

<https://doi.org/10.15407/plit2022.02.007>

УДК 669.715:66.067

В. П. Головаченко, наук. співроб; e-mail: onmliptima@ukr.net

А. Г. Пригунова, д-р техн. наук, зав. відділу; e-mail: adel_nayka@ukr.net;
ORCID: 0000-0001-8030-9160

Л. К. Шеневідько, наук. співроб; e-mail: onmliptima@ukr.net

Н. П. Ісайчева, гол. технолог; e-mail: onmliptima@ukr.net

М. В. Кошелєв, наук. співроб; e-mail: silica-lum@ukr.net.

А. Г. Вернидуб, гол. технолог; e-mail: onmliptima@ukr.net

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України (Київ, Україна)

ОСОБЛИВОСТІ ТИКСОФОРМІНГУ ВИСОКОМІЦНОГО АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ ВАЛ10 В УМОВАХ ІМПУЛЬСНОГО ПРЕСУВАННЯ

Роботою передбачено вивчення можливостей виготовлення якісних різнотовщинних виливків із високоміцного алюмінієвого ливарного сплаву ВАЛ10 (АМ4,5Кд) в екстремальних умовах імпульсного тиксоформінгу. В результаті проведених досліджень визначено особливості тиксоформінгу в процесі виготовлення литих зразків, конструкція яких має теплові вузли, які обумовлюють виникнення гарячих тріщин. Встановлено, що тверда глобулярна фаза металевої суспензії практично не утворює каркасу, що, в свою чергу, забезпечує уникнення утворення гарячих тріщин. Вибір режимів нагрівання заготовок і подальшого їх тиксоформінгу в псевдотвердому стані здійснено за даними диференційного термічного аналізу (ДТА), на підставі побудованої залежності «температура – частка рідкої фази». З використанням ультратонкостінних герметичних форм із алюмінієвої фольги товщиною 300 мкм досліджено особливості формування мікроструктури виливків діаметром 15 мм, отриманих із рідкого стану розплаву ВАЛ10, які гартували у воді. Показано, що температура лиття 700 і 660 °С, швидкість охолодження (3, 1–6,2 °С/с) в поєднанні з одночасним застосуванням роторної обробки алюмінієвого розплаву суттєво впливають на морфологію і розмір дендритів твердого розчину міді в алюмінії (α-фази). Зокрема при температурі лиття 700 °С і швидкості охолодження 6,2 °С/с у виливках формується нетипова для сплаву дендритна структура α-фази. Зменшення швидкості охолодження до 3,1 °С/с в умовах роторної обробки кардинально змінює процес тверднення і призводить до формування глобулярної дрібнокристалічної структури α-фази. В процесі тиксоформінгу температуру прес-форми підтримували на рівні 310–320 °С. При цьому кількість рідкої фази в псевдотвердих заготовках становила 40 %. Швидкість впуску металу в порожнину прес-форми складала близько 50 м/с. Металева суспензія мала високу рідкоплинність і повністю заповнювала порожнину (0,2 мм х 100 мм) по роз'єму прес-форми. Одержані зразки характеризуються відсутністю тріщин, а їх механічні властивості після термічної обробки за режимом Т6 становили: $\sigma_B = 410$ МПа, $\delta = 5$ %.

Ключові слова: високоміцний алюмінієвий сплав ВАЛ10, ультратонкостінна форма, роторна обробка, тиксоформінг, мікроструктура, механічні властивості.

Вступ

Інтенсивний розвиток аерокосмічної, військової техніки, яка працює в екстремальних умовах, потребує високоміцних легких металевих матеріалів, до яких відносяться ливарні алюмінієві сплави системи Al–Cu (AM5, ВАЛ10, ВАЛ14 та їх аналоги В205, В201, В203). Ці сплави чутливі до вмісту основної легуючої добавки – міді. Фазовий склад сплаву ВАЛ10 в литому стані характеризується значною кількістю твердого розчину алюмінію (α -фаза), фази CuAl_2 , що входить до складу евтектики $\alpha + \text{CuAl}_2$, і фази $\text{Al}_{12}\text{Mn}_2\text{Cu}$, а також присутністю окремих пластинчастих частинок фази Al_3Ti [1]. До 1,9 %мас. мідь знаходиться в комірках твердого розчину міді в алюмінії, решта – в міжкристалічному прошарку [2]. Надлишок міді (більше 5,5 %) призводить до надлишкового виділення фази Al_2Cu , що окрихчує сплав при 20 °С, а при підвищених температурах зменшує жароміцність внаслідок розвитку дифузійної пластичності. Разом з тим при вмісті міді нижче 4 %мас. відбувається зниження пластичності при 20 °С [3]. У процесі старіння сплаву утворюється зміцнююча метастабільна θ' -фаза. Стабільність θ' -фази досягають при низьких і високих температурах шляхом легування кадмієм (0,07–0,25 %) та іншими елементами [4].

