

## Список источников

1. Метод мониторинга незаконных рубок деревьев с использованием радиочастотных устройств и беспроводной сенсорной сети / С. П. Санников, В. В. Побединский, И. В. Бородулин, А. А. Побединский // Системы. Методы. Технологии. 2017. № 1 (33). С. 118–123.

2. Обзор технологий и стандартов RFID систем / Н. А. Верзун, Д. М. Воробьева, А. М. Колбанёв, М. О. Колбанёв // Информационные технологии и телекоммуникации. 2018. Т. 6. № 1. С. 1–11.

Научная статья  
УДК669.5

## ОПЫТ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИНКОВЫХ ОТЛИВОК МАЛОЙ МАССЫ

**Алексей Андреевич Дягилев<sup>1</sup>, Владимир Владимирович Илюшин<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup>dyagilev.alesha@mail.ru

<sup>2</sup>ilushinvv@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Представлено описание отработки технологии получения цинковых отливок малой массы в лабораторных условиях. Показано, что решающим фактором в предотвращении образования усадки является рациональное проектирование теплоотвода в форме.

**Ключевые слова:** цинк, заливка, усадка, прибыль, цинковая отливка

Scientific article

## EXPERIENCE IN OBTAINING LOW-MASS ZINC CASTINGS

**Alexey A. Dyagilev<sup>1</sup>, Vladimir V. Ilyushin<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Ural State Forest Engineering University Russian Federation, Yekaterinburg.

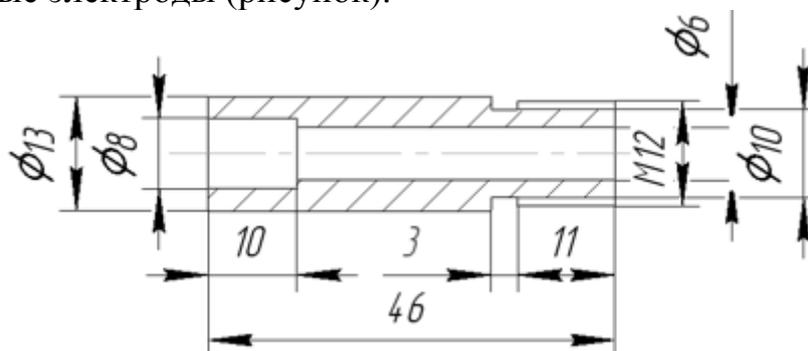
<sup>1</sup>dyagilev.alesha@mail.ru

<sup>2</sup>ilushinvv@m.usfeu.ru

**Abstract.** A description of the technology development for obtaining low-mass zinc castings in laboratory conditions is presented. It is shown that the decisive factor in preventing the shrinkage formation is the rational design of the heat sink in the form.

**Keywords:** zinc, casting, shrinkage, profit, zinc casting

В рамках исследований трансмутации элементов запланирован эксперимент с участием атомов цинка, в связи с чем поставлена задача изготовить цинковые электроды (рисунок).



Электрод экспериментальный

В наличии имелся цинк металлический гранулированный для лабораторных целей ТУ № 112-40 размер гранул от 5 до 8 мм.

Целью данной работы является получение цинковых отливок-заготовок для вытачивания экспериментальных электродов.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

1) разработать способ изготовления цинковых отливок малой массы в лабораторных условиях, обеспечивающий получение безпористой заготовки, имеющей достаточную прочность для механической обработки;

2) отработать технологию получения цинковых отливок малой массы.

Глубокий обзор литературы по вопросу получения цинковых отливок, в том числе малой массы, не дал какой-либо информации для решения поставленных задач, в связи с чем применяли собственные общеинженерные знания по литейному производству.

В первом опыте разработали и реализовали двухэтапную технологию получения заготовок:

- первый этап заключался в получении порошковой формовки;
- второй - в переплавке порошковой формовки в цинковую отливку.

