

Встановлено, що одержана при такому модифікуванні структура сталей характеризується суттєвим подрібненням зерна у 2-2,5 рази, підвищенням характеристик дендритної будови – щільністю і дисперсністю відповідно на 15-40 % і 20-35 % залежно від хімічного складу сталей. За умов спадкового модифікування дисперсно-структурованими добавками сталей закономірно підвищуються характеристика міцності на 20-40 % при одночасному підвищенні показників пластичності і ударної в'язкості у 1,5-2 рази.

Показано, що закладені при швидкісній кристалізації, гарячій деформації і зміцнюючій термічній обробці фазово-структурні особливості сталей зумовлюють збереження в розплаві структур ближнього порядку, що забезпечує реалізацію механізму спадкового модифікування.

УДК 669.017.12/15:621.745.56:537.84

**А. В. Косинская, В. А. Середенко, Е. В. Середенко, Ж. Д. Богатырёва**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

### **СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ Al МОДИФИЦИРОВАННОГО Ti и Zr, ЗАЛИТОГО В КОКИЛЬ ПРИ НАЛОЖЕНИИ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ**

Среди современных способов воздействия на кристаллизующиеся алюминиевые сплавы с целью изменения дисперсности фаз применяются методы модифицирования. Требуемое структурное состояние может достигаться за счёт введённых в сплав специальных добавок или применения различного рода физических способов модифицирования. В группу наиболее распространенных легирующих переходных металлов являющихся модификаторами структуры алюминиевых сплавов, входят Ti и Zr. Имеются сведения о том, что совместное введение Ti и Zr оказывает положительное влияние на прочностные и пластические свойства алюминиевых сплавов. Одним из способов физического модифицирования является действие слабых постоянных магнитных полей, что экологически безопасно и не требует дополнительных энергозатрат и электрооборудования при работе с постоянным магнитом. Установлено, что постоянное магнитное поле действует на жидкие бинарные сплавы Al - Ti и Al - Zr при заливке благодаря перераспределению энергии в потоке расплава и вихревых образованиях, чем усиливает действие модифицирующих добавок Ti и Zr.

Целью данной работы было исследование совместного влияния малых добавок Ti и Zr, а так же слабого магнитного поля на структурообразование алюминия при его заливке и охлаждении в кокиле. При проведении экспериментов использовали постоянный магнит с горизонтально направленным магнитным полем с индукцией (В) 0,25 Тл. Шихтовыми материалами для получения сплава служили алюминий технической чистоты (А6) и соответствующие двойные лигатуры. Отливки из исследуемых сплавов имели массу 0,11 – 0,13 кг. Выплавку осуществляли в печи электросопротивления в графитовых тиглях. После расплавления, стабилизации температуры, выдержки при 860<sup>0</sup>С расплавы из одного ковша заливали в две графитовые формы идентичной модификации и размеров при их температуре 18-22<sup>0</sup>С. Одну из форм перед заливкой устанавливали в зазор постоянного магнита. Другая форма заливалась без нало-

жения поля. Отливки имели диаметр 25 мм, высоту - 50 мм.

В таблице представлены характеристики полученных образцов сплавов с до-, перитектическим и заперитектическим содержанием Ti и Zr.

#### Характеристика сплавов Al - Ti – Zr

Состав сплава по содержанию Ti и Zr, % мас.					
Тип сплава		близкий к перитектическому	заперитектический Ti		
			доперитектический Zr	заперитектический Zr	
Содержание элементов					
Ti		0,069 – 0,076	0,150 – 0,180	0,290-0,340	0,380-0,400
Zr		0,050 – 0,069	0,008 – 0,110	0,046-0,047	0,160-0,170
Размер зерна α-твёрдого раствора Al, мкм					
В,	0	10 - 12	2 - 5	20 - 70	10 - 20
Тл	0,25	5 - 7	2 - 5	10 - 20	5 - 20
Микротвёрдость α-твёрдого раствора Al, кг/мм <sup>2</sup>					
В,	0	14,0	15,5	16,1	16,9
Тл	0,25	15,7	17,3	18,4	18,6

Как следует из таблицы, минимальный размер зёрен α-твёрдого раствора Al достигался при близком к перитектическому содержанию Ti и Zr. Повышение его концентрации до заперитектической вызвало резкий рост зерна. Добавка Zr в количестве ~ 0,2 % мас. уменьшила этот рост. Магнитное поле усилило измельчение зерна в сплавах с до- и заперитектическим содержанием Ti и Zr.

С увеличением суммарного количества добавок росла микротвёрдость  $\alpha$ -твёрдого раствора Al, повышающаяся в магнитном поле. Поле действовало на данную характеристику аналогично повышению суммарного количества добавок на 0,1-0,2 % мас. Установлено, что в сплавах, с наименьшим количеством Ti образовались интерметаллиды минимальной длины – 1 – 5 мкм. В остальных исследованных сплавах такие включения были значительно длиннее – 5 – 20 мкм. Без воздействия поля структура показывала общую ориентировку интерметаллидов по направлению теплоотода. Интерметаллиды образовывали скопления и не формировали чётко ориентированных строчек. При максимальном содержании Ti и минимальном Zr в структуре дополнительно возникли тонковолокнистые включения интерметаллидов. Параллельные строчки интерметаллидов образовывались у сплавов с составами близкими к перитектическому. Под воздействием поля указанные включения были сориентированы в одном направлении, не совпадавшем с теплоотводом.

Таким образом, магнитное поле усилило действие модификаторов, особенно при минимальных их содержаниях и повлияло на макроструктуру.

УДК 621.785.53

**К.О. Костик, В.О. Костик**

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

## **АЗОТУВАННЯ ЛЕГОВАНОЇ СТАЛІ У ГАЗОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

У зв'язку з прискореним розвитком техніки вкрай актуальними стали питання підвищення надійності і довговічності деталей машин, приладів, підвищення їхньої якості й ефективності роботи, а також, питання економії металів, боротьби з корозією і зносом деталей машин. Рішення цих проблем, насамперед, зв'язано зі зміцненням поверхневих шарів виробів. Роль їх у довговічності машин і механізмів, приладів та ін. особливо зросла в даний час, тому що розвиток більшості галузей промисловості (авіаційна, ракетна, теплоенергетика, атомна енергетика, радіоелектроніка) зв'язано з підвищенням навантажень, температур, агресивності середовищ, у яких працює деталь.

Змінити властивості поверхні в необхідному напрямку можна різними способами. Відомо чимало способів ХТО, таких як насичення в порошковому середовищі, в рідині, газовий спосіб та насичення в вакуумі. Унікальний комплекс властивостей сталевих виробів досягається азотуванням, що полягає в насиченні поверхневого шару сталі азотом при нагріванні у