

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ОТЛИВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВОЙ БРОНЗЫ НА ИХ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ И ДЮРОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

В.А. КУКАРЕКО, А.В. КУШНЕРОВ

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск

Е.И. МАРУКОВИЧ

Институт технологии металлов НАН Беларуси, Могилев

Изучено влияние режимов кристаллизации (непрерывное и центробежное литье) малоразмерных отливок из бронзы БрА10Ж4Н4 на структуру, фазовый состав и твердость. Методами металлографического и рентгеноструктурного анализов установлено, что отливки состоят из ($\alpha+\gamma'$) эвтектоида, α -фазы и интерметаллидов $AlCu$, Al_2Cu_3 . Матричная фаза в сплаве, закристаллизованном методом центробежного литья, вследствие ее более высокой легированности атомами Al , имеет повышенное значение параметра кристаллической решетки, по сравнению со случаем непрерывного литья. Твердость отливки, полученной методом центробежного литья, по сравнению с непрерывным литьем повышается, что обусловлено образованием более дисперсной структуры, а также большим твердорастворным упрочнением матричной фазы отливки.

Введение. Литейное производство – один из основных способов получения металлических изделий и заготовок для различных отраслей промышленности, в частности, для машиностроения и приборостроения. Это обусловлено тем, что литье позволяет получать заготовки и детали из различных сплавов, массой от нескольких граммов до сотен тонн с разнообразной структурой и широким диапазоном эксплуатационных свойств [1]. В настоящее время, известно несколько десятков видов литья, обладающих достаточно широкой универсальностью [2]. Однако данные по влиянию режимов кристаллизации на структурно-фазовое состояние, а также механические свойства малоразмерных отливок из цветных металлов и сплавов изучены недостаточно полно. В связи с этим, целью данной работы является установление влияния режимов кристаллизации малоразмерных отливок из бронзы БрА10Ж4Н4 на их структурно-фазовое состояние и дюрометрические свойства.

Материалы и методы исследований. Материалом для исследования выбраны образцы малоразмерных отливок из сплава БрА10Ж4Н4, полученных методом центробежной заливки и методом непрерывного литья. Отливки были получены в институте технологии металлов НАН Беларуси. Металлографические исследования образцов проводились на оптическом микроскопе АЛЬТАМИ МЕТ 1МТ. Травление образцов выполнялось в спиртовом растворе $\text{FeCl}_3 + \text{HCl}$ [3]. Исследование структурно-фазового состояния образцов проводилось на дифрактометре ДРОН-3.0 в монохроматизированном кобальтовом излучении. Измерение твердости проводилось по методу Виккерса на твердомере DuraScan 20 при нагрузке на индентор 10 кг.

Результаты исследований и их обсуждение. Микроструктуры исследуемых образцов отливок из сплава БрА10Ж4Н4 представлены на рисунке 1.

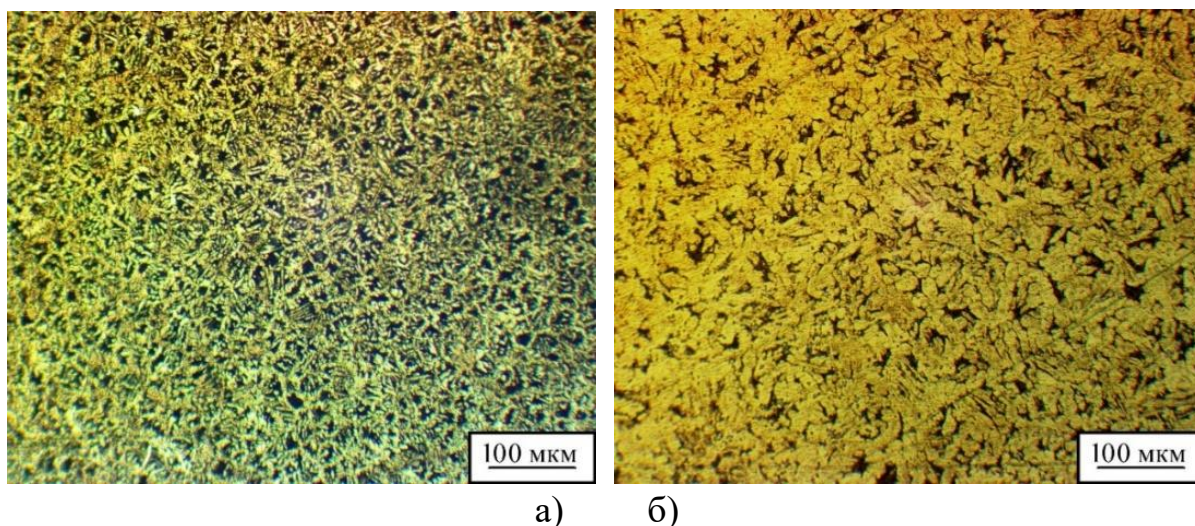


Рисунок 1. – Характерные микроструктуры образцов отливок из сплава БрА10Ж4Н4, полученных различными методами:
а) – центробежное литье; б) – непрерывное литье

