ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

REPORTS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г. PUBLISHED SINCE 1944



Бас редактор ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Редакция алкасы:

хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі Әділов Ж.М., мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі Арзықұлов Ж.А., техн. ғ.докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі Бишімбаев У.К., а.-ш.ғ.докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі Есполов Т.И., техн. ғ.докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі Мұтанов Г.М., физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі Өтелбаев М.О., пед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі Пралиев С.Ж., геогр.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі Северский И.В.; тарих.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі Сыдыков Е.Б., физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі Тәкібаев Н.Ж., физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі Тәкібаев Н.Ж., физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі Әбүсейітова М.Х., экон. ғ.докторы, проф., ҰҒА корр. мүшесі Бейсембетов И.К., биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі Жамбакин К.Ж., тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі Кәрібаев Б.Б., мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі Локшин В.Н., геол.-мин. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі Өмірсеріков М.Ш., физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі Омірсеріков М.Ш., физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі Садыбеков М.А., хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі Садыбеков М.А., хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі Садыбеков М.А., хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі Садыбеков М.А., хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі Садыбеков М.А., хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі Садыбеков М.А., хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі Садыбеков М.И.; ҚР ҰҒА курметті мүшесі, а.-ш.ғ.докторы, проф. Омбаев А.М.

Редакция кеңесі:

Украинаның ҰҒА академигі Гончарук В.В. (Украина), Украинаның ҰҒА академигі Неклюдов И.М. (Украина), Беларусь Республикасының ҰҒА академигі Гордиенко А.И. (Беларусь), Молдова Республикасының ҰҒА академигі Дука Г. (Молдова), Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі Илолов М.И. (Тәжікстан), Қырғыз Республикасының ҰҒА академигі Эркебаев А.Э. (Қырғызстан), Ресей ҒА корр.мүшесі Величкин В.И. (Ресей Федерациясы); хим.ғ.докторы, профессор Марек Сикорски (Польша), тех.ғ.докторы, профессор Потапов В.А. (Украина), биол.ғ. докторы, профессор Харун Парлар (Германия), профессор Гао Энджун (КХР), филос. ғ.докторы, профессор Стефано Перни (Ұлыбритания), ғ.докторы, профессор Богуслава Леска (Польша), философия ғ. докторы, профессор Полина Прокопович (Ұлыбритания), профессор Вуйцик Вольдемар (Польша), профессор Нур Изура Удзир (Малайзия), д.х.н., профессор Нараев В.Н. (Ресей Федерациясы)

ДОКЛАДЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Главный редактор академик НАН РК М.Ж. Журинов

Редакционная коллегия:

доктор хим. наук, проф., академик НАН РК С.М. Адекенов (заместитель главного редактора), доктор экон. наук, проф., академик НАН РК Ж.М. Адилов, доктор мед. наук, проф., академик НАН РК Ж.А. Арзыкулов, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК В.К. Бишимбаев, доктор сельскохоз. наук, проф., академик НАН РК Т.И. Есполов, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК Г.М. Мутанов, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК М.О. Отелбаев, доктор пед. наук, проф., академик НАН РК С.Ж. Пралиев, доктор геогр. наук, проф., академик НАН РК И.В. Северский; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК Е.Б. Сыдыков, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК Н.Ж. Такибаев, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК С.Н. Харин, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК М.Х. Абусеитова, доктор экон. наук, проф., чл.корр. НАН РК И.К. Бейсембетов, доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК К.Ж. Жамбакин, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК Б.Б. Карибаев, доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК В.Н. Локшин, доктор геол.-мин. наук, проф., чл.-корр. НАН РК М.Ш. Омирсериков, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК Т.С. Рамазанов, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК М.А. Садыбеков, доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК М.И. Сатаев; почетный член НАН РК, доктор сельскохоз. наук, проф., А.М. Омбаев

Редакционный совет:

академик НАН Украины Гончарук В.В. (Украина), академик НАН Украины И.М. Неклюдов (Украина), академик НАН Республики Беларусь А.И.Гордиенко (Беларусь), академик НАН Республики Молдова Г. Дука (Молдова), академик НАН Республики Таджикистан М.И. Илолов (Таджикистан), член-корреспондент РАН Величкин В.И. (Россия); академик НАН Кыргызской Республики А.Э. Эркебаев (Кыргызстан), д.х.н., профессор Марек Сикорски (Польша), д.т.н., профессор В.А. Потапов (Украина), д.б.н., профессор Харун Парлар (Германия), профессор Гао Энджун (КНР), доктор философии, профессор Стефано Перни (Великобритания), доктор наук, профессор Богуслава Леска (Польша), доктор философии, профессор Полина Прокопович (Великобритания), профессор Вуйцик Вольдемар (Польша), профессор Нур Изура Удзир (Малайзия), д.х.н., профессор В.Н. Нараев (Россия)

«Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан» ISSN 2224-5227

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан»

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год. Тираж: 2000 экземпляров Адрес редакции: 050010, г.Алматы, ул.Шевченко, 28, ком.218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

http://nauka-nanrk.kz. reports-science.kz Адрес типографии: ИП «Аруна», г.Алматы, ул.Муратбаева, 75

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016 г.

OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

E d i t o r-i n-c h i e f M.Zh. Zhurinov, academician of NAS RK

Editorial board:

S.M. Adekenov (deputy editor in chief), Doctor of Chemistry, prof., academician of NAS RK; Zh.M. Adilov, Doctor of Economics, prof., academician of NAS RK; Zh.A. Arzykulov, Doctor of Medicine, prof., academician of NAS RK; V.K. Bishimbayev, Doctor of Engineering, prof., academician of NAS RK; T.I. Yespolov, Doctor of Agriculture, prof., academician of NAS RK; G.M. Mutanov, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; M.O. Otelbayev, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; S.Zh. Praliyev, Doctor of Education, prof., academician of NAS RK; I.V. Seversky, Doctor of Geography, prof., academician of NAS RK; Ye.B. Sydykov, Doctor of Historical Sciences, prof., academician of NAS RK; N.Zh. Takibayev, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; S.N. Kharin, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; M.Kh. Abuseitova, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; I.K. Beisembetov, Doctor of Economics, prof., corr. member of NAS RK; K.Zh. Zhambakin, Doctor of Biological Sciences, prof., corr. member of NAS RK, B.B. Karibayev, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; V.N. Lokshin, Doctor of Medicine, prof., corr. member of NAS RK; M.Sh. Omirserikov, Doctor of Geology and Mineralogy, prof., corr. member of NAS RK; T.S. Ramazanov, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; M.A. Sadybekov, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; M.I. Satayev, Doctor of Chemistry, prof., corr. member of NAS RK; A.M. Ombayev, Honorary Member of NAS RK, Doctor of Agriculture, prof.

Editorial staff:

V.V. Goncharuk, NAS Ukraine academician (Ukraine); I.M. Neklyudov, NAS Ukraine academician (Ukraine); A.I.Gordienko, NAS RB academician (Belarus); G. Duca, NAS Moldova academician (Moldova); M.I. Ilolov NAS Tajikistan academician (Tajikistan); A.E. Erkebayev, NAS Kyrgyzstan academician (Kyrgyzstan); V.I. Velichkin, RAS corr.member (Russia); Marek Sikorski, Doctor of Chemistry, prof. (Poland); V.A. Potapov, Doctor of Engineering, prof. (Ukraine); Harun Parlar, Doctor of Biological Sciences, prof. (Germany); Gao Endzhun, prof. (PRC); Stefano Perni, Doctor of Phylosophy, prof. (UK); Boguslava Leska, dr, prof. (Poland); Pauline Prokopovich, Doctor of Phylosophy, prof. (UK); Wójcik Waldemar, prof. (Poland), Nur Izura Udzir, prof. (Malaysia), V.N. Narayev, Doctor of Chemistry, prof. (Russia)

Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. ISSN 2224-5227

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5540-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

http://nauka-nanrk.kz / reports-science.kz

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

ISSN 2224–5227 № 3. 2016

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 3, Number 307 (2016), 45 - 52

UDC 621.771

OBTAINING OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON ALUMINUM DIE WITH USING OF ULTRADISPERSED RAW MATERIALS

A.B. Nayzabekov¹, S.N. Lezhnev¹, G.G. Kurapov², A.V. Volokitin², I.E. Volokitina² E.P. Orlova²,

¹Rudny Industrial Institute, Rudny;

² Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty, naizbekov57@mail.ru, sergey_legnev@mail.ru, kurapov1940@mail.ru, dyusha.vav@mail.ru, irinka.vav@mail.ru, irinka.vav@mailto:irinka.vav@mail.ru, irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailto:irinka.vav@mailt

Key words: fullerene, fullerene soot, black, microcrystalline carbon, composite, aluminum, microstructure, micro-hardness, properties.

