

1. *Никитин В.И.* Наследственное влияние структуры лигатур на эффективность модифицирования сплава АК9ч / В.И. Никитин, Д.С. Кривопапов, К.В. Никитин // Литейщик России. – 2012 – № 8. – С. 31 – 33.

УДК 669.018.23:66.045.5

А. Г. Пригунова, Є. А. Жидков, В. Д. Бабюк, Л. К. Шеневідько, Т. Г. Цір

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

e-mail: adel_nayka@ukr.net

СТРУКТУРА ТА МІЦНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЛАВУ ВАЛ10, МОДИФІКОВАНОГО ДРІБНОКРИСТАЛІЧНИМИ ЛІГАТУРАМИ

Загальновідомо про підвищення властивостей алюмінієвих сплавів введенням до розплаву титану і цирконію, які відносяться до модифікаторів II роду і сприяють суттєвому подрібненню зерна. Очікується, що використання швидкоохолоджених ($V_{\text{охол.}} \geq 10^5$ °C/c) з рідкого стану стандартних лігатур AlTi5 і AlZr10 збільшить ефективність їх дії. Керуючись принципом структурної і розмірної відповідності Данкова-Конобєєвського, можна сподіватися, що використання охолодженої таким чином лігатури хімічного складу базового сплаву ВАЛ10 з дисперсними тугоплавкими інтерметалідними фазами також сприятиме його модифікуванню. Виходячи з вищенаведеного в роботі досліджено вплив модифікування дрібнокристалічними лігатурами AlTi5 і AlZr10, а також лігатурою складу базового сплаву на структуру та міцнісні характеристики ливарного алюмінієвого сплаву ВАЛ10.

Дрібнокристалічні лігатури, одержані високошвидкісним охолодженням у вигляді переривистих стрічок – «чіпсів» товщиною від 100 до 500 мкм, вводили до розплаву механічним замішуванням. Після чого його охолоджували з різними швидкостями. В рідко-твердому стані ці швидкості складали: 0,4; 1,8 і 33 °C/c, що відповідає охолодженню в піщаній формі, підігрітому (280 °C) і холодному (20 °C) чавунному кокілі. Швидкоохолодженню лігатуру («чіпси») зі сплаву ВАЛ10 вводили до розплаву в кількості 0, 3, 6, 9, 12 мас. %, AlTi5 і AlZr10 – із розрахунку одержання в сплаві певної концентрації Ti та Zr, а саме: титану 0,05; 0,15; 0,25 мас. %; цирконію 0,05; 0,25; 0,5 мас.%. Температура модифікування в усіх випадках складала 720 °C. Зразки, одержані литтям в

металевий кокіль, термообробляли за режимом Т6 який включає: одноступінчасте нагрівання до температури 545 °С, витримку 13 год. і охолодження у воді, старіння при температурі 170 °С, витримку 8 год. та охолодження на повітрі.

Результати досліджень показали, що при швидкості охолодження 0,4 °С/с мікроструктура вихідного базового сплаву ВАЛ10 складається з первинних кристалів твердого розчину алюмінію, переважно у вигляді грубих дендритів середнім розміром 862 мкм, по границях яких розташовано фази Al_3Ti , $Al_{12}Mn_2Cu$ та евтектика $Al\alpha + Al_2Cu$. Введення до розплаву дрібнокристалічних частинок сплаву ВАЛ10 призводить до переходу від дендритної до недендритної структури, зменшення розміру кристалів $Al\alpha$. Зокрема, при масовій частці добавок 12 % – у понад 8 разів: з 862 мкм до 106 мкм. Нівелюється різниця між максимальним і мінімальним розміром кристалів $Al\alpha$. Якщо у вихідному сплаві ця різниця більш ніж в 5 разів, то після модифікування дрібнокристалічними добавками – в 1,5-1,7 рази. Зменшується їх розмірний фактор (відношення більшого розміру кристалу до меншого): з 2,15 – у вихідному сплаві до 1,0-1,3 – у модифікованому. Підвищується мікротвердість $Al\alpha$, зменшується електропровідність сплаву ВАЛ10 (рис. 1), що найбільш ймовірно обумовлено підвищенням ступеня пересичення $Al\alpha$ переважно атомами міді та кадмію.

