

## Технология, оборудование, САПР и экология литейного производства

В. Ю. СТЕЦЕНКО, А. И. РИВКИН, ИТМ НАН Беларуси

УДК 621.74:669.714

### НОВЫЙ АНТИФРИКЦИОННЫЙ СИЛУМИН АК15МЗ

Литье закалочным затвердеванием позволяет получать отливки из силуминов с высокодисперсной и инвертированной микроструктурой [1]. Она значительно повышает антифрикционные свойства заготовок. Это происходит благодаря высокой скорости затвердевания, которая позволяет получать кристаллы эвтектического кремния наноструктурного размера. Главным недостатком литья закалочным затвердеванием силуминов является то, что при увеличении содержания меди более 2% в отливках появляются трещины, что снижает механические и антифрикционные свойства заготовок.

Известно, что циклическое литье в струйный кристаллизатор позволяет получать отливки из силуминов с высокодисперсной микроструктурой без применения модифицирующих флюсов и лигатур [1]. С целью исследования антифрикционных свойств отливок из силуминов, полученных при литье в струйный кристаллизатор, были изготовлены отливки из сплавов АК12МЗ, АК15МЗ и АК18МЗ диаметром 70 мм и высотой 160 мм. Расплав готовили в электропечи сопротивления марки «Snol-1300» в шамото-графитовом тигле. В качестве шихтовых материалов использовали чушковый сплав АК12, лигатуры Al+ 40%Si и Al+ 33%Cu. При температуре 800 °С металл заливали в струйный кристаллизатор, схема которого показана на рис. 1. Кристаллизатор работает следующим образом. Охладитель из подводящего патрубка 6 тангенциально подводится в коллектор между корпусом 2 и экраном 5, далее равномерно продавливается в виде затопленных струй через отверстия в экране. Струи охладителя ударяются перпендикулярно наружной поверхности стакана. При этом существенно увеличивается интенсивность турбулизации потока и уменьшается толщина теплового пограничного слоя вблизи стенки стакана, что повышает охлаждающую способность кристаллизатора [3]. Для формирова-

*It is shown that billets out of antifrictional silumin АК15МЗ, obtained by iterative casting in stationary crystallizer with jet system of cooling, surpass in frictional wear resistance similar ones out of antifrictional aluminum bronze and can be used as its substitute in friction units.*

ния прибыльной части отливки и ее извлечения использовали захват 9 (рис. 1).

Полученные отливки подвергали термообработке по режиму Т5: нагрев до температуры 520 °С, выдержка в течение 3 ч, закалка в воде и последующее искусственное старение в течение 6 ч при температуре 175 °С. Для исследования микроструктуры из них были вырезаны поперечные шлифы. После их шлифовки, полировки и химического травления водным раствором кислот 2%HCl+ 3%HNO<sub>3</sub> + 1%HF микроструктуру анализировали с помощью аппаратно-программного комплекса на базе микроскопа «Carl Zeiss AxioTech vario». Отливки из сплава АК12МЗ состояли из первичных кристаллов α-фазы средней толщиной 17 мкм и кристаллов эвтектического кремния глобулярной формы

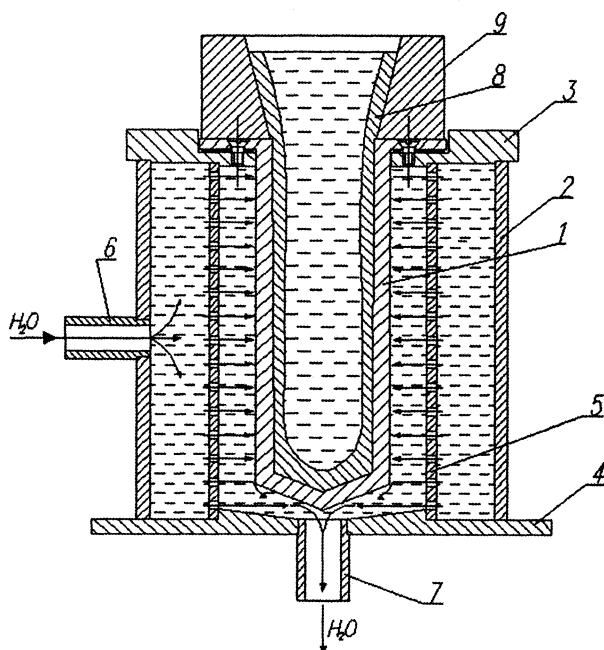


Рис. 1. Схема литья в кристаллизатор со струйной системой охлаждения: 1 – стакан; 2 – корпус; 3 – верхний фланец; 4 – нижний фланец; 5 – экран; 6 – подводящий патрубок; 7 – отводящий патрубок; 8 – отливка; 9 – захват

