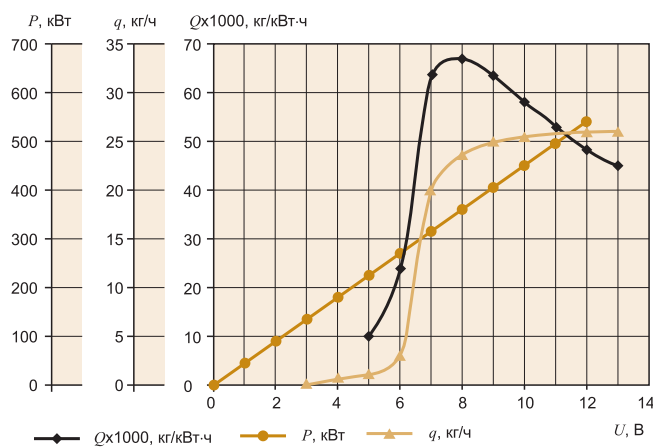
Прямая P на рисунке показывает изменение мощности при изменении напряжения при постоянной силе тока; кривая q изображает зависимость скорости процесса электролиза в кг/ч от напряжения; кривая Q – зависимость выхода по энергии в кг/кВт·ч от напряжения.

На рисунке рельефно выглядит влияние напряжения на затраты электроэнергии для получения одного килограмма металла. Отклонение значений выхода по энергии от оптимального значения при изменении напряжения на 1 В достигают 10%, а при отклонении напряжения от оптимального значения на 2 В могут возрасти до 50%.

Положение максимума на рисунке зависит от температуры электролита и концентрации хлористого кальция. Кривая сдвигается в сторону повышенных напряжений при обеднении электролита кальцием в процессе электролиза и резко сдвигается влево при неравномерной или разовой загрузке в электролизер порошка хлористого кальция.

Задача оптимального управления процессом электролиза сводится к установлению значения напряжения, при котором будет иметь место максимальное получение металла при затратах электроэнергии 1 кВт·ч.

Решение проблемы оптимального управления процессом электролиза связано с разработкой прибора для измерения скорости процесса электролиза. Такого прибора не существует. Но имеется возможность решить задачу путем компьютерной обработки результатов измерения по следующему алгоритму. Че-



Параметры электролиза кальция

рез равные промежутки времени измеряется уровень жидкого металла в электролизере и определяется прирост выхода по энергии для предыдущего и измененного значения напряжения на электродах. В зависимости от знака прироста решается вопрос об увеличении или уменьшении напряжения.

Для измерения уровня предлагается использовать ультразвуковой эхо-импульсный метод.

При применении электролизеров на 45 кА уровень кальция в ванне увеличивается за час работы на 8 мм при производительности электролизера 25 кг/ч. Чувствительность ультразвукового метода при измерении уровня эхо-методом равна 0,2% (Прибор типа ТУ-11-П производства ОАО "ЧМЗ", г. Глазов). Диапазон изменения уровня расплава равен 180 мм. Следовательно погрешность измерения уровня составляет $180 \times 0,2\% = 0,4$ мм.

Цикл измерения уровня должен быть таков, чтобы погрешность измерения не превышала 25...30% от изменения уровня за это время. Этому требованию удовлетворяет цикл измерений, равный 10 мин. За это время энергетическое состояние электролизера существенно не изменится.

Исходя из изложенного, предлагается следующий алгоритм оптимального управления электролизером.

1. Измеряется уровень расплава при $U = U_1, h = h_1$.
2. Через 10 мин измеряется уровень расплава $h = h_2$.
3. Находим разницу уровней $\Delta h_1 = h_2 - h_1$.
4. Увеличиваем напряжение на электродах электролизера на 0,2 В.

5. Через 10 мин измеряется уровень $h = h_3$, и находится разница $\Delta h_2 = h_3 - h_2$.

6. Находится разница $\Delta h_3 = \Delta h_2 - \Delta h_1$.

7. Если Δh_3 больше 0,4 мм, то напряжение увеличивается на 0,2 В.

