



УДК 542.4

Поступила 05.02.2017

## ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ БЫСТРООХЛАЖДЕННЫХ ГРАНУЛ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ФОРМИРУЕМЫХ ЛИТЕЙНОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ

## THE EFFECT OF PREPARATION CONDITIONS OF RAPIDLY SOLIDIFIED IRON BASED GRANULES ON PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIAL FORMED BY CASTING TECHNOLOGY

*А. С. КАЛИНИЧЕНКО, В. А. ШЕЙНЕРТ, В. А. КАЛИНИЧЕНКО, А. Г. СЛУЦКИЙ, Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65.  
E-mail: akalinichenko@bntu.by*

*A. S. KALINICHENKO, V. A. SHEINERT, V. A. KALINICHENKO, A. G. SLUTSKY, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave. E-mail: akalinichenko@bntu.by*

*Многообразие требований к парам трения вызывает развитие различных технологий получения триботехнических материалов применительно к режимам эксплуатации. Свою нишу занимают и композиционные материалы, получаемые литейными технологиями, которые, в частности, нашли успешное применение для нормализации термомеханического состояния паровых турбоагрегатов, и представляющих собой матрицу на основе сплавов меди, упрочненную чугунами гранулами. Поскольку структура и свойства чугуна определяются условиями его кристаллизации, были проведены исследования технологических особенностей получения гранул для синтезируемого композиционного материала. С использованием модернизированной установки по получению численных гранул были определены технологические режимы, обеспечивающие более узкий фракционный состав. Установлено, что в гранулах формируется типичная микроструктура доэвтектического белого чугуна, содержащая перлит и ледебурит. Микротвердость опытных чугунных гранул характеризуется высокими значениями (от 7450 до 9450 МПа) и зависит от размера фракции. Композиционный материал, полученный с использованием опытных гранул, имел микротвердость армирующей чугунной гранулы в среднем 3500 МПа, а бронзовой матрицы – 1220 МПа, что выше твердости композиционного материала, полученного с применением отожженных гранул ДЧЛ-1 (2250 МПа). Металлическая основа опытных гранул в композиционном материале имеет структуру перлитного ковкого чугуна с включениями феррита, не превышающего 10–15%, расположенного вокруг хлопьевидного графита. Как результат, повышаются физико-механические свойства готового изделия из композиционного материала.*

*The variety of requirements for friction pairs requires the development of different technologies for the production of tribological materials with reference to the operation modes. Composite materials obtained by the casting technology have been successfully applied for the normalization of the thermomechanical state of the steam turbines.*

*These composites consist of the matrix based on copper alloys reinforced with cast iron granules. Because the structure and properties of cast iron are determined by the conditions of their production studies have been conducted on determination of preparation conditions on grain structure and properties of the synthesized composite material. Using an upgraded unit for production of granules technological regimes were determined providing narrow fractional composition.*

*It has been found that granules formed are characterized with typical microstructure of white cast iron containing perlite and ledeburite. Microhardness of pilot cast iron granules is characterized by high values (from 7450 up to 9450 MPa) and depends on the size of the fraction.*

*Composite materials obtained using experimental granules had a microhardness of the reinforcing cast iron granules about 3500 MPa, and a bronze matrix – 1220 MPa, which is higher than the hardness of the composite material obtained by using the annealed DCL-1 granules (2250 MPa). Metal base of experimental granules in the composite material has the structure of perlitic ductile iron with inclusions of ferrite not exceeding 10–15% and set around a flocculent graphite. As a result, the increase of physical-mechanical properties of finished products made of composite material is observed.*

**Ключевые слова.** *Композиционные материалы, медные сплавы, узлы трения, микроструктура, сплавы на основе железа, быстроохлажденные гранулы.*

**Keywords.** *Composite materials, copper alloys, friction, microstructure, ferrous alloys, rapidly cooled granules.*

Повышение износостойкости поверхностей деталей в узлах трения является одной из приоритетных задач машиностроения. Разнообразие режимов эксплуатации узлов трения требует создания триботехнических материалов, наиболее эффективных для применения в конкретных условиях [1–3]. Важность надежного функционирования подшипниковых узлов показана в работе [4], где отмечается, что неудачи в Российской Федерации с выводом на орбиту ряда спутников по причине отказов систем связаны, в том числе с некачественными подшипниками скольжения. Материалы подшипников скольжения должны иметь малый коэффициент трения, высокую износостойкость и сопротивление усталости. Дополнительными требованиями являются хорошая теплопроводность, прирабатываемость, смачиваемость маслом, коррозионная стойкость и обрабатываемость, низкий коэффициент линейного расширения и низкая стоимость. Полностью удовлетворить перечисленным требованиям в реальных условиях не представляется возможным. Поэтому в технике применяют большое количество различных антифрикционных материалов, наилучшим образом отвечающих конкретным условиям [5].

