

ВЛИЯНИЕ МЕДИ НА АНТИФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СЕРЫХ ЧУГУНОВ*

*Н.В. СТЕПАНОВА¹, аспирант,
В. КУМАР², студент,
В.А. КУЗНЕЦОВ³, гл. металлург,
П.А. ПОПЕЛЮХ¹, аспирант,
Е.Д. ГОЛОВИН¹, ассистент
(¹НГТУ, г. Новосибирск,
²Indian Institute of Technology Roorkee
³ОАО «Сибэлектротерм», г. Новосибирск)*

Статья поступила 15 февраля 2012 года

Головин Е.Д. – 630092, Новосибирск, пр. К.Маркса, 20,
Новосибирский государственный технический университет,
e-mail: edgolovin@yandex.ru

Изучены структура и антифрикционные свойства серого чугуна, выплавленного с добавлением 5% вес. меди. Испытания проводились по стандартной методике на машине трения СМТ-1 с использованием различных рабочих сред в диапазоне нагрузок от 100 до 2000 Н. Контрольным материалом служила бронза БрОС 10-10. Выявлено, что добавление в серый чугун 5 % меди приводит к снижению коэффициента трения материала в области высоких нагрузок по сравнению с контрольным материалом.

Ключевые слова: серый чугун, медь, антифрикционные свойства, микроструктура.

Введение

Богатое разнообразие эксплуатационных свойств серых чугунов и их относительная дешевизна обеспечивают широкое применение этого материала в народном хозяйстве. Прежде всего, серый чугун отличается хорошими литейными свойствами и обрабатываемостью, низкой температурой плавления и высокой демпфирующей способностью [1, 2]. Наличие графитовых включений в структуре чугуна приводит к самосмазыванию материала в условиях контактного трения, вследствие чего некоторые чугуны относятся к классу антифрикционных материалов [3].

Тем не менее антифрикционные свойства бронз, как правило, значительно превышают показатели серых чугунов. Несмотря на то что основным ограничением применения антифрикционных бронз является их высокая цена, серый чугун не способен конкурировать с этим клас-

сом материалов с точки зрения триботехнических свойств.

По свидетельствам некоторых исследователей, добавление меди в серый чугун при его выплавке может изменять структуру и приводить к повышению механических, коррозионных свойств материала [1–6], а также повышать износостойкость сталей и чугунов [1, 3]. С этих позиций необходимо оценить, является ли повышение триботехнических свойств сплавов на основе железа достаточным для замены дорогостоящей бронзы в механизмах, работающих в условиях контактного трения.

Материалы и методы

В данной работе были изготовлены отливки из серого чугуна двух типов. Материал первого типа является серым чугуном, выплавленным по стандартной методике. Материал второго типа – серый чугун с добавлением 5 % вес. меди.

* Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

Таблица 1

Химический состав образцов из серого чугуна

Элемент (по массе. %)	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	Cu	Fe
Материал № 1	3.0	0.6	2.8	0.3	0.6	0.06	0.8	ост.
Материал № 2	2.9	0.6	2.6	0.3	0.6	0.06	5.8	ост.

Литье производилось в песчано-жидкостекольные формы. Температура при разливке из ковша обоих материалов составляла 1280 °С. Результаты химического анализа, выполненного с помощью оптического эмиссионного спектрометра ARL QUANTRIS 3460 OES, представлены в табл. 1.

Испытания на износостойкость проводились на стандартной машине трения CMT-1 по схеме «диск – колодка». Материалом диска являлась сталь 45 с твердостью 50 HRC. Испытания проводились с использованием трех различных сред: вода, минеральное масло марки Motor Oil-M8B и консистентная смазка Литол-24. Частота вращения диска составляла 300 об/мин, нагрузка на образец повышалась ступенчато с шагом 100 Н в

диапазоне 100...2000 Н. Антифрикционные свойства полученных материалов сравнивались со свойствами образцов бронзы БрОС 10-10, испытанными в идентичных условиях.