На первом этапе для получения формовок применены методы порошковой металлургии, которые включали в себя формование, прессование гранул цинка и их спекание.

Предварительно выполнен расчет требуемых объема и массы цинковых заготовок с учётом дефектов (пористость, усадка, поверхностные раковины и пр.), которые могут возникнуть при реализуемых технологиях, и требуемого припуска на механическую обработку. Расчетный размер отливок, приемлемых для точения электродов (с учётом характеристики станков и их технологических возможностей), составил: длина от 59 мм, диаметр от 17,3 мм. Расчетная масса заготовки составила около 100 г.

Оптимальной заготовкой для изготовления тиглей была выбрана стальная труба с внутренним диаметром 13 мм, наружным диаметром 21,5 мм. Труба сварная, в связи с чем на внутренней поверхности имеются неровности и наплывы от сварного шва, поэтому для уменьшения на поверхности формовок дефектов и облечения их вынимания из матриц выполнена механическая обработка внутренней поверхности трубки под конус. Для формирования дна тигля и предотвращения испарения цинкового расплава спроектированы и выточены крышки.

Гранулы цинка запрессовали в тигель-матрицу за несколько приемов для заполнения всего имеющегося объема и получения достаточно плотных формовок.

На втором этапе выполняли расплавление порошковых формовок непосредственно в тигле-матрице.

Цинк является 30-м элементом таблицы Менделеева, имеет температуру плавления 419,53 °С [1]. Изучив информацию о технологиях плавления, цинка выяснили, что при нагреве до 500...600 °С происходит улетучивание металла в виде паров [2], поэтому в опыте была принята температура переплавки 440...450 °С. Для увеличения теплоемкости формы и замедления скорости охлаждения тигли-матрицы размещали в ящиках для цементации, заполненных песком. Загружали в предварительно разогретую до 450 °С, печь, где формовки выдерживали в течение 1 ч 20 мин. Дальнейшее охлаждение происходило вместе с выключенной печью.

После охлаждения попытались извлечь отливки из тиглей за счет его конусности – безуспешно. Выдавливание на прессе также не принесло результата, так как происходила деформация (изгиб) тиглей-матриц. Поэтому для извлечения отливок выполняли разрезание тиглей.

Результаты первого опыта:

– на поверхностях отливок наблюдались четкие границы гранул цинка, что свидетельствовало об отсутствии сплавления отдельных частиц. То есть, фактически в результате жидкофазного спекания были получены просто спеченные прессовки, но не отливки;

– на поверхности прессовок имелось большое количество пор до 5 мм, что также свидетельствовало об отсутствии расплавления гранул;

– после разрезания матриц обнаружили цинк на внутренней поверхности, что свидетельствует об адгезионном взаимодействии цинка с основным металлом тигля, то есть произошло диффузионное сваривание. Именно поэтому отливки не смогли выпрессовать из тигля.

Анализ литературы [1] позволил объяснить полученные результаты. Главная причина отсутствия сплавления гранул цинка в проведенном опыте – оксид цинка, который, естественно, покрывает всю поверхность гранул. Температура плавления оксида цинка составляет 1975 °С, что в 4,4 раза больше температуры в опыте. Соответственно, оксидная пленка при нагревании формовок до 450 °С не расплавлялась и оставалась стабильной

оболочкой, которая удерживала и не давала перемешиваться чистому цинку из отдельных гранул.

Опыт повторили, и результат остался прежним.

Для устранения пленок оксида цинка в следующем опыте выполняли их механическое разрушение путем перемешивания гранул и, в дальнейшем, расплава цинка. Расплавление гранул цинка происходило в алундовом тигле. Формы для отливок (кокили) изготовили не коническими, а просто цилиндрическими.

Алундовый тигель с гранулами цинка устанавливали в печь, имеющей температуру 470 °С. В процессе расплавления наблюдали относительно устойчивую оксидную пленку, которая удерживала расплав цинка в своеобразных капсулах, имеющих конфигурацию исходных гранул. Оксидная пленка легко разрушалась и удалялась кварцевой трубкой, применяемой для перемешивания расплава.

