

размер зерна несколько увеличился после предварительной механической активации (на 10-20%).

Для оценки механических свойств спеченных образцов проводили измерение их микротвердости. Микротвердость образцов после 1 минуты механической активации не изменилась в сравнении с исходной микротвердостью. Однако для образцов после более продолжительной обработки (5 минут) микротвердость увеличилась в 1,5 раза. Очевидно, это связано с большим наклепом исходных частиц порошковой смеси во время длительной механической активации.

Список литературы

1. Аввакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов. Новосибирск: Наука. 1986. 305 с.
2. Хань Лян, Ваулина О. Ю. Влияние механической активации на свойства и морфологию порошка инвара // VIII Всероссийская научно-практическая конференция «Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов» г. Томск, мая 2018г. - Томск: Изд-во ТПУ, 2018. - С. 108-112.
3. Influence of mechanical activation of steel powder on its properties [Electronic resource] / O. Yu. Vaulina [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2017. - Vol. 175: Competitive Materials and Technology Processes (IC-CMTP4). - [012038, 4 p.].

ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ БЕРИЛЛИЕВОЙ БРОНЗЫ

Н.В. ТЕРЮКАЛОВА^{1,2}, О.В. СИЗОВА²

¹Томский политехнический университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: natali.teryukalova@gmail.com

Бериллиевые бронзы в связи с высокими показателями прочностных и антифрикционных свойств, а так же коррозионной стойкостью, все чаще применяют для изготовления деталей узлов трения ответственного назначения в различных областях машиностроения: для производства опор скольжения тяжело нагруженных агрегатов и устройств, в авиакосмической отрасли. Оптимальными эксплуатационными свойствами при этом обладают сплавы, содержащие около 2—2,5 % Be. Влияние режимов термообработки бериллиевых бронз на структуру и прочностные свойства бериллиевых бронз исследованы достаточно подробно, однако, структурные аспекты износостойкости бериллиевых бронз, к сожалению, обсуждаются недостаточно [1].

В настоящей работе исследовали трибологические характеристики бериллиевой бронзы БрБ2 в зависимости от ее структурного состояния. Исследования проводились в условиях сухого трения скольжения на цилиндрических образцах высотой 8,0 мм, нарезанных из горячекатаного прутка промышленного сплава диаметром 5,0 мм, подвергнутых далее закалке с 800⁰С в воду и закалке с последующим старением при 315⁰С в течение 2 часов. Микротвердость образцов после закалки составила 79,6 HV, после закалки и старения – 293 HV. Металлографические исследования проводили на лазерно-конфокальном микроскопе «LEXTECH OLS4000», частицы износа анализировали с помощью растрового электронного микроскопа Philips SEM 515 с энергодисперсионным рентгеновским микроанализатором «Genesis». Триботехнические испытания образцов в закаленном и состаренном состоянии проводили на триботестере фирмы «TRIBOTechnic» при нагрузке 20Н и скорости вращения образца 100 мм/с. Время испытания составило 4 часа, контртелом служил высокохромистый сплав 95Х18.

На рисунке 1 приведена зависимость коэффициента трения от времени испытания исследованных образцов.

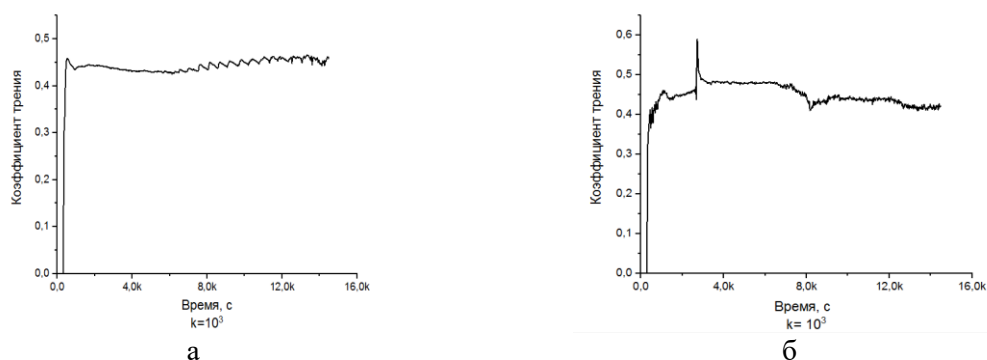


Рисунок 1 - Изменение коэффициента трения образцов бериллиевой бронзы (а – закаленной) и (б – закаленной и состаренной) в зависимости от времени испытания

Анализ полученных кривых поведения коэффициента трения и результаты металлографических исследований показали, что в случае закаленных образцов изнашивание реализовалось по механо-химическому механизму, т.е. имело место окисление поверхности трения с последующим отделением продуктов износа в виде ультрадисперсных частиц. Изменение поведения коэффициента трения при испытании образца после старения и смена механизма изнашивания с механо-химического на абразивный было обусловлено структурными изменениями поверхностного слоя образцов в процессе старения: обеднением твердого раствора бериллием и образованием твердых дисперсных частиц фазы CuBe . При этом абсолютная величина коэффициента трения у обоих видов образцов была практически одинакова.