Результаты и обсуждение

На рис. 1 представлены результаты проведенных испытаний. По результатам фрикционных испытаний видно, что в среде минерального масла (рис. 1, а) и воды (рис. 1, б) образцы серого чугуна обладают существенно большим коэффициентом трения, чем бронза БрОС 10-10. При испытаниях в воде образцы из серого чугуна начинают схватываться с диском из-за большого

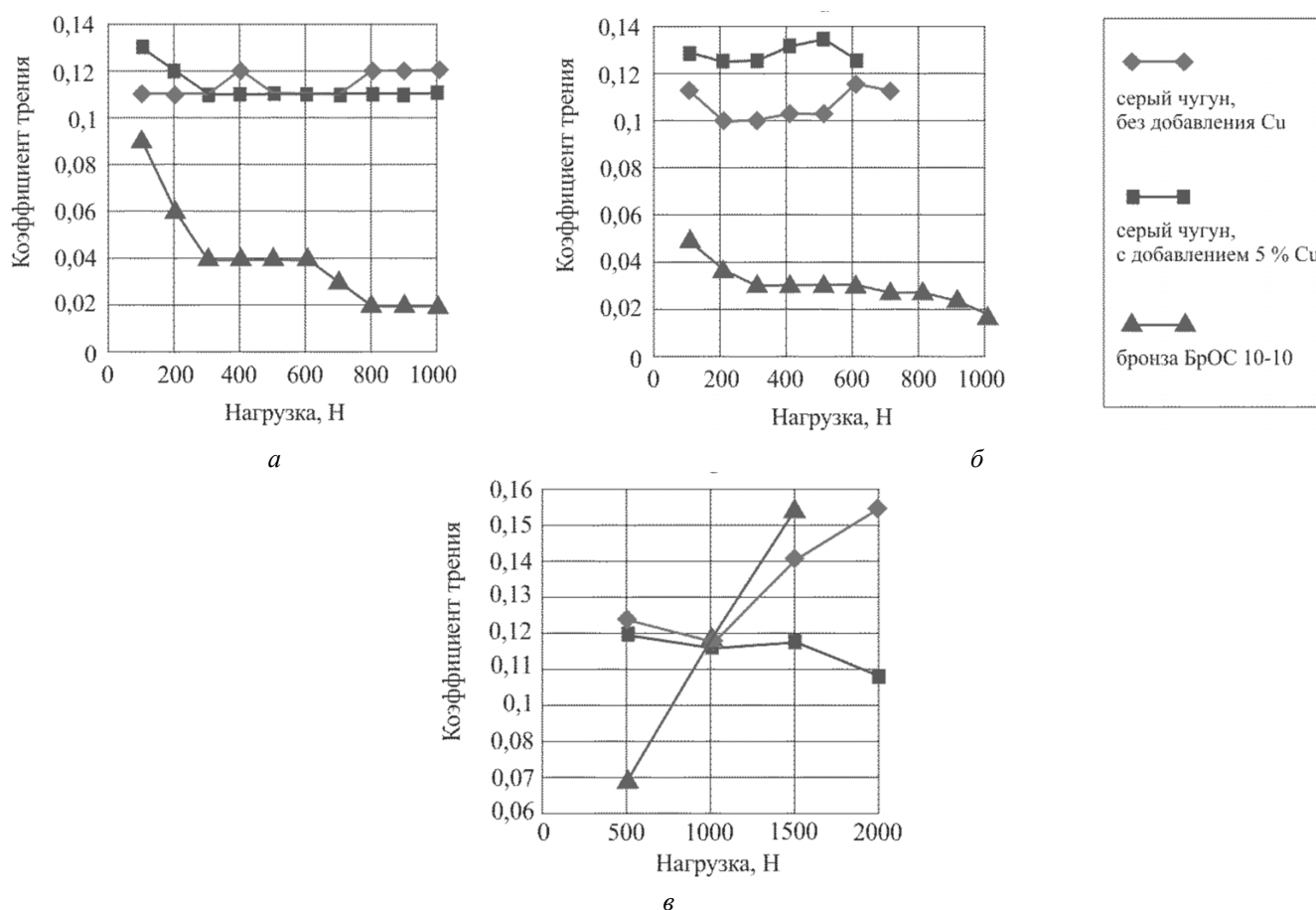


Рис. 1. Результаты испытаний серых чугунов и бронзы БрОС 10-10 в условиях контактного трения:

