

Фон Прусс М.А.
(ФТІМС НАН України, Київ)
СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ МОДИФІКОВАНИХ ВТОРИННИХ
СИЛУМІНІВ

E-mail: m.fonpruss@gmail.com

Сучасні виробничі та технологічні процеси неперервно розвиваються, вимагаючи постійного удосконалення матеріалів, які використовуються у різноманітних галузях промисловості. Особливо велике значення має пошук та створення матеріалів з покращеними фізико-механічними властивостями, що забезпечують оптимальну ефективність в різних умовах експлуатації. Одним із напрямів цього пошуку є розробка модифікованих вторинних силумінів, які представляють собою сплави алюмінію з додаванням нікелю та кобальту, а також застосування електромагнітної обробки як ефективного методу впливу на структурно-фазовий стан матеріалу. Для алюмінієвих сплавів ця стратегія дозволяє досягти більшого контролю над розміром, морфологією та розподілом структурних складових у матеріалі, що, в свою чергу, суттєво впливає на властивості силумінів для досягнення оптимальних технологічних та механічних характеристик. Крім позитивного впливу на властивості металу, спостерігається також підвищення якості виливків, що виражається в усуненні ряду дефектів усадкового характеру.

Залізовмісні фази грають ключову роль у структуроутворенні модифікованих вторинних силумінів. Розподіл цих фаз у матеріалі, їхні взаємодії та концентрація мають вплив на процеси кристалізації та фазовий склад сплаву. У даній роботі основний акцент було зроблено на методи та способи їх нейтралізації, які мають на меті не лише зменшення вмісту заліза, але і управління його впливом на властивості силуміну.

Модифікування сприяє зміні морфології залізовмісних фаз у вторинних силумінах при певному вмісті та типу модифікаторів у розплаві, які або зв'яжуть залізо у менш шкідливі фази, або підсилять дію марганцю. Нікель та кобальт як модифікатори утворюють залізовмісні фази більш сприятливої розгалуженої морфології Al_9FeNi та $Al_{15}(Fe,Co)_4Si_2$ відповідно [1]. Окрім цього, атоми нікелю і

кобальту можуть заміщати один одного в кристалічній ґратці. Це вказує на можливу синергетичну дію. Нікель та кобальт можуть бути корисними у магнітній обробці, оскільки їхня феромагнітність дозволяє їм реагувати на магнітне поле. Зазвичай вони використовуються як вторинні джерела магнітного поля за рахунок утворення власного магнітного поля.

Серед найбільш універсальних і технологічно прийнятних методів обробки розплаву фізичним впливом можна виділити електромагнітну обробку. Через активний конвективний потік розплаву у формі відбувається постійний та однорідний теплоперенос за рахунок переносу маси. В результаті цього порушується традиційний механізм формування кристалізаційного фронту, що рухається від стінок форми до центру виливка. Сам процес кристалізації відбувається миттєво та одночасно.

За основу переважної кількості модельних ливарних композицій була прийнята матрична система Al-Si-Cu. При визначенні впливу змінного електромагнітного поля було необхідно забезпечити високу тривалість обробки, тому маса розплаву складала близько 2 кг. Сплав АК5М2 є дуже дешевим та недефіцитним силуміном, тому його і було обрано для даного етапу досліджень (хімічний склад наведено в табл. 1).

Таблиця 1 – Хімічний склад сплаву АК5М2 у вихідному стані (1), після модифікування та накладання змінного магнітного поля (2)

