

**Технология,
оборудование, САПР
и экология литейного
производства**

It is shown that continuous horizontal casting of hypereutectic silumin Al+18%Si in jet crystallizer allows to obtain ingots of 70 mm in diameter with modified eutectic, and use of method of hereditary modification provides crushing of crystals of primary silicon without application of admixture modifiers.

В. Ю. СТЕЦЕНКО, А. И. РИВКИН, А. П. ГУТЕВ, А. М. ПЕВНЕВ,
Р. В. КОНОВАЛОВ, ИТМ НАН Беларуси, SUK-BONG KANG, KIMS, Республика Корея

УДК 621.746.27

**НЕПРЕРЫВНОЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ ЛИТЬЕ
В СТРУЙНЫЙ КРИСТАЛЛИЗАТОР СЛИТКОВ
ДИАМЕТРОМ 70 ММ ИЗ СИЛУМИНА АК18**

В настоящее время заэвтектический силумин является перспективным материалом для автомобилестроения. Для измельчения микроструктуры заготовок обычно используют натрийсодержащий флюс и фосфорсодержащую лигатуру. Первый модифицирует алюминиево-кремниевую эвтектику, а вторая — кристаллы первичного кремния. Поскольку эти модификаторы нейтрализуют друг друга образованием фосфида натрия, то получаемые отливки из заэвтектического силумина, как правило, имеют модифицированную первичную структуру и немодифицированную эвтектику. Кроме того, время живучести натрийсодержащего флюса обычно не превышает 0,5 ч, что не позволяет стабильно получать модифицированные непрерывнолитые слитки [1]. Все это существенно сдерживает широкое применение заготовок из заэвтектического силумина.

Наиболее универсальным и перспективным способом измельчения микроструктуры сплавов является ускоренное затвердевание отливок. Это позволяет модифицировать все основные фазовые составляющие силуминов [2]. В ИТМ НАН Беларуси для НГЛ слитков диаметром 70 мм из силуминов разработан струйный кристаллизатор, позволяющий существенно повысить скорость затвердевания слитка. Это обеспечивается тем, что рабочая гильза охлаждается струями охладителя, движущимися ортогонально оси кристаллизатора, что увеличивает турбулизацию вблизи поверхности охлаждения и уменьшает толщины гидродинамического и теплового пограничных слоев [2]. Струйный кристаллизатор и установка НГЛ для получения алюминиево-кремниевых слитков диаметром 70 мм с мелкокристаллической микроструктурой были спроектированы и изготовлены по заказу Корейского института материаловедения (KIMS, Республика Корея) в рамках выполнения контракта.

Плавку заэвтектического силумина АК18 вели в графитовом тигле индукционной печи ИСТ-0,16. В качестве шихты использовали чушки силумина АК12 и лигатуру Al+ 40%Si. Жидкий металл в печи общей массой 45 кг нагревали до температуры 930 °С. Приготовленный расплав при помощи разливочного ковша транспортировали в предварительно разогретый до 300 °С металлоприемник. Примесное модифицирование флюсами и модификаторами не применяли. Разливку осуществляли при начальной температуре расплава в металлоприемнике 780 °С. Слиток извлекали с шагом 70 мм и остановкой 8 с. Процесс НГЛ слитков из силумина диаметром 70 мм показан на рис. 1.

Из непрерывнолитого слитка диаметром 70 мм на ленточнопильном стане вырезали поперечные шлифы. После их шлифовки, полировки и химического травления водным раствором кислот (2%HCl+ 3%HNO₃ + 1%HF) микроструктуру исследовали с помощью аппаратно-программного комплекса на базе микроскопа Carl Zeiss «Axiotech vario». Было установлено, что дисперсность кристаллов первичного кремния в слитке составляла 80–100 мкм, дисперсность кристаллов эвтектиче-

