

сокращенной его продолжительности. Практическая апробация усовершенствованной технологии электроконтактного спекания порошков твердого сплава на примере рабочих элементов фильера для правки арматурной проволоки свидетельствует о его эффективности.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Логинов, Ю. Н. Технология производства заготовок из твердых сплавов / Ю. Н. Логинов. – Свердловск : Изд-во УПИ им. С.М. Кирова, 1984. – 53 с.
2. Горанский, Г. Г. Особенности импульсного электроконтактного спекания порошковых композиций на основе вольфрамсодержащих отходов / Г. Г. Горанский, В. И. Жорник, А. И. Полуян // Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. – Минск : Беларус. навука, 2013. – С. 154–160.
3. Дорожкин, Н. Н. Определение оптимального соотношения размеров частиц порошков при электроконтактном припекании / Н. Н. Дорожкин, В. К. Ярошевич, В. А. Верещагин // Порошковая металлургия. – 1981. – Вып. 5. – С. 31–35.
4. Ярошевич, В. К. Электроконтактное упрочнение / В. К. Ярошевич, Я. С. Генкин, В. А. Верещагин. – Минск : Наука и техника, 1982. – 256 с.
5. Либенсон, Г. А. Производство порошковых изделий / Г. А. Либенсон. – М. : Металлургия, 1990. – 240 с.
6. Pollock, C. B. The etacarbides in the Fe-W-C and Co-W-C systems / C. B. Pollock, H. H. Stadelmaier // Metallurgical and Materials Transactions B. – 1970. – Vol. 1, № 4. – P. 767–770.

08.10.2019

ZHORNIK V. I. Improving of the technology of electrocontact sintering of hard alloy products

The improved technology of electrocontact sintering of the products from hard alloy powders is proposed, including the preliminary introduction of aqueous suspensions of colloidal graphite with a particle size of 1–4 μm and mechanoactivation of the modified powder composition. It allows to make the products with heightened physico-mechanical and tribological characteristics at lower modes of electrocontact sintering. The advanced technology has been successfully tested in the manufacture of the hard alloy working elements of dies for straightening of the reinforcing wire.

674.023

., ., Adel Abdel Basset Rashid, Mourtada Srour

Введение. Высокая стоимость получения литейных алюминиевых сплавов из руды методом электролиза делает актуальной использование сплавов, полученных из металлического лома, запасы которого постоянно пополняются. Однако механические свойства таких сплавов существенно уступают первичным вследствие большого количества примесей. Наиболее распространенной и вредной примесью является железо, образующее различные интерметаллидные фазы, значительно снижающее ряд механических свойств и особенно характеристики усталости таких материалов [1–3]. Таким образом, существенно ограничивается применение таких материалов для изготовления деталей мобильных машин, а также технологического оборудования, работающего в условиях циклических нагрузок широкого диапазона частот.

Одним из наиболее эффективных методов повышения прочностных свойств таких сплавов является их модифицирование, осуществляемое при получении литых деталей [4–5]. Проведение термоциклической обработки обеспечивает существенное повышение характеристик усталости таких материалов [6–8]. Повышение поверхностной твердости, необходимой для деталей, работающих в условиях интенсивного изнашивания, обеспечивает лазерная обработка с последующим естественным и искусственным старением [9–11]. Применение такой обработки обеспечивает трехкратное повышение микротвердости и, следовательно, сопротивление изнашиванию. Установлено также существенное повышение кавитационной стойкости, что расширяет область использования таких материалов [12]. Подобная обработка, однако, приводит к значительному снижению характеристик усталости [13]. Поэтому актуальной задачей является повышение характеристик усталости дополнительной финишной термической и механической обработкой.

Исследования проводились на образцах из сплава Ак9М2 со следующим химическим составом: 9,73–9,84 % Si, 2,27–2,4 % Cu.

0,054–0,060 % Mn, 0,067–0,093 Mg. По содержанию железа (Fe) образцы были разбиты на три группы: 1 – 0,5%, 2 – 1% и 2 – 1,5%.

