

УДК 621.74

*В. П. ГРУША, канд. техн. наук, доц.*

*А. П. ГУТЕВ*

*К. Н. БАРАНОВ*

Институт технологии металлов НАН Беларуси (Могилев, Беларусь)

## **ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ ЛИТЬЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК ИЗ АНТИФРИКЦИОННЫХ СИЛУМИНОВ**

### **Аннотация**

Проведена оценка технического уровня и тенденции развития в области производства цилиндрических заготовок из алюминиевых сплавов. Показана принципиальная возможность получения методом непрерывно-циклического литья намораживанием полых цилиндрических заготовок без стержня из антифрикционных силуминов. Определены направления исследований в этой области.

### **Ключевые слова:**

намораживание, литье, полая цилиндрическая заготовка, антифрикционный силумин, свойства, трение.

Особое место среди ответственных деталей для нужд современного машиностроения занимают полые цилиндрические заготовки из антифрикционных сплавов, используемые в основном в качестве подшипников скольжения. Кроме того, заготовки с высокими антифрикционными свойствами типа втулок, вкладышей, полых направляющих и других тел вращения с различными соотношениями высоты и толщины стенки нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. Одним из направлений исследований Института технологии металлов НАН Беларуси является получение новых и улучшение свойств уже созданных материалов, в том числе из алюминиево-кремниевых сплавов (силуминов) для использования их при изготовлении различных деталей машиностроения взамен бронзовых и других антифрикционных материалов.

Специалистами ИТМ НАН Беларуси разработан и запатентован уникальный относительно легкий и износостойкий алюминиево-кремниевый сплав (антифрикционный силумин), с высокими механическими и антифрикционными свойствами, который применяется для замены бронз, латуней, баббитов в узлах трения различных машин и механизмов. 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. Тому свидетельствуют многочисленные положительные акты и отзывы производственных испытаний деталей из антифрикционного силумина в узлах различного

технологического оборудования. В настоящее время заготовки из антифрикционного силумина внесены в конструкторскую и технологическую документацию на многих предприятиях Республики Беларусь и Российской Федерации.

Для определения целесообразности использования силуминов при изготовлении деталей типа втулки для подшипников скольжения необходимым условием является проведение их триботехнических испытаний, подтверждающих возможность внедрения и использования в производстве результатов исследований. В Санкт-Петербургском институте машиностроения были проведены сравнительные триботехнические испытания образцов из антифрикционного силумина и бронзы БрОЦС5-5-5. Установлено, что при испытании на торцевой машине трения в отсутствие смазки при нормальном напряжении 12,8 Н и вращении со скоростью 620 об/мин коэффициент трения скольжения по стали 45 у образцов из антифрикционного силумина в 1,65 раз ниже, чем у аналогичных образцов из бронзы. Установлено, что при испытании на машине трения СМЦ-2 со смазкой И20А при нормальном напряжении 200 Н и вращении со скоростью 300 об/мин коэффициент трения по стали 45 образцов из антифрикционного силумина в 1,35 раз ниже, чем у аналогичных образцов из бронзы. Образцы из антифрикционного силумина испытывали в Объединенном институте машиностроения НАН Беларуси в сравнении с антифрикционными бронзами БрОЦС5-5-5, БрОФ10-1, БрАЖ9-4 при повышенных удельных нагрузках. Сравнительные триботехнические испытания проводили на машине трения МТВП в условиях смазки (И20А) по схеме возвратно-поступательного перемещения призматического образца по закаленной стали 45 при скорости 0,1...0,5 м/с и нагрузке 10...100 МПа. Было установлено, что антифрикционный силумин по фрикционной износостойкости в условиях высоких удельных нагрузок превосходит промышленные антифрикционные бронзы БрОЦС5-5-5, БрОФ10-1 и БрАЖ9-4. Результаты триботехнических испытаний в Институте технологии металлов НАН Беларуси на машине трения ИИ5018 показали высокие триботехнические характеристики в смазочной среде образцов из силумина АК12М2 в сравнении с антифрикционными бронзами БрОЦС5-5-5 и БрОЦС4-4-17. Высокие антифрикционные свойства силумина объясняются принципом Шарпи, относительно большой теплопроводностью сплава, высокими дисперсностью, глобулярностью и прочностью кристаллов кремния ( $\beta_{Si}$ -фазы).

В [1–4] установлено, что механические и эксплуатационные свойства заготовок из силуминов во многом зависят от дисперсности их микроструктуры. Наиболее перспективным методом диспергирования микроструктуры силуминов является повышение скорости затвердевания отливки. В результате кристаллы кремния существенно измельчаются и приобретают компактную форму без применения модифицирующих флюсов и лигатур. С целью повышения эксплуатационных и триботехнических свойств силуминов в институте был разработан метод литья закалочным затвердеванием [5], который позволяет

получать сплошные заготовки из силуминов с наноструктурным эвтектическим кремнием и дисперсностью кристаллов первичного кремния до 15 мкм. Данная структура позволяет существенно повысить противозадирные свойства силуминов. Таким образом, силумины с инвертированной и высокодисперсной структурой, полученные в условиях высокой скорости фазового перехода при литье закалочным затвердеванием, являются перспективными материалами для подшипников скольжения [6]. Однако метод литья закалочным затвердеванием не позволяет получать полые цилиндрические заготовки.

Проанализированы литературные данные по основным способам повышения эксплуатационных свойств и условиям формирования полых заготовок из алюминиево-кремниевых сплавов. Авторы работы считают, что по сравнению с центробежным литьем и литьем в кокиль, которые являются наиболее распространенными для получения полых цилиндрических отливок, применение метода непрерывно-циклического литья намораживанием позволяет обеспечить большую производительность труда, высокую технологичность, большие возможности автоматизации и механизации.

