

ЗМІНА СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ В РЕЗУЛЬТАТІ МОДИФІКУВАННЯ

Калініна Н.Є., д.т.н., проф., ДНУ ім. О. Гончара, Калінін В.Т., д.т.н., проф., НМетАУ,
Носова Т.В., к.т.н., доц., ДНУ ім. О. Гончара, Мамчур С.І., к.т.н., доц., ДНУ ім. О. Гончара,
Давидюк А.В., к.т.н., ДНУ ім. О. Гончара, Серженко І.О., аспірант, НМетАУ

Анотація. Вивчено вплив модифікування дисперсними композиціями на зеренну структуру та механічні властивості промислових алюмінієвих сплавів. Алюмінієві сплави АЛ4, 1560, 2219, 1420 модифікували дисперсним порошком В₄С розміром часток до 200 нм. Розрахована кількість модифікатора для введення у розплав. Вивчено фізико-хімічні властивості дисперсного В₄С. Проведені плавки сплавів АЛ4, 1570, 2219, 1420 у вихідному стані та з обробкою розплавів В₄С. Встановлено залежності розміру частинок та кількості модифікатора на механічні властивості сплавів. Встановлено механізм взаємодії модифікатора з алюмінієвим розплавом під час кристалізації. У промислових експериментах встановлено найбільш ефективний розмір часток В₄С для підвищення σ_6 сплаву 2219 зі 115 до 260 МПа у литому стані. Визначено оптимальний вміст В₄С (0,10%) для підвищення σ_6 алюмінієвих сплавів.

Ключові слова: алюмінієвий сплав, структура, механічні властивості, дисперсний модифікатор.

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ

Калініна Н.Е., д.т.н., проф., ДНУ ім. О. Гончара, Калінін В.Т., д.т.н., проф., НМетАУ, Носова
Т.В., к.т.н., доц., ДНУ ім. О. Гончара, Мамчур С.И., к.т.н., доц., ДНУ ім. О. Гончара,
Давидюк А.В., к.т.н., ДНУ ім. О. Гончара, Серженко И.О., аспірант, НМетАУ

Аннотация. Изучено влияние модифицирования дисперсными композициями на зеренную структуру и механические свойства промышленных алюминиевых сплавов. Алюминиевые сплавы АЛ4, 1560, 2219, 1420 модифицировали дисперсным порошком В₄С размером частиц до 200 нм. Рассчитано количество модификатора для ввода в расплав. Изучены физико-химические свойства дисперсного В₄С. Проведены плавки сплавов АЛ4, 1560, 2219, 1420 в исходном состоянии и с обработкой расплавов В₄С. Установлены зависимости размера частиц и количества модификатора на механические свойства сплавов. Установлен механизм взаимодействия модификатора с алюминиевым расплавом при кристаллизации. В промышленных экспериментах установлено наиболее эффективный размер частиц В₄С для повышения σ_6 сплава 2219 со 115 до 260 МПа в литом состоянии. Определено оптимальное содержание В₄С (0,10%) для повышения σ_6 алюминиевых сплавов.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, структура, механические свойства, дисперсный модификатор.

CHANGE IN THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF ALUMINUM ALLOYS AS A RESULT OF MODIFICATION

Kalinina N., Doctor of Technical Sciences, Prof., Oles Honchar DNU, Kalinin V., Doctor of Technical Sciences, Prof., NMetAU, Nosova T., PhD., Associate Professor, Oles Honchar DNU, Mamchur S., PhD., Associate Professor, Oles Honchar DNU, Daviduk A., PhD, Oles Honchar DNU, Sergenko I., graduate student, NMetAU

Anotation. The effect of modifying dispersed compositions on the grain structure and mechanical properties of industrial aluminum alloys is studied. Aluminum alloys AL4, 1560, 2219, 1420 were modified with dispersed i powder В₄С with a particle size of up to 200 nm. Calculated the amount of modifier to enter into the melt. The physicochemical properties of dispersed В₄С were studied. The melting of alloys AL4, 1570, 2219, 1420 in the initial state and with the processing of В₄С melts was carried out. The dependences of the particle size and amount of the modifier on the mechanical properties of the alloys are established. The

mechanism of interaction of the modifier with the aluminum melt during crystallization is established. In industrial experiments, the most effective particle size of B_4C was found to increase the σ_s of the 2219 alloy from 115 to 260 MPa in the cast state. The optimal B_4C content (0,10%) was determined to increase the σ_s of aluminum alloys.