Abstract. In this study complex research of processing of aluminum alloys (silumins) by ligatures containing various carbon modifications (microcrystalline in the form graphite and nanocarbon additives in the form of fullerenes, fullerene soot, fullerene black) at the casting deformational manufacturing technology products developed by the PTI NAS of Belarus is carried out.

Elemental, phase composition, structural condition and indicators of mechanical and tribological properties of the original components of the charge in the system Al-C after its mechanical activation, ligatures after severe plastic deformation (extruding) the charge and cast aluminum workpieces after ligatures processing were studied.

Incrementally the processes of structure formation of ligatures in the system Al-C in their preparation and thermomechanical effect were studied. At the same particular interest was the formation of super-hard carbon phases in ligatures, where instead of microcrystalline graphite nanocarbon additives were used. Such structural condition of ligatures obtained by activation of the charge (mechanical activation in the dispersing devices and severe plastic deformation) determines the prospects of their usage as additives to ensure not only the dispersion hardening, but also modifying the alloy when creating composites, differing by a set of high anti-friction, plastic and strength properties.

The results of studies have not revealed principal differences in the structure formation of aluminum composites obtained by using expensive fullerenes, compared to composites obtained by using cheap nanocarbon materials (fullerene soot, fullerene black).

УДК 621.771

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЕВОЙ МАТРИЦЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО СЫРЬЯ

А.Б.Найзабеков¹, С.Н.Лежнев¹, Г.Г.Курапов², А.В.Волокитин², И.Е.Волокитина², Е.П.Орлова²

¹Руднеский индустриальный институт, Рудный; ²Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, г. Алматы

Ключевые слова: фуллерен, фуллереновая сажа, чернь, микрокристаллический углерод, композит, алюминий, микроструктура, микротвердость, свойства.

Аннотация. В данной работе проведен комплекс исследований обработки алюминиевых сплавов

(силуминов) лигатурами, содержащими углерод различных модификаций (микрокристаллический в виде графита и наноуглеродные добавки в виде фуллеренов, фуллереновой сажи, фуллереновой черни) при литейно-деформационной технологии изготовления изделий, разработанной ФТИ НАН Беларуси.

Исследованы элементный, фазовый состав, структурное состояние и показатели механических и триботехнических свойств исходных компонентов, шихты в системе Al-C после ее механоактивации, лигатур после интенсивной пластической деформации (экструдирования) шихты и литейных алюминиевых заготовок после обработки лигатурами.

Поэтапно изучены процессы структурообразования лигатур в системе Al-C при их получении и термомеханическом воздействии. При этом особый интерес вызывало образование сверхтвердых углеродных фаз в лигатурах, где вместо микрокристаллического графита использовались наноуглеродные добавки. Такое структурное состояние лигатур полученных при активации шихты (механоактивации в диспергирующих устройствах и при интенсивной пластической деформации) определяет перспективность их использования в качестве добавок обеспечивающих не только дисперсное упрочнение, но и модифицирование сплава при создании композитов отличающихся набором высоких антифрикционных, пластических и прочностных свойств.

Результаты исследований не выявили принципиальных отличий в структурообразовании алюминиевых композитов, полученных с использованием дорогостоящих фуллеренов, в сравнении с композитами, полученными с использованием дешевых наноуглеродных материалов (фуллереновая сажа, фуллереновая чернь).

Введение. В настоящее время в мире намечена тенденция к возрастанию исследований в области создания и широкого применения металломатричных композиционных материалов [1-3]. Наиболее дешевыми и надежными являются материалы на основе алюминиевых сплавов, подвергнутых модифицированию и армированию тугоплавкими дисперсными частицами [4]. Среди отличительных свойств таких материалов можно выделить высокие антифрикционные и прочностные свойства, жаропрочность, жесткость, малую плотность, которые обеспечивают существенное снижение массы изделий и конструкций, уменьшают расход материала на изделие с одновременным повышением надежности и увеличением ресурса их работы.

Необходимость создания новых композиционных алюминиевых материалов (КАМ) и технологий их получения продиктована как получением конкурентоспособной продукции, так и ситуацией постепенного истощения природного элитного сырья, его удорожания. В этом плане составляющие КАМ должны быть доступны и дешевы. С этих позиций состав поверхности земной коры содержит до $50\%~{\rm SiO_2}$, около $30\%~{\rm Al_2O_3}$ и только $10\%~{\rm Fe}$. По этой причине человечество в последние годы более интенсивно осваивает добычу ${\rm Al_2O_3}$ для получения алюминия и материалов на его основе.