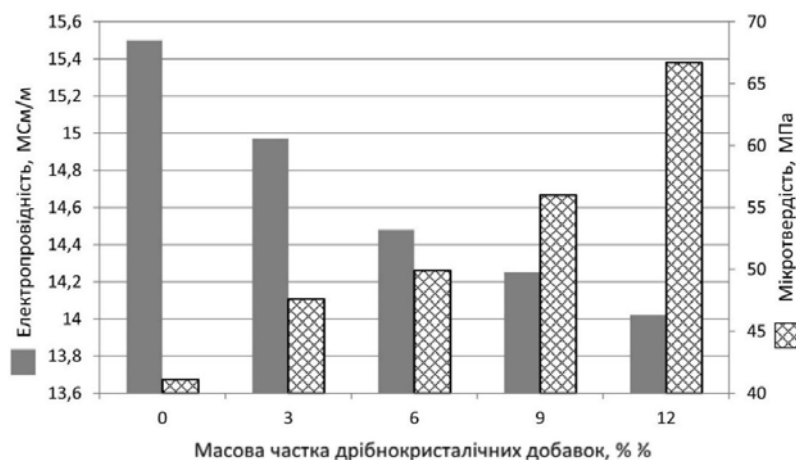


Рис. 1 – Вплив модифікування дрібнокристалічними добавками на електропровідність сплаву ВАЛ10, мікротвердість твердого розчину алюмінію

За принципом Данкова-Конобеєвського кристалографічна та розмірна відповідність елементів структури швидкоохолоджених добавок та сплаву ВАЛ10, що модифікується, призводить до зменшення енергії утворення фаз при кристалізації. Разом з появою великої кількості додаткових центрів кристалізації, це сприяє формуванню модифікованої дрібнокристалічної структури виливків. Підвищення швидкості охолодження сплаву ВАЛ10 від 0,4 °С/с до 1,8 °С/с призводить до зміни його мікроструктури

в литому стані, перш за все, морфології кристалів $Al\alpha$: з переважно грубої дендритної на розгалужену дендритну, з утворенням гілок n -порядку. Зменшується дендритний параметр $Al\alpha$ з 78 мкм до 17 мкм, а також розмір інших структурних складових, збільшується об'ємна частка та ступінь диференціювання евтектики $Al\alpha + Al_2Cu$. Модифікування титаном і цирконієм призводить до зменшення розміру кристалів $Al\alpha$. Зокрема, при 0,15 % титану в середньому більше ніж в 2-3 рази.

Мікроструктури термооброблених зразків зі сплаву ВАЛ10, охолоджених у двофазній області зі швидкістю 1,8 °C/c, наведено на рис. 2.

Вони суттєво відрізняються від литих немодифікованих сплавів, охолоджених з такою ж швидкістю. Мають дрібнокристалічну структуру, зумовлену впливом модифікуючих добавок, а також структурні та фазові відзнаки, придбані внаслідок термічної обробки. Так, модифікування дрібнокристалічними добавками призводить до часткової глобулізації кристалів твердого розчину алюмінію, особливо при легуванні титаном в кількості 0,05 мас. % і 0,15 мас. %, коли перехід від дендритної до недендритної структури $Al\alpha$ спостерігається як при швидкості охолодження 1,8 °C/c, так і 33 °C/c. Зі зниженням швидкості охолодження до 1,8 °C/c $Al\alpha$ глобулярної морфології виявлено і при 0,05 мас. % цирконію. Після гартування при термічній обробці в структурі присутні нерозчинні в алюмінії надлишкові фази Al_3Ti , $Al_{12}Mn_2Cu$. Фаза Al_2Cu (θ) повністю переходить у твердий розчин алюмінію. Це забезпечує зміцнення сплаву при старінні і збільшення мікротвердості $Al\alpha$ у вихідному сплаві ВАЛ10 з 55,3 МПа в литому стані до 152 МПа – після термообробки.