Key words: aluminum alloy, structure, mechanical properties, disperse modifier.

Вступ

Створення дисперсних матеріалів безпосередньо пов'язано з розробкою і застосуванням нанотехнологій. На установках плазмохімічного синтезу можна отримувати широкий спектр нанодисперсних сполук, а саме: карбіди, нітриди, карбонітриди, силіциди різних елементів (Si, Al, Ti, V, Mo, W та ін.), а також нанодисперсні порошки чистих металів [1-3].

У вітчизняній ракетно-космічній техніці широко застосовують нержавіючі сталі, ливарні і деформовані алюмінієві та магнієві сплави, ливарні нікелеві сплави. Для деталей ракетно-космічної техніки (РКТ) можуть бути корисні перспективні напрямки з обробки наномодифікаторами сплавів різних систем легування.

Аналіз публікацій

Модифікування дисперсними композиціями різних сплавів широко досліджувалося у книгах Большакова В.І., Кузіна О.А., Сабурова В.П., статтях та наукових роботах багатьох видатних вчених матеріалознавців. Дослідження модифікування дисперсними композиціями алюмінієвих сплавів є продовженням робіт, пов'язаних з даною тематикою.

Постановка задачі

Встановити вплив модифікування дисперсними композиціями на зеренну структуру та механічні властивості алюмінієвих сплавів.

Методика досліджень і аналіз отриманих результатів

Матеріалом дослідження є алюмінієві сплави АЛ4, 1560, 2219, 1420. Запропоновано модифікування алюмінієвих сплавів дисперсним порошком B_4C розміром часток до 200 нм. Дисперсний B_4C отримано методом плазмохімічного синтезу. Проведені дослідно-промислові плавки алюмінієвих сплавів. Досліджено структуру та механічні властивості сплавів у литому та деформованому стані.

З урахуванням принципу про кристалографічну і розмірну відповідність ізоморфності кристалічних решіток алюмінію і тугоплавких сполук [7, 8] встановили, що модифікаторами алюмінієвих сплавів можуть бути карбіди кремнію, ніобію і танталу, а також карбіди і нітриди титану, цирконію, гафнію і ванадію. Як ефективний модифікатор ливарних алюмінієвих сплавів запропоновано нанодисперсний порошок B_4C розміром часток до 200 нм [5], який отримано методом високотемпературного плазмохімічного синтезу [4].

Дія нерозчинних додатків, ізоморфних до алюмінію, аналогічність впливу розчинних елементів дотримується лише тоді, коли кількість нерозчинного додатку перевищує кількість кристалів, що утворилися довільно за тих самих умов [3, 5]. Таким чином, зі збільшенням кількості нерозчинного додатку, зокрема частинок карбіду кремнію, розмір зерна спочатку зменшується, а потім буде постійним.

Механізм впливу дисперсних частинок силіциду магнію на формування структури доевтектичних алюмінієвих сплавів під час кристалізації полягає в тому, що основна їх маса виштовхується фронтом кристалізації в рідку фазу і бере участь у подрібненні структурних складових сплаву. Частинки карбіду кремнію сприяють також дисперсному зміцненню сплаву, так як дисперсні фази є додатковими бар'єрами для переміщення дислокацій, а отже, підвищують характеристики міцності ливарних алюмінієвих сплавів.

На механічні властивості алюмінієвих сплавів суттєво впливають розміри частинок зміцнювальної фази. Промислові експерименти з застосуванням дисперсних частинок B_4C у широкому діапазоні розмірів 0,075...0,100; 10...20; 30...40; 50...60 і 90...100 мкм виявили, що зі зменшенням розмірів частинок карбіду кремнію до 100 нм межа міцності сплаву 2219 зростає з 115 до 260 МПа (рис. 1).

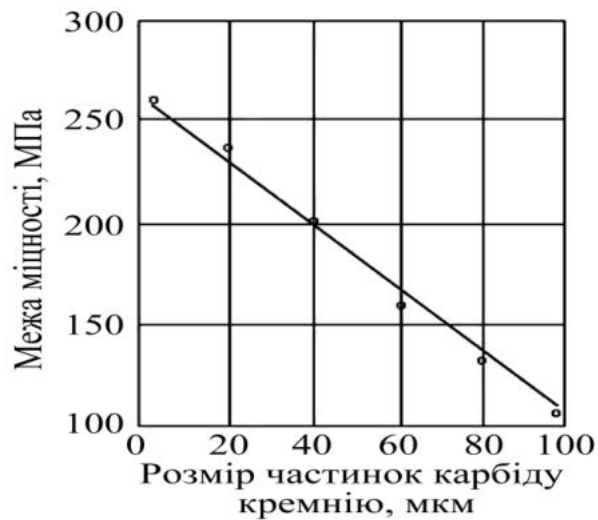


Рисунок 1 – Вплив розмірів частинок V_4C на міцність сплаву 2219

Для визначення оптимальної кількості модифікатора карбіду кремнію виконали промислові плавки та випробування зразків, що пройшли термічну обробку за режимом Т6 (гартування і штучне старіння).