Відомо, що висока схильність до утворення гарячих тріщин при литті, підвищена чутливість до вмісту водню та супутніх інтерметалевих домішок (особливо заліза) при гарячій деформації значно ускладнюють процеси лиття та деформації високоміцних сплавів. Для нівелювання цих негативних явищ необхідно досягти значного подрібнення зернової структури, аж до недендритної, та її однорідності по всьому об'єму сплаву. Зокрема, у [5] показано, що механічні властивості сплаву типу 1973 після твердо-рідкого деформування не поступаються аналогічним властивостям виробів після стандартного штампування в твердо-рідкому стані при температурі 420 °С, а деформування заготовок з недендритною структурою дозволяє підвищити пластичні властивості сплавів. Згідно з ДСТУ 2839-94 використання сплаву ВАЛ10 для виготовлення фасонних виливків литтям під тиском не передбачено через його схильність до утворення в них гарячих тріщин. Перш за все, це обумовлено високими швидкостями охолодження металу, широким інтервалом кристалізації, великою кількістю крихкої фази CuAl_2 та наявністю теплових вузлів, тверднення яких рознесено в часі.

Попередні дослідження рео-, тиксолиття, кокільного лиття з використанням ротору, що обертається, при обробці порції алюмінієвого розплаву [6–8] дозволяють зі стриманим оптимізмом очікувати, що металева суспензія з недендритною морфологією кристалів твердого розчину алюмінію не створює замкнутого каркасу в двофазній області температур, з яким пов'язана гарячеламність виливків.

Мета роботи – перевірити можливості та вивчити особливості процесу виготовлення якісних різнотовщинних виливків із високоміцного алюмінієвого сплаву ВАЛ10 в екстремальних умовах імпульсного тискоформінгу.

Матеріали та методика експерименту. Хімічний склад дослідного сплаву ВАЛ10 визначали на спектрометрі МФ8. За вмістом хімічних елементів він відповідає вимогам ДСТУ 2839-94 (табл. 1).

Для визначення впливу температури і роторної обробки на мікроструктуру виготовляли зразки діаметром 15 і висотою 120 мм шляхом лиття в ультра-тонкостінні форми із алюмінієвої фольги з подальшим гартуванням форми з розплавом у воді для

Таблиця 1

Хімічний склад дослідного сплаву ВАЛ10

Марка сплаву		Масова частка хімічних елементів, %						
		Mn	Cu	Ti	Cd	Ni	Fe	Al
ВАЛ10	ДСТУ 2839-94	0,35–0,8	4,5–4,9	0,15–0,35	до 0,15	0,07–0,25	до 0,12	основа
	дослідний	0,52	4,51	0,24	0,11	–	0,11	основа

фіксації структурних складових. Аналіз мікроструктури проводили на оптичному мікроскопі МИМ-8М після обробки поверхні шліфа у реактиві Келлера потягом 10–15 с.

Для імпульсного тиксоформінгу сплаву ВАЛ10 виготовляли литі заготовки діаметром 38, висотою 50 мм із застосуванням трьохшарових ультратонкостінних форм із алюмінієвої фольги [6] товщиною 300 мкм. Швидкість охолодження заготовок в атмосферних умовах (на повітрі) у формах з фольги становила 0,31 °C/с. Температуру розплаву в печі підтримували на рівні 800 °C, число обертів за хвилину графітового ротору становило 800. Технологічні режими отримання литих заготовок зі сплаву ВАЛ10 наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Технологічні режими лиття заготовок зі сплаву ВАЛ10