Применение графита в антифрикционных сплавах на основе алюминия дало новый импульс к разработке и внедрению технологий, направленных на замену дефицитных и дорогостоящих бронз, используемых в парах трения [5-6]. Несмотря на успехи, достигнутые в этой области, необходимо отметить основные недостатки таких материалов: повышенная газонасыщенность сплава, низкая прочность и износостойкость получаемых изделий, а также невозможность применения данного способа для получения изделий сложной конструкции.

Поэтому задачей настоящих исследований является повышение износостойкости изделий из силуминов и их прочности за счет измельчения структуры материала и ее стабилизации при последующей пластической деформации и термообработке [7].

Методы исследования. В соответствии с поставленной задачей исследовалась возможность замены при создании новых материалов дорогостоящего фуллерена на более дешевый фуллеренсодержащий материал. Для получения разрабатываемых композитов использовалась литейно-деформационная технология (технология in-suit), включающая смешивание порошковых компонентов шихты и проведение механоактивации полученной смеси, экструдирования шихты с получением лигатуры и получение композиционных материалов на основе алюминиевой матрицы при литье [8].

Образцы готовились из порошков алюминия с размером частиц основной фракции 5-100 мкм или измельченной стружки сплава AK9 и ряда наноуглеродных материалов в соотношении Al – до 10 масс. % C в исходной смеси.

ISSN 2224-5227 № 3. 2016

В качестве углеродных материалов использовали:

- фуллереносодержащая сажа, производства института им. Иоффе, Санкт-Петербург;
- фуллерены С60 [9], производства института им. Иоффе, Санкт-Петербург;
- фуллереновая чернь, института им. Иоффе, Санкт-Петербург;
- углеродные микрочастицы размером 3, 4, 9 мкм, производства ASBURY GRAPHITE MILLS, INC., США.

Для получения разрабатываемого композиционного материала в качестве базового использовали сплав АК9. Расплав готовили в индукционной печи ИСВ 0,004.

Лигатуры, содержащие 10 мас.% углерода, вводили в расплав АК9 при температуре 750–780°С, время расплавления лигатур составило 3-5 мин. Количество вводимой лигатуры в алюминиевый расплав рассчитывалось из условия 1 мас.% углерода в композите. Температуру контролировали многоканальным регистратором РМТ 39D, подключенным к ПК.

Технология получения лигатуры включала: механоактивационную обработку исходных материалов в планетарной мельнице, компактирование в жестких пресс-формах и горячее экструдирование. Механоактивированные порошки компактировали в таблетки при $P=450~M\Pi a$. Далее таблетки экструдировали при температуре 450-500°C с коэффициентом вытяжки $\geq 10~$ и получали лигатуру в виде прутков.

Механоактивационная обработка проводилась 30-40 минут при частоте вращения центрального вала 400-600 об/мин и соотношении массы мелющих тел к массе загружаемых компонентов 20:1.

Результаты исследований и их обсуждение. 1. Результаты исследований исходных компонентов шихты.

1.1 Алюминиевый порошок. Образцы готовились из порошков алюминия с размером частиц основной фракции 5–100 мкм. Топограмма исходного порошка алюминия приведена на рисунке 1a.

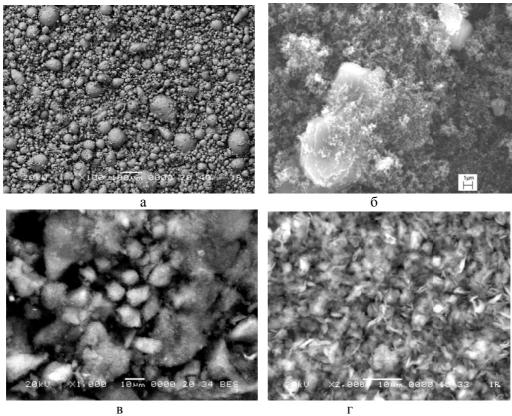


Рисунок 1 — Топограммы порошка: а — исходный порошок алюминия, б — тонкая структура фуллереновой сажи, в — тонкая структура порошка фуллереновой черни, г—порошок микрокристаллического углерода

- 1.2 Фуллереновая сажа. Результаты исследования порошка фуллереновой сажи ФТИ им. А.Ф. Иоффе, РАН в сканирующем электронном микроскопе приведены на рисунке 1б. Порошок состоит из дисперсных частиц сажи и крупных частиц фуллеренов.
- 1.3 Фуллереновая чернь (ФЧ). Исследования показали, что фуллереновая чернь на 100% состоит из сажистого углерода, какие-либо другие примеси в ФЧ не обнаружены. Порошок состоит из частиц небольшого размера от 3-5 мкм и очень больших частиц, но все это только конгломераты.

