

УДК 621.74.669.721

Уланов С.О.¹, Шаломсєв В.В.², Шаломсєв А.В.²

¹доц. НУ «Запорізька політехніка»

²асп. НУ «Запорізька політехніка»

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОЯКІСНОГО АВІАЦІЙНОГО ЛИТВА З МАГНІЄВИХ СПЛАВІВ

Застосування сплавів з низькою питомою вагою представляє великий практичний інтерес для вітчизняного авіаційного машинобудування, де крім певних вимог до конструкцій та агрегатів, висуваються особливі вимоги щодо зменшення маси деталей різних типів літальних апаратів. Зважаючи на те, що магнієві сплави в 1,5 рази легші за алюмінієві сплави, у 4 рази легші за чавун і сталь, їх застосування, особливо у фасонному литті, дає зниження вагових характеристик виробу на 25-30% [1]. Тому, використання сплавів на основі магнію для авіаційного машинобудування є дуже перспективним.

При виробництві магнієвих сплавів відбуваються складні процеси взаємодії між матеріалами шихти та легуючими компонентами сплаву, флюсами, захисними середовищами та модифікаторами. Тому роль технологічних факторів при плавлі та заливанні магнієвих сплавів є вирішальною.

Рафінування магнієвих сплавів здійснюється за допомогою флюсів, що являють собою різні суміші хлористих та фтористих солей. Їх дія обумовлена обволіканням частинок, що видаляються, розплавом хлористих солей, в той же час змочуваність флюсом розплаву повинна бути мінімальною, щоб забезпечити його повне відділення від рідкого сплаву при кристалізації. Тому підбір складу флюсу необхідно здійснювати в залежності від складу сплаву та способу виплавки.

Для отримання щільних виливків та зменшення їх мікропористості необхідно проводити дегазацію магнієвих сплавів шляхом обробки розплаву нейтральними газами, а також вистоювання його перед розливанням.

Одним із шляхів покращення якості виливків та підвищення їх механічних властивостей є модифікування розплаву перед заливкою у форму або в процесі кристалізації.

В основі різних магнієвих сплавів лежать певні системи, кожна з яких характеризується величиною зерна, структурою та має різну здатність до модифікування. Тому до кожної із систем повинні застосовуватися свої раціональні способи подрібнення зерна, що визначаються природою сплавів, характером взаємодії легуючих компонентів сплаву та їх домішок з модифікаторами.

Усі методи подрібнення зерна магнієвих сплавів можна розбити на дві групи – фізичні та металургійні [2]. Фізичні методи подрібнення структури пов'язані з динамічними впливами на розплав у його кристалізації. Ультразвукові коливання розплаву, що твердіє, здатні збільшити частоту утворення зародків. Застосування електричних та електромагнітних полів сприяє збільшенню швидкості зародження нових кристалів. Перевагою фізичних методів модифікування є можливість їх застосування в процесі лиття без додаткової витрати часу.

Серед відомих методів подрібнення магнієвих сплавів необхідно відзначити індукційне та електромагнітне перемішування та ультразвукову обробку, які знаходять застосування у виробництві магнієвих виливків. Вплив цих методів полягає у перемішуванні розплаву з різною витратою енергії та ступенем інтенсивності. Перемішування досягається за допомогою дорогих механічних, електромагнітних та ультразвукових пристроїв, що не завжди буває економічно виправданим.

Найбільш перспективними є металургійні методи модифікування магнієвих сплавів, засновані на дії малих кількостей добавок, що модифікують, і вводяться в розплав у процесі приготування сплавів. Роль зародків виконують частинки речовини, кристалічна ґратка якого сполучається з кристалічною ґраткою фази, що кристалізується на них. До металургійних методів модифікування магнієвих сплавів відносяться перегрів розплаву, обробка його вуглецевими речовинами та обробка розплаву добавками, що викликають утворення тугоплавких сполук [3].

Головним процесом при твердінні литих заготовок є кристалізація розплаву. Саме цей процес багато в чому визначає рівень технологічних та експлуатаційних властивостей литого металу. Кристалізація металів і сплавів завжди відбувається з утворенням дендритної структури. Найважливішою характеристикою дендритної структури, що утворюється, є величина дендритного осередку. Загальною закономірністю дендритної кристалізації та структури є зворотний зв'язок між розміром дендритного осередку та швидкістю охолодження. Це виявляється у тому, що подрібнення дендритного осередку підвищує міцність і пластичність сплавів у литому стані. Необхідною умовою

початку процесу кристалізації є певний ступінь переохолодження розплаву. Від її величини залежать кінетика процесу і структура твердої фази, що утворюється. На неї впливають кілька факторів – швидкість фазового переходу, хімічний склад сплаву, розподіл температур у рідкій та твердих фазах, кристалографічна орієнтація зростаючої поверхні. Зміна вільної енергії розплаву при його затвердінні визначається термодинамічними методами. Розплав набуває поверхню, що відокремлює його від інших речовин. Утворюються неперіодичні структури, що є продуктами процесу затвердіння: виникають окремі дефекти та впорядковані дислокації, що утворюють мозаїчну структуру. Взаємодія рідкої та твердої фаз здійснюється через внутрішні поверхні розділу – межі фаз, зерен та дислокацій, як області з підвищеною енергією. Для отримання однорідної за щільністю та хімічним складом виливки, зазвичай керують технологічними параметрами – відведенням тепла, температурою та швидкістю розливання.

Фінішним етапом поліпшення магнієвих сплавів є термічна обробка, яка проводиться, як для зняття внутрішніх напруг (T2 – відпал), так і підвищення механічних властивостей (T1 – старіння, T4 – загартування, T6 – загартування + старіння). Основне призначення термічної обробки, що зміцнює, полягає у створенні гетерогенної структури з високодисперсними виділеннями зміцнюючої фази, яка є визначальною в експлуатації сплавів при підвищених робочих температурах.

Дисперсійне зміцнення магнієвих сплавів досягається в більшості випадків в результаті старіння, заснованого на гомогенізації та загартуванні з області твердого розчину з подальшою високотемпературною відпусткою, що призводить до розпаду пересиченого твердого розчину з виділенням частинок, що блокують ковзання дислокацій і підвищують межу текучості.

Таким чином, поліпшення магнієвих сплавів, що включає раціональне легування і модифікування, застосування правильно підібраних технологічних операцій плавки, заливання магнієвих виливків, розробки раціональних режимів їх кристалізації і термічної обробки, забезпечує істотне підвищення механічних і експлуатаційних властивостей цих сплавів. Це дозволяє магнієвим сплавам конкурувати з іншими сплавами і суттєво розширити сферу їх застосування в авіації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dziubinska A. Review of Magnesium Wheel Types and Methods of Their Manufacture / A. Dziubinska, E. Siemionek, Piotr Surdacki P, M. Kulisz, B. Koczurkiewicz // *Materials*. – 2024. – № 17 (3). – P. 584.
2. Sun Ming Recent Advances in the Grain Refinement Effects of Zr on Mg Alloys: A Review / Ming Sun, Depeng Yang, Yu Zhang, Lin Mao, Xikuo Li, Song Pang // *Metals*. – 2022. – № 12 (8). – P. 1388.

3. Wu Tao Corrosion and Protection of Magnesium Alloys: Recent Advances and Future Perspectives / Tao Wu, Kemin Zhang // *Coatings*. – 2023. – № 13 (9). – P. 1533.