Температура лиття, °C	Температурні параметри роторної обробки розплаву, °C		Зміна температури ротора в процесі обробки розплаву, °C	
	початок	кінець	початкова	кінцева
750	775	750	100	200
700	725	700	100	170
660	685	660	100	160
655	680	655	100	160
657	682	657	100	160

Моделювання процесів тиксоформінгу проводили з використанням лабораторної установки імпульсного пресування, принципова схема якої зображена на рис. 1. Вона включає: направляючу станину 1, в якій кріплять вантаж 2 масою 100 кг з можливістю розміщення його на заданій висоті, прес-форму 3, з'єднану ливником 4 з камерою пресування 7, в якій розміщують псевдотверду заготовку 5 та прес-плунжер 6. Псевдотверду заготовку пресували шляхом падіння вантажу із заданої висоти. При цьому діапазон енергії пресування становив від 500 до 1500 Дж.

Температуру нагрівання заготовок для їх подальшого імпульсного пресування вибирали згідно даних диференційно-термічного аналізу. Час нагрівання заготовок в камері електропечі опору становив 20 хв. Вимірювання температури нагріву дослідних зразків і форми ($T_{\phi} = 310\text{--}320\text{ }^{\circ}\text{C}$) проводили з використанням малоінерційної контактої термопари з діаметром хромель-алюмелевих електродів 0,2 мм.

Диференційно-термічний аналіз зразків із сплаву ВАЛ10 здійснено на приладі Derivatograph Q-1500-D (Угорщина). Криві ДТА знімали при лінійній швидкості нагріву і охолодження 5 °C/хв, з перегрівом розплаву до 730 °C. Маса зразків становила 140 мг. Середні значення параметрів плавлення і кристалізації визначали графічно, похибка виміру температури була $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. При побудові залежностей «частка рідини від температури» (криві ЧРТ) площі піків визначали числовою інтеграцією тимчасової залежності $\Delta T = f(\tau)$ при лінійній екстраполяції базисної лінії. Межі інтегрування уточнювали диференціюванням сигналу ДТА.

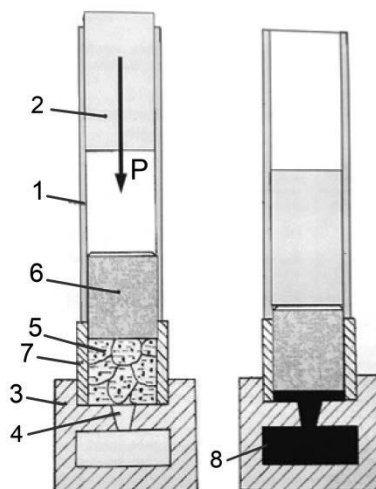


Рис. 1. Схема імпульсного пресування заготовок з твердорідкого стану: 1 – направляюча станина; 2 – вантаж; 3 – прес-форма; 4 – ливник; 5 – заготовка; 6 – прес-плунжер; 7 – камера пресування; 8 – вилівок

Механічні властивості досліджували на зразках діаметром 10 і висотою 100 мм, виготовлених з використанням спеціально спроектованої та виготовленої прес-форми. Механічні випробування здійснювали після термообробки одержаних зразків за режимом Т6.

Результати досліджень та їх обговорення. Мікроструктури сплаву ВАЛ10 при різних умовах охолодження без та з обробленням розплаву ротором відповідно при температурах 700 і 660 °С наведено на рис. 2, 3. Як видно, мікроструктури суттєво відрізняються. Так, при температурі лиття 700 °С з наступним гартуванням металевої суспензії у воді формується нехарактерна для сплаву ВАЛ10 дендритна різнонаправлена структура (рис. 2, а, в). Довжина дендритів може досягати від 200 до 250 мкм, ширина від 50 до 100 мкм.

Зниження швидкості охолодження (при охолодженні зразків на повітрі) призводить до формування недендритних кристалів твердого розчину алюмінію: глобул, розеток, розмір яких не перевищує 200 мкм (рис. 2, б, г). При температурі лиття 700 °С ефект роторної обробки алюмінієвого розплаву ВАЛ10 проявляється тільки при меншій швидкості охолодження.

При температурі лиття 660 °С з послідовним гартуванням суспензії у воді в мікроструктурі зразків формується дрібнокристалічна структура твердого розчину алюмінію з розміром зерен від 40 до 100 мкм (рис. 3, а, в). Охолодження зразків на повітрі суттєво (від 3 до 5 разів) збільшує розмір кристалів твердого розчину алюмінію, які мають вигляд «розеток» (рис. 3, б, г).