Для решения данной задачи целесообразно переходить на управление процессом формирования микроструктуры на микро- и наноуровнях. Применение таких технологий для управления микроструктурой композиционных материалов, получаемых методом твердо-жидкого синтеза, представляет большой научный и практический интерес. Были разработаны композиционные материалы на основе медных сплавов для подшипников скольжения, упрочненных стальными гранулами и получаемые с применением литейных технологий (ЛКМ), которые дешевле композитов, получаемых методами порошковой металлургии [6]. Данные композиционные материалы используются для узлов трения, работающих при достаточно тяжелых условиях эксплуатации. Дальнейшее развитие композиционных материалов для подшипников скольжения позволило создать материалы, упрочненные чугунными гранулами, что расширило возможность управления структурой упрочняющей фазы [7], и успешно применить их для нормализации тепломеханического состояния паровых турбоагрегатов [8].

С использованием литейных технологий композиционные материалы получают двумя способами: соединением твердой и жидкой фаз, а также соединением различных компонентов, находящихся в жидком состоянии (получение псевдосплавов). Одним из наиболее распространенных методов получения многослойного металла является так называемое литое плакирование – заливка жидким металлом твердых армирующих элементов, предварительно размещенных и закрепленных в литейной форме или изложнице [1, 9]. До недавнего времени в качестве нерасплавляемых элементов структуры ЛКМ использовали тугоплавкие неметаллические соединения и тугоплавкие металлы (сплавы), а в качестве расплавляемых матриц – металлы и сплавы с более низкими температурами плавления [1, 10, 11]. Применение чугунных гранул позволило снизить стоимость материала, а за счет управления структурой чугунных гранул в конечном изделии обеспечить заданный уровень физико-механических свойств. Структура исходных железоуглеродистых гранул оказывает влияние на свойства композиционных материалов в конечном состоянии. Поэтому были проведены исследования по влиянию условий получения чугунных гранул на структуру и свойства композиционных материалов.

Созданная в БНТУ лабораторная установка предназначена для получения быстроохлажденного комплексного модификатора за счет подачи исходного жидкого расплава непосредственно из плавильной печи через специальный желоб во вращающийся стальной стакан с отверстиями 3,5 мм (рис. 1).

Однако по такой схеме получать гранулы из высокотемпературных сплавов (например, чугуна) оказалось проблематично. Кроме того, сложно было обеспечить получение гранул узкого фракционного состава. Это потребовало осуществления модернизации узла грануляции (рис. 2).

Жидкий чугун из разливочного ковша через металлоприемник 1 с огнеупорным тиглем 2, имеющим отверстие в донной части, попадает на вращающийся гранулятор 8, где дробится на капли, которые отбрасываются к стенкам корпуса в слой воды, образуемый вращением крыльчатки. Капли жидкого металла в виде гранул после охлаждения скатываются в нижнюю

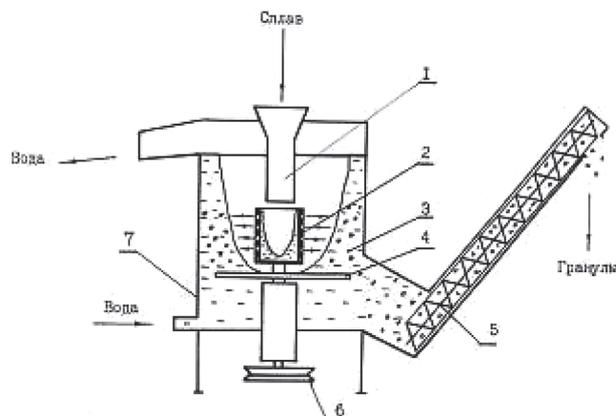


Рис. 1. Схема лабораторной установки для гранулирования сплавов: 1 – желоб; 2 – стальной стакан с отверстиями; 3 – гранулы; 4 – диск разгона воды; 5 – элеватор; 6 – механизм вращения гранулятора и диска; 7 – стальной корпус