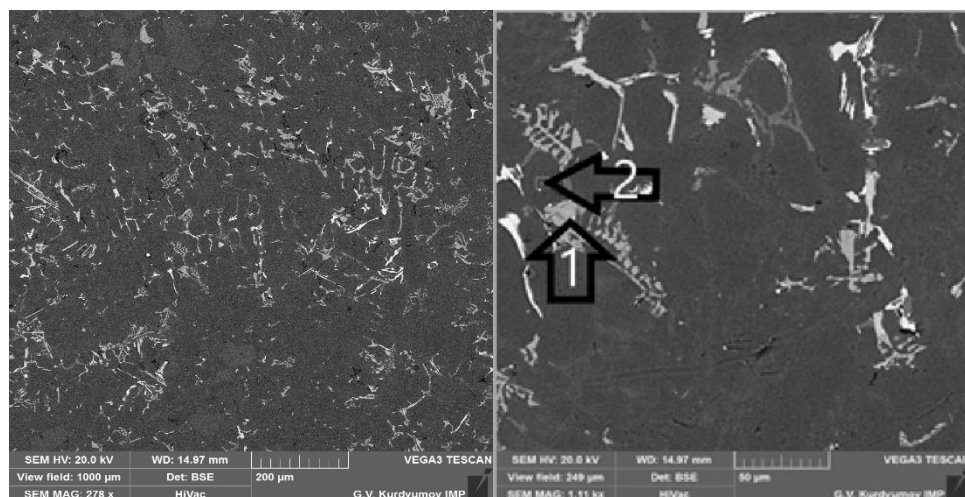
Маркування зразків		Вміст елементів, % мас., Al – основа								
		Si	Cu	Fe	Mn	Ni	Ti	Mg	Zn	Co
АК5М2	ДСТУ 2839-94	4-6	1,5-3,5	0,8-1,3	0,2-0,8	до 0,3	0,05-0,2	0,2-0,8	до 1,5	–
	1	6,13	2,23	1,43	0,51	0,15	0,008	0,65	0,612	1,21
	2	5,78	1,63	2,34	0,58	0,5	0,005	0,27	0,56	0,25

Дослідні плавки проводили в лабораторній шахтній печі опору СШОЛ-1.1,6/12. Шихту плавили в графітошамотному тиглі при температурі 800 ± 10 °С з витримкою 5 хвилин. Розплав рафінували сольовим флюсом із

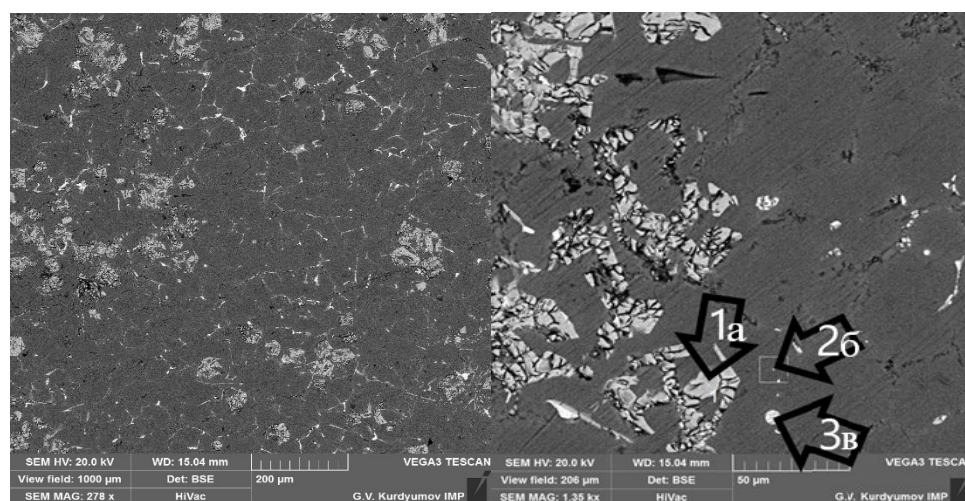
складом 47,5 % NaCl, 47,5 % KCl та 5 % NaF (% мас.) та витримували 7 хвилин. При модифікуванні сплаву застосовували лігатури Al-5Co, Al-20Ni та витримували 5 хвилин. Вибрані модифікатори додавалися в кількості до 0,5 % мас. Далі розплав підстужували до 750 ± 10 °C, витримували ще 5 хвилин і заливали в графітовий кристалізатор діаметром $\varnothing$ 70 мм і висотою 250 мм. Товщина стінок кристалізатора дорівнювала 30 мм і забезпечувала повільний тепловідвід. Отримані циліндричні виливки мали висоту 170-200 мм і масу $\sim$ 400 г. Графітовий кристалізатор розміщували всередині спеціальної системи для накладення електромагнітного поля. Процес накладання електромагнітного поля починався впродовж перших 10-15 секунд після наповнення кристалізатора та тривав до повної кристалізації металу. У цей період силові лінії поля були орієнтовані від стінок до центру кристалізатора.