Можно видеть, что алюминиевая бронза состоит из $(\alpha + \gamma')$ эвтектоида (темные участки) и α -фазы (светлые участки). Здесь α -фаза – твердый раствор легирующих элементов в меди, γ' – твердый раствор на базе химического соединения Al_4Cu_9 [4]. Структура отливок, полученных методом центробежного литья, более дисперсная (рисунок 1а), по сравнению с отливкой, полученной методом непрерывного литья (рисунок 1б). Указанное отличие в микроструктурах сплавов БрА10Ж4Н4 связано с более высокой скоростью охлаждения при центробежном литье.

Результаты рентгеноструктурного анализа исследуемых образцов отливок из сплава БрА10Ж4Н4 представлены на рисунке 2.

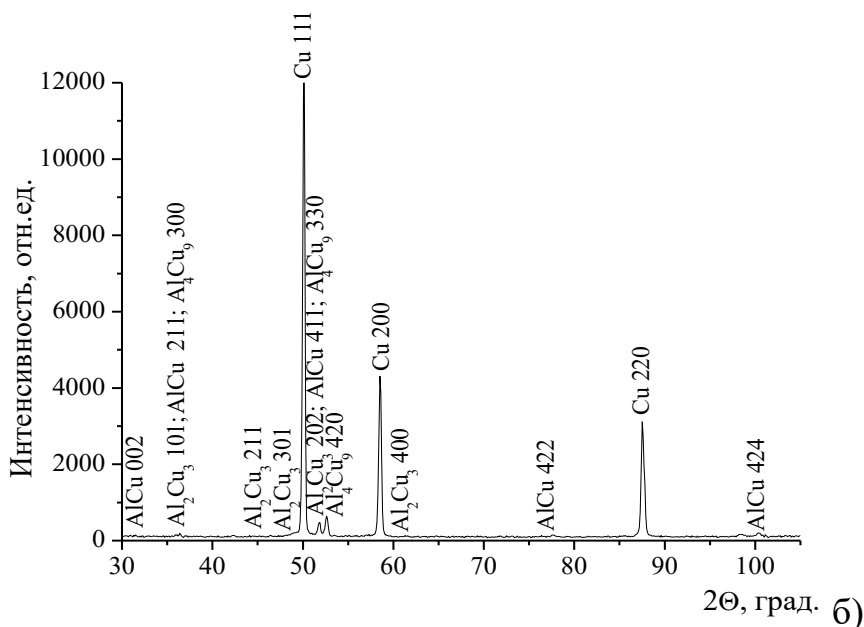
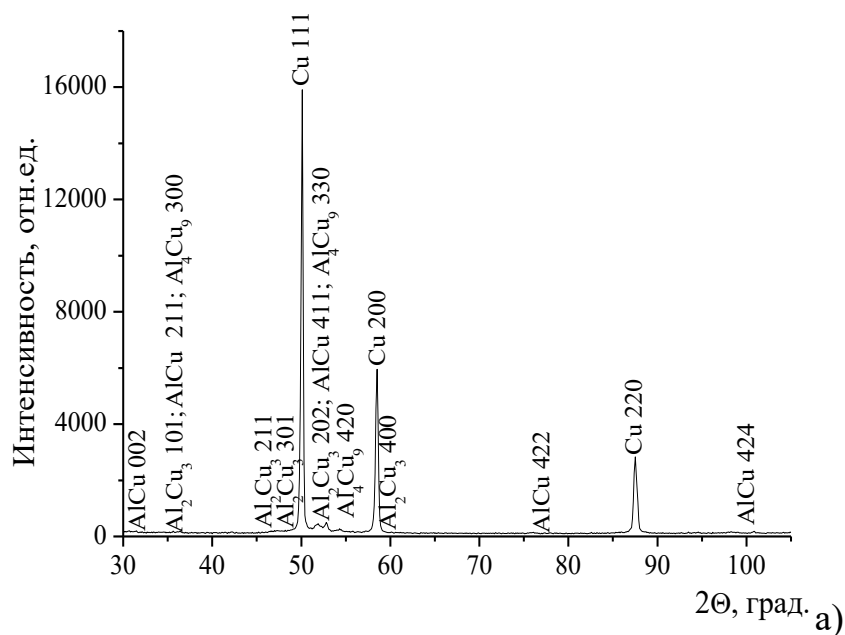


Рисунок 2. – Фрагменты рентгеновских дифрактограмм (CoK_α) от поверхностных слоев отливок из сплава БрА10Ж4Н4, полученных различными методами:
 а) – центробежное литье; б) – непрерывное литье