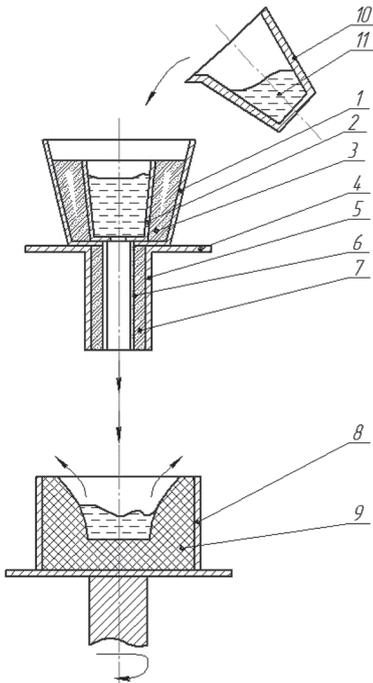


Рис. 2. Схема узла для литья чугуных гранул: 1 – металлоприемник; 2 – огнеупорный тигель в донной части; 3 – теплоизоляция; 4 – опорное кольцо металлоприемника; 5 – нижний направляющий патрубок; 6 – кварцевая трубка; 7 – огнеупорная набивка; 8 – вращающийся гранулятор; 9 – профилированная огнеупорная набивка; 10 – разливной ковш; 11 – жидкий чугун

часть корпуса установки, откуда происходит их выгрузка. Поверхность воды за счет вращения крыльчатки приобретает форму параболоида. При этом установленная в крышке диафрагма обеспечивает постоянный слой воды с определенной толщиной. Избыточная часть воды переливается через диафрагму и через сливной патрубок уходит в оборотную систему. Таким образом, вода постоянно циркулирует и охлаждается.

В целом процесс изготовления чугуных гранул на модернизированной лабораторной установке состоит из следующих операций: плавки исходного чугуна заданного химического состава в индукционной тигельной печи; разливки чугуна на установке, основной частью которой является центробежный гранулятор с вертикальной осью вращения (рис. 3, а).

Для гарантированного попадания струи жидкого чугуна из ковша в центр вращающегося гранулятора предусмотрен специальный металлоприемник, состоящий из огнеупорного тигля с отверстием в донной части (рис. 3, б). Это обеспечивает равномерную подачу жидкого чугуна из тигля через нижний направляющий патрубок 5 (см. рис. 2), состоящий из стального корпуса, кварцевой трубки и огнеупорной набивки.

После завершения разливки порции чугуна и его гранулирования прекращается подача воды в установку, отключаются вращающиеся узлы и после удаления воды в систему канализации осуществляется выгрузка полученных гранул с последующей сушкой и рассеванием по фракциям.

По такой технологической схеме в лабораторных условиях выполнены эксперименты и изготовлены опытные партии чугуных гранул при различных частотах вращения гранулятора (30, 40, 50 с<sup>-1</sup>). Общий вид полученного материала показан на рис. 4.

После сушки при температуре 350 К в течение 4 ч производили рассев гранул на фракции. Полученные результаты показаны на рис. 5. Установлено, что частота вращения гранулятора оказывает существенное влияние на фракционный состав полученного материала. Так, при скорости вращения гранулятора 30 с<sup>-1</sup> размеры полученных гранул находятся в пределах  $7 \cdot 10^{-3}$ – $0,4 \cdot 10^{-3}$  м. По мере увеличения частоты вращения до 50 с<sup>-1</sup> размеры гранул находятся в более узком интервале (от  $5 \cdot 10^{-3}$  до  $> 0,4 \cdot 10^{-3}$  м). Хорошие результаты по фракционному составу получены при частоте вращения диспергатора 40 с<sup>-1</sup>, для которой максимальное количество гранул приходится на фракции размером от  $1 \cdot 10^{-3}$  до  $3 \cdot 10^{-3}$  м.

