

УДК 621.74:669.714

## НЕПРЕРЫВНОЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ ЛИТЬЕ БЕЗ МОДИФИКАТОРОВ МЕЛКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СЛИТКОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВО-КРЕМНИЕВЫХ СПЛАВОВ

**В. Ю. СТЕЦЕНКО, А. М. ПЕВНЕВ, Р. В. КОНОВАЛОВ**

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

### **Введение**

Постоянное повышение требований к заготовкам для производства деталей машиностроения требует разработки принципиально новых технологий производства отливок из алюминиевых сплавов с высокими механическими свойствами. Качество литых деталей во многом зависит от дисперсности их структуры. Для измельчения микроструктуры отливок в основном используется два способа. Первый способ предполагает применение примесного модифицирования. Главный недостаток этого способа – экологическая небезопасность. Наиболее перспективным способом измельчения микроструктуры алюминий-кремниевых сплавов является повышение скорости охлаждения заготовки.

Увеличение скорости затвердевания отливки всегда было одним из главных направлений в совершенствовании технологий литья для получения заготовок алюминий-кремниевых сплавов с высокими механическими свойствами. Ведущим разработчиком технологий, основанных на увеличении скорости затвердевания, в Республике Беларусь является Институт технологии металлов. Литье с непосредственным охлаждением слитка водой делает возможным получение высокой скорости кристаллизации отливки. При этом можно добиться получения слитков с высокодисперсной микроструктурой, позволяющей существенно повысить их механические свойства.

Еще одним резервом для измельчения микроструктуры является наследственное модифицирование. Сущность способа заключается в добавлении части шихты с высокодисперсной микроструктурой, полученной при высоких скоростях охлаждения методом литья закалочным затвердеванием [1].

### **Постановка задачи**

Задачей исследования является разработка технологического процесса непрерывного горизонтального литья в струйный кристаллизатор с использованием устройства затоплено-струйного вторичного охлаждения слитков алюминий-кремниевых сплавов с высокодисперсной микроструктурой без применения примесных модификаторов.

### **Методика проведения и описание эксперимента**

Для решения поставленной задачи был спроектирован и разработан струйный кристаллизатор для непрерывного горизонтального литья алюминиевых сплавов (рис. 1). Он состоит: из подводящего 1 и отводящего 2 патрубков; корпуса 3; торцевых фланцев 4, 5; перегородки 6, разделяющей впускной 7 и выпускной 8 коллекторы; экрана 9 с отверстиями; медной втулки 10; графитовой вставки 11. Охладитель под давлением поступает через впускной коллектор между корпусом и экраном

и равномерно с одинаковой скоростью продавливаются через отверстия в экране в виде затопленных струй. Они с большой скоростью ударяют о наружную поверхность рабочей гильзы. При этом существенно увеличивается интенсивность турбулентности потока и уменьшается толщина теплового пограничного слоя вблизи стенки гильзы. Далее охладитель через отводящий патрубок 8 поступает в бак. Такая схема повышает интенсивность и равномерность охлаждения гильзы.

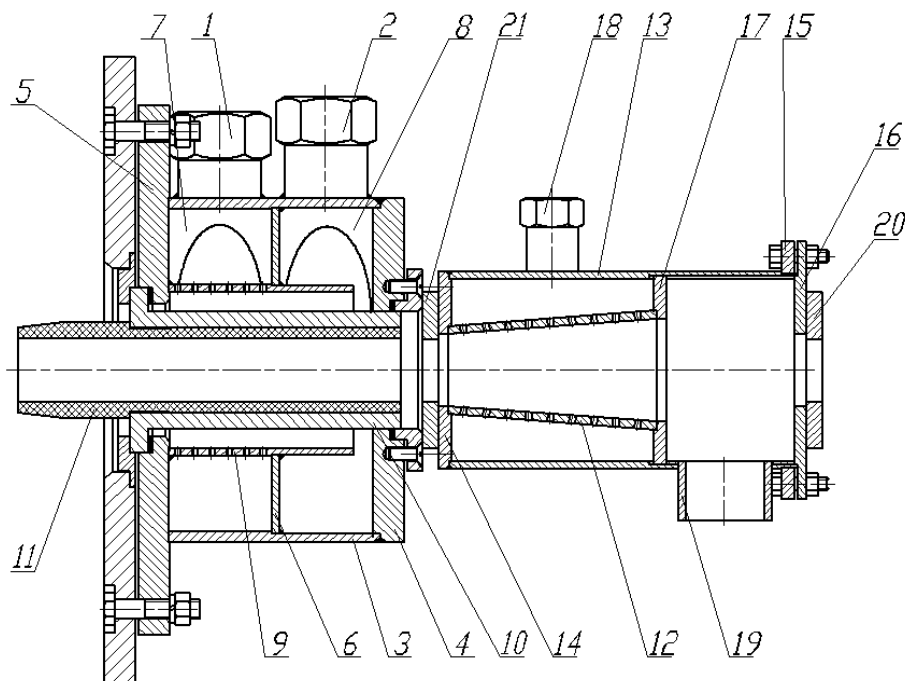


Рис. 1. Схема струйного кристаллизатора с устройством затоплено-струйного вторичного охлаждения: 1 – подводящий патрубок; 2 – отводящий патрубок; 3 – корпус; 4, 5 – торцевые фланцы; 6 – перегородка; 7 – впускной коллектор; 8 – выпускной коллектор; 9 – экран; 10 – медная втулка; 11 – графитовая вставка; 12 – экран; 13 – кожух; 14 – левый фланец; 15 – правый фланец; 16 – крышка; 17 – заслонка; 18 – подводящий патрубок; 19 – отводящий патрубок; 20, 21 – гидрозаслонка

