

УДК 669.11/15:621.74.045.072.2

І. А. Небожак¹, В. Г. Новицький¹, О. В. Дерев'янку², О.А. Каранда

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

²Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України, Київ

nebozhak@ukr.net

**ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ЗАЛИВАННЯ ТА ВМІСТУ ІНТЕРМЕТАЛІДУ FeCr
У «ТІЛІ» ДИСПЕРСНО-НАПОВНЕНОЇ МОДЕЛІ, ЩО ГАЗИФІКУЄТЬСЯ,
НА МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НУЛЬМІРНОГО ЛКМ СИСТЕМИ [Al – FeCr]**

У багатьох галузях народного господарства, зокрема у машинобудівному секторі економіки, для реалізації сучасних технологічних процесів часто потрібні вироби із металів і сплавів на їх основі із високими фізико-механічними, спеціальними, технологічними й службовими властивостями. Це зумовлено, перш за все, умовами експлуатації деталі, її собівартістю та цілою низкою інших чинників.

Al-сплави набули широкого розповсюдження практично в усіх галузях народного господарства [1], про що докладно йтиметься далі. Це стало можливим завдяки вдалому поєднанню їх високої питомої міцності із гарними технологічними й ливарними характеристиками [2]. Проте, низькі твердість та зносостійкість Al-сплавів обмежують їх використання у техніці для виготовлення деталей, які працюють у вузлах тертя й умовах абразивного зношування [1–3]. На сьогоднішній день відомо ряд технологічних методів і прийомів покращення Al-сплавів, зокрема ливарних [1], серед яких центральне місце займає їх армування або ж композиційне зміцнення [2–5].

Нагальні потреби промислового виробництва та стрімка динаміка науково-технічного прогресу визначають пріоритетні напрямки застосування композиційних матеріалів (КМ) на металічній основі. Відомості про використання дисперсно-зміцнених Al-матричних КМ у вітчизняних й зарубіжних розробках, аналіз науково-технічної та патентної літератури показують, що на сьогоднішній день накопичено чималий досвід використання КМ систем «Al-сплави – тугоплавкі, жароміцні, тверді частки» у тепло-, триботехніці та інших галузях. Розробка Al-матричних КМ зіграла ключову роль в авіації й ракетобудуванні (обшивки, лонжерони, панелі, тощо). У космічній техніці ці матеріали застосовують для виготовлення вузлів силових конструкцій, які нагріваються в процесі експлуатації. В автомобілебудуванні їх використовують для полегшення кузовів, рам, бамперів та інших деталей. У цивільному буді-

вництві це прольоти мостів, елементи збірних конструкцій висотних споруд й таке інше. Наповнювач у вигляді підсилюючих елементів в об'ємі КМ розподілений рівномірно або ж рівномірно із заданим градієнтом в усьому перерізі Me -матриці. В якості армуючої фази (АФ) застосовують найрізноманітніші компоненти: C , Mo , V , Al_2O_3 , Me_mB_n , Me_mC_n , Me_mN_n , $Me_kC_mN_n$, SiO_2 , тощо. Широкі перспективи відкриваються перед неметалічними безкисневими тугоплавкими сполуками такими як: B_4C , BN , SiC , Si_3N_4 , а також твердими тугоплавкими Al_2O_3 , ZrO_2 та інших Me_mO_n ; $Me^I_mMe^{II}_n$, ситалами, керамікою, тощо [4]. АФ може бути представлена у вигляді листів чи волокон, й у цьому випадку КМ є анізотропним (дво- чи одномірним, відповідно), або ж у вигляді дисперсних часток, і в такому випадку він є ізотропним (нульмірним) [5]. Високодисперсні частки іншого компонента рівномірно розподілені в Al -матриці, внаслідок чого утворюється ізотропна структура, яка ефективно чинить опір пластичній деформації.

