

## ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ ПОЛЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ СИЛУМИНА НАМОРАЖИВАНИЕМ

*Груша В.П., Гутев А.П., Баранов К.Н.*

*Институт технологии металлов НАН Беларуси, Могилев*

**Ключевые слова:** литье, намораживание, полая заготовка, антифрикционный силумин, высокодисперсная микроструктура, усадочные дефекты.

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы производства высококачественных полых цилиндрических отливок из цветных металлов и сплавов. Разработан новый метод литья намораживанием, позволяющий получать толстостенные полые цилиндрические отливки из антифрикционного силумина. Метод основан на затвердевании металла в кристаллизаторе при высокой интенсивности теплоотвода и последовательном затвердевании от периферии к центру. Это позволяет получать отливки с высокодисперсной микроструктурой и без усадочных дефектов.

## PREREQUISITES FOR THE DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF CASTING HOLLOW CYLINDRICAL BILLETS OF SLIDING BEARINGS FROM SILUMIN BY FREEZING

*Hrusha U.P., Gutev A.P., Baranov K.N.*

*Institute of technology of metals NAS of Belarus, Mogilev*

**Keywords:** casting, freezing, hollow billet, antifriction silumin, highly dispersed microstructure, shrinkage defects.

**Abstract.** The article deals with the production of high quality hollow cylindrical castings from non-ferrous metals and alloys. A new method of freezing casting has been developed, which allows to produce thick-walled hollow cylindrical castings from antifriction silumin. The method is based on solidification of metal in a crystalliser at high intensity of heat removal and sequential solidification from the periphery to the centre. This allows to obtain castings with highly dispersed microstructure and without shrinkage defects.

Производство высококачественных полых цилиндрических отливок типа втулок из цветных металлов и сплавов важно для многих отраслей промышленности. В большинстве случаев к материалу отливок предъявляют высокие требования по механическим и прочностным характеристикам. Традиционные способы литья (кокильное, центробежное и др.) не всегда в полной мере удовлетворяют высоким требованиям к качеству такого вида отливок. Поэтому постоянно ведутся работы по усовершенствованию существующих и созданию принципиально новых методов литья, а также разработке новых материалов с повышенными свойствами.

В ИТМ НАН Беларуси разработан и запатентован уникальный износостойкий алюминиево-кремниевый сплав АС (антифрикционный силумин) [1]. Детали из антифрикционного силумина не уступают либо превосходят серийные аналоги из промышленных антифрикционных бронз, при этом они в 2-3 раза дешевле и легче последних. Также был разработан метод литья силуминов

закалочным затвердеванием [2], который позволяет получать сплошные заготовки из силуминов с наноструктурным эвтектическим кремнием и дисперсностью кристаллов первичного кремния до 15 мкм. Проведенные исследования показали, что в силуминах с инвертированной и высокодисперсной структурой, полученных в условиях высокой скорости фазового перехода при литье закалочным затвердеванием, существенно повышаются противозадирные свойства [3], что позволяет ему успешно конкурировать с другими перспективными материалами для подшипников скольжения. Однако метод литья закалочным затвердеванием не позволяет получать полые цилиндрические заготовки.

Интенсификация теплоотвода в период фазового перехода при первичной кристаллизации, способствующая измельчению структурных составляющих при центробежном и кокильном литье, достигается за счет использования водоохлаждаемой формы.

Однако центробежным литьем с вертикальной осью вращения затруднительно получить отливку с большой толщиной стенки из силуминов без усадочных дефектов (рис. 1). При литье в кокиль из-за необходимости использования стержней для получения центрального отверстия имеет место большая вероятность возникновения дефектов, обусловленных наличием зоны смыкания двух фронтов кристаллизации, характерной также и для центробежного литья.

