

НАНОСТРУКТУРНЫЕ АЛЮМОМАТРИЧНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ВЫСОКОЙ УДЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТЬЮ

Хайруллин Р.Р.^{1,2}, Евдокимов И.А.^{1,3}, Перфилов С.А.¹,
Поздняков А.А.¹, Бланк В.Д.^{1,2}

¹) Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов,
г. Москва, г. Троицк, Россия

²) Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Россия

*E-mail: radionowi4@bk.ru

³) Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное объединение СИКОМП», г. Владимир, Россия

*E-mail: ivan_911@mail.ru

NANOSTRUCTURED ALUMINUM COMPOSITE MATERIALS WITH HIGH STRENGTH CHARACTERISTICS

Khayrullin R. R.^{1,2}, Evdokimov I. A.^{1,3}, Perfilov S. A.¹,
Pozdnyakov A. A.¹, Blank V. D.^{1,2}

¹) Technological Institute for Superhard and Novel Carbon Materials, Moscow,
Troitsk, Russia

²) Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russia

³) Limited Liability Company "Scientific and Production Association SIKOMP",
Vladimir, Russia

In this work aluminum-magnesium alloy was nanostructured through mechanical activation technique and modified with fullerenes C₆₀. Excellent mechanical properties were obtained, such as bending strength up to 1100 MPa, microhardness up to 3300 MPa. The effect of additional magnesium doping and C₆₀ fullerene modification on the structural-phase composition and the physical-mechanical properties of the resulting composites was studied.

Создание новых материалов конструкционного и функционального назначения является одной из приоритетных задач современного материаловедения. Традиционные металлы и сплавы в значительной мере достигли предела своих механических и технологических свойств, что ограничивает их применение в современной науке и технике. Создание новых материалов требует применения инновационных методов и технологий. На сегодняшний день наноструктурирование является одним из наиболее перспективных путей повышения физико-механических, технологических и эксплуатационных свойств современных материалов.

В рамках данной работы, методами порошковой металлургии были получены алюмоматричные композиционные материалы (КМ), проведены исследования влияния дополнительного легирования магнием и модифицирования фулл-

лереном C_{60} на структурно-фазовый состав и физико-механические свойства наноструктурных алюмоматричных КМ.

В качестве матричного сплава применялись деформационно-упрочняемые сплавы АМгЗ и АМгб. Для увеличения концентрации магния, в состав КМ дополнительно вводилось 3–6 % магния (химически чистый, чистотой 99,9 %). В качестве модифицирующей добавки применяли 0,3 весовых % фуллерена C_{60} (99,5 %). Наноструктурирование и смешивание исходных материалов проводили в планетарной шаровой мельнице АГО-2У. Все манипуляции с исходными материалами и полученными порошками проводили в заполненном аргоном перчаточном боксе при чистоте газа по кислороду и парам воды не хуже 0,1 ppm. Полученные после размолла порошки брикетировались и подвергались прямой экструзии при температуре 270°C.

Методом рентгеноструктурного анализа (РСА) и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) было установлено, что в процессе размолла магний образует насыщенный твёрдый раствор, о чем свидетельствует увеличение параметра решётки алюминия. В результате чего увеличивается вклад твердорастворного упрочнения в общую прочность КМ. Согласно ПЭМ и РСА избыточный магний, не участвующий в образовании твёрдого раствора, образует ультрадисперсную интерметаллидную фазу Al_3Mg_2 и $Al_{12}Mg_{17}$.

Модифицирование КМ фуллереном C_{60} позволяет стабилизировать полученную наноструктуру и предотвратить рекристаллизацию матричного сплава до 270°C. Экструдированные образцы КМ демонстрируют повышенные значения механических свойств при сохранении плотности матричного сплава на уровне 2,6 г/см³. Предел прочности при растяжении составляет до 880 МПа, предел прочности при изгибе до 1100 МПа и микротвердость до 3300 МПа. Максимальное значение удельной прочности полученных КМ составило 34 км, что сопоставимо со свойствами стеклопластиков. Применение таких материалов перспективно в областях науки и техники где соотношение прочности изделия к его весу имеет ключевое значение.

Работа выполнена при финансовой поддержке министерства образования и науки Российской Федерации, в рамках соглашения №14.574.21.0162 от 26 сентября 2017 г, идентификационный номер проекта RFMEFI57417X0162.