По данным [1], фуллереновая чернь представляет собой черный мелкодисперсный порошок с размерами частиц 40–50 нм, что следует из данных сканирующей электронной микроскопии (рисунок 1в).

- 1.4 Микрокристаллический углерод. Результаты исследования микрокристаллического углерода различной дисперсности показали, что частицы углерода имеют как вид пластинок, чешуек, типичных для гексагонального кристаллического строения, так и сферической микрогранул формы. Ha рисунке 1г качестве примера приведенатопограммамикрокристаллического углерода.
 - 2. Результаты исследований шихты после ее механоактивации.

Исследования показали, что в шихте системы Al-Спри ее механоактивации протекают процессы пластического деформирования исходных порошковых компонентов и не наблюдается изменений элементного и фазового составов. При этом полученные топограммы порошков шихты с различными углеродными добавками схожи. На рисунке 2 в качестве примера приведены топограммы порошка шихты Al + 10% фуллереновой сажи.

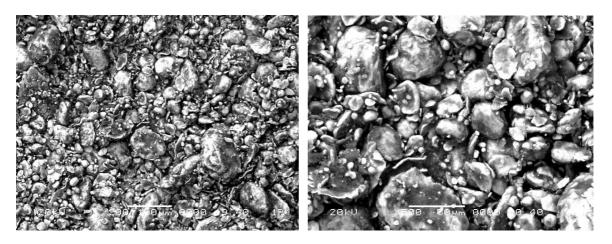


Рисунок 2 – Топограммы порошка Al + 10% фуллереновой сажи после механоактивации

3. Результаты исследований композиций Al-C после экструдирования шихты.

На этом этапе исследований проводилось изучение структурного состояния полученных экструдированием лигатур. При этом в образцах выявлены необычные для Al-C сплавов сверхтвердые частицы серого цвета различных модификаций (рисунок 6). При замерах микротвердости (представляют большую трудность) этой фазы обнаружен эффект восстановления отпечатка индентора, что указывает на ee весьма высокие упругие Микрорентгеноспектральным анализом EDX установлено, что эта сверхтвердая фаза – углеродная (рисунок 3).

ISSN 2224-5227 № 3. 2016

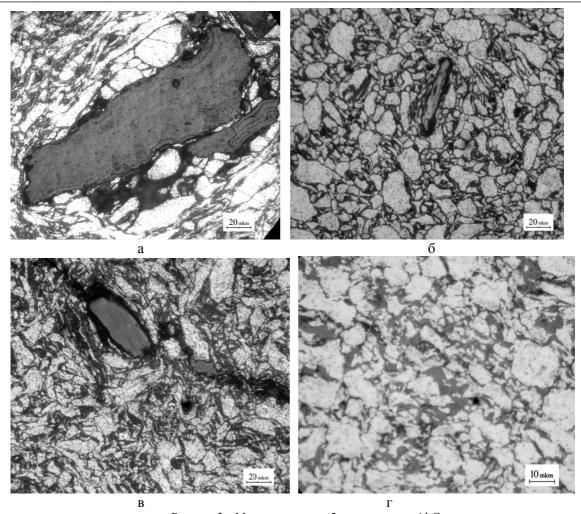


Рисунок 3 — Микроструктура образцов лигатур Al-C: а — Al + 10% фуллереновой черни, \times 500; б — Al + 10% фуллеренов, \times 500; в — Al + 10% фуллереновой сажи, \times 500; г — Al + 10% микрокристаллического углерода, \times 500

В микроструктуре ряда образцов (особенно в серии с фуллереновой чернью) наблюдались частицы серой фазы с волнистой (глобулярный рельеф), без следов шлифования-полирования поверхностью (рисунок 3, а), имеющие очень высокуюмикротвердость: отпечатки индентора на изображении практически не видны, отпечатки съезжают с частицы, оставляя кресты со сколом. Такое поведение этой фазы при измерении микротвердости свидетельствует о том, что их твердость близка к твердости алмаза.

