УДК 620.22:620.3:629.7
DOI:10.62717/3083-7057-2026-1-155

Давидюк А.В.,
Дніпровський державний технічний університет
ORCID 0009-0004-3688-3455
E-mail:anzhela8848@gmail.com

Тупіка І.В.,
Дніпровський державний технічний університет

МОДИФІКУВАННЯ СПЛАВУAL–MG–SC НАНОДИСПЕРСНИМ КОМПЛЕКСОМ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ

Анотація. Досліджено вплив комплексного нанодисперсного модифікатора Mg_2Si+SiC на формування структури та механічні властивості алюмінієвого сплаву 1545 системи Al–Mg–Sc. Уперше для даного класу сплавів застосовано комбінований наномодифікатор із розміром частинок 50–100 нм. Встановлено суттєве подрібнення зеренної структури (у 2,7 раза) та підвищення міцнісних характеристик на 12–18 % за оптимального вмісту модифікатора 0,10 % мас. Показано, що ефект зміцнення зумовлений формуванням дисперсних фаз та стабілізацією структури. Отримані результати підтверджують ефективність наномодифікування для матеріалів ракетно-космічної техніки.
Ключові слова: алюмінієві сплави; Al–Mg–Sc; наномодифікування; скандій; дисперсні фази; механічні властивості.

A. Davydiuk,
Dniprovsky State Technical University
ORCID 0009-0004-3688-3455
E-mail:anzhela8848@gmail.com

I. Tupika,
Dniprovsky State Technical University

NANOMODIFICATION OF AL–MG–SC ALLOY AND ITS EFFECT ON STRUCTURE AND PROPERTIES

Annotation. The effect of a complex nanodispersed modifier Mg_2Si+SiC on the structure formation and mechanical properties of aluminum alloy 1545 of the Al–Mg–Sc system has been studied. For the first time, a combined nanomodifier with particle size of 50–100 nm was applied to this class of alloys. Significant grain refinement (by 2.7 times) and an increase in strength properties by 12–18% at an optimal modifier content of 0.10 wt.% were obtained. The strengthening effect is attributed to the formation of dispersed phases and structural stabilization. The results demonstrate the efficiency of nanomodification for aerospace materials.

Keywords: aluminum alloys; Al–Mg–Sc; nanomodification; scandium; dispersed phases; mechanical properties.

Алюмінієві сплави системи Al–Mg–Sc належать до перспективних конструкційних матеріалів ракетно-космічної техніки завдяки поєднанню високої питомої міцності, корозійної стійкості та доброї зварюваності [1, 2]. Водночас подальше підвищення їх експлуатаційних характеристик потребує ефективних методів керування структурою на мікро- та нанорівнях.

Одним із сучасних напрямів є використання нанодисперсних модифікаторів, здатних впливати на процеси кристалізації та формування зміцнювальних фаз [3]. Проте питання комплексного наномодифікування деформованих сплавів системи Al–Mg–Sc залишається недостатньо дослідженим, що обумовлює актуальність роботи.

Метою роботи є встановлення закономірностей впливу комплексного нанодисперсного модифікатора Mg_2Si+SiC на структуру та механічні властивості алюмінієвого сплаву 1545 системи Al–Mg–Sc.

Модифікування здійснювали введенням у розплав (745 °C, витримка 5 хв) наночастинок Mg_2Si+SiC розміром 50–100 нм. Подальше формування структури забезпечувалося термозміцнювальним обробленням (гартування та штучне старіння). Особливістю підходу є використання комплексного модифікатора, компоненти якого узгоджені за фізико-хімічними властивостями з матрицею сплаву [4].

Установлено, що застосування наномодифікатора сприяє інтенсифікації процесів зародження кристалів і формуванню однорідної дрібнозернистої структури. Розмір зерна зменшується у 2,7 раза, що свідчить про ефективність впливу наночастинок як центрів кристалізації [5].

Результати механічних випробувань показали, що максимальні значення межі текучості та тимчасового опору розриву досягаються при вмісті модифікатора 0,10 % мас. Підвищення міцності становить 12–18 % порівняно з вихідним станом. Збільшення вмісту модифікатора понад оптимальне призводить до зниження властивостей, що узгоджується з відомими закономірностями структуроутворення багатокомпонентних сплавів [6].

Механізм зміцнення пов’язаний із формуванням дисперсних інтерметалідних фаз типу Al_3Sc, які ефективно гальмують рух дислокацій і стабілізують структуру [1, 7]. Це забезпечує підвищення опору пластичній деформації та експлуатаційної надійності матеріалу.

Отже, комплексне наномодифікування є ефективним інструментом цілеспрямованого формування структури алюмінієвих сплавів. Отримані результати мають практичне значення для створення матеріалів підвищеної надійності для ракетно-космічної техніки.

Бібліографічні посилання

1. Мільман Ю. В. Вплив скандію на структуру, механічні властивості і опір корозії алюмінієвих сплавів // Прогресивні матеріали і технології : у 2 т. Київ : Академперіодика, 2013. Т. 1. С. 335–360.
2. Мільман Ю. В., Коржова Н. П., Сірко А. І. Алюміній та його сплави // Неорганічні матеріали. Метали і технології. Київ : Наук. думка, 2008. Т. 2, кн. 1. С. 52–68.
3. Большаков В. І., Куцова В. З., Котова Т. В. Наноматеріали і нанотехнології : монографія. Дніпро : Пороги, 2016. 245 с.
4. Куцова В. З., Погребна Н. Е., Хохлова Т. С. та ін. Алюміній та сплави на його основі. Дніпро : Пороги, 2014. 136 с.
5. Kalinina N. E., Hlushkova D. B., Dzhur Y. O., Khodyrev S. Ya., Kalinin V. T., Polishko S. A. Influence of temperature of thermal processing on intercrystalline corrosion resistance of welded joints // Journal of Chemistry and Technologies. 2020. Vol. 28, No. 1. P. 34–41.
6. Su M. N., Young B., Gardner L. Testing and design of aluminum alloy cross sections in compression // Journal of Structural Engineering. 2015. Vol. 140, No. 9.
7. Костін В. А., Григоренко Г. М., Жуков В. В. Модифіковані структури зварних з’єднань високоміцних низьколегованих сталей наночастинками тугоплавких металів // Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. 2016. Вип. 89. С. 93–98.