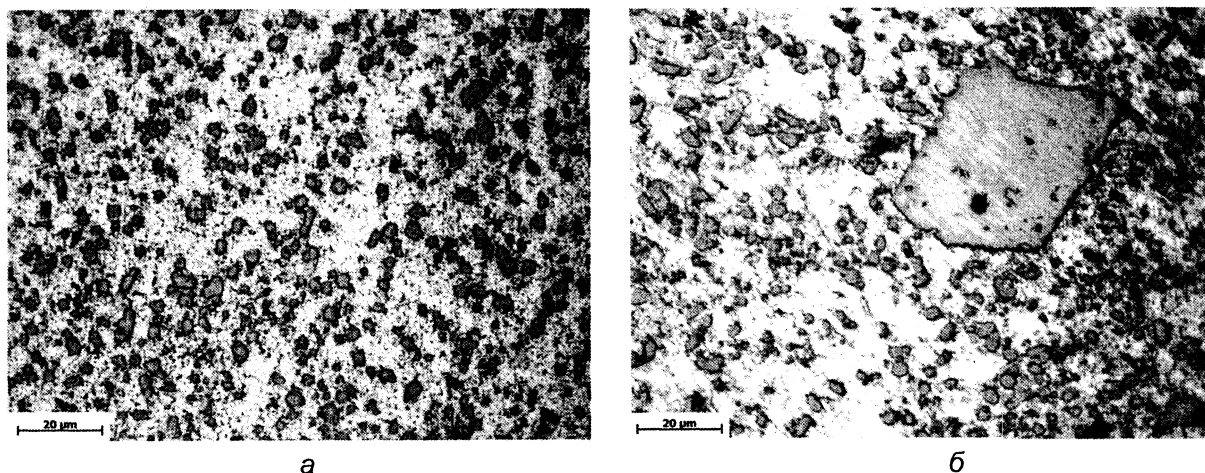


Рис. 2. Микроструктура отливок из силуминов: а – АК15М3; б – АК18М3

средней дисперсностью 2,9 мкм. Размер равномерно распределенных глобулярных кристаллов эвтектического кремния в образцах сплава АК15М3 в среднем составлял 3,4 мкм (рис. 2, а). Кристаллы первичного кремния также были равномерно распределены и при 100-кратном увеличении в поле зрения окуляра находились 1–2 включения. Микроструктура опытных заготовок из сплава АК18М3 была представлена равномерно распределенными кристаллами глобулярного эвтектического кремния со средним размером 3,3 мкм и кристаллами первичного кремния со средним размером 35 мкм (рис. 2, б).

Исследования на фрикционную износостойкость силуминов проводили на машине трения СМЦ-2 в условиях сухого трения по схеме вал-тулка с нагрузкой 0,6 МПа и скоростью скольжения образца относительно стального шлифованного вала (сталь 45), твердостью 58 HRC – 0,38 м/с. Скорость износа определяли по убыли объема сплава с единицы площади в 1 ч. Взвешивание образцов проводили на электронных весах марки «Stratorius BP1S» с точностью до 0,0001 г. Износ контртела оценивали с помощью микрометра с ценой деления 0,01 мм. В качестве образцов для сравнения были изготовлены аналогичные образцы из бронзы БрАЖ9-4. Продолжительность испытаний каждого образца составляла 3 ч. Средняя скорость износа образцов из сплава АК12М3 – 0,0306 мм/ч, из АК15М3 – 0,0289, из АК18М3 – 0,0211 мм/ч, а из БрАЖ9-4 – 0,316 мм/ч. После испытаний сплавов АК12М3 и АК15М3 и БрАЖ9-4 износ контртела не наблюдался. Было установлено, что образцы из сплава АК18М3 изнашивают контртело со средней скоростью 0,006 мм/ч. Про-

веденные исследования показали, что заготовки из силумина, полученные литьем в струйный кристаллизатор, после термообработки по режиму Т5, по фрикционной износостойкости превосходят аналогичные образцы из бронзы БрАЖ9-4 в 10–15 раз. Установлено, что наличие кристаллов первичного кремния в микроструктуре образцов отрицательно сказывается на прирабатываемости. Заготовки из сплава АК15М3 обладают наилучшими антифрикционными свойствами. Их производственные испытания проводили на РУП «Завод «Эвистор» (г. Витебск). Червячное колесо из сплава АК15М3 в соответствии с техническими требованиями проходило испытание на стенде ПДВ при нагрузке 20 Н·м. Было установлено, что колесо, изготовленное из антифрикционного силумина АК15М3, соответствует техническим требованиям, предъявляемым к зубчатым колесам, работающим в электроприводе вариатора вентилятора и рекомендовано для использования взамен аналогичных колес из БрАЖН10-4-4. Стоимость такого колеса в 2,5 раза ниже, чем бронзового. В настоящее время детали, изготовленные из антифрикционного силумина АК15М3, проходят испытания на ОАО «Бобруйсксельмаш» (г. Бобруйск), ОАО «Белшина» (г. Бобруйск), РУПП «Станкостроительный завод «Красный борец» (г. Орша).

Таким образом, заготовки из антифрикционного силумина АК15М3, полученные циклическим литьем в стационарный кристаллизатор со струйной системой охлаждения, по фрикционной износостойкости превосходят аналогичные из антифрикционной алюминиевой бронзы и могут использоваться в качестве ее заменителя в узлах трения.

#### Литература

1. Марукович Е. И., Стеценко В. Ю. Модифицирование сплавов. Мн.: Беларуская навука, 2009.