В процессе гранулирования склонность чугуна к графитизации при эвтектическом превращении подавляется и высокоуглеродистая фаза кристаллизуется в виде цементита, что приводит к формированию в гранулах типичной микроструктуры доэвтектического белого чугуна, содержащей перлит и ледебурит. Это было подтверждено результатами металлографического анализа чугуных гранул, которые получе-

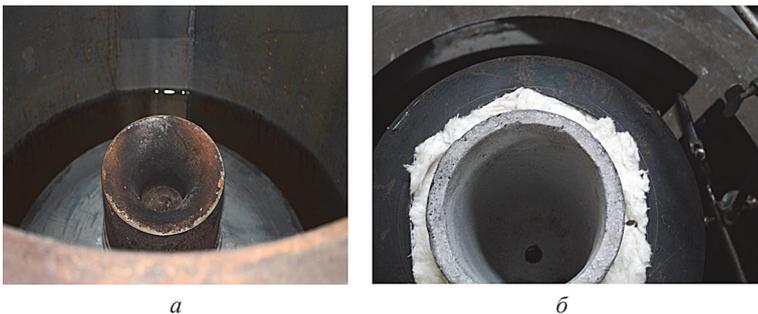


Рис. 3. Гранулятор с вертикальной осью вращения: а – гранулятор; б – теплоизолированный приемный тигель с отверстием в донной части



Рис. 4. Общий вид чугуных гранул

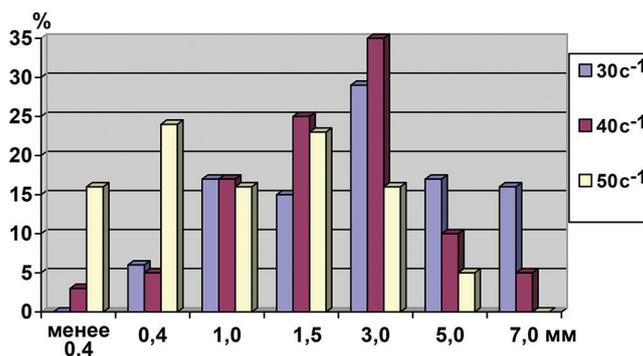


Рис. 5. Фракционный состав гранул для различных скоростей вращения гранулятора

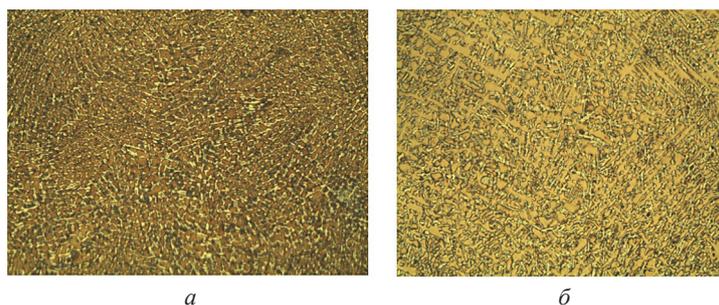


Рис. 6. Микроструктура гранул различной фракции: *a* – 2 мм; *б* – 4 мм.  $\times 500$

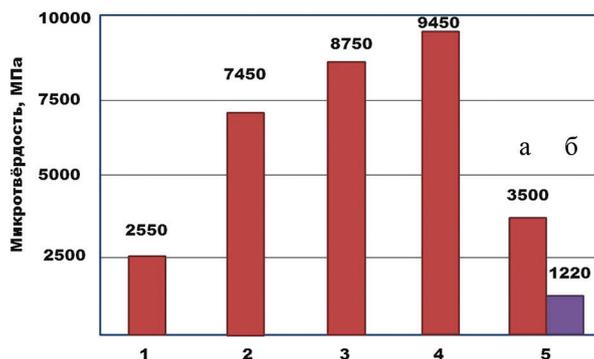


Рис. 7. Микротвердость чугуновых гранул и композита: 1 – серийные гранулы в отожженном состоянии (диаметр 2 мм); 2–4 – опытные гранулы в литом состоянии (2 – диаметр 2 мм; 3 – 3,5 мм; 4 – 4,5 мм); 5 – опытный композит (*a* – армирующие гранулы; *б* – бронзовая матрица)

ны с использованием электронного микроскопа VEGA II LMU, оборудованного микроанализатором INGA Energy 350 и приставкой «SpectroScan Max-GV». На рис. 6 показаны микроструктуры чугуновых гранул двух фракций.