Такую фазу содержат все изготовленные с наноуглеродными добавками образцы — и с фуллеренсодержащей сажей, и с фуллереновой чернью, и с фуллеренами C_{60} (рисунок 3). Анализ показал, что размеры, форма и количество особотвердой чисто углеродной фазы с высокой упругостью различны в лигатурах разных составов.

Анализ результатов исследования структурного состояния образцов композиций Alмикрокристаллический углерод после экструдирования шихты показал равномерное распределение углеродной составляющей (черных и серых включений) в алюминиевой матрице (рисунок 3г). При этом малые размеры углеродных включений не позволяют произвести замеры их микротвердости, что не дает возможности идентифицировать их как сверхтвердые углеродные фазы, которые были получены в случае использования наноуглеродных добавок.

4. Результаты исследований алюминиевых сплавов, полученных литьем с использованием сплава АК9 в качестве базового и лигатур Al-C.

На этом этапе исследований проводилось изучение методами световой и сканирующей электронной микроскопии, рентгеновской дифракции и микрорентгеноспектрального анализов,

измерения микротвердости структурного состояния сплавов полученных литьем с использованием сплава АК9 в качестве базового и лигатур Al-C, вводимых в расплав из расчета 10% мас. от общей массы сплава.

Результаты исследования микроструктуры приведены на рисунке 4. Анализ этих исследований показал, что все полученные композиты системы Al-Симеют модифицированную структуру металлической основы с распределенной в ней углеродной структурной составляющей.

Как видно из представленных рисунков, наблюдаются существенные отличия в количестве, структуре и характере распределения этих углеродных включений в объеме сплавов, полученных с использованием различных модификаций применяемого углеродного сырья. При этом все образцы композитов, полученные с использованием микрокристаллического углерода различной дисперсности, имеют схожее строение и распределение углеродных фаз: наибольшее, по сравнению с остальными образцами, количество углеродных включений, преимущественно компактной формы, близкой к шаровидной и незначительные по объему дисперсные выделения (рисунок 4а).

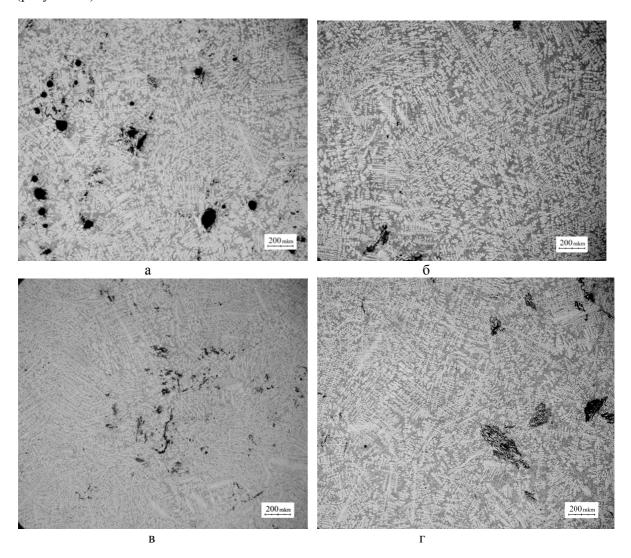


Рисунок 4 — Микроструктура образцов композитов, после травления: а – с использованием микрокристаллического углерода; б – с использованием С60; в – с использованием фуллереновой сажи; г - с использованием фуллереновой черни;

С другой стороны, образцы композитов, полученных с использованием наноуглеродных материалов (фуллеренов, фуллереной сажи и черни) также имеют схожее строение и распределение углеродных фаз: существеено меньшее, по сравнению с образцами, полученными с

ISSN 2224–5227 № 3. 2016

использованием микрокристаллического углерода, количество углеродных дисперсных включений, распределенных отдельными колониями в виде сетки (рисунок 4). В ходе перегрева расплава на $120-180\varepsilon C$ выше температуры ликвидуса происходит полное усвоение лигатуры и равномерное распределение ее составляющих по всему объему расплава. Данный интервал перегрева расплава также способствует повышению степени растворимости газов, что уменьшает газонасыщенность сплава. Перегрев расплава на большую температуру, например $200\varepsilon C$, приводит к всплыванию дисперсных частиц углеродосодержащего материала на поверхность расплава, дополнительным энергозатратам и снижению производительности. Перегрев на меньшую температуру, например $100\varepsilon C$, не обеспечивает полного растворения лигатуры и оптимальной однородности расплава, что отражается на свойствах заготовки.