Приведенные дифрактограммы свидетельствуют о том, что основной фазой отливок из сплава БрА10Ж4Н4 является матричный твердый раствор на основе Cu ($a=0,3615$ нм) с параметрами кристаллической решетки: $a=0,3659$ нм (центробежное литье) и $a=0,3655$ нм (непрерывное литье). Повышенные, по сравнению с Cu, значения параметра кристаллической решетки медной матричной фазы в сплавах вызваны растворенным в ней алюминием, имеющим больший атомный радиус ($R_{\text{Cu}}=0,0127$ нм, $R_{\text{Al}}=0,0143$ нм [5]). Таким образом, матричная фаза в сплаве, закристалли-

зованном методом центробежного литья, вследствие более высокого содержания в ней алюминия, имеет повышенное значение параметра кристаллической решетки, по сравнению со случаем непрерывного литья. Также в фазовом составе сплава регистрируются интерметаллидные соединения $AlCu$ и Al_2Cu_3 .

Твердость отливки при центробежном литье составляет 200 HV 10, при непрерывном литье – 165 HV 10. Повышенное значение твердости отливки, полученной методом центробежного литья, обусловлено образованием более дисперсной структуры при охлаждении, а также большим твердорастворным упрочнением матричной фазы отливки, по сравнению со случаем непрерывного литья.

Выводы. Исследовано влияние режимов кристаллизации отливок из сплава БрА10Ж4Н4 на их структуру, фазовый состав и твердость.

Показано, что микроструктура отливок состоит из $(\alpha+\gamma')$ эвтектоида и α -фазы. Установлено, что при центробежном литье отливка имеет более дисперсную структуру, вследствие относительно повышенной скорости ее охлаждения, по сравнению со случаем непрерывного литья.

Показано, что отливки содержат матричную фазу на основе твердого раствора легирующих элементов в Cu и интерметаллидные фазы $AlCu$, $AlCu_3$, Al_4Cu_9 . Сделано заключение, что повышенные значения параметра кристаллической решетки матричного твердого раствора обусловлены его легированностью алюминием.

Установлено, что при центробежном литье, твердость отливок из сплава БрА10Н4Ж4 в 1,2 раза превышает твердость отливок, полученных непрерывным литьем. Указанное явление связано с большей дисперсностью структуры и твердорастворным упрочнением матричной фазы отливки, полученной методом центробежного литья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зборщик, А.М. Конспект лекций по дисциплине «Специальные методы литья»/ А.М. Зборщик. – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2007. – 158 с.
2. Рогов, В.А. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Штамповочное и литейное производство: учебник для вузов / В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. – 2-е изд., – М: Изд-во Юрайт, 2019. – 330 с.
3. Беккерт, М. Способы металлографического травления / М. Беккерт, Х. Клемм. – 2-е изд., – М.: Металлургия, 1988. – 400 с.
4. Гуляев, А.П. Металловедение / А.П. Гуляев. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва: Металлургия, 1986. – 544 с.
5. Барон, Н.М. Краткий справочник физико-химических величин / Н. М. Барон [и др.]. – Л.: Химия, 1983. – 232 с.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОАО «НПО «ЦЕНТР
НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК
ПОЛОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Инновационные технологии в машиностроении

Электронный сборник материалов международной
научно-технической конференции,
посвященной 50-летию машиностроительных специальностей
и 15-летию научно-технологического парка
Полоцкого государственного университета
(Новополоцк, 21-22 апреля 2020 г.)



ИннТехМаш

Под редакцией
чл.-корр. НАН Беларуси, д-ра техн. наук, проф. В. К. Шелега;
д-ра техн. наук, проф. Н. Н. Попок

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2020

УДК 621(082)

Редакционная коллегия:

Н. Н. Попок (председатель), В. П. Иванов (зам. председателя),
Р. С. Хмельницкий (отв. Секретарь), А.В. Дудан, В. А. Данилов, Е.В. Бритик

Инновационные технологии в машиностроении [Электронный ресурс] : электронный сборник материалов международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию машиностроительных специальностей и 15-летию научно-технологического парка Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 21-22 апр. 2020 г. / Полоц. гос. ун-т ; под. ред. В. К. Шелега; Н. Н. Попок. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-691-7.

Отражены современное состояние и направления развития технологии и оборудования механической и физико-технической обработки; рассмотрены вопросы создания современных материалов, изготовления, восстановления и упрочнения деталей машин, автоматизации производства, эксплуатации и модернизации автомобилей и других машин.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов технических специальностей учреждений образования.

Прилагаются [титulyные листы презентаций докладов](#) участников конференции.

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3141815008 от 28.03.2018.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 59-95-53, e-mail: n.popok@psu.by

№ госрегистрации 3141815008**ISBN 978-985-531-691-7**

© Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Инновационный технологии в машиностроении» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

Компьютерный дизайн *Е. А. Балабуровой*
Техническое редактирование и верстка *И. Н. Чапкевич*

Подписано к использованию 23.04.2020.
Объем издания: 10,9 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 264.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>