За структурними характеристиками більш придатними для подальшої переробки є тиксозаготовки, одержані з використанням роторної обробки порції високоміцного сплаву ВАЛ10 в діапазоні температур від 685 до 660 °С (див. рис. 2, 3), з наступним штучним перериванням росту кристалів твердого розчину гартуванням суспензії в

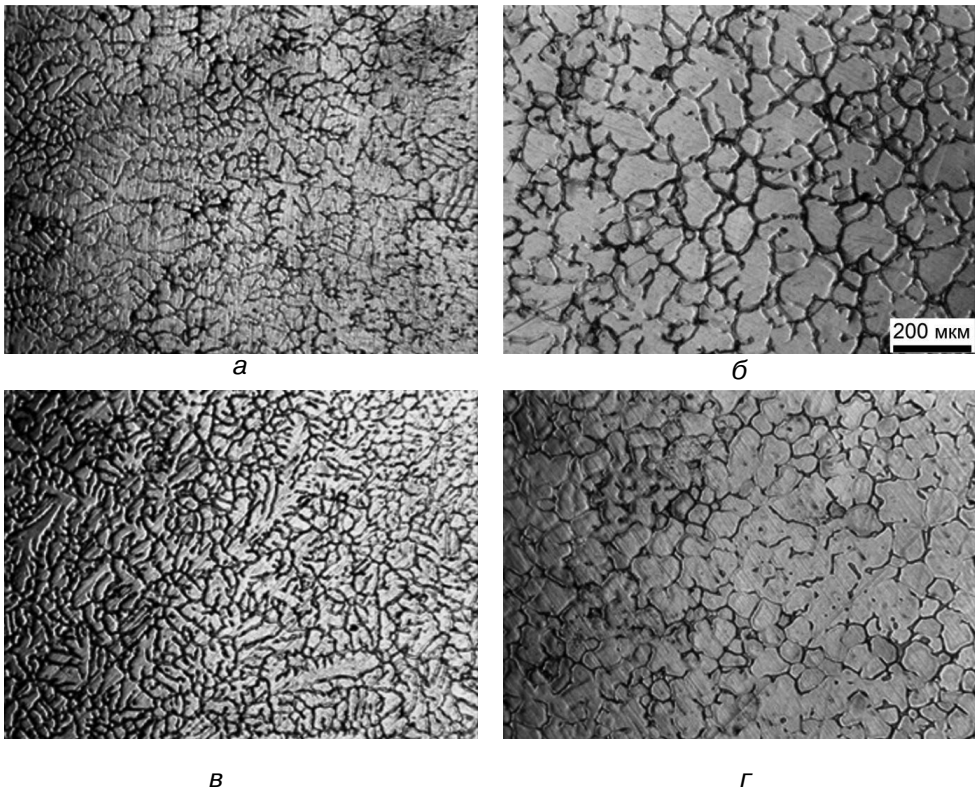


Рис. 2. Мікроструктури зразків зі сплаву ВАЛ10 при температурі лиття 700 °С, отриманих без (а, б) та з обробленням розплаву ротором (в, г) з послідовним гартуванням у воді (а, в) та з охолодженням на повітрі (б, г)

