

Дослідження впливу фторцирконату калію і нітриду титану на морфологію кремнію в заевтектичному силуміні КС740

Досліджено вплив комплексу фторцирконату калію та дрібнодисперсних часток нітриду титану на мікроструктуру заевтектичного сплаву алюмінію з кремнієм. В ході експерименту відзначено подрібнення як первинного так і евтектичного кремнію та інтерметалідів та зміна їхньої морфології з голчатої та кутастої на більш округлу. При модифікуванні відбувається перерозподіл кількості структурних складових, що виділяються при кристалізації.

Ключові слова: заевтектичний силумін, модифікування, мікроструктура, фторцирконат калію, нітрид титану

Актуальність дослідження. Заевтектичні силуміни по сукупності властивостей є найбільш перспективним матеріалом для виробництва поршнів [1]. Вони мають високі характеристики протидії зношуванню, високий модуль пружності і низький коефіцієнт термічного розширення, що робить їх придатними для використання в автомобілебудуванні. До них висуваються високі вимоги по рівню пластичних властивостей, міцності, рівномірності хімічного складу і структури по об'єму вилівка. Остання повинна бути рівномірною, дрібною і рівновісною. Крупнозерниста макроструктура литої заготовки може бути причиною появи тріщин при первинній деформації, хоча загальні показники пластичності металу будуть задовільні [1].

Чим дрібніші кристали первинного кремнію і чим більш рівномірно вони розподілені, тим вище межа текучості матеріалу поршнів [2].

Для підвищення механічних властивостей силуміни піддаються модифікуванню з метою диспергування алюмінієво-кремнієвої евтектики та подрібнення первинних кристалів кремнію [3].

Для модифікування найбільш перспективним є використання лігатур з дисперсною мікроструктурою [4].

Певну перспективу в якості модифікатора для заевтектичних сплавів алюмінію і кремнію представляє комплекс фторцирконату калію і нітриду титану.

Мета роботи. Метою даної роботи є дослідження сумісного впливу фторцирконату калію і дрібнодисперсних часток нітриду титану на морфологію первинного і евтектичного кремнію в заевтектичному силуміні на прикладі сплаву марки КС740.

Методика експерименту. Розплав готували в муфельній печі типу СНОЛ. В якості металошихти використовували заевтектичний силумін марки КС740, що містить 16,5-19,0 % Si, 1,8-2,4 % Cu, 0,7-1,2 % Mg, 0,6-1,0 % Mn, 1,1-1,7 % Ni, залишок – Al і 0,5 % Fe.

Отримували вихідний сплав і сплави, що модифіковані K_2ZrF_6 та сумішшю K_2ZrF_6 з TiN. Після розплавлення і доведення температури розплаву до 700...750 °C його модифікували. Фторцирконат калію K_2ZrF_6 в кількості 3 % від маси металу наносили на поверхню розплаву і витримували протягом 15 хв. Суміш K_2ZrF_6 +TiN (кількість нітриду титану – 7 % від маси флюсу) також витримували близько 15 хв.

Після видалення шлаку сплав розливали у форми. Для вивчення мікроструктури вирізали декілька зразків, таким чином, щоб можна було визначити зміну структури по ряду поперечних перетинів.

Для травлення шліфів використовували травник наступного складу: 0,5 см³ HF, 99,5 см³ дистильованої води. Поверхню шліфа протирали травником протягом 15 секунд. Потім шліф промивали в декількох дистильованих водах.

Дослідження мікроструктури проводилось при збільшенні в 100 і 250 разів.

Результати дослідження. Вихідний немодифікований сплав містить велику кількість евтектичного кремнію з голчатою морфологією, а також великі частинки первинного кремнію та інтерметалідів у вигляді ієрогліфів (рис.1).

В порівнянні з лігатурою переваги використання в якості модифікатора солей в тому, що зберігається чистота розплаву відносно неметалевих включень, отримуються округлі кристали інтерметалідів (а не голкоподібні, як в лігатурі) і в більшій кількості, що зменшує витрату солей для отримання необхідних результатів [5].