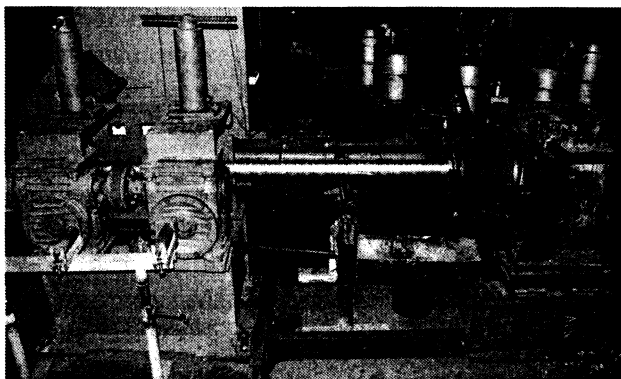


Рис. 1. Процесс НГЛ слитков из силуминов
диаметром 70 мм

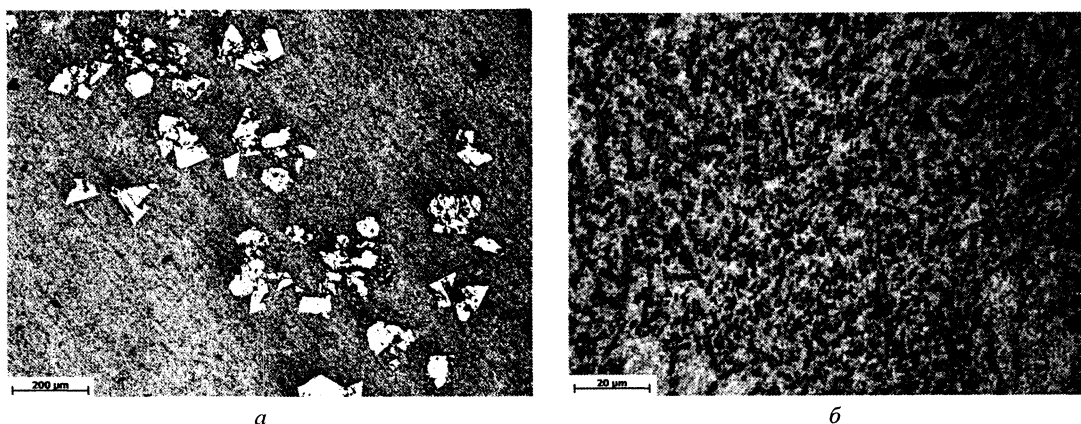


Рис. 2. Микроструктура непрерывнолитого слитка из силумина АК18 диаметром 70 мм

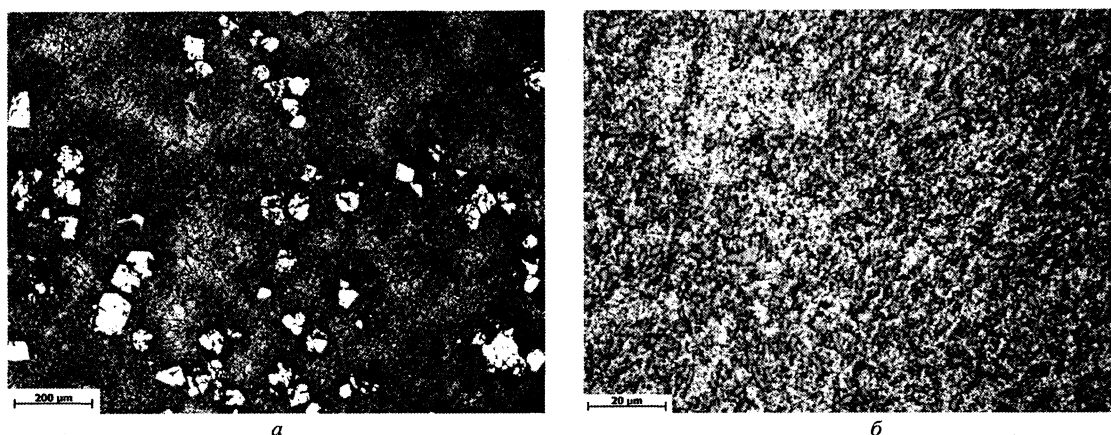


Рис. 3. Микроструктура непрерывнолитого слитка из силумина АК18 диаметром 70 мм с улучшенной структурной наследственностью

ского кремния – 1,5–2,5 мкм (рис. 1). Такой размер первичного кремния можно объяснить тем, что температура расплава в металлоприемнике быстро снижалась и к концу разливки составляла 720 °С.

Поскольку подогреть жидкий металл в металлоприемнике не было возможности, то для измельчения кристаллов первичного кремния использовали метод наследственного модифицирования, который не требует применения примесных модификаторов и обеспечивает живучесть процесса модифицирования не менее чем в течение 1,5 ч [2]. В качестве шихтовых структурно-высокодисперсных отливок использовали заготовки из сплава АК18, полученные на установке литья закалочным затвердеванием, созданной в ИТМ НАН Беларуси. Полученные отливки диаметром 70 мм имели следующую микроструктуру: дисперсности кристаллов эвтектического кремния составляли 0,6–0,8 мкм, а первичного кремния – 30–40 мкм.

Процесс разливки сплава с добавкой 30% отливов из АК18 с высокодисперсной микроструктурой проводили при начальной температуре расплава в металлоприемнике 780 °С и шаге извлечения слитка 70 мм. Среднее время остановки слитка составляло 8 с. При этом размеры кристаллов эвтектического кремния в слитке составляли 1,5–2,0 мкм, а первичного кремния – 50–60 мкм. При добавлении в шихту 50% отливок АК18 с высокодисперсной микроструктурой дисперсность кристаллов эвтектического кремния достигала 1,0–1,5 мкм, первичного – 45–55 мкм (рис. 3).

Таким образом, НГЛ в струйный кристаллизатор заэвтектического силумина АК18 позволяет получать слитки диаметром 70 мм с модифицированной эвтектикой, а использование метода наследственного модифицирования обеспечивает измельчение кристаллов первичного кремния без применения примесных модификаторов.

Литература

1. Альтман М. Б., Стромская Н. П. Повышение свойств стандартных литейных алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1984.
2. Марукович Е. И., Стеценко В. Ю. Модифицирование сплавов. Мн.: Беларуская навука, 2009.