Літі композиційні матеріали (ЛКМ), одержані на базі цих сплавів, мають оптимальну мікроструктуру, а також високі твердість та зносостійкість, що детально описано у багатьох наукових працях [2–5]. Проте цього, зазвичай, не досить. У більшості випадків, крім високих твердості та здатності піддослідного матеріалу чинити опір зношуванню, умови експлуатації деталі вимагають від неї ще й високих показників міцності та пластичності.

Оскільки, силумін евтектичного складу марки АК12 ДСТУ 2839:1994 відрізняється високими ливарними й технологічними властивостями, то на основі цього комерційно-доступного сплаву у ФТІМС НАН України були отримані зразки ізотропного (нульмірного) ЛКМ системи $[Al - FeCr]$. Як АФ піддослідного композиту був використаний дисперсний інтерметалід $FeCr$, більш відомий у сплавах системи « $Fe - Cr$ » як σ -фаза, у кількості (табл. 1), яка наведена далі за текстом. Армування ливарного Al -сплаву марки АК12 ДСТУ 2839: 1994 здійснювали із застосуванням дисперсно-наповненої газмоделі (ДНГМ) [6].

Виходячи із цих та інших міркувань, було сформульовано й поставлено мету цієї науково-дослідної роботи (НДР), яка зводилася до того, щоб дослідити (див. табл. 1), у першу чергу, вплив на механічні й триботехнічні властивості нульмірного ЛКМ системи $[Al - FeCr]$ таких важливих технологічних параметрів ЛГМ-процесу як температура матричного розплаву в момент формозаповнення ($T_{зал}$) та вміст σ -фази у «тілі» ДНГМ ($C_{FeCr}^{ГМ}$).

У нашому випадку було зроблено акцент на механічних характеристиках композитних виливків.

Дослідження проводили за оригінальною методикою, запропонованою провідними фахівцями ФТІМС НАН України. Більш детальна інформація щодо застосування, при цьому, обладнання та устаткування достатньою мірою описана у роботі [7].