Поверхностное упрочнение методом тепловой импульсной обработки проводилось по рекомендациям специалистов Запорожского национального технического университета (Украина) на импульсном лазере «Квант-12» по следующим режимам: $t = 4$ мс, $d = 0,6943$ мкм, при этом перекрытие трасс оплавления на обрабатываемой поверхности состояло 25–35%. Оплавление плоских образцов толщиной 2 мм производилось с двух сторон. Толщина оплавленного слоя составляла в среднем около 200 ± 40 мкм. Также при разливке сплав был обработан модификатором [4].

Сопротивление образцов изнашиванию оценивалось в условиях возвратно-поступательного движения на специально сконструированной установке (рис. 1).

При работе установки двигатель через ременные передачи передает крутящий момент на каретку 3, заставляя ее совершать возвратно-поступательные перемещения в горизонтальной плоскости. В свою очередь каретка 3 связана с кареткой 6. Совершая возвратно-поступательное движение, каретка 6 с прикрепленным на ней контртелом 8 истирает образец 5, который закреплен в устройстве 4. За счет подвесных грузов 9 рычаг 7 передает заданную нагрузку на испытуемый образец, что повышает силу трения между образцом и контртелом.

Режим испытаний при возвратно-поступательном движении был следующий: величина амплитуды – 110 мм; максимальная скорость скольжения $V_{max} = 0,67$ м/с; число циклов – 452 тысяч, что соответствует – 49,72 км пройденного пути; температура в месте контакта поддерживалась не выше 50–60°C. При этом удельная нагрузка на поверхности трения изменялась от 1,155 МПа до 3,74 МПа, что позволило в достаточно широком диапазоне оценивать параметры износостойкости упрочненных образцов.

Бельский Сергей Евгеньевич, доцент кафедры материаловедения и проектирования технических систем Белорусского государственного технологического университета.

Блохин Алексей Владимирович, доцент кафедры материаловедения и проектирования технических систем Белорусского государственного технологического университета.

Беларусь, БГТУ, г. Минск, Свердлова, 13а.

Adel Abdel Basset Rashid, Beirut Arab University, Lebanon, Tyre.

Mourtada Srour, assistant Professor, Lebanese University, Lebanon.

