

вое покрытие на поверхность, предварительно нанесенного, теплоизоляционного покрытия, например на основе дистен-силлиманита.

Таким образом, результаты исследований позволяют констатировать не только возможность моделирования с помощью «ПолигонСофт» тепловых процессов на границе раздела «р–п–ф», но также осуществлять выбор противопригарных покрытий и прогнозировать качество поверхности отливки.

Литература

1. **Валисовский, И. В.** Пригар на отливках / И. В. Валисовский. – М.: Машиностроение, 1983. – 192 с.
2. **Справочная система СКМ ЛП «ПолигонСофт».** – С Пб., 2007.–320 с.
3. **Каталог материалов** фирмы «Huttene-Albertus». – Dusseldorf, 2006. – 21 с.
4. **Сварика, А. А.** Покрытия литейных форм / А. А Сварика. – М.: Машиностроение, 1977. – 216 с.

УДК 621.74

В.А. ПУМПУР, канд. техн. наук,
В.М. ИЛЬЮШЕНКО, канд. техн. наук,
Г.П. КОРОТКИН, канд. техн. наук,
В.П. ДОЙЛИДОВ (ИТМ НАН Беларуси)

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ЦИНКОВЫХ АНОДОВ

Горячекатаные цинковые аноды, получаемые методом литья в кокиль путем заливки расплава через дождевую литниковую систему, нашли широкое применение для электрохимического нанесения цинковых покрытий в машиностроении [1]. Целью настоящего исследования является минимизация энергозатрат при изготовлении горячекатаных цинковых анодов по разработанной в ИТМ НАН Бе-

ларуси технологии. Данная технология является ресурсосберегающей по сравнению с используемыми ранее, так как позволяет получать горячекатаные аноды из отходов гальванического производства с невысокой степенью обжатия литых заготовок при прокатке (25-30%). Но проблема энергосбережения при использовании данной технологии остается актуальной и требует научного подхода для ее решения.

Суть разработанной технологии заключается в следующем. Расплав, температура которого поддерживается равной 480°C, из тигля подается в литниковую систему кокиля. Тигель способен вместить до 250 кг расплавленного цинка. Расплав в форму подается снизу, т.е. с применением сифонной заливки. Одновременно в кокиле формируются четыре анода, расположенные вертикально, массой примерно 2 кг. За одну рабочую смену необходимо изготавливать от 200 до 400 цинковых анодов. После извлечения из кокиля полученные заготовки складываются на воздухе и охлаждаются, как правило, до температуры окружающей среды. Для получения высококачественных анодов важно, чтобы заготовки перед прокаткой имели примерно одинаковую по их объему температуру, которая, исходя из пластических свойств цинка, должна быть в пределах от 250 до 300°C [2]. В результате полученные заготовки перед последующей прокаткой приходится нагревать в печи, затрачивая немалое количество энергии.

В целях энергосбережения необходимо минимизировать энергозатраты на всех этапах производственного процесса (от подготовки расплава в тигле до прокатки), обеспечивая непрерывность всего процесса. Решение данной проблемы связано с решением ряда вопросов и задач, которые вытекают из особенностей технологии литья в кокиль.

Во-первых, в процессе литья происходит постепенный нагрев кокиля до температуры, при которой невозможно получить заготовку удовлетворительного качества. Необходимо определить, какое максимальное количество заливок в кокиль можно осуществить непрерывно, т.е. без технологического перерыва, необходимого для охлаждения кокиля на воздухе, получая при этом высококачественные цинковые заготовки. Это является ограничением на макси-

мальный объем партии заготовок, получаемых за один непрерывный цикл литья.

Во-вторых, при изготовлении партии анодов, получаемой без технологического перерыва в непрерывном цикле литья в кокиль, масса расплава в тигле уменьшается, после чего в расплав погружаются цинковые чушки, суммарная масса которых равна массе всей партии. Температура в тигле автоматически поддерживается равной примерно 480°C за счет его периодического подогрева источником энергии мощностью 18 кВт. Чем меньше расплава останется в тигле после последней заливки в непрерывном цикле литья, тем большее количество энергии, а значит и времени, понадобится на нагрев расплава за время технологического перерыва. Однако продолжительность подготовки расплава не должна быть больше продолжительности технологического перерыва, которая обусловлена временем охлаждения кокиля на воздухе. Также и продолжительность перерыва не должна значительно превышать времени нагрева расплава, так как в этом случае возрастают энергозатраты на поддержание его температуры в тигле.

В-третьих, с целью энергосбережения важно использовать максимальное количество внутренней энергии цинковых заготовок с тем, чтобы затрачивать меньше энергии на их термостабилизацию, используя нагревательные устройства. Очевидно, что термостабилизация заготовок должна происходить при минимальных теплопотерях в окружающую среду, т.е. в условиях тепловой изоляции. А значит, необходимо разработать специальную энергосберегающую теплоизолированную емкость (бокс) для размещения и термостабилизации партии цинковых заготовок.

