

## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЦИНКОВОЙ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ АНОДОВ

Ю. В. Петруня

*Государственное научное учреждение «Институт технологии металлов  
Национальной академии наук Беларуси», г. Могилев*

Научный руководитель Е. И. Марукович

Многие предприятия машиностроительного профиля в Республике Беларусь для защиты стальных деталей от коррозии используют гальванические покрытия. Наиболее распространено покрытие стальных узлов и деталей цинком.

Из-за отсутствия производства цинковых анодов в республике предприятия закупают в ближнем зарубежье цинковый прокат, стоимость которого в 1,3–1,5 раза выше чушкового цинка. Такая цена обусловлена существующей технологией изготовления проката. Эта технология характеризуется значительными потерями металла при плавке и литье, а также большими энергетическими затратами на фрезерование и прокатку слитка. Цинковый прокат поставляется на предприятия в виде листов размером 10 x 500 x 1000 мм, которые в дальнейшем подвергаются раскрою на аноды необходимого размера. Эта операция влечет за собой образование до 5 % отходов в виде обрезки и стружки, а также требует значительных трудовых, временных и энергетических затрат. Стоимость цинковых анодов, а также затраты, связанные с их изготовлением, могут быть значительно снижены, если изготавливать их с использованием более производительного технологического процесса. Актуальной является проблема в создании технологии и оборудования для изготовления заготовок цинковых анодов под прокатку с использованием способов литья, основанных на непрерывных процессах формирования отливки. Поэтому была поставлена цель выбора наиболее оптимального технологического процесса получения цинковых заготовок для анодов. С этой целью был проведен сравнительный анализ технико-экономических показателей производства цинковой заготовки сечением 17 x 40 x 360 мм различными способами литья. Данные расчета сведены в таблицу.

**Технико-экономические показатели производства  
цинковой заготовки сечением 17 x 40 x 360 мм**

Способ изготовления	Производительность, тонн в год	Ориентировочная стоимость изготовления оборудования, \$ США
1. Литье слитка в открытую горизонтальную изложницу	215	36000
2. Литье заготовки в кокиль	202	15000
3. Горизонтальное непрерывное литье	152	50000
4. Горизонтальное непрерывно-шаговое литье	380	45000
5. Литье в кристаллизатор типа «колесо–лента»	1518	150000
6. Литье заготовки между двумя лентами	2530	80000

В ГНУ «Институт технологии металлов» Национальной Академии Наук Беларуси была разработана технология и оборудование для изготовления заготовок цинковых анодов литьем в кокиль. Принята схема литья в раздвижной кокиль, состоящий из двух чугунных полуформ, расположенных на массивной плите. Заливка вертикально расположенной в кокиле отливки производится через литниковую систему дождевого типа. Полученную таким образом заготовку подвергают горячей прокатке за один проход с обжатием 30 % [1]. Такая технология характеризуется большими трудовыми затратами и низкой производительностью, а выход годного литья из-за наличия большого объема литниковой чаши составляет всего 50 %.

При горизонтальном непрерывном литье формирование отливки происходит при циклическом извлечении ее из кристаллизатора, при котором период движения отливки в направлении вытяжки чередуется с периодом покоя ее относительно неподвижного кристаллизатора. При этом способе формирования отливка получается с отсечками. Литье может осуществляться в графитовый и металлический кристаллизатор. Представляет интерес литье в металлический кристаллизатор, так как традиционно используемый для горизонтального непрерывного литья графитовый кристаллизатор очень дорогой, а период его эксплуатации небольшой. Эксперименты по изготовлению цинковой полосы традиционным способом горизонтального непрерывного литья с шагом вытяжки 15–30 мм показали, что получить качественную заготовку для прокатки анодов не представляется возможным, так как при ее горячей прокатке образуются трещины в местах отсечек на слитке.

Для устранения этого недостатка в институте разработана и изготовлена экспериментальная установка горизонтального непрерывно-шагового литья [2]. Отличительной особенностью данного способа литья является использование металлического водоохлаждаемого кристаллизатора, длина которого составляет 1,4–2 длины отливки. Слиток из этого кристаллизатора извлекается с шагом, соответствующим длине заготовки под прокатку. Например, для анодов длиной 500 мм длина заготовки составляет 360 мм. Полученный таким способом слиток толщиной 17 мм разрубается на заготовки в местах отсечек.