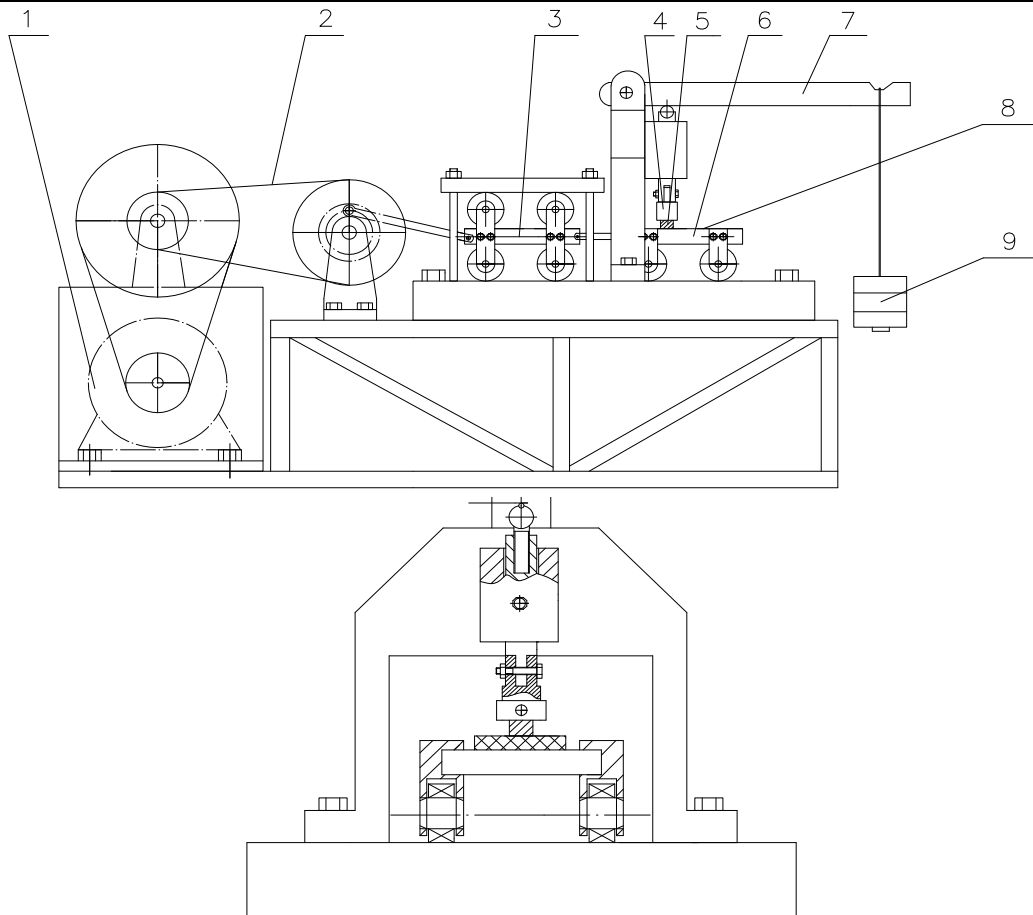


Рисунок 1 – Схема установки для проведения ускоренных лабораторных испытаний сопротивления изнашиванию экспериментальных образцов

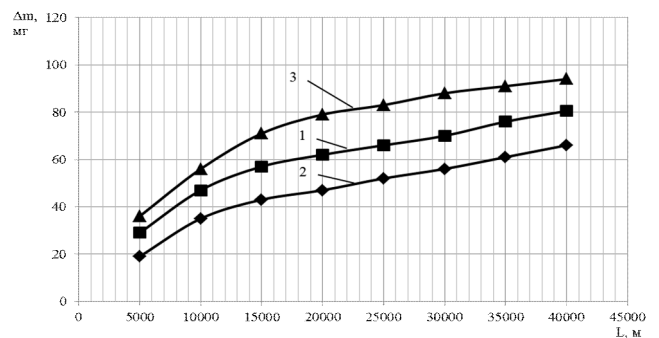
Исследования упрочненных образцов проводились в режиме сухого трения с минимальным добавлением индустриального масла 20.

Сравнительная оценка сопротивления изнашиванию проводилась по потере массы при пути трения между измерениями через каждые 5000 м. Кривые износа, проведенные на рисунке 2, отражают общепринятые представления об интенсивном изнашивании в процессе приработки на начальном периоде испытаний (до 10–15 км пути трения). Следует отметить, что наилучшие результаты получены при содержании железа около 1%. С возрастанием количества железа до 1,5% сопротивление изнашиванию снижается, что может быть объяснено увеличением количества и размеров интерметаллидных фаз неблагоприятной формы [12]. Проведение после лазерной обработки дополнительного полирования и старения обеспечило существенное повышение сопротивления поверхности изнашиванию, особенно на начальном этапе испытаний (рис. 3), что может быть объяснено как уменьшением шероховатости поверхности, так и возникновением при полировании дополнительных напряжений сжатия в поверхностном слое.

Усталостные характеристики материала после различных видов обработки оценивались на оборудовании и по методикам, приведенным в работах [14–16].

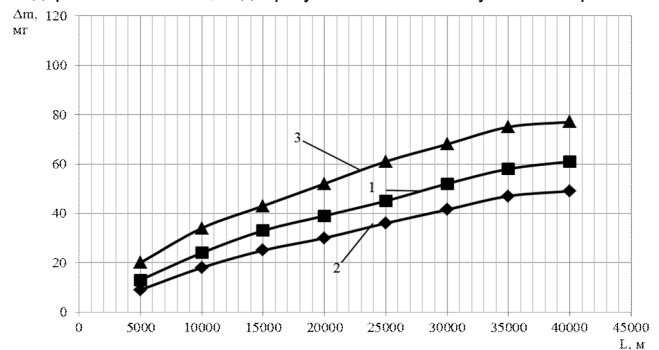
Полученные результаты хорошо коррелируют с данными испытаний на сопротивление изнашиванию.