В-четвертых, для обеспечения непрерывности производства горячекатаных цинковых анодов продолжительность перерыва между процессами литья и прокатки должна быть минимальной и обусловлена только временем выравнивания температуры партии заготовок в диапазоне 250-300°C после последней загрузки в термостабилизирующий бокс.

Для термостабилизации партии заготовок разработана конструкция специального бокса, внешне представляющего собой металлический ящик с дверцами для загрузки и выгрузки горячих заготовок. Все стенки бокса трехслойные – два стальных кожуха с тепло-

изоляционным материалом внутри. Толщина внутреннего стального кожуха принималась равной 1 мм, а наружного – 2 мм. Между ними располагали теплоизоляционный материал, толщину которого рассчитывали. В качестве теплоизолятора выбрана уплотненная минеральная вата с коэффициентом теплопроводности примерно 0,2 Вт/(м·К). Предполагалось, что в боксе в один ряд горизонтально укладываются 10 заготовок. С учетом загруженности в количестве 100 штук, а также для обеспечения удобства загрузки и выгрузки заготовок, размеры термостабилизирующего бокса принимались равными 600×600×300 мм.

Для решения проблемы энергосбережения при изготовлении горячекатаных цинковых анодов в первую очередь необходимо решить следующие задачи по определению:

- оптимального объема партии заготовок, получаемых за один непрерывный цикл литья в кокиль;
- минимальной мощности нагревательных элементов, устанавливаемых в боксе;
- режимов работы термостабилизирующего бокса.

Решение указанных задач осуществляли на основе экспериментально-теоретических исследований. Проведены предварительные исследования для экспериментальной оценки динамики температур заготовок в крайних вертикальных и горизонтальных рядах при складировании на воздухе (рис.1). Осуществлена оценка продолжительности подготовки расплава в тигле к очередному непрерывному циклу литья в зависимости от массы загружаемого в расплав цинка. Проведена расчетная оценка необходимой толщины теплоизоляционного материала стенки бокса, а также его суммарных тепловых потерь за время накопления партии заготовок.

Выполнены экспериментальные исследования динамики температур цинковых заготовок при литье в кокиль и охлаждении на воздухе. Через минуту после заливки расплава кокиль раскрывали, извлекали затвердевшие заготовки и складировали их. В непрерывном цикле литья производилось подряд 10 заливок в кокиль, т.е. были получены 40 литых заготовок, которые складировались на воздухе по 10 в ряд. Интервал между заливками составлял примерно 2 минуты, а это значит, что продолжительность одного непрерывного цикла литья состояла около 20 минут.

Термопары устанавливались в центре двух заготовок, которые после складирования располагались в крайних рядах слева и сверху (рис. 1). Измерения термопарой Т1 проводили после 4-ой заливки, термопарой Т2 – после 10-ой заливки расплава в кокиль. На рисунке 2 представлены результаты измерений температур заготовок. Значение температуры при $\tau = 0$ соответствуют моменту открытия кокиля по окончании затвердевания.

		9				10	•Т2		
6				7				8	
•Т1		4				5			
1				2				3	

1-10 – порядковые номера заливок; Т1, Т2 – термопары

Рисунок 1 – Схема складирования заготовок и расположения термопар

Как видно из рисунка 2, температура заготовок во втором ряду (кривая 1) повышается после складирования следующего ряда заготовок, температура которых выше. По истечении следующих 25 минут происходит падение температуры до значений, неприемлемых для прокатки цинка. Температура в центре затвердевших заготовок, получаемых после десятой заливки в непрерывном цикле литья (кривая 2), близка к температуре кристаллизации цинка. А это значит, что десять заливок непрерывно является пределом для кокиля при данных условиях литья. Поэтому необходим или технологический перерыв, или водоохлаждение кокиля в процессе литья, что связано с дополнительными материальными и энергетическими затратами, а также может привести к короблению кокиля и сокращению срока его эксплуатации вследствие значительных перепадов температур в сечении стенок.

По расчетам, которые подтверждаются и экспериментальными данными, для охлаждения кокиля на воздухе до температуры 80-100°C требуется около 45 минут. Использование интенсивной принудительной вентиляции позволяет сократить это время до 35-40 минут. Очевидно, что для обеспечения непрерывного процесса из-

готовления анодов необходимо использовать два кокиля и, соответственно, два бокса.

Режим работы термостабилизирующих боксов зависит от многих факторов, основными из которых являются: количество тепловых потерь через стенки и открытую во время загрузки заготовок дверцу бокса; количество теплоты, выделяемой (или поглощаемой) цинковыми заготовками после очередной их загрузки.