Таким образом, полученные результаты исследований определяют принципиальную возможность введения в структуру алюминиевого сплава ультрадисперсного углеродосодержащего сырья используемых модификаций и дисперсности.

было показано выше, все полученные композиты Al-C системы модифицированную структуру металлической основы с дисперсно распределенными включениями интерметаллидов (рисунки 4). Как показали полученные результаты исследований микротвердости, вышеуказанные интерметаллиды характеризуются существенно более высокой сравнению основой. Определение ПО c истинных микротвердостиинтерметаллидов при проведении исследований вызывало затруднения ввиду малых размеров их включений. Однако при этом были получены значения твердости на уровне 4000-5000 МПа, при твердости основы – 1000-1300 МПа. Таким образом, на основании заключить, что дисперсное распределение вышеуказанных вышеизложенного онжом интерметаллидов оказывает упрочняющее действие на структуру композитов Al-C.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Курганова Ю.А., Чернышова Т.А., Кобелева Л.И. Дискретно армированный композиционный материал как альтернатива традиционным антифрикционным материалам. Технология металлов, 2005, №10, с.30-34.
- [2] Грибков А.Н., Асенов А.А., Жежер М.В., Золотаревский В.С. Структура и свойства дисперсно упрочненного композиционного материала, получаемого методом механического легирования // Технология легких сплавов, 1993, №12, с. 53 59.
- [3] Effect of deformation and ceramic reinforcement on work hardening behavior of hot extruded Al-SiC metal matrix composites / Goswami R.K., Dhar Ajay, Srivastava A.K., Gurta Anil K. // J. Compos. Mater, 1999, 33, № 13, c.1 160-1172.4
- [4] Microstructure and tensile properties, of squeeze cast SiC particulate reinforced AI Si ally / Karnezis P.A., Durrant G., Cantor B. // Mater. Sci. and Technol, 1998, 14, No 2, 97-107.
- [5] J.Singh, A.T.Alpas. High-temperature wear and deformation processes in metal matrix composites # Metallurgical and Materials Transactions, A, 1996, volume 27A, p3134.
- [6] Sliding, wear response of an A1 Cu alloy the influence of SiC particle reinforcement and test parameters / Prasad B. K., Jha A.K., Modi O.P., Das S., Dasgupta R., Yegneswaran A.N. // J.Mater. Sci. Lett.- 1998.-17, № 13, p. 1121 1123.
- [7] Chuvildeev V.N., Nieh T.G., Gryaznov M.Yu, Kopylov V.I., Sysoev A.N. Superplasticity and internal friction in microcrystalline magnesium alloys processed by ECAP. Scripta Materialia, 2004, Vol.50, №6.
- [8] Волочко А. Т. Переработка и использование алюминиевых отходов в производстве порошков, паст, композиционных и керамических материалов. Минск: Беларус. наука, 2006, 302 с.
 - [9] Kroto H. C60: Buckminsterfullerene. H. Kroto, J. Heath, S. O'Brien et al. Nature. 1985, Vol. 318, 162-163.
 - [10] ГусевА. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 416 с.

REFERENCES

- [1] Kurganova Y.A., Chernyshova T.A., Soboleva L.I. Discrete reinforced com-position the material as an alternative to conventional anti-friction materials. *Metal technology*, **2005**, №10, s.30-34. (in Russ.).
- [2] Fungi A.N., Asenov A.A., Zhezhera M.V., Zolotarevskii B.C. The structure and its dispersiontion reinforced composite material obtained by mechanical alloying. *Technology of Light Alloys*, **1993**, №12, p. 53 59. (in Russ.).
- [3] Effect of deformation and ceramic reinforcement on work hardening behavior of hot extruded Al-SiC metal matrix composites. Goswami R.K., Dhar Ajay, Srivastava A.K., Gurta Anil K. J. *Compos. Mater*, **1999**, 33, № 13, c. 1160-1172.4 (in Eng.).
- [4] Microstructure and tensile properties, of squeeze cast SiC particulate reinforced AI Si ally. Karnezis P.A., Durrant G., Cantor B. // Mater. Sci. and Technol, 1998, 14, № 2, 97 -107. (in Eng.).
 - [5] J.Singh, A.T.Alpas. High-temperature wear and deformation processes in metal matrix composites. Metallurgical and

Materials Transactions, 1996, volume 27A, p3134. (in Eng.).