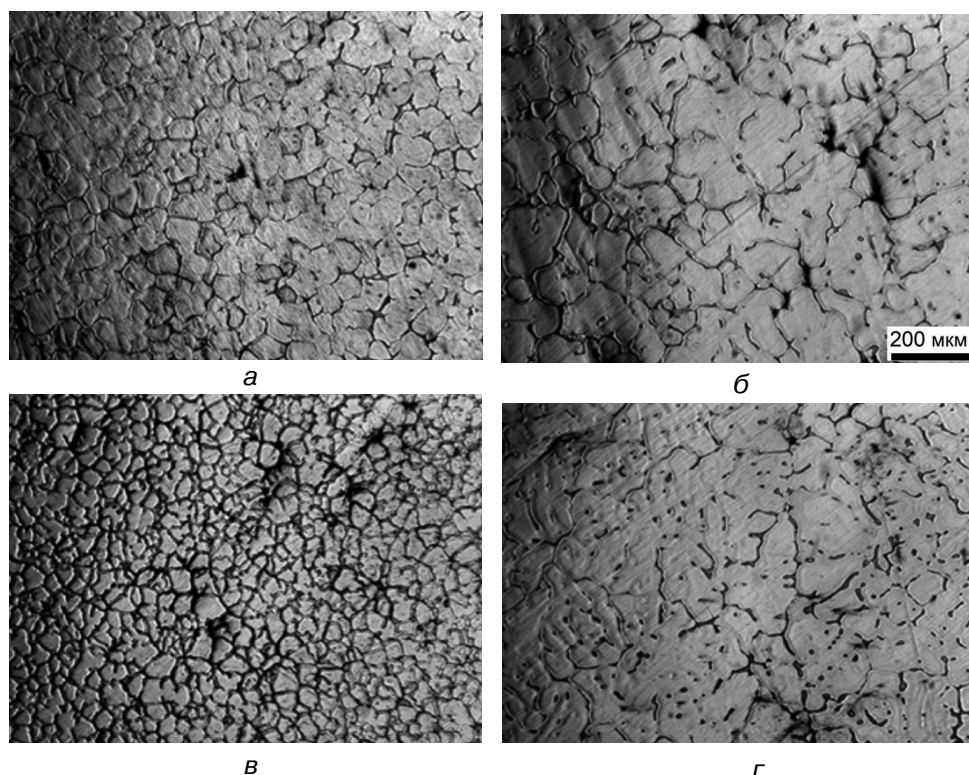


Рис. 3. Мікроструктури зразків зі сплаву ВАЛ10 при температурі лиття 660 °С, отриманих без (а, б) та з обробленням розплаву ротором (в, г) з послідовним гартуванням у воді (а, в) та з охолодженням на повітрі (б, г)

ультратонкостінній формі з алюмінієвої фольги. Позитивність роторної обробки в діапазоні температур від 685 до 660 °С пов'язана з більш продуктивним утворенням центрів кристалізації в розплаві. Зі зменшенням температури перегріву розплаву тривалість охолодження розплаву до температури заливки зростає (рис. 4, криві 1, 3). Роторна обробка протягом від 10 до 12 с значно, від 2 до 3 разів, скорочує час охолодження порції розплаву до температури заливки (рис. 4, криві 2, 4). Графітовий холодний ротор генерує додаткову множину центрів кристалізації за рахунок переохолодження прилеглих до нього прошарків розплаву, замішує їх в об'ємі металу, що призводить до його модифікування при твердненні.

Одержані за різними режимами заготовки піддавали тиксоформінгу, загальна ідеологія якого побудована на одержанні в металічній заготовці глобулярних та достатньо дрібних (до 100 мкм в діаметрі) кристалів основи сплаву, частка і морфологія яких у суспензії залежить від ряду факторів, але практично не залежить від тиску. Ця задача вирішується поза прес-формою та без використання тиску.

Ідеальний матеріал для твердо-рідкого формоутворення повинен бути підготовленим з контрольованою точно визначеною об'ємною часткою твердої фази у вигляді сферичних зерен, які рівномірно розподіляються у сплаві. Відмінність високоміцного алюмінієвого сплаву ВАЛ10 від рекомендованих для тиксоформінгу ливарних сплавів (АК7, А356) – це, як встановлено методом ДТА, широкий інтервал кристалізації (рис. 5, крива 1), який складає 115 °С: $T_{\text{сол.}} = 536$ °С, $T_{\text{л}} = 651$ °С, що корелює з літературними даними [1], а також невелика частка рідкої фази на заключній стадії тверднення. Керуючись результатами ДТА (див. рис. 5, крива 2), рекомендованою температурою нагрівання заготовок для їх подальшого тиксоформінгу в умовах імпульсного пресування є 617 °С, що відповідає 40 % вмісту рідкої фази в заготовці.