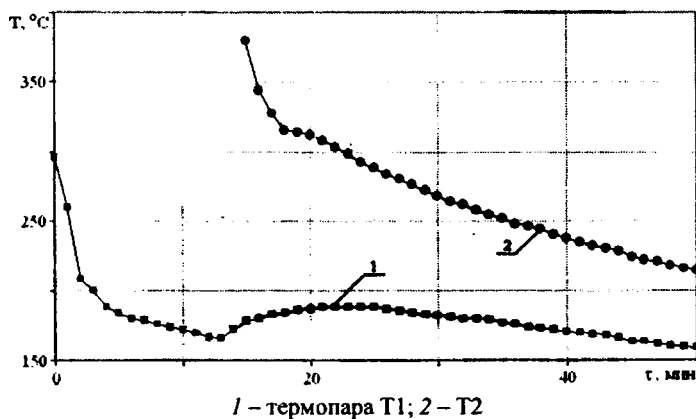


Рисунок 2 – Динамика температур в точках измерения

В целях энергосбережения важно определить минимальную температуру нагрева пустого бокса в начале производственного процесса, которая обеспечивала бы наименьший расход электроэнергии за счет максимального использования внутренней энергии загружаемых в бокс цинковых заготовок, а также непродолжительную термостабилизацию заготовок до необходимой для прокатки температуры.

На основании результатов аналитических расчетов на основе уравнения теплового баланса установлено следующее. Нагрев бокса до начальной температуры 250°C нагревательным устройством мощностью 1 кВт происходит в течение примерно 17 минут, что вполне приемлемо. При загрузке в бокс с начальной температурой 250°C четырех заготовок со средней температурой 200°C время термостабилизации в боксе составляет примерно 3,5 минуты. При за-

грузке заготовок с температурой 180°C время увеличивается примерно до 4,5 минут. При увеличении времени загрузки заготовок в бокс с 10 с до 20 с время термостабилизации увеличивается еще примерно на 30 с. Во всех случаях время термостабилизации превышает 2 минуты, т. е. продолжительность процесса литья очередной партии заготовок. Но способов уменьшения времени термостабилизации заготовок до температуры 250 °С при использовании нагревательного устройства мощностью 1 кВт достаточно много. Во-первых, в процессе литья кокиль разогревается и, в результате, увеличивается средняя температура извлекаемых из кокиля заготовок, которая в определенный момент будет выше 250°C. Во-вторых, первоначальный нагрев бокса можно осуществлять до температуры 300 °С, что ускорит термостабилизацию.

В настоящее время для нагрева охлажденных до температуры окружающей среды (20 °С) цинковых заготовок перед прокаткой используется печь мощностью 16 кВт [3]. Продолжительность нагрева 500 заготовок до температуры 250 °С в печи составляет примерно 90 минут, т.е. расход электроэнергии равен 24 кВт·ч. Общее время работы нагревательного устройства мощностью 1 кВт с учетом начального подогрева воздуха в боксе и термостабилизации 100 таких же заготовок составит около 70 минут. Расход электроэнергии для 500 заготовок составит в данном случае около 6 кВт·ч. Таким образом, энергозатраты сокращаются в 4 раза.

Определение оптимальных режимов термостабилизации заготовок цинковых анодов различных типоразмеров с учетом их внутренней энергии – не простая нестационарная задача, требующая отдельного подхода.

На основании результатов исследований можно сделать следующие выводы.

При использовании термостабилизирующих боксов можно организовать непрерывный процесс изготовления горячекатаных цинковых анодов, сократив энергозатраты, как минимум, в 4 раза.

Для организации непрерывного процесса изготовления необходимо использовать два четырехпозиционных кокиля и два термостабилизирующих бокса.

Литература

1. Барановский, Э. Ф. Изготовление цинковых анодов литьем кокиль / Э. Ф. Барановский, В. М. Ильюшенко, Г. П. Короткин // Литье и металлургия. – 2000. – № 4. – С.19–20.
2. Новиков, И. И. Горячеломкость цветных металлов и сплавов / И. И. Новиков. – М.: Наука, 1966.
3. Изготовление цинковых анодов на опытном производстве ИТМ НАН Беларуси / Е. И. Марукович [и др.] // Литье и металлургия. – 2005. – №2. – Ч.2. – С. 159-161.

УДК 621.745.56

Б.М. НЕМЕНЕНОК, д-р техн. наук,
С.П. ЗАДРУЦКИЙ, канд. техн. наук,
Г.А. РУМЯНЦЕВА,
А.П. БЕЖОК, канд. техн. наук (БНТУ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ И СОСТАВА ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПЛАВКЕ СПЛАВА АК9 В ИНДУКЦИОННЫХ ТИГЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ ИАТ-2,5

Важное место в развитии современного промышленного комплекса принадлежит отливкам из алюминиевых сплавов, производство которых в мире постоянно возрастает. При изготовлении отливок из сплавов на основе алюминия используются вещества и реагенты, которые в исходном состоянии обладают токсичными свойствами по отношению к человеку и окружающей среде. Наиболее часто встречающимися токсичными выделениями при производстве алюминиевого литья являются пары металлов, газы и мелкодисперсная пыль. При полном сгорании органического топлива в дымовых газах образуются CO_2 , H_2O , N_2 , SO_2 , SO_3 , а в ядре высокотемпературного факела горелок при высоких температурах происходит частичное окисление азота топлива и воздуха с образованием NO и NO_2 [1].