Анализ структур показал, что чем мельче размер гранул, тем более дисперсной является структура чугуна. Микротвердость опытных чугуновых гранул характеризуется высокими значениями (от 7450 до 9450 МПа) и зависит от размера фракции (рис. 7). Такая высокая микротвердость свойственна для структуры белого чугуна, что подтверждается результатами металлографического анализа.

На следующем этапе исследований в лабораторных условиях были получены опытные композиционные материалы на основе бронзы с применением в качестве армирующего материала быстроохлажденных чугуновых гранул диаметром порядка 2 мм. На рис. 8 показаны результаты металлографических исследований образцов до и после травления с помощью оптической микроскопии.

При небольшом увеличении ( $\times 50$ ) в гранулах четко просматриваются сферические включения темного цвета (рис. 8, *в*). Однако при таком увеличении оценить микроструктуру чугуновых гранул не представляется возможным. На нетравленном шлифе (рис. 8, *а*) четко просматривается структура графита отжига практически на всю глубину гранулы. Микротвердость армирующей чугуновой гранулы составляет в среднем 3500 МПа, а бронзовой матрицы в 3 раза меньше – 1220 МПа (см. рис. 7, столбец 5). Травление шлифа позволило выявить структуру металлической основы армирующих чугуновых гранул в опытном композите. Из рисунка видно, что металлическая основа гранул в композиционном материале имеет

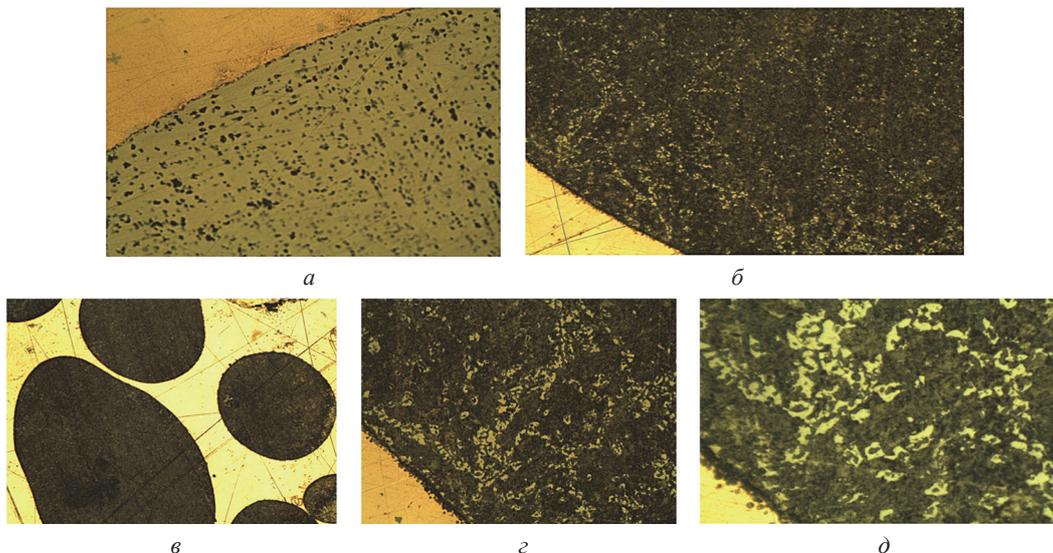


Рис. 8. Микроструктура гранул в композиционном материале; оптическая микроскопия. *a* –  $\times 200$ , не травлено; *б* –  $\times 200$ , травлено; *в* –  $\times 50$ ; *г* –  $\times 500$ ; *д* –  $\times 1000$

структуру перлитного ковкого чугуна с включениями феррита, не превышающего 10–15%, расположенного вокруг хлопьевидного графита (рис. 8, *б*, *г*, *д*).

Для сравнения на рис. 9 показана структура гранул из отожженной чугушной дроби, которую использовали при получении композиционного материала, нашедшего успешное применение при ремонте паровых турбоагрегатов с целью нормализации тепломеханического состояния [8].