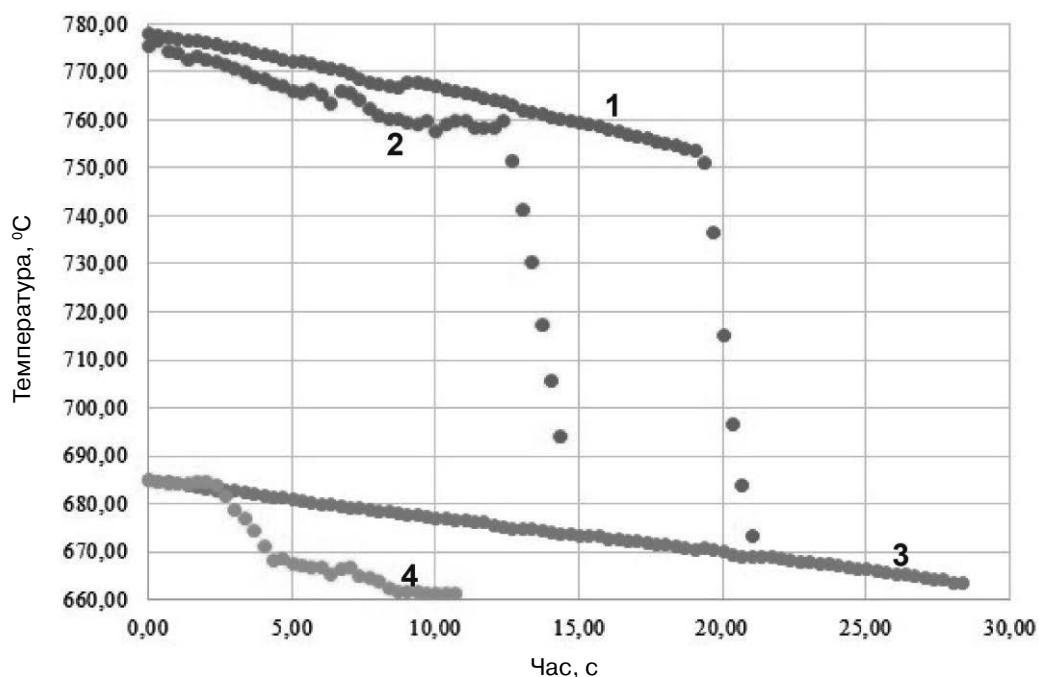


Рис. 4. Вплив роторної обробки розплаву на температурно-часові режими лиття зразків зі сплаву ВАЛ10

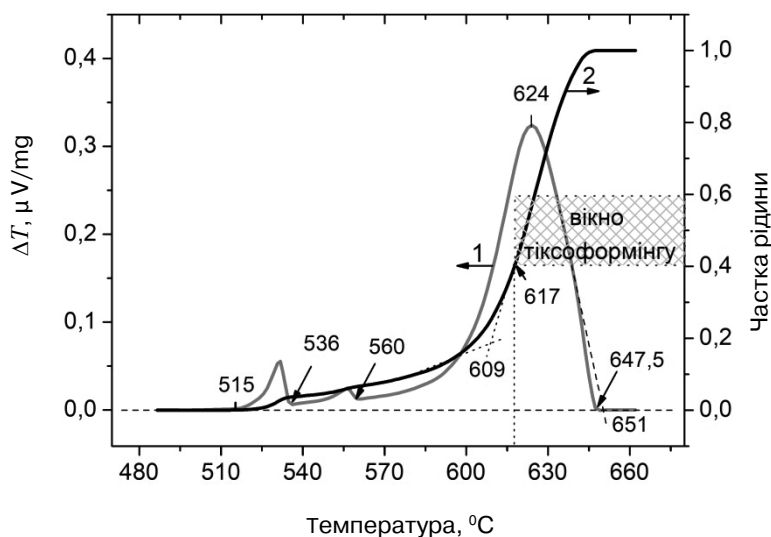


Рис. 5. Крива ДТА тверднення (1) та побудована залежність «частка рідини від температури» (2) сплаву ВАЛ10 з виділеним «технологічним вікном тиксоформінгу»

В умовах тиксоформінгу разом з деформацією заготовки відбувається її ущільнення і заповнення металом усього об'єму порожнини матриці. На кінцевій стадії імпульсного пресування надлишок матеріалу заготовки видавлюється в облойну канавку товщиною близько 0,2 мм між напівматрицями. На рис. 6 зображено зразки для механічних випробувань після тиксоформінгу з облоєм на поверхні роз'єму форми, що свідчить про високу плинність тиксотропного сплаву системи Al–Cu.