Заключение. Проведение комплексной обработки, включающей лазерную обработку с последующим старением и полированием, значительно повышает сопротивление разрушению под действием циклических нагрузок. Наилучшие результаты достигнуты при содержании железа в сплаве около 1%, что может быть объяснено трансформацией железосодержащих фаз при лазерной обработке.



1 – 0,5%; 2 – 1,0%; 3 – 1,5%

Рисунок 2 – Потеря массы образцов из сплава Ak9M2 с различным содержанием железа, подвергнутых тепловой импульсной обработке



1 – 0,5%; 2 – 1,0%; 3 – 1,5%

Рисунок 3 – Потеря массы образцов из сплава Ak9M2 с различным содержанием железа, подвергнутых тепловой импульсной обработке с последующим старением и полированием

Таким образом, комплексная обработка алюминиевых сплавов, включающая, кроме лазерной закалки, старение и финишное полирование, весьма перспективным для вторичных алюминиевых сплавов и обеспечивает возможность использования таких материалов для изготовления деталей, работающих в условиях циклических колебаний, а также интенсивного изнашивания.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Байкин, А. И. Литейные силумины с повышенным содержанием железа / А. И. Байкин, К. П. Лебедев, Ю. М. Степанов, Г. Ф. Шеметев – Л. : Знание, 1983. – 28 с.
2. Блохин, А. В. Исследование характеристик усталости вторичных литейных алюминиевых сплавов / А. В. Блохин, С. Е. Бельский, Ф. Ф. Царук // Труды БГТУ. Сер. II : Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2007. – Вып. XV. – С. 278–282.
3. Блохин, А. В. Влияние состава и технологии выплавки на усталостные характеристики вторичных литейных алюминиевых сплавов / А. В. Блохин, Ф. Ф. Царук, С. Е. Бельский // Труды БГТУ. Сер. II : Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2008. – Вып. XVI. – С. 310–313.
4. Блохин, А. В. Повышение усталостных характеристик литейных алюминиевых сплавов, полученных с использованием вторичного сырья методом термоциклической обработки / А. В. Блохин // Литье и металлургия. – 2009. – № 4. – С. 72–75.
5. Бельский, С. Е. Влияние термической обработки на повышение усталостных характеристик вторичных алюминиевых сплавов / С. Е. Бельский, А. В. Блохин // Проблеми і задачі освіти і науки : збірник наукових праць ЗНТУ. – 2009. – Вип. I. – С. 36–39.
6. Блохин, А. В. Использование термоциклической обработки для повышения усталостных характеристик деталей машин лесопромышленного комплекса, изготовленных из литейных алюминиевых сплавов, полученных с использованием вторичного сырья / А. В. Блохин // Труды БГТУ. – Сер. II : Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 332–336
7. Блохин, А. В. Расширение области применения вторичных литейных алюминиевых сплавов для изготовления деталей мобильных машин / А. В. Блохин, А. М. Лось, Ф. Ф. Царук // Труды БГТУ. № 2 : Лесная и деревообаб. пром-сть. – Минск, 2013. – С. 230–231.
8. Блохин А. В. Влияние технологических факторов на характеристики усталости литейных алюминиевых сплавов, полученных с использованием вторичного сырья / А. В. Блохин // Прогрессивные технологии и процессы: сборник научных статей 2-й Международной молодежной научно-практической конференции, Курск, 24–25 сентября 2015 г. / Отв. редактор А. А. Горохов. – Курск, 2015. – С. 146–149.
9. Митяев, А. А. Повышение кавитационной стойкости вторичных силуминов / А. А. Митяев, С. Б. Беликов, В. Н. Повзло // Металлургия и литейное производство. – 2007. – С. 252–254.
10. Волчок, И. П. Поверхностное упрочнение алюминиевых сплавов / И. П. Волчок, В. В. Гиржон, Н. В. Широкобокова, И. В. Танцюра // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2007. – № 2. – С. 87–90.
11. Гиржон, В. В. Влияние лазерной обработки на структуру и свойства поверхностных слоев силуминов / В. В. Гиржон, И. В. Танцюра, И. П. Волчок, Н. В. Широкобокова // Физика и химия обработки материалов. – 2008. – № 1. – С. 50–54.
12. Царук, Ф. Ф. Влияние содержания железа и лазерной обработки на высокочастотные усталостные свойства сплава АК8МЗ / С. Е. Бельский // Труды БГТУ. Сер. II : Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2008. – Вып. XVIII. – С. 10–213.
13. Блохин, А. В. Комплекс оборудования для усталостных испытаний элементов технологического оборудования / А. В. Блохин, Ф. Ф. Царук, Н. А. Гайдук // Труды БГТУ. Сер. II : Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2002. – Вып. X. – С. 213–215.
14. Belssky, S. E. Equipment complex for ensuring the research of the characteristics of multi-cycle fatigue using high loading frequencies / Proceeding of BSTU, Forestry. Nature Management. Processing of renewable resources. – No.2 (216). – 2019. – P. 201–206.
15. Бельский, С. Е. Пороговые напряжения - важная характеристика сопротивления усталости конструкционных материалов / С. Е. Бельский, Ф. Ф. Царук, А. В. Блохин // Современные методы проектирования машин. Расчет, конструирование и технология изготовления: сб. тр. 1-й Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 11–13 дек. 2002 г.: в 3 т. / Белорус. нац. техн. ун-т; под общ. ред. П. А. Витязя. – Минск, 2002 г. – Т. 2. – С. 380–382.
16. Блохин, А. В. Электросопротивление как структурно-чувствительная характеристика при усталостных испытаниях металлических конструкционных материалов / А. В. Блохин, С. Е. Бельский // Труды БГТУ. Сер. II : Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2006. – Вып. XIV. – С. 248–250.