а – в среде минерального масла Motor Oil-M8B; б – в воде; в – в среде Литол-24

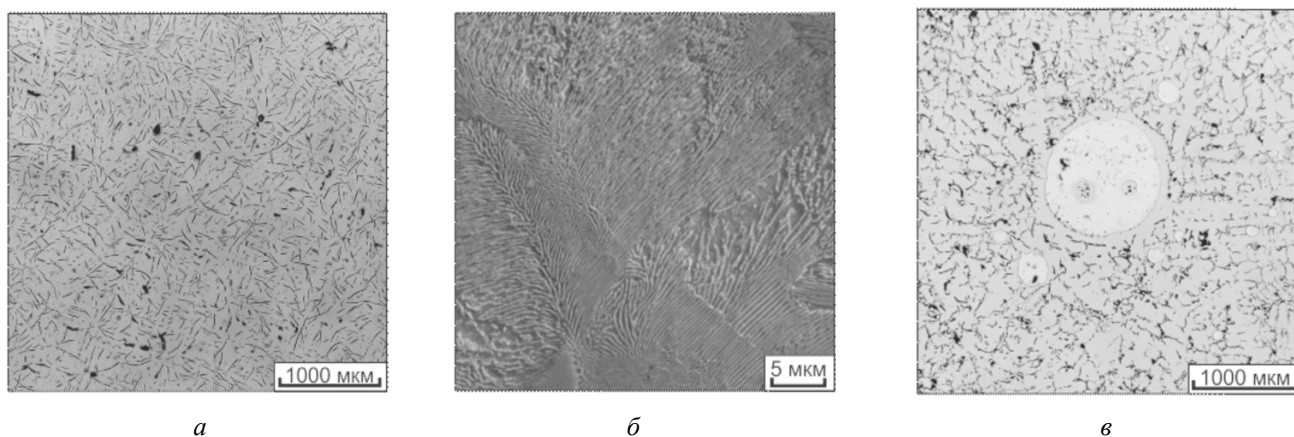


Рис. 2. Структура исследуемых материалов:

a – нетравленная структура серого чугуна без добавления меди; *б* – перлитная основа исследуемых серых чугунов; *в* – медистые включения в сером чугуне, выплавленном с добавлением 5 % меди

нагрева при значениях нагрузки 600...700 Н. Таким образом, очевидно, что в условиях жидкой смазки бронза обладает гораздо более высокими антифрикционными свойствами.

При испытании образцов в среде консистентной смазки Литол-24 (рис. 1, *в*) бронза также показывает лучшие антифрикционные свойства до значений нагрузки, равных 1000 Н. Однако при дальнейшем нагружении трение между диском и бронзовой колодкой значительно возрастает, превышая показатели чугунов, и при нагрузке 1500 Н происходит схватывание диска с брон-

зовым образцом. Чугунные образцы ведут себя более стабильно, особенно хорошие результаты показывает чугун с добавлением меди. Таким образом, в области высоких нагрузок (свыше 1000 Н) в среде консистентной смазки антифрикционные свойства чугуна с добавлением меди значительно превышают свойства обычного чугуна и бронзы БрОС 10-10.

Для выявления причины изменения антифрикционных свойств серого чугуна, выплавленного с добавлением меди, были проведены структурные исследования с применением мето-

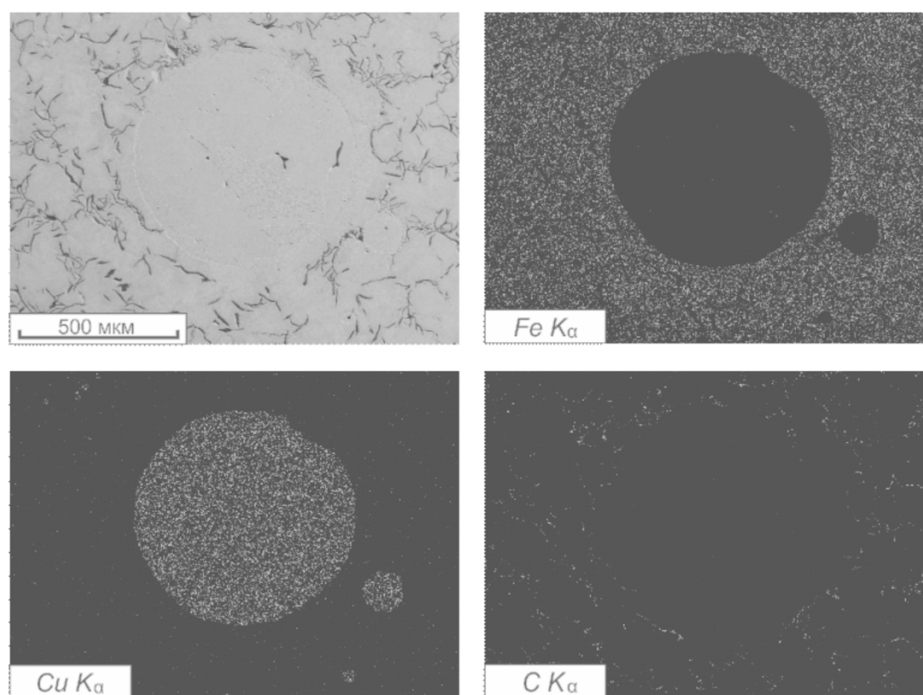


Рис. 3. Распределение железа, меди и углерода в сером чугуне, содержащем включения медистой фазы

дов оптической и растровой электронной микроскопии.