На нетравленном шлифе видна структура мелкого графита. Чугун имеет невысокую микротвердость (2550 МПа), характерную для такого вида термической обработки. На рис. 10 приведена структура композиционного материала, упрочненного отожженными гранулами ДЛЧ-1. Видно различие структуры гранул (см. рис. 8) в композиционном материале, что и подтверждается микротвердостью (см. рис. 7).

Можно ожидать, что более высокие значения твердости гранул в опытном композиционном материале будут способствовать повышению физико-механических свойств и износостойкости готовых изделий.

Для армирования композиционных материалов, получаемых твердо-жидким синтезом, перспективным является белый ванадиевый чугун с инверсной структурой, разработки которого ведутся на базе Филиала БНТУ «Научно-исследовательская часть» (рис. 11). Применение гранул из такого чугуна позволит существенно повысить износостойкость разрабатываемых композиционных материалов.

Таким образом, в результате выполненных исследований была проведена модернизация лабораторной установки, позволяющей получать быстроохлажденные чугунные гранулы для армирования литых композитов. Отработаны технологические режимы гранулирования чугуна, обеспечивающие получение армирующего материала необходимого фракционного состава. Изготовлены опытные партии чугунных гранул, проведены металлографические исследования как исходной структуры гранул, так и их структура в опытных образцах композитов.

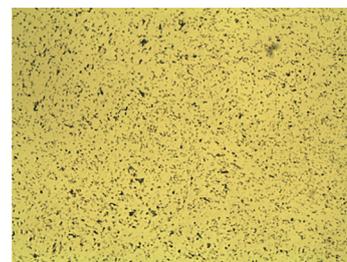


Рис. 9. Микроструктура отожженных гранул ДЛЧ размером 1 мм производства ОАО «Могилевский металлургический завод».  $\times 500$

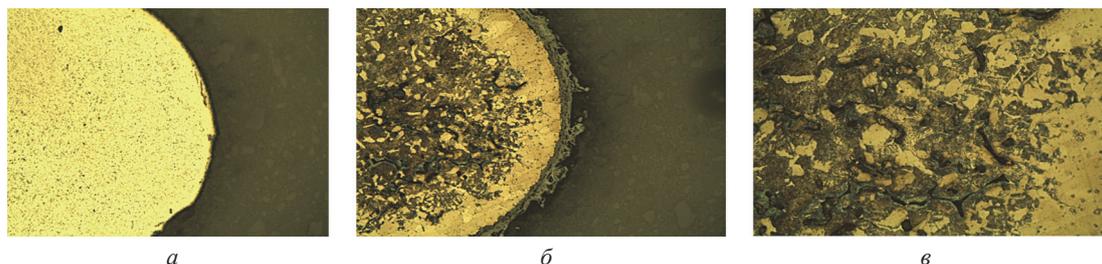


Рис. 10. Армирующее зерно литого композиционного материала с упрочняющей фазой из гранул ДЛЧ-1: *a* –  $\times 200$ ; *б* –  $\times 200$ , травлено; *в* –  $\times 500$ , травлено

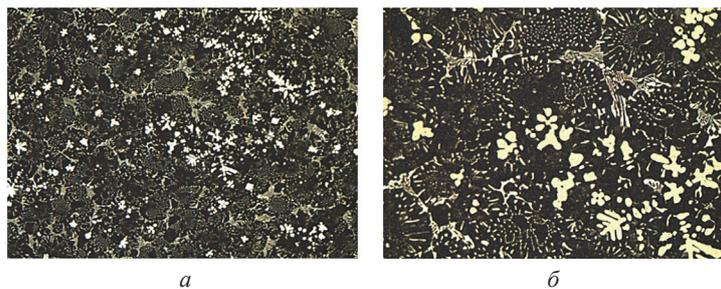


Рис. 11. Микроструктура белого ванадиевого чугуна: а –  $\times 200$ ; б –  $\times 500$

### Выводы

Установлено, что после быстрого охлаждения из жидкого состояния полученные гранулы имеют структуру белого доэвтектического чугуна различной дисперсности в зависимости от размера фракции. При этом серийные гранулы, используемые в композитах, имеют структуру отжига.

В лабораторных условиях по специальной методике изготовлены опытные образцы композита на основе бронзы и армирующих быстроохлажденных чугуновых гранул. Установлено, что в композиционных материалах на основе медных сплавов армирующие гранулы имеют структуру перлитного ковкого чугуна с небольшими включениями феррита и графита хлопьевидной формы.