Разработанный в Институте технологии металлов НАН Беларуси метод непрерывно-циклического литья, не имеющий аналогов в мировой практике, хорошо зарекомендовал себя при производстве полых цилиндрических отливок из различных типов чугуна, в том числе антифрикционных (АЧС, АЧВ). За эта работа по созданию и промышленной реализации принципиально нового метода непрерывно-циклического литья намораживанием высокоизносостойких деталей техники была удостоена Государственной премии Республики Беларусь 2010 г. в области науки и техники.

Преимущества метода, заключающиеся в организации направленного затвердевания металла за счет одностороннего теплоотвода и исключения дефицита жидкой фазы в течение всего времени формирования отливки, в том числе и в момент ее полного затвердевания, способствуют получению высококачественных отливок без дефектов, присущих традиционным способам литья [7]. Кроме того, высокая температура извлекаемых заготовок дает дополнительную возможность для термообработки с использованием первичного тепла.

В настоящее время в институте уже создано и работает уникальное специализированное литейное оборудование, на котором выпускается широкая гамма полых заготовок из чугуна, в том числе и антифрикционного, с различной формой графита, с применением метода направленного затвердевания.

Проведены предварительные эксперименты, в результате которых определена принципиальная возможность получения методом намораживания полых цилиндрических заготовок (рис. 1) из антифрикционного силумина.

Для достижения поставленной цели – повышения физико-механических свойств у деталей машиностроения из антифрикционного силумина за счет управления процессами структурообразования при литье и термической

обработке, необходимо еще исследовать металлургические параметры процесса и разработать основы непрерывно-циклического литья намораживанием алюминиевых сплавов.



Рис. 1. Полая цилиндрическая отливка из антифрикционного силумина, полученная методом непрерывно-циклического литья намораживанием

Решение поставленных задач позволит получить изделия высокого качества, наладить выпуск конкурентоспособной продукции для различных отраслей промышленности.

Научная новизна проводимых исследований заключается в том, что впервые, за счет целенаправленного воздействия на процессы структурообразования при литье методом намораживания у антифрикционных силуминов будет сформирован новый комплекс повышенных физико-механических свойств и установлены закономерности их формирования.

Таким образом, исследования особенностей формирования и разработка технологии получения заготовок для подшипников скольжения из антифрикционного силумина методом непрерывно-циклического литья носит весьма актуальный характер и является инновационной, обеспечивающей повышение эффективности процесса и улучшение качества продукции, востребованной рынком.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Стеценко, В. Ю.** Силумин с глобулярным кремнием / В. Ю. Стеценко, А. П. Гутев, К. Н. Баранов // *Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 27–28 апр. 2017 г.* – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2017. – С. 92–93.
2. **Стеценко, В. Ю.** Использование вибрации струйного кристаллизатора для повышения качества отливок из силуминов / В. Ю. Стеценко, К. Н. Баранов, А. П. Гутев // *Литейное производство.* – 2020. – № 5. – С. 35–37.
3. **Стеценко, В. Ю.** Модифицирование структуры отливок из силумина с высоким содержанием железа без применения примесных модификаторов / В. Ю. Стеценко, К. Н. Баранов, А. П. Гутев // *Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 22–23 апр. 2021 г.* – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2021. – С. 148–149.
4. **Гутев, А. П.** Повышение эксплуатационных свойств вторичного силумина АК12М2 / А. П. Гутев, К. Н. Баранов // *ЖивКоМ-2022: сб науч. тр. 6 Междунар. науч.-техн. конф.* – Москва: ИМАШ РАН, 2022. – С. 110–114.
5. **Марукович, Е. И.** Получение отливок из заэвтектического силумина методом литья закалочным затвердеванием / Е. И. Марукович, В. Ю. Стеценко // *Литье и металлургия.* – 2005. – № 2 (34). – С. 142–144.
6. **Стеценко, В. Ю.** Влияние структурной дисперсности и содержания меди на фрикционную износостойкость эвтектического антифрикционного силумина АК15 / В. Ю. Стеценко, А. И. Ривкин, К. Н. Баранов // *Литье и металлургия.* – 2010. – № 3. – С. 59–61.
7. **Груша, В. П.** Непрерывно-циклическое литье намораживанием полых цилиндрических заготовок червячных колес из серого чугуна / В. П. Груша, А. П. Гутев, К. Н. Баранов // *Актуальные проблемы науки и техники: материалы II Междунар. науч.-техн. конф., Сарапул, май 2022 г.* – Ижевск: УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2022. – С. 132–137.

Контакты:

grusha@itm.by (Груша Владимир Петрович);

lms@itm.by (Гутев Алексей Петрович);

lms@itm.by (Баранов Константин Николаевич).

***U. P. HRUSHA, A. P. GUTEV, K. N. BARANAU***

## **DIRECTIONS OF RESEARCH IN THE FIELD OF CASTING CYLINDRICAL BLANKS FROM ANTI-FRICTION SILUMINS**

### **Abstract**

An assessment was made of the technical level and development trends in the production of cylindrical billets from aluminum alloys. The authors have shown the fundamental possibility of producing hollow cylindrical billets without a rod from antifriction silumin using the casting method of continuous-iterative freezing-up. The directions of research in this area have been identified.

### **Keywords:**

freezing, casting, hollow cylindrical blank, anti-friction silumin, properties, friction.