После разрушения оксидных пленок и удаления шлака с поверхности расплав разливали в два стальных тигля. Кристаллизация происходила на открытом воздухе.

Результат второго опыта:

- в отливках наблюдались усадочные раковины по центру глубиной около 7 мм и диаметром менее 3 мм;

- после разрезания кокилей у одной из отливок обнаружена раковина на боковой поверхности.

Усадочная раковина появилась из-за нехватки жидкостного питания расплава цинка вследствие неправильного теплоотвода при кристаллизации цинка, который происходил через стенки тигля.

Боковая раковина могла образоваться по двум причинам:

- воздух, попавший при заливке, не успел выделиться из расплава из-за особенностей теплоотвода, и образовалась воздушная пора;

- из-за разницы градиента температур охлаждение верхней и нижней частей тигля происходило неравномерно и, как результат, образовались боковая усадка и усадочная раковина по центру.

В третьем опыте с целью устранения усадочных раковин изменили конфигурацию литейной формы (тигля). Выточена толстостенная воронка-прибыль к кокилю для питания в ходе кристаллизации отливки жидким цинком и перемещения усадки в более массивную часть отливки.

Кокиль с питателем для замедления процесса кристаллизации разместили в форму, представляющую собой керамический стакан, заполненный песком. Форму разогревали до температуры 440 °С. Разливку цинка проводили из алундового тигля. Форма с кокилем после разливки охлаждалась на воздухе.

Результат:

- на поверхности воронки-прибыли усадка отсутствует;

– после разрезания тигля на деловой части отливки обнаружена усадка глубиной 27 мм смещенная от центра к одной из стенок тигля.

Анализируя результаты выполненных экспериментов, можно утверждать, что в реализуемых условиях расплав в кокиле, который был расположен в песке для уменьшения скорости охлаждения, кристаллизовался после затвердевания расплава в воронке, теплоотвод от которой на воздухе происходил более интенсивно. В результате усадка, как это логично и должно быть, сконцентрировалась в наиболее горячей зоне – стержне тигля. То есть прибыль остыла быстрее, чем тигель, и в этой ситуации тигель питал своим жидким расплавом прибыль.

Задачей в четвертом опыте являлось обеспечение кристаллизации стержневой части тигля, в первую очередь, чтобы расплав из прибыль-воронки питал деловую часть, предупреждая образование усадки.

Для решения этой задачи расплав цинка разливали в разогретые до 440 °С кокилы. Охлаждение формы происходило на спокойном воздухе, при этом прибыль-воронку с расплавом дополнительно подогревали газовой горелкой в течение примерно 10 мин.

Результат:

– после кристаллизации и охлаждения, на поверхности отливки в воронке-прибыли наблюдали усадку;

– отливка самого стержня достаточно плотная, ее поверхность относительно гладкая и практически бездефектная.

Технологию последнего опыта повторили для получения ещё двух отливок. Токарная обработка прошла без проблем, и электроды были изготовлены и сданы на проводимые научные исследования.

Таким образом, опытным путем достигнуты поставленные задачи отработки технологии получения цинковых отливок малой массы в лабораторных условиях.

Подводя итоги выполненной работы, можно выделить, что главной проблемой при получении отливок малой массы является ускоренный теплоотвод от литейной формы и ускоренное охлаждение расплава. Обозначенная проблема устраняется грамотным проектированием формы и в частности прибыльной части: увеличением ее объема (массы) и применением дополнительного подогрева прибыли.

### *Список источников*

1. Рабинович В. А., Хазов З. Я. Краткий химический справочник. Л. : Химия, 1978. 356 с.

2. Металлургия цинка // METALLPLACE.RU металлургический портал. сайт. URL: <https://metallplace.ru/about/stati-o-chernoy-metalurgii/metallurgiya-tsinka/> (дата обращения: 04.12.2021)