Відзначається [5], що обробка сплаву солями ZrO_2 і ZrF_4 забезпечує введення цирконію в розплав в атомарному стані, що сприяє активному утворенню

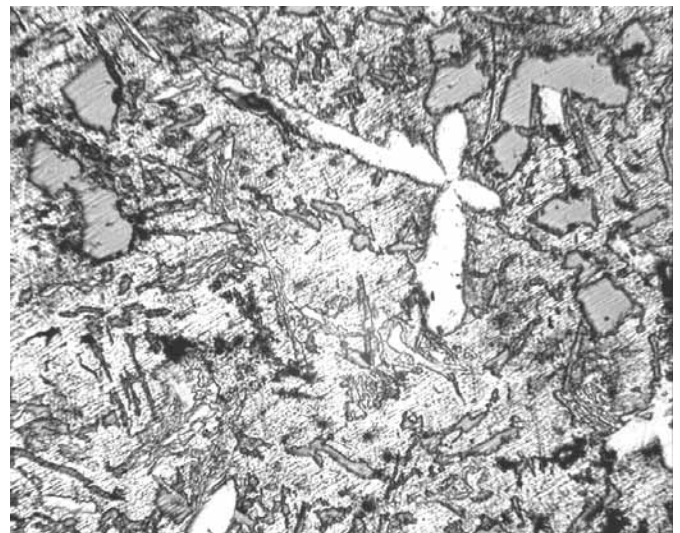


Рис. 1. Мікроструктура вихідного сплаву КС740, x250

великої кількості інтерметалідів, які створюють в багато разів більше центрів кристалізації, ніж при використанні відповідних лігатур.

Як фторид, так і оксид цирконію при введенні в розплав розкладаються на цирконій та фтор в одному випадку і на цирконій та кисень – в іншому. Цирконій починає модифікувати первинний алюміній вже при вмісті 0,03 %. Причому найбільше подрібнення зерна спостерігається при концентраціях більших, ніж перитектичний вміст цирконію в алюмінії (>0,11 %). При збільшенні вмісту цирконію до 0,22 % відбувається його подальше розчинення в розплаві, а при досягненні цієї концентрації починають виділятися частинки інтерметалідів. При 0,4...0,45 % цирконію в алюмінієвому сплаві спостерігається максимальний ефект подрібнення зерна. При концентрації цирконію до 0,22 % розміри стовбчастих кристалів зменшуються і спостерігається утворення більшої їх кількості [5].

При вмісті < 0,22 % Zr знаходиться в розчиненому вигляді і його вплив на структуру пояснюється ефектом концентраційного переохолодження. При подальшому збільшенні його вмісту (>0,22 %) з'являються первинні кристали $ZrAl_3$, які слугують центрами кристалізації. При вмісті >0,45 % більша частина Zr (після введення з фториду чи оксиду) зв'язана в інтерметалід $ZrAl_3$ так, що кількість розчиненого в розплаві цирконію все більше зменшується. Кристали $ZrAl_3$, які утворюються при цій концентрації, майже не впливають на процес кристалізації, а зона стовбчастих кристалів при затвердінні розплаву знову збільшується [5].

Порівнюючи мікроструктуру немодифікованого зразка з модифікованим фторцирконатом калію (рис. 2), можна відзначити, що відбулось деяке подрібнення як первинного кремнію, так і евтектичного та інтерметалідів. А при модифікуванні нітридами результати значно більші (рис. 3).

В модифікованому нітридами титану сплаві помітна не тільки зміна морфології кристалів кремнію, а й зміна кількості і складу інтерметалідів, вміст відповідних елементів у яких наведено в таблиці.