Для комп'ютерної обробки даних складу сплавів і вмісту модифікаторів використали програму Microsoft Excel. Аналіз результатів засвідчив, що модифікування частинками карбіду кремнію в кількості 0,1 мас. % максимально підвищує пластичність (δ) сплаву 2219 за одночасного збільшення межі міцності (σ_B) і межі текучості (σ_T).

Подальше збільшення кількості модифікатора SiC від 0,10 до 0,25% в сплаві 2219 суттєво не впливає на механічні властивості, а за вмісту більше 0,25% SiC незначно знижується параметр σ_B . Незначне зниження межі плинності сплаву 2219 спостерігали під час введення більше 0,1 мас. % модифікатора V_4C .

Таким чином, механічні характеристики ливарного алюмінієвого сплаву 2219 значно підвищуються з введенням у розплав 0,1 мас. % нанодисперсних частинок карбіду кремнію. Якість ливарних алюмінієвих сплавів під час модифікування залежить від багатьох чинників: природи дисперсної фази, температури розплаву, режимів його перемішування під час введення частинок. Під час вивчення впливу температури на ступінь засвоєння тугоплавких частинок V_4C встановлено, що за певної для даного розплаву температури спостерігається максимум засвоєння частинок. Характерною особливістю результатів досліджень, виконаних з різними тугоплавкими композиціями в алюмінієвих сплавах, є досягнення максимуму засвоєння частинок за нижнього значення температури розплавів.

Висновки

Вивчено фізико-хімічні властивості дисперсного модифікатора - карбіду кремнію V_4C . Проведено промислові плавки сплавів АЛ4, 1560, 2219, 1420 у вихідному стані та з обробкою розплавів порошковим модифікатором. Встановлено механізм взаємодії дисперсного модифікатора з алюмінієвим розплавом під час кристалізації. В результаті дослідження досягнуто значне подібнення зеренної структури модифікованих сплавів. Встановлено залежності розміру часток та кількості модифікатора на механічні властивості алюмінієвих сплавів.

Література

1. Большаков В.І., Куцова В.З., Котова Т.В. Наноматеріали і нанотехнології. – Дніпропетровськ : ПДАБА, 2016. – 220 с.
2. Калініна Н.Є., Никифорчин Г.М., Калінін О.В. та ін. Структура, властивості та використання конструкційних наноматеріалів: Монографія – Львів: Простір. – 2017. – 304 с.
3. Сутугин А.Г. Кинетика образования малых частиц при объемной конденсации. Физикохимия нанодисперсных систем: Сб. тр. Ин-та металлургии им. А.А. Байкова. – М.: Наука, 1987. – С. 15-21.

4. Плазмохимический синтез ультрадисперсных порошков и их применение для модифицирования металлов и сплавов. Черепанов А.А. и др. – Новосибирск: Наука. – 1995. – 344 с.
5. Кузін О.А., Яцюк Р.А. Металознавство та термічна обробка металів: Підручник – Львів: Афіша, 2002. – 304 с.
6. Алюміній та сплави на його основі. В.З. Куцова, Н.Е. Погребна, Т.С. Хохлова та ін. – Дніпропетровськ: Пороги. 2004. – 136 с.
7. Костин В.А., Григоренко Г.М., Жуков В.В. Модифицирование структуры сварных швов высокопрочных низколегированных сталей наночастицами тугоплавких металлов. Строительство, материаловедение, машиностроение, 2016. – вып. 89. – С. 93-98.
8. Сабуров В.П., Еремин Е.Н., Черепанов А.А., Миннеланов Г.Н. Модифицирование сталей и сплавов дисперсными инокуляторами. – Омск: ОмГТУ. – 2002. – 257 с.
9. Young- Dond K., Zin-Hyoung L. The effect of grain refining and oxide inclusion on the fluidity of AL-4,5Cu-0,6Mn and A356 alloys. Mater. Sci. and Eng. – 2003. - №12. – P. 372-376.