### Литература

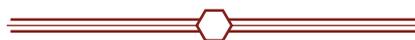
1. Композиционные материалы с металлической матрицей. М.: Машиностроение, 1978. Т. 4. 502 с.
2. Победря В. Е. Механика композиционных материалов. М.: Изд-во МГУ, 1984. 336 с.
3. Композиционные материалы: справ. / Под. ред. Д. М. Карпиноса. Киев: Наукова думка, 1985. 292 с.
4. [http://prompk.ru/ntn-snr/news/industry\\_news\\_Rossiiskij\\_kosmos\\_mozhet\\_okazatsja\\_v\\_opasnosti%20\\_08012013.htm](http://prompk.ru/ntn-snr/news/industry_news_Rossiiskij_kosmos_mozhet_okazatsja_v_opasnosti%20_08012013.htm). Дата доступа 08.03.2016.
5. Черногоров Е. Подшипники скольжения. Челябинск, 2013. 10 с.
6. Затуловский С. С., Кезик В. Я., Иванова Р. К. Литые композиционные материалы. Киев: Техника, 1990. 240 с.
7. Кезик В. Я., Калининченко А. С., Иванова Р. К. Формирование структуры поверхностного объема литых макрогетерогенных композиционных материалов в условиях низкоскоростного трения без смазки // Литье и металлургия. 2003. № 2. С. 118–123.
8. Кобзарь Ю. В., Калининченко А. С., Воронов Е. О. Опыт применения композиционных материалов с макрогетерогенной структурой для нормализации тепломеханического состояния паровых турбин // Энергетика. Изв. вузов и энерг. объединений СНГ. 2013. № 3. С. 79–86.
9. Электрошлаковый металл / Б. И. Медовар, Л. М. Ступак, Г. А. Бойко и др. Киев: Наукова думка, 1981. 680 с.
10. Болгар А. С., Турчанин А. Г., Фесенко В. В. Термодинамические свойства карбидов. Киев: Наукова думка, 1972. 272 с.
11. Калининченко В. А., Григорьев С. В., Калининченко М. Л., Зелезей А. Е. Особенности получения макрогетерогенных композиционных материалов методами индукционной плавки, их структура и свойства // Литье и металлургия. 2015. № 4. С. 146–150.

### References

1. Composite Materials with Metallic Matrix / Composite Materials (*Kompozitsionnye materialy s metallicheskoj matritsei / Kompozitsionnye materialy*) ed. K. Kreider. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1978. Vol. 4. 502 p.
2. Pobedrya V. E. Mechanics of Composite Materials (*Mekhanika kompozitsionnykh materialov*). Moscow, Moscow State University, 1984. 36 p.
3. Composite Materials: Ref. Book (*Kompozitsionnye materialy: Spravochnik*) / ed. Karpinos D. M. Kiev: Naukova dumka, 1985. 292 p.
4. Mode of Access: [http://prompk.ru/ntn-snr/news/industry\\_news\\_Rossiiskij\\_kosmos\\_mozhet\\_okazatsja\\_v\\_opasnosti%20\\_08012013.htm](http://prompk.ru/ntn-snr/news/industry_news_Rossiiskij_kosmos_mozhet_okazatsja_v_opasnosti%20_08012013.htm). Date of Access: 08.03.2016.
5. Chernogorov E. Sliding Bearings (*Podshipniki skolzheniya*). Chelyabinsk. 2013. 10 p.
6. Zatulovsky S. S., Kezik V. Ya., Ivanova R. K. Casted Composite Materials (*Litye kompozitsionnye materialy*). Kiev, Tekhnika Publ., 1990. 240 p.
7. Kezik V. Ya., Kalinichenko A. S., Ivanova R. K. Structure Formation of Surface volume in Casted Macroheterogeneous Composite Materials under Conditions of Dry Low-speed Friction (*Formirovaniye struktury pserkhnostnogo obiema litykh makroheterogennykh kompozitsionnykh materialov v usloviyakh nizkoskorostnogo treniya bez smazki*) // Foundry Production and Metallurgy. 2003, no. 2, pp. 118–123.
8. Kobzar Yu. V., Kalinichenko A. S., Voronov E. O. Application of Composite Materials with Macroheterogeneous Structure for Normalization of Thermo-mechanical State of Steam Turbines (*Opyt primeneniya kompozitsionnykh materialov s makroheterogennoi strukturoi dlya normalizatsii teplomekhnicheskogo sostoyaniya parovykh turbin*) // Energetika – Proc. of the CIS HEI and Power Eng. Assoc. 2013, no. 3, pp. 79–86.
9. Medovar B. I., Stupak L. M., Boiko G. A. etc. Electro slag metal (*Electroshlakovy metal*). Kiev, Naukova dumka Publ., 1981. 680 p.