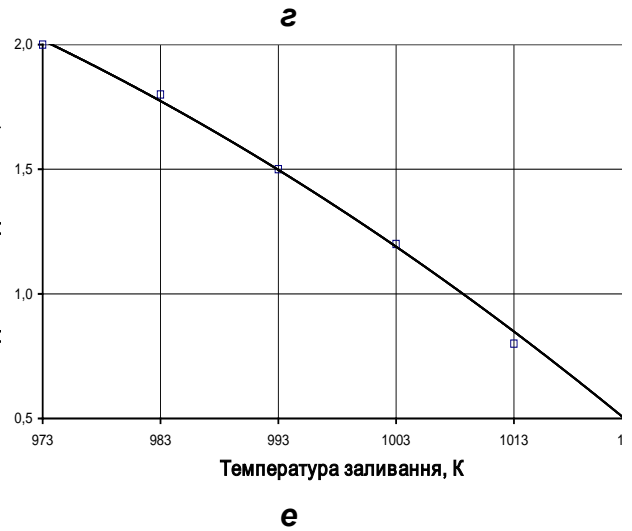
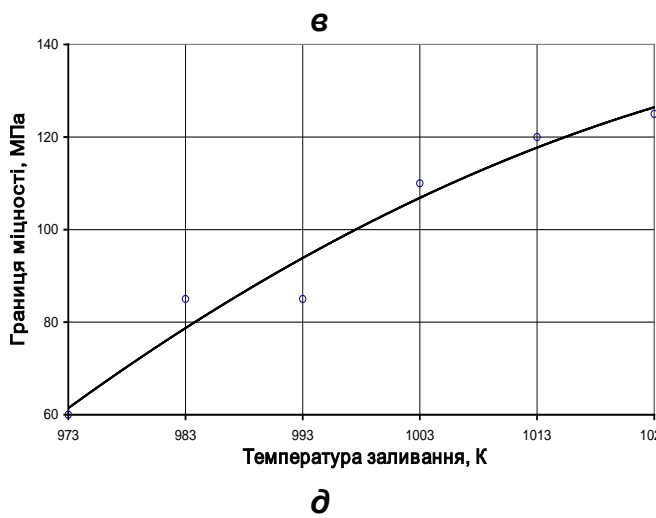
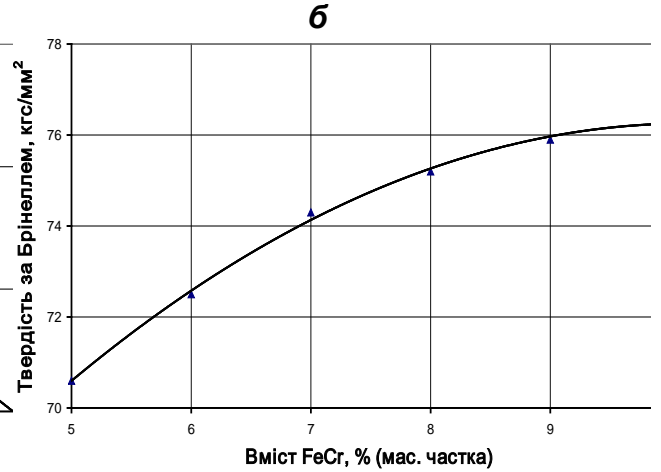
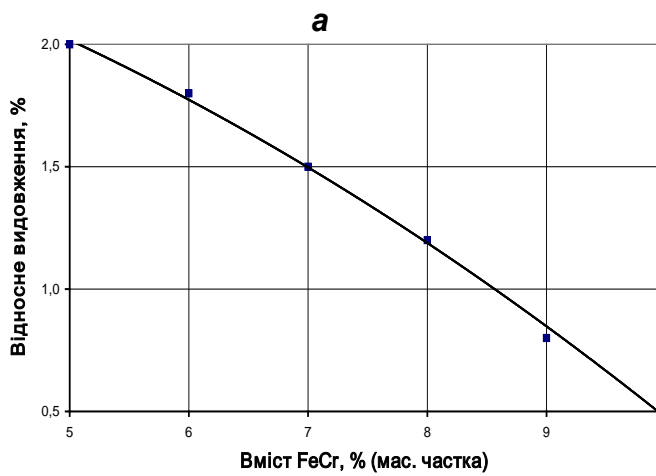
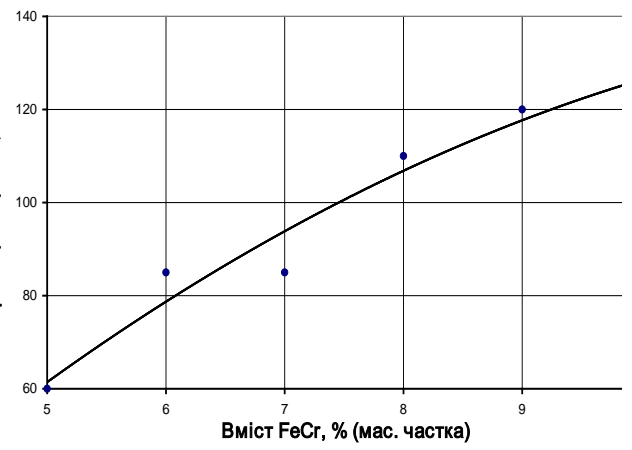
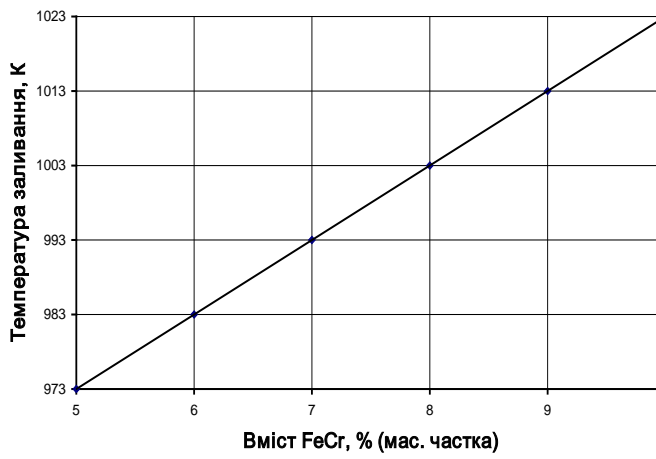
Внаслідок графічної інтерпретації експериментальних даних (див. табл. 1) вдалося