8. Если Δh_3 меньше 0,4 мм, то напряжение уменьшается на 0,2 В.

9. Если $\Delta h_3 = \pm 0,4$ мм, то напряжение на электродах оптимально и не изменяется.

Если регулирование работы электролизера ведется по интуиции, без учета расположения максимума выхода по энергии то, как показывают наблюдения, напряжение может отличаться от оптимального на 1...2 В, что может привести к заметному уменьшению выхода по энергии.

Заключение

Ведение процесса электролитического ооления металлов в оптимальном режиме позволит существенно снизить себестоимость производства.

Предложенный способ оптимизации ТП электролиза предполагалось внедрить на ОАО "МСЗ" (г. Электросталь), однако производство кальция на этом предприятии было неожиданно закрыто. Ведутся переговоры о проведении производственных испытания этого способа на действующем предприятии ОАО "ЧМЗ".

Список литературы

1. Доронин Н.А. Кальций. М.: Госхимиздат, 1962.
2. Бокштейн Б.С., Менделеев М.И. Краткий курс физической химии. М.: "ЧеРо" МИСиС, 2002.

Шевелев Александр Васильевич — д-р техн. наук, проф. кафедры Технология машиностроения ЭПИ МИСиС, Зацепилова Жанна Валерьевна — инженер-конструктор II кат. отдела главного конструктора ОАО "ЭЗТМ" (г. Электросталь).

Контактные телефоны: (496) 575-35-75, 577-75-63. E-mail: janhet@yandex.ru

Управление на основе ПК для литьевых и выдувных формовочных машин

На международной выставке-ярмарке, посвященной пластмассовой и каучуковой промышленности, которая прошла осенью 2010 г. в г. Дюссельдорфе (Германия) компания Beckhoff продемонстрировала свои решения по управлению на базе ПК и EtherCAT для станков по обработке пластика и представила новое готовое решение для литьевых машин.

Платформа TwinCAT Injection Molding PLC Framework от Beckhoff является базой для построения готовых решений по управлению литьевыми машинами. Проверенные в эксплуатации технологические модули, например, контроллер для впрыска и поддержания давления, обеспечивают оптимальные решения для процесса литья под давлением. Открытая архитектура системы управления Beckhoff на базе ПК позволяет производителю машин использовать собственные ноу-хау или готовые программные компоненты от Beckhoff.

Платформа Injection Molding PLC Framework включает систему визуального отображения ТП, реализованную на основе ОС Windows CE или XP. Комплексное решение для литьевых машин дополняет 12-дюймовый панельный ПК с клавишной секцией, оптимизированной для работы в процессах литья под давлением (рисунок).

Компания Beckhoff также разработала новое компактное и экономичное решение по управлению на базе процессоров

Intel® Atom™ для выдувных формовочных машин. Решение включает 6,5-дюймовый панельный ПК, систему визуализации и технологическое ПО для управления выдувными формовочными машинами.

Применение скоростной шины EtherCAT, объединяющей преимущества сети Ethernet и возможность передачи данных в РВ, в станках, предназначенных для производства изделий из пластмассы, увеличивает эффективность работы станка и качество конечного продукта. Кроме того, компания Beckhoff оптимизировала Fieldbus-модули серии FM, предназначенные для регистрации температуры непосредственно на литьевом цилиндре или механизме, для работы с шиной EtherCAT.

Для увеличения энергоэффективности литьевых и выдувных формовочных машин наметилась тенденция, направленная на использование электрических сервоприводов вместо гидравлических клапанов.

Впервые Beckhoff продемонстрировала на выставке-ярмарке весь ассортимент сервоприводов от серии AX5100 до 170 А.

Для демонстрации технологии системы тягового транспортирования использовался перегрузочный робот с дельта-кинематикой. Новые опции управления экструзией дополнили набор системных решений Beckhoff в области производства пластмасс.

Контактный телефон (495) 981-64-54. E-mail: russia@beckhoff.com Http://www.beckhoff.ru