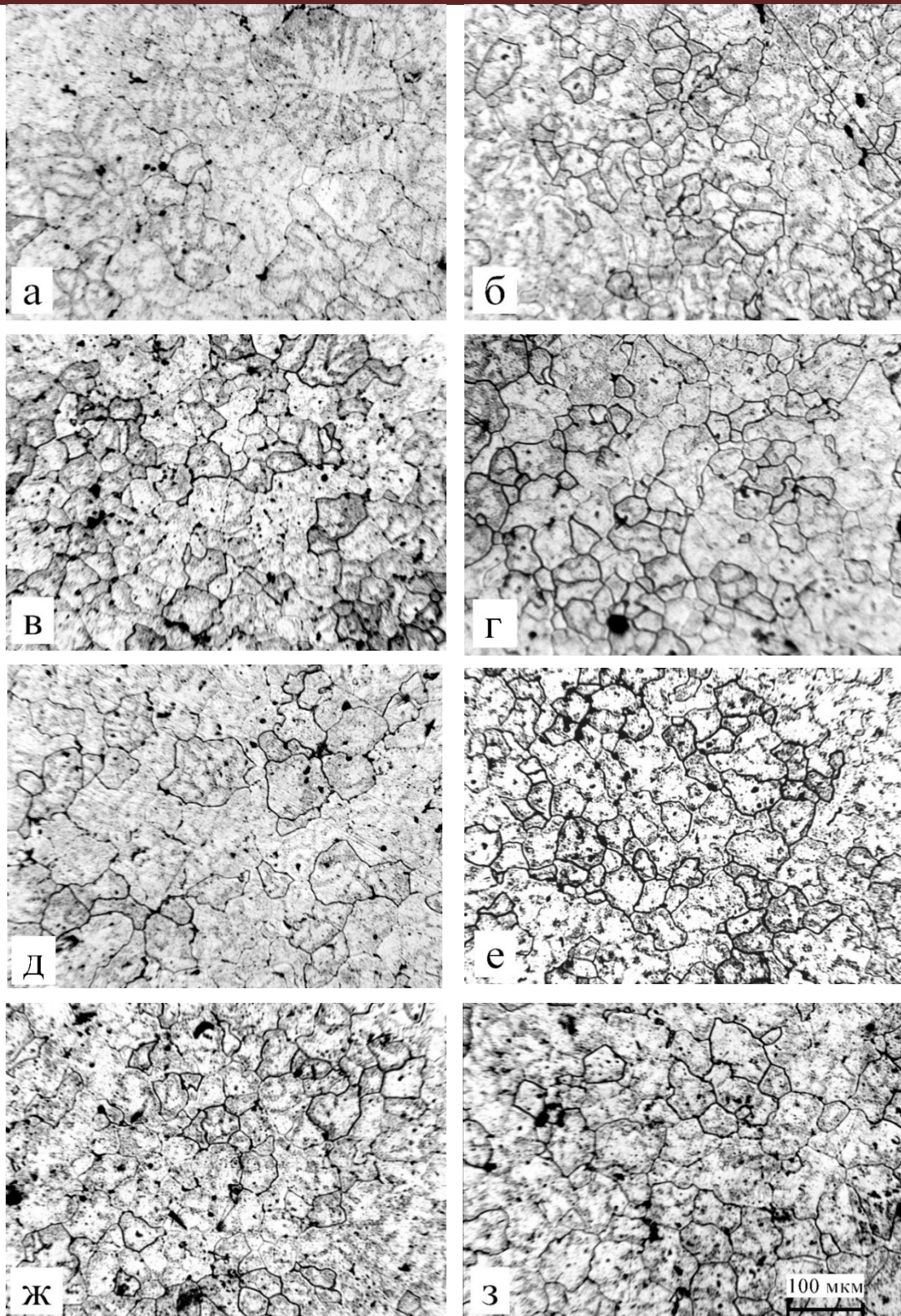


Рис. 2 – Мікроструктури сплаву ВАЛ110, а – немодифікований сплав; б-з – модифікування дрібнокристалічними добавками («чіпси»); б – сплав ВАЛ110; в, г, д – лігатура AlTi5, в – 0,05 мас. % Ti, г – 0,15 мас. % Ti, д – 0,25 мас. % Ti; е, ж, з – лігатура AlZr10, е – 0,05 мас. % Zr, ж – 0,25 мас. % Zr, з – 0,5 мас. % Zr

