

пов'язаний зі зміною гідродинамічного стану в рідкій ванні кристалізатора під впливом примусових конвективних потоків. Тому деякою мірою перераховані вище негативні явища можливо послабити або ж навіть повністю нівелювати застосуванням ЕМП, зокрема, за рахунок забезпечення формування висхідних потоків уздовж фронту твердіння або створенням обертового руху розплаву в горизонтальній площині кристалізатора. Оскільки максимальні температури рідкої сталі утримуються у верхній частині кристалізатора на рівні меніска, для забезпечення ефективного тепловідводу з урахуванням температурно-часових параметрів заповнення кристалізатора можна регулювати висоту встановлення ЕМП уздовж вертикальної осі кристалізатора, а також пов'язані з цим режими його роботи.

УДК 621.74:669.04

О. М. Смірнов¹, С.В. Семірягін², Ю. П. Скоробагатько¹, А. Ю. Семенко¹, М. С. Горюк¹, А. О. Горшков¹, Ю.Ю. Куліш¹, Є.О. Карпухін¹

¹Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ

²ТОВ НВП «Дніпроенергосталь», м. Запоріжжя

e-mail: yulka.ukr@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ ЗОВНІШНІХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВПЛИВІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ СИСТЕМИ Al-Zn-Mg

Розвиток високотехнологічної техніки та зростаюча потреба у нових функціональних литих матеріалах з суттєво покращеною структурою і кардинально підвищеними, у т. ч. особливими, властивостями сприяє створенню нових технологій їх одержання. Застосування традиційних науково технічних рішень для вирішення цих проблем призвело до того, що досягнутий рівень властивостей існуючих металевих матеріалів такого призначення у кілька (а іноді – й у кілька десятків) разів менший за теоретично можливі показники.

Сучасна наука розглядає всі металеві розплави як сукупність динамічних мікрогруповань (кластерів), склад і розміри котрих визначаються взаємодією компонентів сплаву на макрорівні, температурою розплаву та зовнішніми факторами [3, 4]. Крім того, припускають існування квазімолекулярних комплексів, які мають міцні внутрішні

та послаблені зовнішні зв'язки [5]. Така гіпотеза знаходить своє підтвердження в різних основних фізичних властивостях розплаву (густина, поверхнева енергія, електропровідність) одного хімічного складу, але приготовленого при різних умовах. Тому будова розплаву обумовлює певну поведінку його складових не тільки в рідкому стані, але і при кристалізації, частково визначає характер та інтенсивність гідродинамічних потоків в об'ємі заготовки, що твердне, зародження включень, ріст кристалів, дифузію елементів, домішок і інше, і як наслідок може визначати рівень властивостей сплаву в твердому стані.

Для впливу на такі рідкометалеві системи з метою покращення якості металопродукції застосовують різні методи фізико-хімічної обробки. При цьому в якості дієвих чинників застосовують не лише спеціальні методи позапічної обробки металевих розплавів, але й спосіб отримання литої заготовки, наприклад, лиття в металеву форму як один із ефективних варіантів прискорення охолодження зливка, що забезпечує подрібнення структури і зростання властивостей.

В основі представленої роботи лежить комплексне використання зовнішніх енергетичних впливів (схрещених електромагнітних полів та ініційованих ними керованих магнітогідродинамічних течій) на рідкометалеві системи при їх електрофізичній термосилової обробці, введенні до них металевих і неметалевих добавок, приведення матричного розплаву до рівноважного мікрооднорідного стану, забезпечення протікання фізико-хімічних та міжфазних взаємодій.

В якості багатофункціонального агрегату, в якому здійснювався запропонований спосіб обробки розплаву, обрано магнітодинамічну установку (МДУ) моделі МДН-6А з місткістю тигля до 250 кг алюмінієвого розплаву та електричною потужністю до 40 кВт. Обраний агрегат здатен забезпечити накопичення розплаву, його тривале зберігання, регульований індукційний нагрів, усереднення хімічного складу та температури за рахунок контрольованого електромагнітного перемішування, проведення підготовчих операцій, зокрема, рафінування рідкого сплаву від водню (шляхом продування аргоном) та неметалевих включень (шляхом багаторазової фільтрації струмонесучого рідкого металу через пінокерамічний фільтр), МГД-термосилову обробку розплаву та його подальше кероване електромагнітне розливання, у т. ч. з використанням дії електромагнітного тиску на утворюваний вилівок.

В якості досліджуваного розплаву використовували алюмінієвий сплав системи Al-Zn-Mg марки АЦ4Мг (0,3% Si, 0,5% Fe, 0,3% Cu, 0,2-0,5% Mn, 1,5-2,0% Mg, 3,5-4,5% Zn, Al – решта). Властивості сплаву АЦ4Мг, у т. ч. механічні, залежать від складу, вмісту домішок, способу лиття, одержаної структури, і коливаються у певному діапазоні.

Дослідження структури сплавів проводили на світловому металографічному мікроскопі НЕОРНОТ 32 при збільшеннях до $\times 500$ разів без використання імерсійного мастила. Травлення металографічних шліфів проводили в 0,1% розчині Na(OH) у воді (за кімнатної температури, витримка 10 хв., промивка в струмені води, висушка теплим повітрям).

Отримані результати металографічного аналізу та механічних властивостей дозволяють зробити наступні висновки:

1. Форма, розміри та розподіл по усьому об'єму сплаву АЦ4Мг первинних дендритів твердого розчину на основі алюмінію дозволяють стверджувати, що проведена МГД-обробка призводить до формування більш рівновісних і дисперсних дендритів, ніж у вихідному стані (без обробки).

2. У всіх досліджених зразках сплаву евтектична складова структури є виродженою: кристали алюмінію кристалізуються на поверхні первинних дендритів, а кристали сполуки Mg_2Zn кристалізуються незалежно, в переохолодженому розплаві, у вигляді плоских кристалів. Вочевидь це є наслідком проведеної МГД-обробки.

3. У всіх досліджених зразках при литті в металевий кокіль під час кристалізації формується коміркова структура. Межі комірок декоровані світлою складовою (після травлення), яка, ймовірно, є локальною областю з підвищеною концентрацією домішок або легуючих компонентів.

4. При деяких режимах МГД-обробки в структурі сплаву з'являються високодисперсні (8 мкм) кристали правильної прямокутної форми (в об'ємах тетрагональної форми), рівномірно розповсюджені по усьому об'єму сплаву, що відкриває можливість підвищення характеристик міцності вихідного стану сплаву АЦ4Мг. Найбільше значення σ_b (279,4 МПа) перевищує верхню межу міцності сплаву АЦ4Мг за стандартом (265 МПа).

5. Проведена МГД-обробка рідкого стану сплаву АЦ4Мг суттєво впливає на його структурні складові після кристалізації, що відкриває перспективу прогнозованого регулювання характеристик міцності та пластичності з метою створення виливків підвищеної надійності у виробках авіа- та космічного будування, автомобільної та інших видів промисловості, які широко використовують сплав АЦ4Мг.