- [6] Sliding, wear response of an A1 Cu alloy the influence of SiC particle reinforcement and test parameters. Prasad B. K., Jha A.K., Modi O.P., Das S., Dasgupta R., Yegneswaran A.N.. J.Mater. Sci. Lett. 1998, № 13, p. 1121 1123. (in Eng.).
- [7] Chuvildeev V.N., Nieh T.G., Gryaznov M.Yu, Kopylov V.I., Sysoev A.N. Superplas-ticity and internal friction in microcrystalline magnesium alloys processed by ECAP. *Scripta Materialia*, **2004**, Vol.50, №6. (in Eng.).
- [8] Volochko AT processing and the use of aluminum in the production of waste-stve powders, pastes, composite and ceramic materials. *Minsk: Belarus. Science*, **2006**, 302 pp.
 - [9] Kroto H. C60: Buckminsterfullerene. H. Kroto, J. Heath, S. O'Brien et al. Nature. 1985, Vol. 318, 162-163. (in Eng.).
 - [10] GusevA.I. Nanomaterials, nanostructures, nanotechnology. M .: FIZMATLIT, 2009. 416 p. (in Russ.).

УЛЬТРАДИСПЕРСТІ ШИКІЗАТ ҚОЛДАНУЫМЕН АЛЮМИНИЙ ҰЯҚАЛЫБЫ НЕГІЗІНДЕ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫ АЛУЫ

А.Б. Найзабеков¹, С.Н. Лежнев¹, Г.Г. Курапов², А.В. Волокитин², И.Е. Волокитина², Е.П.Орлова²

 1 Руднендік индустриалды институты, Рудный қаласы 2 Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Зерттеу Университеті, Алматы қаласы

Түйін сөздер: фуллерен, фуллерен құрымы, қарамтыл, микрокристалды көміртек, композит, алюминий, микрокұрылым, микрокаттылық, қасиеттер.

Аннотация. Бұл жұмыста бұйымдарды кұю-деформациялау технологиясымен жасалануының Беларус ФТИ НАН жобалаған әртүрлі түрлендіру негізінде көміртекті лигатура (силуминдер) құрамымен (графит түрінде микрокристалды және фуллерен, фуллерен құрымы, фуллерен қарамтыл нанокөміртекті қосымшалар түрінде) алюминий қорытпаларын өңдеудің кешенді зерттеулер жүргізуіне арналған.

Элементті, фазалық құрамы, құрылымдық күйі және бастапқы компоненттердің механикалық және триботехникалық көрсеткіштері, механобелсенділігінен кейін Al-C жүйесінің шихтасы, шихтаның (экструдирлеу) қарқынды пластикалық деформациядан кейін лигатураның және лигатурамен өңдеуден кейін құйылған алюминий дайындамалары зерттелген.

Кезенмен оларды алудың және термомеханикалық әсерінен кейін Al-C жүйесінің құрылымның пайда болу үрдістері зерттелген. Бұл кезде лигатураларда көміртекті асақатты фазалардың пайда болуына үлкен көңіл бөлінді, мұнда микрокристалдық графит орнына нанокөміртекті қосымшалар қолданылады. Шихтаның активті болу кезінде алынған лигатураның құрылымдық күйі (механоактивациясы және диспергирлейтін құралдарда және қарқынды пластикалық деформациясы кезінде) оларды қоспа түрінде қолдануы тиімділігін анықтайды, сол сияқты тек дисперсті беріктенуін ғана емес, жоғары үйкеліске қарсы, пластикалық және беріктік қасиеттердің жиынтығына ие композиттер құруы кезінде қорытпаның түрлендіруін қамтамасыз етеді.

Зерттеулер нәтижелері жоғары бағалы фуллерендер қолдануымен алынған алюминий композиттері арзан нанокөміртекті материалдарды (фуллеренді құрымы, фуллеренді қарамтыл) қолдануымен алынған композиттерді салыстырғанда құрылымның пайда болуының принципиалды салыстыруы анықталмады.

Поступила 16.05.2016 г.

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see http://www.elsevier.com/publishingethics and http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see http://www.elsevier.com/postingpolicy), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check http://www.elsevier.com/editors/plagdetect.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www:nauka-nanrk.kz

http://www.reports-science.kz/index.php/ru/

Редакторы М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т.А. Апендиев Верстка на компьютере А.М. Кульгинбаевой

Подписано в печать 20.05.2016. Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать — ризограф. 11 п.л. Тираж 2000. Заказ 3.