Одержані результати вказують на те, що кількість інтерметалідів (рис. 4) дещо зменшилась при модифікуванні фторцирконатом калію (14,0 % в порівнянні з 15,8 % у вихідному зразку), а при модифікуванні комплексом фторцирконату калію та нітриду титану вміст інтерметалідів зменшується до 4,0 %. Зростає кількість евтектики – 64,1; 66,0; 79,0 % для 1-го, 2-го, 3-го зразків відповідно, а кількість первинного кремнію навпаки зменшується з 20,1 % у вихідному сплаві до 17,0 % у сплаві, модифікованому сумішшю порошків фторцирконату калію та нітриду титану).

Як було показано В. Г. Могилатенком у роботі [6], вплив дисперсних частинок нітридів на первинні кристали в процесі затвердіння можна описати наступною схемою на прикладі кристалізації кремнію в заевтектичному алюмінієво-кремнієвому сплаві. Кристал кремнію в процесі росту виштовхує перед

собою дисперсні частинки. Накопиченню їх перед фронтом кристалізації сприяє і ліквідація ПАР на поверхні поділу фаз. Відбувається часткове блокування зростаючої грані кристала і його ріст зупиняється.

Висновки

Підвищенню механічних властивостей виробів з заевтектичних силумінів сприяє комплексне їх модифікування фторцирконатом калію та нітридом титану. В результаті відбувається подрібнення як первинного, так і евтектичного кремнію, а також зменшення

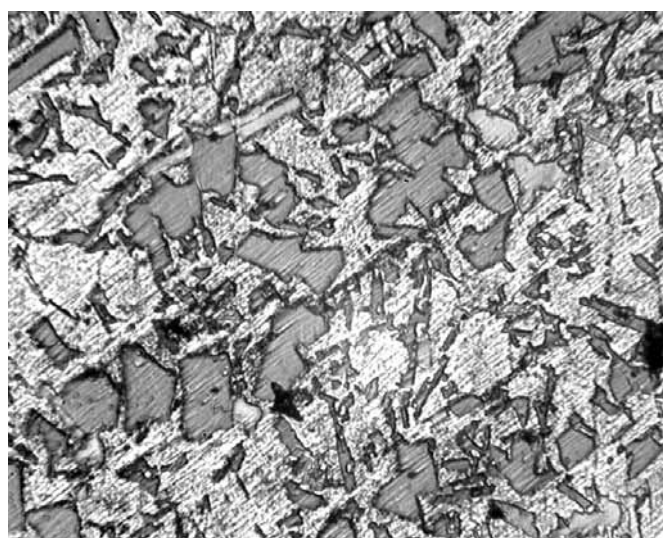


Рис. 2. Мікроструктура сплаву KC740, модифікованого фторцирконатом калію, x250

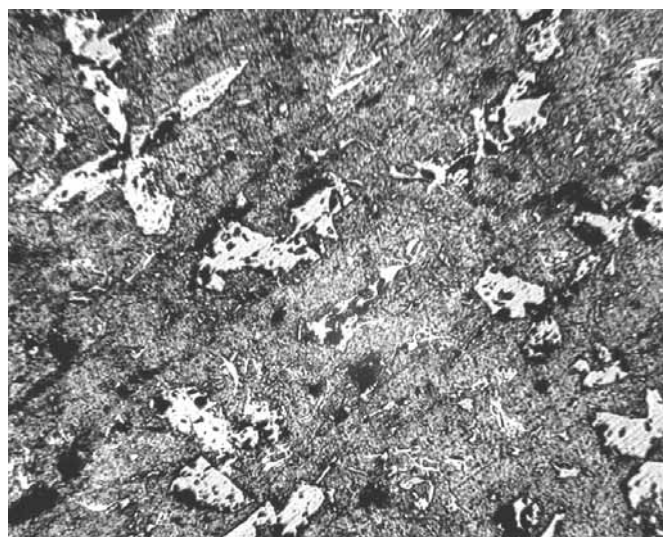


Рис. 3. Мікроструктура сплаву KC740, модифікованого фторцирконатом калію та нітридом титану, x250