10. Bolgar A. S., Turchanin A. G., Fesenko V. V. Thermodynamic Properties of Carbides (*Termodinamicheskie svoistva karbidov*). Kiev, Naukova dumka Publ., 1972. 272 p.

11. Kalinichenko V. A., Grigoriev S. V., Kalinichenko M. L., Zelezei A. E. B. A. Peculiarities of Macroheterogeneous Composite Materials' Production by Means of Inductive Melting, Their Structure and Properties (*Osobennosti polucheniya makroheterogennykh kompozitsionnykh materialov metodami inductsionnoi plavki, ikh structura I svoistva*). Foundry Production and Metallurgy, 2015, no. 4, pp. 146–150.



### Международные выставки и мероприятия по литью и металлургии в 2017 году

Дата	Наименование мероприятия	Место проведения	Сайт
04–07 апреля	Powder Metallurgy – Порошковая металлургия- материалы, технологии и оборудование для порошковой металлургии	Беларусь, г. Минск	www.minskexpo.com
12–15 апреля	INTERMOLD- Международная выставка технологии производства форм и штампов	Япония, г. Токио	www.intermold.jp
08–11 мая	AISTech – Международная конференция и выставка по технологиям чугуна и стали	США, г. Нэшвилл	www.aist.org
17–18 мая	Конференция «Дни литья в Германии» – организует Ассоциация литья Германии	Германия, г. Дюссельдорф	www.afsinc.org
17–19 мая	STEEL – Сделано из стали. Выставка и конференция по производству стали	Италия, г. Милан	www.madeinsteel.it
23–26 мая	CAST-EX Международная выставка по литью и литейным технологиям	Словакия, г. Нитра	www.eventseye.com
30 мая – 2 июня	ЭКСПО по отливкам, инструментам, изготовлению моделей	Германия, г. Штутгарт	www.messe.stuttgart.de
5–8 июня	ЛИТМАШ – металлургия – литмаш, трубы России, алюминий, цветмет	Россия, г. Москва	
6–9 июня	METALFORUM Выставка металлургии, литейного оборудования и металлов	Польша, г. Познань	
11–15 июня	12 Европейская Конференция по неразрушающим методам контроля	Швеция, г. Стокгольм	www.ndtsweden.com
13–16 июня	МЕТАЛЛ + МЕТАЛЛУРГИЯ КИТАЯ – 15 Международная ЭКСПО по литью, Выставка промышленных печей	Китай, г. Шанхай	www.mm-china.com/en/
20–22 июня	ROSMOULD Литьевые формы, литье под давлением, штампы	Россия, г. Москва	www.rosmould.com
21–24 июня	METEF –международная выставка по производству алюминия	Италия, г. Верона	www.metef.com
22–23 июня	Международная конференция по вагранчному литью	Германия, г. Саабрюкен	
28–30 июня	Литье под давлением, литье и выставка промышленных печей (плюс пять выставок)	Китай, г. Гуанчжоу	
19–21 июля	Алюминий Китай – технологии и производство алюминия	Китай, г. Шанхай	
12- 17 сентября	Цветные металлы и минералы Международная выставка и Конгресс	Россия, г. Красноярск	
25–27 сентября	METAL 25-ая Международная ярмарка и технологии литья	Польша, г. Кельце	www.targikielce.pl
18–20 октября	25 -ая Международная научно-техническая конференция и выставка «Литейное производство и металлургия 2017. Беларусь»	Беларусь, г. Минск	www.alimrb.by
24–26 октября	Международная выставка по чистке поверхностей	Германия, г. Штутгарт	www.parts2clean.com