На рисунке 2 представлены металлографические изображения структуры поверхности изнашивания исследованных образцов и микрофотографии частиц износа, иллюстрирующие влияние исходной структуры образцов на характер изнашивания. Как следует из рисунка 2а, трение скольжения закаленных образцов вызвало интенсивную пластическую деформацию поверхностного слоя бронзы, что иллюстрируется образованием на некоторой глубине от поверхности трения многочисленных двойников. При разрушении в процессе трения наблюдалось отделение материала в виде чрезвычайно дисперсных частиц преимущественно сферической формы, рисунок 2б. Воздействие трения практически не повлияло на структуру поверхностного слоя закаленных и состаренных образцов, поверхностный слой разрушался путем отрыва различного размера конгломератов зерен и выделений CuBe , рисунок 2б. По-видимому, присутствие в структуре состаренной бронзы твердых частиц фазы старения является важным фактором, снижающим сопротивление деформационному упрочнению в процессе трения и износу.

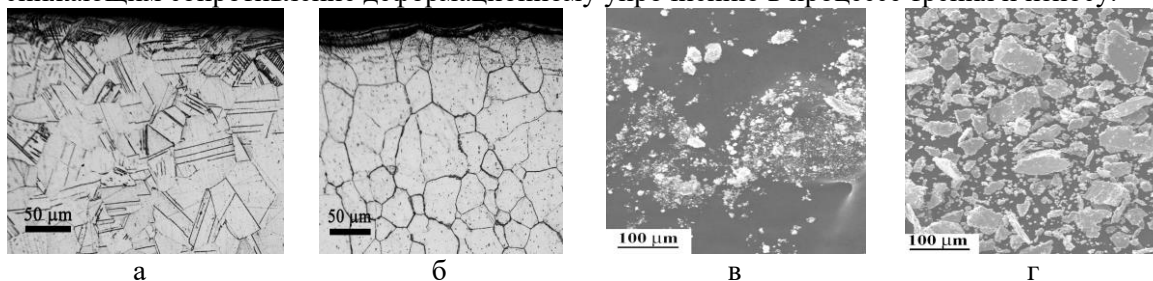


Рисунок 2 - Микрофотографии структуры поперечного сечения образцов бериллиевой бронзы БрБ2 и вид частиц износа после испытаний на трение: а,в – закаленный образец; б,г – образец после закалки и старения

Сравнение интенсивности изнашивания по потере массы образцов за один и тот же период времени испытаний показало, что, несмотря на более высокий уровень твердости, образец в состоянии «закалка+старение» изнашивался интенсивнее закаленного, таблица 1. Таблица 1 - Результаты сравнительного исследования интенсивности изнашивания образцов бронзы БрБ2

Закалка			Закалка + старение		
Масса образца, г					
Исходная	После трения	Δm	Исходная	После трения	Δm
1,5330	1,5317	0,0013	1,4996	1,4412	0,0584

Список литературы

1. Коршунов Л.Г., Корзников А.В., Черненко Н.Л. Влияние интенсивности пластической деформации и температуры старения на упрочнение, структуру и износостойкость бериллиевой бронзы//Физика металлов и металловедение. – 2011. - Т.111. - №4. - С.413-420.

КВАЗИОПТИЧЕСКАЯ СВЧ ДЕФЕКТОСКОПИЯ ФИЛАМЕНТОВ ДЛЯ 3D ПЕЧАТИ

Д.Д. ТЕТЕРИНА, А.В. БАДЬИН, И.О. ДОРОФЕЕВ

Национальный Исследовательский Томский Государственный Университет

E-mail: teterinadar@gmail.com

В настоящее время в различных областях промышленности особое значение приобретают технологии, позволяющие повышать технологичность и эксплуатационные свойства материалов. Важными факторами при этом являются экологичность и низкая себестоимость производства.

Большим потенциалом для решения подобных задач обладает технология 3D-печати, позволяющая создавать объекты сложной формы из различных материалов. Сейчас аддитивные технологии применяются при создании архитектурных макетов, строительстве зданий и сооружений [1]. Аддитивные технологии используются даже в медицине, например, при изготовлении имплантов и протезов (фрагментов челюсти, хрящевых тканей, костей, скелета) [2].

Технология 3D-печати методом послойного наплавления заключается в создании слоёв из быстрозастывающего материала в виде тонкой струи. Данный метод является наиболее распространённым и обладает обширным спектром используемых материалов (филаментов). Как правило, в качестве материалов для печати используются различные виды термопластика, включая пластик на основе акрилбутадиенстирола (АБС) и различные композиционные материалы на основе углеродных наноструктур, таких, как нанотрубки и графен [3].

АБС-пластик широко применяется при изготовлении деталей автомобилей, корпусов устройств, контейнеров и др. Популярность АБС-пластика обусловлена хорошими механическими характеристиками (устойчивость к влаге, кислотам, маслу, ударопрочен, термоустойчив).

Изготовление филаментов происходит путём экструзии материала. Полимерное сырьё перерабатывается в однородный расплав, гомогенизируется и под давлением продавливается через формирующую головку. В дальнейшем охлаждается и полимеризуется, принимая в итоге необходимые конфигурации готового изделия. Однако данный метод не обеспечивает полную однородность материала. Неоднородность материала сказывается на качестве напечатанного изделия. Поэтому существует необходимость непрерывного контроля изготавливаемой нити. Сегодня в качестве датчиков