Для повышения интенсивности охлаждения слитка было спроектировано и изготовлено устройство затоплено-струйного вторичного охлаждения. Схема конструкции устройства представлена на рис. 1. Оно состоит: из экрана 12; кожуха 13; левого фланца 14; правого фланца 15; крышки 16; заслонки 17; подводящего патрубка 18; отводящего патрубка 19; гидрозаслонок 20, 21. Правая гидрозаслонка предназначена для защиты кристаллизатора от попадания воды из зоны вторичного охлаждения в зазор между слитком и графитовой вставкой. Принцип работы данного устройства также основан на методе затоплено-струйного охлаждения.

Исследования проводились на сплавах АК12 и АК18. Плавку вели в индукционной печи ИСТ-16 с графитовым тиглем. В качестве шихты для сплава АК18 использовались чушки АК12 и лигатура Al + 40 % Si. Масса расплава составляла 45 кг. Металл в печи перегревали до 850 °С, после чего его в ковше транспортировали к металлоприемнику машины НГЛ. Разливку осуществляли при начальной температуре расплава в металлоприемнике 740 ÷ 780 °С. Примесные модификаторы не применяли. Извлечение слитка осуществлялось в режиме остановка-рывок.

Из полученных слитков вырезали поперечные шлифы. Их микроструктуру исследовали методом металлографического анализа при помощи аппаратно-программного комплекса на базе микроскопа Carl Zeiss «Axiotech vario».

### Результаты эксперимента и их обсуждение

Процесс разливки сплава АК12 с использованием затоплено-струйного вторичного охлаждения слитка осуществлялся на установке непрерывного горизонтального литья при шаге извлечения слитка 100 мм. Среднее время остановки слитка составляло 3 с. При этом скорость литья была равна 1,33 м/мин. Установлено, что размер первичной  $\alpha$ -фазы в слитке составлял  $15 \div 20$  мкм, а дисперсность кристаллов эвтектического кремния –  $2 \div 2,5$  мкм. Микроструктура высокодисперсная и инвертированная представлена на рис. 2.

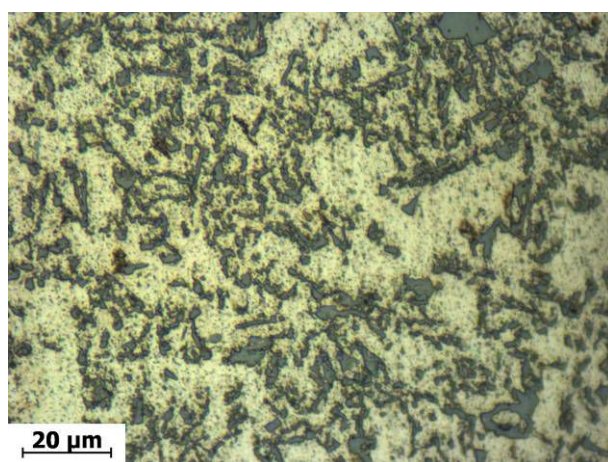


Рис. 2. Микроструктура непрерывнолитого слитка из сплава АК12 диаметром 40 мм с использованием вторичного затоплено-струйного охлаждения

Существенным резервом для измельчения микроструктуры слитка является процесс наследственного модифицирования. На установке литья закалочным затвердеванием получили цилиндрические заготовки диаметром 50 мм из сплава АК12 с высокой структурной дисперсностью. Модифицирование примесными модификаторами не производили. Процесс разливки сплава АК12 на опытной установке НГЛ осуществлялся с добавлением 20 % отливок АК12 с высокодисперсной микроструктурой. При этом начальная температура расплава в металлоприемнике составляла  $740$  °С, шаг извлечения слитка – 100 мм. Среднее время остановки слитка – 3 с. При этом скорость литья была равна 1,33 м/мин. Было установлено, что дисперсность кристаллов эвтектического кремния непрерывнолитого слитка сплава АК12 составляла  $1 \div 1,2$  мкм, а размер  $\alpha$ -фазы –  $10 \div 15$  мкм (рис. 3).