Серый чугун, выплавленный по стандартной методике, имеет перлитную основу с графитными включениями завихренного типа, распределенными равномерно по объему материала и имеющими средний размер 230 мкм (рис. 2, а). Структура основы чугуна, выплавленного с добавлением 5 % меди, идентична материалу № 1 и состоит из колоний перлита (рис. 2, б). Наряду с графитными включениями в материале № 2 обнаружено также наличие включений округлой формы, в больших количествах содержащих медь, о чем свидетельствует характерный золотистый оттенок (рис. 2, в). Размеры крупных включений достигают 1000 мкм, в то время как основная масса медистых выделений имеет размеры до 200 мкм.

Проведение энергодисперсионного рентгеновского микроанализа позволило выявить распределение химических элементов в объеме серого чугуна, содержащего указанные включения (рис. 3). По результатам проведенного анализа видно, что некоторое количество меди (ок. 5 %) содержится в основе чугуна, формируя твердый раствор на основе α -железа, однако наибольшее количество меди зафиксировано во включениях медистой фазы. В ее составе присутствует более 90 % данного элемента. Очевидно, что наличие медистых включений является причиной различного поведения серого чугуна в условиях контактного трения.

Закключение

На основании полученных результатов стоит отметить, что исследуемые материалы – серые чугуны – имеют худшие триботехнические свойства по сравнению с антрифрикционной бронзой БрОС10-10 в жидких смазывающих средах, в ка-

честве которых в работе использовались вода и минеральное масло. В то же время серый чугун, выплавленный с добавлением 5 % меди, при высоких нагрузках (более 1500 Н) в среде консистентной смазки показывает гораздо более высокие триботехнические свойства по сравнению с БрОС1 0-10 и чугуном, полученным по стандартной методике. Структурные исследования выявили, что улучшение фрикционных характеристик серого чугуна с добавлением меди происходит вследствие выделения в материале округлых включений медистой фазы. На основании проведенных исследований следует заключить, что применение серого чугуна, выплавленного с добавлением 5 % меди, целесообразно в условиях трения скольжения в тяжело нагруженных узлах механизмов, работающих с применением консистентной смазки.

Список литературы

1. Iain Le May, L. McDonald Schetky. Copper in iron and steel. – Wiley, 1982. – 423 pages.
2. Бобро Ю.Г., Платонова Л.А. Некоторые особенности микроструктуры алюминиевых чугунов, легированных медью // Новое в металлографии чугуна. – Киев, 1981. – С. 94–99.
3. Сильман Г.И., Камынин В.В., Тарасов А.А. Антифрикционные чугуны с повышенным содержанием меди // Металлургия машиностроения. – 2002. – № 4. – С. 17.
4. Сильман Г.И., Камынин В.В., Гончаров В.В. Влияние меди на структуру и свойства высокопрочного чугуна с шаровидным графитом // Заготовительные производства в машиностроении – 2010. – № 6. – С. 43–48.
5. Sil'man G.I., Kamynin V.V., Tarasov A.A. Effect of copper on structure formation in cast iron // Metal Science and Heat Treatment. – 2003. – Т. 45. – № 7–8. – С. 254–258.
6. Соловьев В.П., Курагин О.В. Оценка влияния химических элементов на графитизацию чугуна // Литейное производство. – 1991. – № 7. – С. 7–8.

Effect of Copper addition on Friction Properties of Gray Cast Iron

N.V. Stepanova, V. Kumar, V.A. Kuznetsov, P.A. Popelukh, E.D. Golovin

The present work is intended to study friction properties and microstructural changes in a gray cast iron produced with addition of 5% copper by weight. The friction properties were examined within three different lubricants under the normal load of 100...2000 N. Bronze of the system Cu-10%Pb was utilized as a reference material. In a high-load range the modified grey cast iron showed better frictional properties than bronze.

Keywords: grey cast iron, friction properties, copper addition, microstructure.