У структурі термооброблених виливків зменшується об'ємна частка евтектики $Al\alpha + Al_2Cu$, що пов'язано з розчиненням фази Al_2Cu . По границях і в об'ємі зерен твердого розчину алюмінію виділяються у великій кількості інтерметалідні фази розміром від 2 мкм до 7,7 мкм, з параметром форми близьким до 1. На їх фоні ледь помітні тонкі пластинчасті кристали фази Al_3Ti розміром до 15 мкм. Модифікування дрібнокристалічними лігатурами призводить до зменшення розміру макрозерна (рис. 3) як при швидкості охолодження зразків $33\text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$, так і $1,8\text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$.

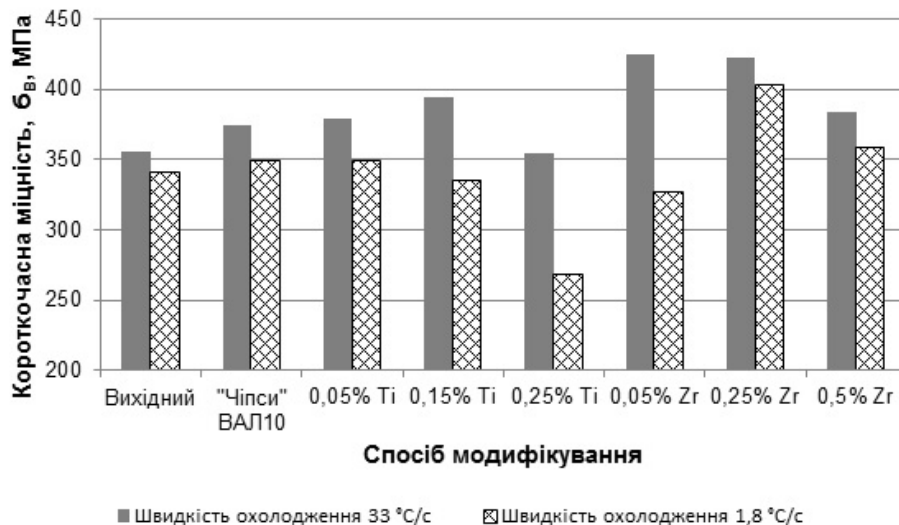


Рис. 3 – Вплив способу модифікування і швидкості охолодження на розмір макрозерна в сплаві ВАЛ10

Найбільш ефективно зменшення макрозерна при легуванні сплаву ВАЛ10 дрібнокристалічною лігатурою $AlTi_5$ при введенні її до розплаву в перерахунку на чистий титан 0,05 і 0,15 мас. %. Проте, не дивлячись на те, що середній розмір макрозерна при цих концентраціях титану менший, ніж при модифікуванні цирконієвою лігатурою, структура сплаву ВАЛ10 з цирконієм більш однорідна (див. рис. 2 е-з) – з меншим відхиленням розміру макрозерен від їх середнього значення.

Найбільш високі показники міцності сплаву ВАЛ10 також при модифікуванні його цирконієм в кількості 0,05 - 0,25 мас. % (рис. 4). При таких концентраціях цирконію зафіксовано і найбільшу мікротвердість твердого розчину алюмінію – 177 МПа, що в 1,2 рази вища порівняно з вихідним сплавом.