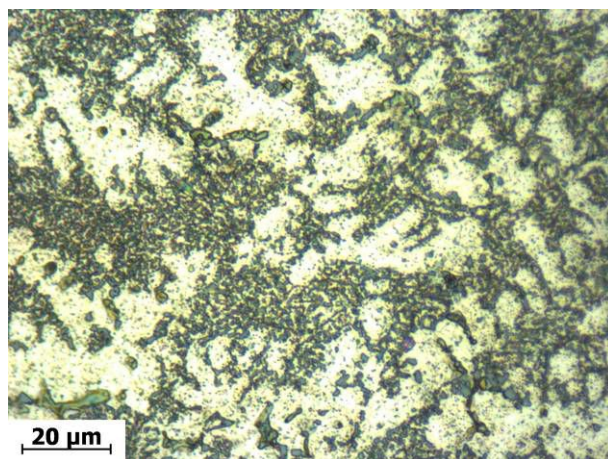


Рис. 3. Микроструктура непрерывнолитого слитка АК12 диаметром 40 мм, улучшенная добавлением структурно-высокодисперсных отливок АК12 в количестве 20 %

Процесс разливки сплава АК18 с использованием вторичного затоплено-струйного охлаждения осуществлялся при начальной температуре разливки 780 °С, шаге извлечения слитка 100 мм. Среднее время остановки слитка составляло 4 с. При этом скорость литья была равна 1,09 м/мин. Было установлено, что дисперсность кристаллов первичного кремния в слитке составляла  $25 \div 35$  мкм, дисперсность кристаллов эвтектического кремния –  $1 \div 1,5$  мкм (рис. 4).

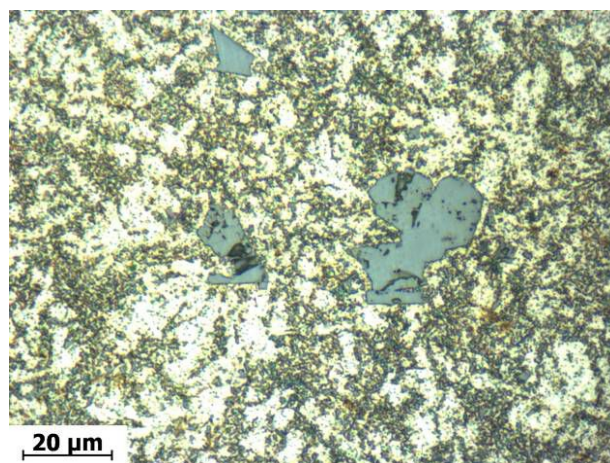


Рис. 4. Микроструктура непрерывнолитого слитка из сплава АК18 диаметром 40 мм с применением вторичного затоплено-струйного охлаждения слитка

Для повышения дисперсности микроструктуры слитка из сплава АК18 применяли метод наследственного модифицирования. Процесс разливки на опытной установке с затоплено-струйным вторичным охлаждением и добавлением 20 % отливок с высокодисперсной микроструктурой начинался при температуре расплава в металлоприемнике 780 °С. Шаг извлечения слитка был равен 100 мм. Среднее время остановки составляло 4 с. Было установлено, что размеры кристаллов эвтектического кремния в слитке АК18 составляли  $1 \div 1,7$  мкм, а первичного кремния –  $15 \div 20$  мкм (рис. 5).

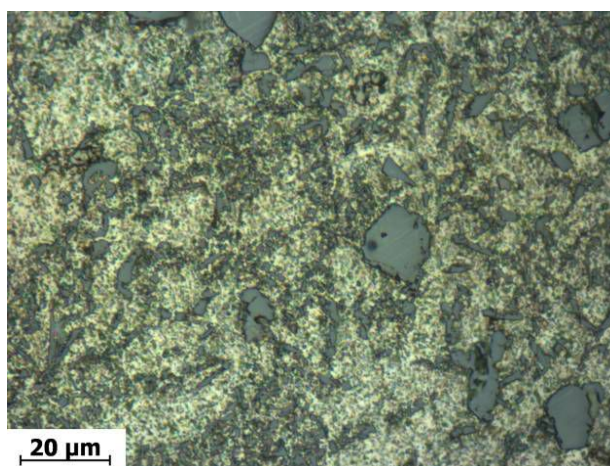


Рис. 5. Микроструктура непрерывнолитого слитка АК18 диаметром 40 мм, улучшенная добавлением 20 % структурно-высокодисперсных отливок АК12

### Заключение

Таким образом, непрерывное горизонтальное литье в струйный кристаллизатор с применением затоплено-струйной системы вторичного охлаждения и добавлением в шихту 20 % отливок из сплава АК12, полученных методом литья закалочным за-

твердеванием, позволяет получать слитки из сплавов АК12 и АК18 с высокодисперсной микроструктурой без применения примесных модификаторов.

*Данная работа выполнялась в рамках белорусско-корейского научно-исследовательского сотрудничества.*

### **Литература**

1. Марукович, Е. И. Модифицирование сплавов / Е. И. Марукович, В. Ю. Стеценко. – Минск : Беларус. навука, 2009. – 192 с.

*Получено 28.10.2010 г.*