Однако для этого способа литья, при такой длине кристаллизатора, характерна различная степень прилегания слитка к стенкам кристаллизатора по нижней и верхней сторонам. На нижней стороне под действием силы тяжести слиток плотно соприкасается с рабочей поверхностью кристаллизатора и теплопередача в этом направлении осуществляется наиболее интенсивно. На верхней стороне расплав вначале прилегает к поверхности кристаллизатора также плотно. Однако как только возникает достаточно прочная корка металла в центральной части и ближе к выходу из кристаллизатора металлостатическое давление перестает действовать. Происходят усадочные явления в отливке, которые приводят к образованию воздушного зазора, в результате чего теплопередача от верхней поверхности отливки сильно снижается. Это все усугубляется тем обстоятельством, что для лучшего извлечения отливки из кристаллизатора в нем предусмотрена небольшая конусность. В результате этого в центральной части, где образуется достаточно большой воздушный зазор между отливкой и кристаллизатором, остается значительное количество не затвердевшего расплава, а на конце отливки, расположенной ближе к питателю, где ее контакт с кристаллизатором значительно лучше и зазор меньше, происходит почти полное затвердевание поперечного сечения заготовки. При таких условиях отливка формируется при значительном дефиците питания, что приводит к образованию усадочных раковин и пор в ее центральной части.

Достаточно широкое распространение в производстве отливок типа полос из цветных металлов и сплавов получил способ литья в кристаллизатор типа «колесо – лента», состоящий из водоохлаждаемого изнутри барабана с кольцевой выборкой на его наружной поверхности и охватывающий участок барабана бесконечной металлической ленты. Выборка в барабане и перекрывающая ее на определенном участке лента создают ручей кристаллизатора, соответствующий (по форме) сечению получаемого слитка, в котором происходит затвердевание и охлаждение отливки. Скорости движения ленты и формообразующего колеса одинаковы, что обеспечивает благоприятные условия формирования отливки.

Для изучения возможности получения заготовок цинковых анодов в институте разработана и изготовлена экспериментальная установка литья полос сечением 10 x 80 и 10 x 100 мм в кристаллизатор типа «колесо – лента» с диаметром формообразующего колеса 540 мм [3]. При разработке исходили из того, что она должна быть компактной, дешевой в изготовлении, с производительностью, удовлетворяющей потребности рынка Республики Беларусь, а срок окупаемости затрат на ее изготовление был минимальным. Однако проведенные эксперименты по литью цинковых полос на данной установке показали, что качественная полоса получается только толщиной до 10 мм. Теоретические расчеты показали, что для получения качественной отливки толщиной 17 мм необходимо увеличить диаметр формообразующего колеса до 1,2 м. Это приведет к существенному увеличению габаритов установки и как следствие большим затратам на ее изготовление. Бесперебойная работа такой установки также требует дорогого плавильного агрегата большой емкости. Такая установка при нынешнем спросе на цинковые аноды в Республике Беларусь будет не рентабельна.

Представляет интерес способ получения плоской отливки литьем между двумя бесконечными лентами. Способ предложен в 1897 году Ф. В. Вудом [4] и осуществлен в 50-х годах в США К. В. Хазелеттом.

Сущность способа состоит в том, что жидкий металл подается в полость между двумя водоохлаждаемыми рабочими металлическими лентами, натянутыми на нескольких приводных, опорных и натяжных роликах. Величина зазора между лентами определяет толщину получаемой заготовки. Ширина заготовки задается двумя рядами коротких колодок, укрепленных на нижней ленте. Эти колодки плотно смыкаются на прямолинейных участках ленты и расходятся при изгибе ее наружу на роликах. Для отвода тепла предусматривается мощное водяное охлаждение.

В результате проведенных исследований пришли к выводу, что наиболее перспективным, на наш взгляд, является способ получения отливки типа полосы литьем между двумя бесконечными лентами. Для получения таким способом полос небольших сечений не требуется больших капитальных затрат на создание оборудования. Работа в данном направлении находится в стадии разработки установки.

#### Литература

1. Брановский, Э.Ф. Разработка техно-логии литья цинковых анодов из отходов гальванического производства / Э. Ф. Брановский [и др.] // Внепечная обработка литейных сплавов и экология литейного производства : материалы НТС, Минск, 1–2 апреля 2004 г.
2. Установка горизонтального непрерывно-шагового литья / Э. Ф. Брановский [и др.] // Литье и металлургия. – 2003. – № 3. – С. 73–74.
3. Брановский, Э.Ф. Разработка непрерывного литья в роторный кристаллизатор цинковой полосы для изготовления анодов / Э. Ф. Брановский [и др.] // Литье и металлургия. – 2001. – № 2. – С. 44–48.
4. Герман, Э. Непрерывное литье / Э. Герман. – Москва : Металлургиздат, 1961. – 814 с.