з'ясувати, що температура заливання Al-матричного розплаву до «порожнини» ливарної форми (ЛФ) прямопропорційна вмісту інтерметалідної АФ у «тілі» ДНГМ [рис. 1 (а)], а технологічні параметри ЛГМ-процесу [рис. 1 (б, г, д, е)] покращують механічні властивості нульмірного ЛКМ системи [Al – FeCr]. Відносне видовження піддослідного матеріалу [рис. 1 (в, е)], за таких умов, монотонно зменшується. Усі функціональні співвідношення, крім випадку [рис. 1 (а)], носять поліноміальний характер.

Таблиця 1 – Механічні характеристики та спеціальні властивості нульмірного ЛКМ системи [Al – FeCr]

Ін-декс зра-зка	Незалежні фак-тори		Механічні характе-ристики			Триботехнічні власти-вості		
	$C_{FeCr}^{ГМ}$	$T_{зал}$	σ_e	δ_5	HB	I_q	$I_{КТ}$	f
001	10	1023	125	0,5	76,3	10,3	6,3	1,6
002	09	1013	120	0,8	75,9	12,1	5,7	1,7
003	08	1003	110	1,2	75,2	13,3	5,6	1,8
004	07	0993	085	1,5	74,3	13,8	2,3	2,0
005	06	0983	085	1,8	72,5	15,4	1,7	2,2
006	05	0973	060	2,0	70,6	20,0	0,9	2,4

Примітки: $C_{FeCr}^{ГМ}$ – вміст дисперсної σ -фази у газмоделі, % (мас. частка); $T_{зал}$ – температура заливання, К; σ_e – границя міцності, МПа; δ_5 – відносне видовження, %; HB – твердість за Брінеллем, кгс/мм²; I_q – зношування вилівка, мг/см²·км; $I_{КТ}$ – спрацювання контртіла, мг/см²·км; f – коефіцієнт тертя ковзання



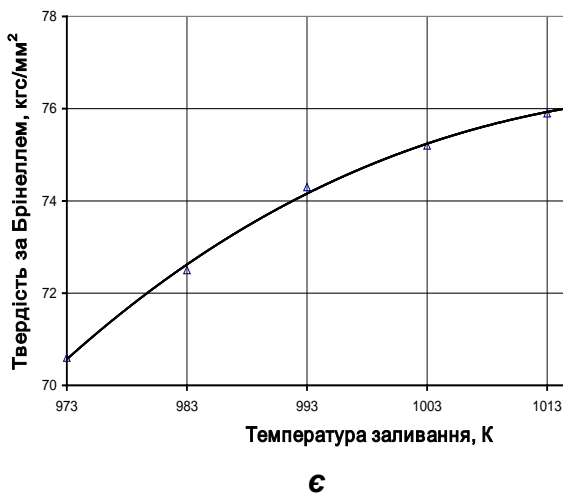


Рисунок 1 – Залежність температури заливання матричного розплаву до «порожнини» ливарної форми від вмісту дисперсної σ -фази у «тілі» газомоделі (а) та вплив технологічних параметрів ЛГМ-процесу [концентрації інтерметалідної армуючої фази (б...е) у «тілі» дисперсно-наповненої моделі, що газифікується, й температури заливання (д...є) силуміну евтектичного скл-аду марки АК12 ДСТУ 2839:1994] на механічні характеристики литих зразків

Такий тип залежностей пояснюється композиційним зміцненням силуміну евтектичного складу марки АК12. Підвищення границі міцності композитного вилівка, у свою чергу, призводить до зменшення його відносного видовження та збільшення твердості. Оскільки, між температурою заливання Me -розплаву до «порожнини» ЛФ та вмістом σ -фази у «тілі» ДНГМ існує функціональний зв'язок, то і впливають вони на тимчасовий опір руйнуванню, відносне видовження й твердість нульмірного ЛКМ системи [Al – FeCr] майже однаково.