Результати мікрорентгеноспектрального аналізу інтерметалідних фаз сплаву, модифікованого фторцирконатом калію та нітридом титану

Інтерметалід	Вміст елементу, %							
	Al	Si	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu	Zr
(AlSiMnFeNiCu)	50,59	12,53	-	15,29	19,29	1,16	1,11	-
(AlSiMnFeNiCu)	46,19	19,58	-	13,87	17,72	1,60	1,02	-
(AlSiTiZr)	23,65	19,90	1,19	-	-	-	-	55,25

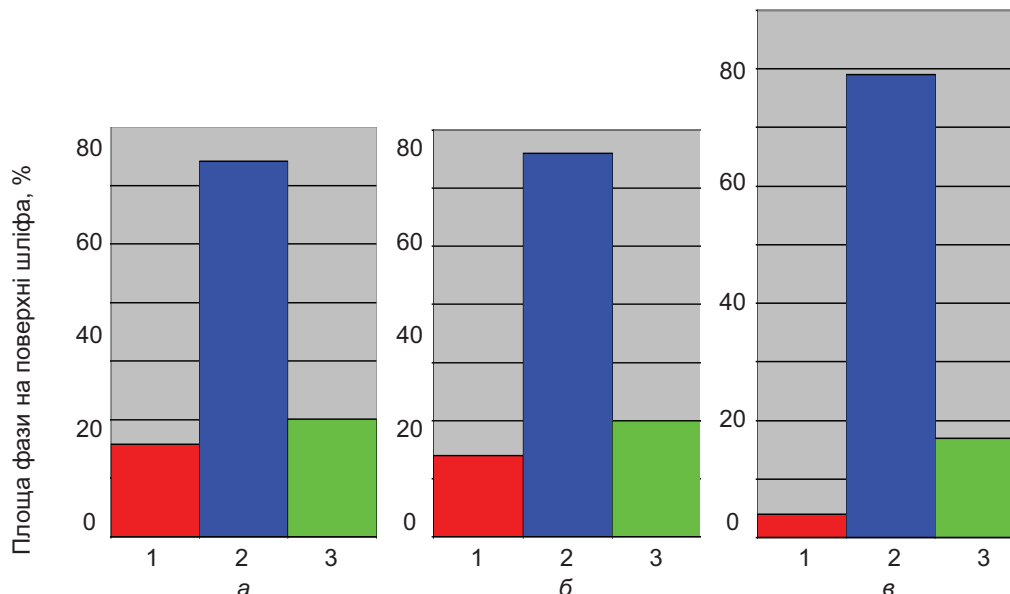
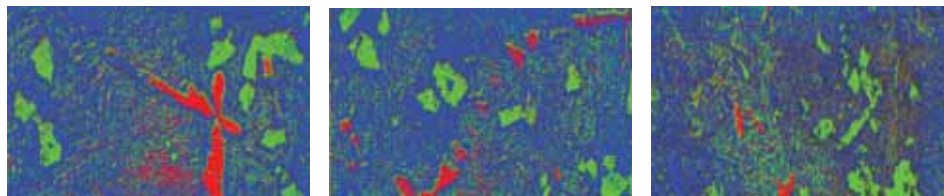
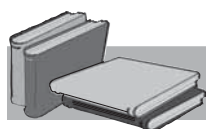


Рис. 4. Розподіл структурних складових (1 – інтерметалідів; 2 – евтектики; 3 – первинного кремнію) у сплавах: вихідному (а); модифікованому фторцирконатом калію (б); модифікованому фторцирконатом калію та нітридом титану (в)

кількості і подрібнення інтерметалідів. Морфологія на більш округлу, і внаслідок цього знижується негативний вплив кремнію, як концентратора напружень. частинки кремнію змінюється з голчатої та кутастої