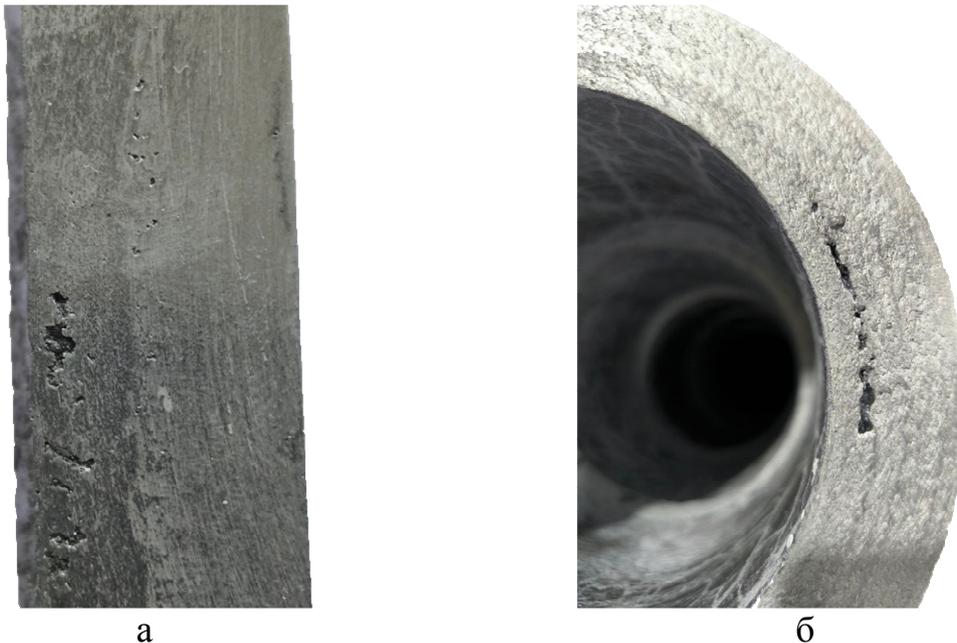


Рис. 1. Продольный (а) и поперечный разрез (б) полый цилиндрической заготовки из силумина, полученной центробежным литьем

Проведенные авторами настоящей работы предварительные эксперименты показали, что методом намораживания в непрерывно-циклическом режиме, хорошо зарекомендовавшего себя при литье чугуна различных марок, можно получать полые цилиндрические отливки мерной длины (рис. 2), без применения стержня непосредственно из расплава антифрикционного силумина.



Рис. 2. Продольный разрез полый цилиндрической заготовки из силумина, полученной методом намораживания

Сущность метода литья намораживанием, заключается в том, что затвердевание твердой корки, составляющей тело полый цилиндрической отливки, происходит в кристаллизаторе при высокой интенсивности радиального теплоотвода от ее наружной поверхности. При этом затвердевание металла происходит последовательно от периферии к центру при постоянном наличии перегретого расплава в центральной части затвердевающей отливки [4]. Подачу металла из разливочного ковша в кристаллизатор осуществляют сифоном, порциями через промежуток времени равный циклу формирования отливки. Толщина стенки отливки, внутренняя поверхность которой получается непосредственно из расплава, определяется только фронтом затвердевания и зависит от металлургических, технологических и режимных параметров литья.

Анализ имеющихся результатов исследований показал, что кристаллизация полый цилиндрической отливки сопровождается образованием непрерывного в макроскопическом отношении фронта растущих кристаллов, который создается растущими осями дендритов алюминиевого раствора. Обладая сложным микрорельефом и различной прочностью, этот фронт создает поверхность, которая отделяет затвердевшую часть полый отливки от жидкой фазы, находящейся в ее центральной части. Макрорельеф фронта кристаллизации (форма поверхности кристаллизации) определяется условиями отвода теплоты от поверхности затвердевающей отливки. Скорость перемещения фронта кристаллизации зависит от количества теплоты, отбираемой от поверхности кристаллизации в единицу времени.

Отличительной особенностью метода литья намораживанием, является высокая температура, извлекаемых из кристаллизатора отливки, внутренняя поверхность которых имеет температуру близкую к температуре расплава, находящегося в центральной части кристаллизатора. Снижение интенсивности теплоотвода от наружной поверхности после извлечения приводит к перераспределению температуры по толщине стенки, это позволяет за счет создания определенного режима охлаждения получать заданную структуру, а также снизить термические напряжения в отливке. Важно отметить, что указанные операции проводятся либо без применения внешних источников

энергии, либо со значительным снижением ее расхода, за счет использования первичного тепла самих отливок.

Имеющиеся сведения дают основание предполагать, что получение отливок из силуминов в условиях пристеночной кристаллизации обеспечит их высокое качество. Поэтому своевременной и актуальной является разработка технологии литья направленным затвердеванием без стержня полых заготовок для подшипников скольжения из антифрикционных сплавов на основе алюминия в непрерывно-циклическом режиме. Это позволит повысить физико-механические свойства и получить качественно новые характеристики у недорогих силуминов за счет управления процессами структурообразования при литье и термической обработке.

#### **Список литературы**

1. Марукович Е.И., Стеценко В.Ю., Гутев А.П. и др. Перспективные материалы и технологии: монография. В 2-х т. Т. 1 / под ред. В.В. Клубовича. – Витебск: УО «ВГТУ», 2017. – 467 с.
2. Марукович Е.И., Стеценко В.Ю., Гутев А.П. Производство и применение силумина с глобулярным кремнием // Литье и металлургия. – 2017. – № 2. – С. 15-19.
3. Гутев А.П., Баранов К.Н. Повышение эксплуатационных свойств вторичного силумина АК12М2: Научные труды 6-ой МНТК ЖивКоМ-2022. – М.: Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, 2022. – Т. 1. – С. 226-228.
4. Bevza V.F., Grusha V.P., Krasnyi V.A. Use of directional solidification for improving tubular workpiece quality of different cast irons // Metallurgist. 2018, vol. 62, no. 5-6, pp. 521-531.

#### Сведения об авторах:

*Груша Владимир Петрович* – к.т.н., доцент, заведующий лабораторией;

*Гутев Алексей Петрович* – старший научный сотрудник;

*Баранов Константин Николаевич* – старший научный сотрудник.