Структура вихідного сплаву до впливу на нього електромагнітного поля, проаналізованої методом SEM та EDX-mapping, є контрастною, яка характеризується наявністю крупних вкраплень до 100 мкм, розташованих рівномірно по об'єму (рис. 1). Мікроструктура після накладання електромагнітного поля сильно відрізняється від вихідної. Вона більш нерівномірна: видно хаотично згруповані структурні складові, що мають великі розміри більше 100 мкм. Також можна відзначити наявність мікроскопічних пор, скоріш за все газового походження, що пояснюється рухом розплаву під час обробки.

Згідно локального хімічного аналізу, в структурі вихідного сплаву присутні залізовмісні фази, до складу яких увійшли нікель та кобальт (табл. 2, точки 1 та 1 а). Це говорить про їх модифікувальну здатність. У вихідному зразку нікель був присутній у більшій кількості у складі залізовмісної фази, ніж кобальт. Проте після електромагнітної обробки спостерігається зворотний ефект. Вміст заліза у залізовмісних фазах за локальним хімічним аналізом становить 20-30 % мас., що каже про голкоподібну морфологію цих фаз. Розміри цих фаз у обох зразках знаходяться в межах 50-60 мкм.



а



б

Рис. 1. Мікроструктура вихідного сплаву АК5М2 (а) та після накладання електромагнітного поля (б)

Таблиця 2 – Локальний хімічний склад досліджуваних зразків після впливу електромагнітного поля

Назва сплаву	Точка	Хімічний склад, % мас., Al – основа					
		Si	Cu	Fe	Mn	Ni	Co
Вихідний АК5М2	1	5,9	4,75	21,99	6,27	5,05	1,29
	2	0,91	0,72	0,01	0,04	–	0,01
АК5М2 після обробки	1а	5,52	1,15	29,56	5,10	0,12	0,47
	2б	0,86	0,35	–	0,02	–	0,02
	3в	2,72	36,89	0,21	–	2,91	0,01

Було встановлено, що магнітна обробка змінним полем вплинула несприятливим чином. Структура сплаву після обробки характеризується згрупованістю та хаотичністю розташування структурних складових по усьому об'єму сплаву.

Література:

1. Mondolfo L. F. Aluminium alloys. Structure and properties. Butterworth, 1976. – 640 p.

Хворостяний В.В.
(ІПМ ім. Г.С. Писаренка НАН України, Київ)
**ОЦІНКА МЕХАНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ
З БАГАТОШАРОВОГО СКЛА З УДАРНИМИ ПОШКОДЖЕННЯМИ
МЕТОДОМ СТАТИЧНОГО ПРОДАВЛЮВАННЯ ПУАНСОНОМ**
E-mail: plt2002@ukr.net

Складною та недостатньо дослідженою є проблема визначення масштабного ефекту міцності композитних ламінованих блоків з крихких матеріалів, оцінка їх механічного стану з урахуванням особливостей порушеної структури після локальних ударних навантажень з використанням різних типів ударників, визначення характеристик залишкової міцності та жорсткості, що описуються поняттями «post-failure strength» та «post-failure rigidity», важливих для забезпечення належної закритичної механічної поведінки елементів конструкцій броньованого скління фортифікаційних споруд, військової та спеціальної техніки, авіаційного та будівельного скла.

Вирішенню актуальних практичних задач цього напрямку досліджень присвячені роботи з розвитку та вдосконалення експериментально-розрахункових підходів, у яких враховуються технологічні та експлуатаційні фактори, рівень початкової дефектності, вплив набутої пошкоджуваності для гарантування