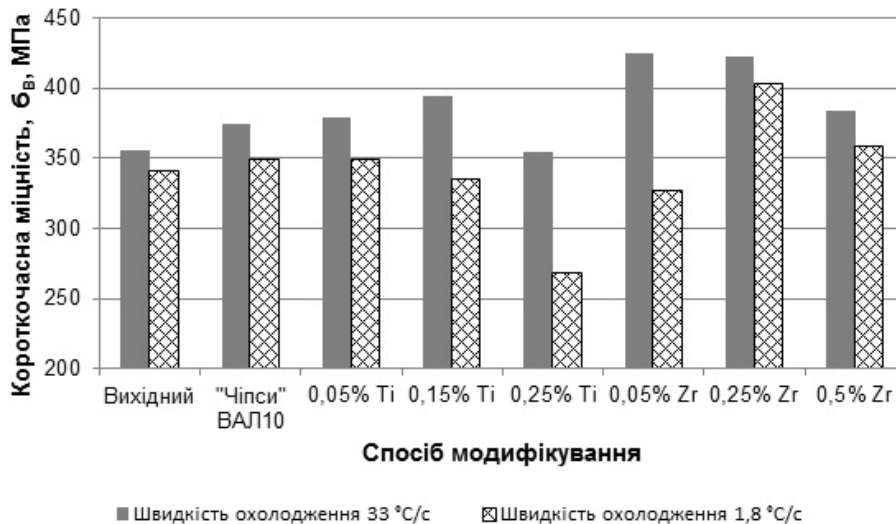


Рис. 4 – Залежність короткочасної міцності сплаву ВАЛ10 від швидкості охолодження і способу модифікування

Ймовірно, це зумовлено збагаченням твердого розчину алюмінію не тільки міддю, кадмієм, як це має місце у немодифікованому сплаві, але й цирконієм, який при високошвидкісному охолодженні лігатури ALZr10 здатний до 6 % розчинятися в алюмінії. Тобто, крім розміру макрозерна, за яким у більшості випадків оцінюють ефективність модифікування і поліпшення механічних властивостей, не менш значимою характеристикою є ступінь пересиченості твердого розчину алюмінію, яка може регулюватися параметрами термічної обробки.

Таким чином, модифікування сплаву ВАЛ10 швидкоохолодженими ($V_{\text{охол.}} \geq 10^5 \text{ } ^\circ\text{C/c}$) дрібнокристалічними лігатурами складу базового сплаву, AlTi5 і AlZr10 забезпечує отриманню виливків з меншим розміром структурних складових та покращеними характеристиками міцності. Після термічної обробки Т6 міцність сплаву ВАЛ10 збільшуються у послідовності: вихідний базовий сплав → модифікований дрібнокристалічними частинками складу сплаву ВАЛ10 → модифікований дрібнокристалічною лігатурою AlTi5 у перерахунку 0,05-0,15 мас. % титану → модифікований дрібнокристалічною лігатурою AlZr10 у перерахунку 0,05-0,25 мас. % цирконію.

А.А. Севоян

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
м. Харків

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ТІЛ ОБЕРТАННЯ З МІДНИХ СПЛАВІВ

Тіла обертання зі сплавів на мідній основі застосовуються у всіх галузях промисловості – машинобудуванні, приладобудуванні, ремонтних потребах. Найчастіше замовлення на ці вироби мають ремонтний характер, а значить виникає головне завдання – максимально швидко виготовити якісний виливок. Методом лиття в кокіль можна отримувати виливки з різною товщиною стінок, дрібнозернистою структурою та мінімумом браку. Від якості бронзи залежить безремонтний термін роботи вузла тертя.

Підприємство «Промет» здійснює виливки втулок методом наповнювального лиття в кокіль через ківш. Після заливання виливки проходять механічне очищення від піску і надходять на ділянку механічної обробки (токарна обробка). Внутрішній отвір формується стрижнями. Від якості стрижнів залежить безпосередньо кількість браку на засмічення, а також час, що витрачається токарем для обробки виливки. Раніше застосовувалися стрижні з піщано-глинистих сумішей, оскільки у змішувачі зручно робити великий об'єм заготівельної суміші, немає обмежень за часом, за який необхідно зробити стрижень. При заливанні не утворюється шкідливих продуктів горіння. Однак ми зіткнулися зі складністю стандартизації формування. Ще одним недоліком є низька міцність сумішей.

Перехід на холоднотвердіючі суміші (CO₂ - резол процес) дозволив скоротити кількість бракованих виливків на 70%. Процес формування трохи подовжився за часом і став дорожчим, проте загалом виправдав себе. Очищення виливків після стрижнів отриманих за технологією холоднотвердіючих сумішей відбувається приблизно у 2 рази швидше, ніж після очищення піщано-глинистих сумішей. Якість поверхні залишається задовільною для подальшої токарної обробки.

Дефект засмічення один з найбільш поширених при литті втулок в кокіль. Також він один із найшкідливіших, оскільки до готового виробу пред'являються високі вимоги та наявність абразивних частинок піску у ньому неприпустимі.