08.10.2019

BELSKY S. E., BLAKHIN A. V., ADEL ABDEL BASSET RASHID, MOURTADA SROUR Improvement of mechanical characteristics of cast aluminum alloys by surface hardening produced by pulse heat treatment

The paper proposes to use pulsed heat treatment of cast aluminum alloys produced with recycled materials.

The proposed technology of surface hardening allows to improve the mechanical characteristics of secondary cast aluminum alloys.

It was found that laser hardening followed by aging and polishing increases both the surface hardness and fatigue characteristics.

Analysis of the results showed that the iron content of more than 1% leads to a decrease in the studied mechanical characteristics of the aluminum alloy.

613.693

. . . .

Введение. Современная авиация не возможна без беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в виду их непревзойденной маневренности и возможности совершения полетов в сложных условиях полета, когда работа, осуществляемая посредством летательного аппарата, представляет повышенную угрозу жизни пилота, а также ввиду низкой стоимости аппарата в сравнении с пилотируемым самолетом и вертолетом (рисунок 1).

Однако в настоящее время невозможно выделить явного лидера в области производства БЛА. Анализ данного рынка показал, что вложения в развитие отрасли с 2014 по 2018 года будут составлять порядка 28, 6 млрд у. е., что говорит об огромном интересе к БЛА, поиске новых конструкций и материалов, позволяющих сделать качественный скачок в данном направлении [1]. Диаграмма вложения средств в развитие БЛА в 2014-2018 годах представлена рисунке 2.

Остриков Олег Михайлович, к. физ.-мат. н., доцент, доцент кафедры «Механика» Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого; e-mail : omostrikov@mail.ru.

Рюмцев Александр Александрович, магистр технических наук, ассистент кафедры «Механика» Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого.

Беларусь, ГГТУ им. П. О. Сухого, 246746, г. Гомель, пр-т Октября, 48.