Список літератури

1. Цветное литьё: справ. пособ. / Н. М. Галдин и др.; под общ. ред. Н. М. Галдина. Москва: Машиностроение, 1989. 528 с. (Технология литейного производства).
2. Карпов Я. С., Ивановская О. В. Композиционные материалы: компоненты, структура, переработка в изделия. Харьков: Национальный аэрокосмический университет, 2001. 153 с.
3. Затуловський А. С. Литі композиційні матеріали. URL: http://esu.com.ua/search_articles.php?id=55239 (дата звернення: 27.04.2020).
4. Chang W.S. Trialuminide Intermetallic Alloys for Elevated Temperature Applications – Overview. / W.S. Chang, B.C. Muddle. Metal Materbit. 1997. No 3 (1). P. 1–15.
5. Затуловский С.С., Кезик В.Я., Иванова Р.К. Литые композиционные материалы. Киев: Техніка, 1990. 240 с.
6. Небожак І. А., Дерев'янку О. В., Верховлюк А. М., Каніболоцький Д. С. Характер зв'язку армуючої фази з матрицею в литому композиційному матеріалі системи [Al

– FeCr] та механізм процесу армування ливарних Al-сплавів за ЛГМ-процесом. *Метал та лиття України*. 2022. Т. 30, № 4 (331). С. 36–47; режим доступу: <https://doi.org/10.15407/steelcast2022.04.036> (Категорія «Б», DOAJ).

7. Небожак І. А. Інокулювання ливарних сплавів з використанням дисперсно-наповненої моделі, що газифікується: дис. канд. техн. наук: 05.16.04 / НАН України. ФТІМС. Київ, 2024. 303 с.

УДК 621.74:669.715:620.186

А. М. Недужий, А. Г. Вернидуб

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів, Київ
onmlptima@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПЕРЕМІШУВАННЯ ТА ПОДАЛЬШОЇ ІМПУЛЬСНОЇ СИЛОВОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛУ В ТВЕРДО-РІДКОМУ СТАНІ НА ФОРМУВАННЯ ВИЛИВКІВ ІЗ НЕДЕНДРИТНОЮ СТРУКТУРОЮ ПЕРВИННОЇ ФАЗИ ІЗ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ АК7ч

Перемішування рідких та частково закристалізованих алюмінієвих сплавів є одним із найважливіших технологічних заходів для одержання якісної металопродукції з рівномірним хімічним складом та властивостями литого металу. Відомо також, що перемішування твердо-рідких алюмінієвих сплавів сприяє формуванню недендритної структури первинної фази у виливках. Серед значної кількості способів та методів перемішування металів та сплавів механічне перемішування виділяється своєю простотою реалізації. Воно не потребує значних площ в ливарних цехах на підприємствах, а також додаткового устаткування та оснащення. На сьогоднішній день для механічного перемішування алюмінієвих сплавів використовують різні типи мішалок: симетричну лопатеву; дискову; турбінну; якірну; рамну; графітовий циліндричний стержень, який всередині охолоджується повітрям; графітовий ротор-активатор у формі зрізаного конуса; сталевий циліндричний стержень та ін. При цьому відомо також, що імпульсна силова обробка твердо-рідких алюмінієвих сплавів сприяє формуванню дрібнокристалічної структури литого металу. Метою роботи було встановити вплив механічного перемішування термopарою з подальшою імпульсною силовою обробкою твердо-рідкого металу на можливість одержання виливків з недендритною структурою первинної фази із частково закристалізованого алюмінієвого сплаву АК7ч.