ЛИТЕРАТУРА

1. Белов М. В. Об изготовлении слитков из поршневого заэвтектического силумина методом полунепрерывного литья / М. В. Белов, В. Д. Белов, Э. Б. Тэн // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2005. – № 5. – с. 30-33.
2. Структура, свойства и механообрабатываемость заэвтектических силуминов / С. П. Потанин, Б. Н. Брагин, А. В. Гунин, Е. А. Лунев // Литейное производство. – 2002. – № 8. – С. 18-20.
3. Эффективное модифицирование силуминов добавкой церия или комплекса РЗМ / Н. А. Белов, С. В. Савченко, А. В. Хван, А. А. Плаксин // Цветные металлы. – 2007. – № 6 – С. 94-98.
4. Стеценко В. Ю. Активация процессов модифицирования металлов и сплавов / В. Ю. Стеценко, Е. И. Марухович // Литейное производство. – 2006. – № 11 – С. 2-6.
5. Иванченко Д. В. Модифицирование алюминиево-магниевого сплава оксидом и фторидом циркония / Д. В. Иванченко // Там же. – 2004. – № 9 – С. 21-22.
6. Могилатенко В. Г. Модифицирование первичных выделений кремния в заэвтектическом силумине ультрадисперсными нитридами / В. Г. Могилатенко // Процессы литья. – 1993. – № 3. – С. 55-61.

Аннотация

Могилатенко В. Г., Власюк И. А.

Исследование влияния фторцирконата калия и нитрида титана на морфологию кремния в заэвтектическом силумине КС740

Исследовано влияние комплекса фторцирконата калия и мелкодисперсных частиц нитрида титана на микроструктуру заэвтектического сплава алюминия с кремнием. В ходе эксперимента отмечено измельчение как первичного, так и эвтектического кремния и интерметаллидов и изменение их морфологии с игольчатой и угловатой на более округлую. При модифицировании происходит перераспределение количества структурных составляющих, выделяющихся при кристаллизации.

Ключевые слова

заэвтектический силумин, модифицирование, микроструктура, фторцирконат калия, нитрид титана

The effect of K_2ZrF_6 and particles of titanium nitride on the microstructure of hypereutectic aluminum-silicon alloy was researched. The crushing both of primary and eutectic silicon and intermetallic compounds and changing their needle and angular morphology to rounded one are noted. The redistribution of number of structure components released during crystallization is happened under modification.

Оформление рукописи для опубликования в журнале "Металл и литьё Украины":

Материалы для публикации необходимо подавать в формате, поддерживаемом Microsoft Word, размер страницы А4, книжная ориентация, шрифт – Arial, 10, междустрочный интервал – 1,5. Объём статьи – не более 10 стр., рисунков – не более 5.

Рукопись должна содержать:

- УДК;
- фамилии и инициалы всех авторов (на русском, украинском и английском языках);
- название статьи (на русском, украинском и английском языках);
- название учреждения(й), в котором(ых) работает(ют) автор(ы);
- аннотации (на русском, украинском и английском языках);
- ключевые слова (не менее шести) – на русском, украинском и английском языках;
- предлагаемая структура текста (Arial 10, прямой) научной статьи: «Введение», «Материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Выводы».
- таблицы должны иметь порядковый номер (Arial 10, курсив) и заголовок (Arial 10, п/ж), текст в таблице (Arial 9, прямой), примечания к таблицам размещаются непосредственно под таблицей (Arial 8, курсивом).
- формулы (Arial 11, русские символы – прямым, английские – курсивом, греческие – Symbol 12, прямым) должны иметь порядковый номер (Arial 10, прямой);
- рисунки, схемы, диаграммы и другие графические материалы должны быть чёрно-белыми, чёткими, контрастными, обязательно иметь номер и подрисуночную подпись (Arial 9, прямой); все громоздкие надписи на рисунке следует заменять цифровыми или буквенными обозначениями, объяснение которых необходимо выносить в подрисуночную подпись;
- список литературы (Arial 9);
- ссылки нумеруются в порядке их упоминания в тексте, где они обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках (например - [1]).