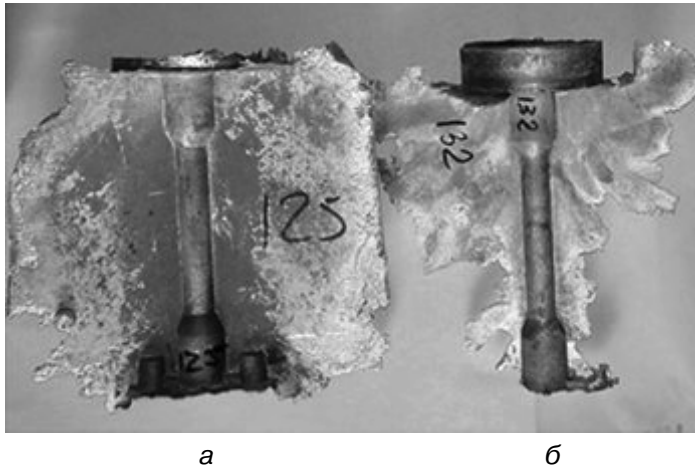


Рис. 6. Литі зразки із сплаву ВАЛ110, отримані в умовах тиксоформінгу: а – зразки з облоєм товщиною 0,2 мм; б – неповне заповнення порожнини прес-форми

Щільність зразків складала, г/см³: вихідного 2,82, пресованого – 2,75, прес-залишку діаметром 38 мм – 2,765, облоєм – 2,822. Тобто, в умовах тиксоформінгу щільність металу залежить від товщини затверділого металу – збільшується зі зменшення товщини і досягає 2,822 г/см³ при товщині облоєм 0,2 мм.

Зниження щільності литих зразків обумовлено високою швидкістю впуску металевієї суспензії (50 м/с), характерною для лиття під тиском, замішуванням газів з порожнини форми в об'єм зразка внаслідок турбулентності потоку суспензії, що призвело до появи газової пористості, яку виключили збільшенням об'єму промивників.

При експериментально визначеній оптимальній температурі форми 310–320 °С всі литі зразки не мали тріщин, а механічні властивості виливків наближаються до стандартних значень лиття в кокіл: $\sigma_b = 410$ МПа, $\delta = 4$ %.

Характерна мікроструктура литих зразків, одержаних в умовах імпульсного пресування та термічної обробки за режимом Т6, представлені на рис. 7, свідчить про суттєву її зміну. Зокрема, при нагріванні заготовок для імпульсного пресування ($T = 617$ °С, $\tau = 20$ хв), отриманих після роторної обробки розплаву (рис. 7, а), розмір кристалів твердого розчину алюмінію знаходиться в діапазоні 100 до 150 мкм, що відповідає умовам тиксоформінгу [9].

При накладанні тиску в інтервалі температур тверднення (в нашому випадку до 240 МПа) глобулярні кристали твердого розчину алюмінію практично є ізольованими і не з'єднуються поміж собою (рис. 7, б). Процес імпульсного пресування (рис. 7, б) спричиняє збільшення об'ємної частки і ступеня диференціювання евтектики $\alpha + \text{CuAl}_2$. Після термічної обробки спостерігається розпад твердого розчину алюмінію (рис. 7, в), з виділенням глобулярних кристалів фази CuAl_2 .

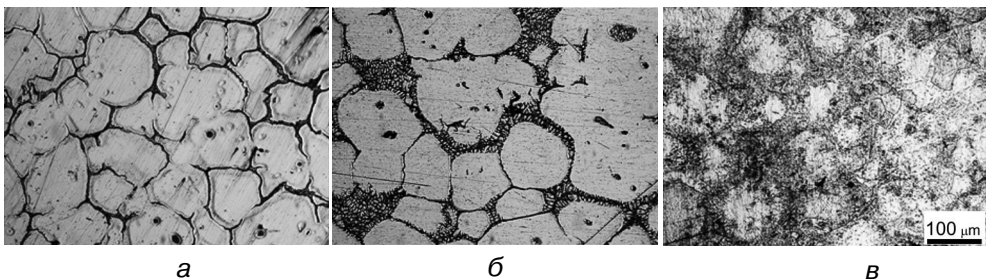


Рис. 7. Характерна мікроструктура дослідних зразків із сплаву ВАЛ110: а – після роторної обробки розплаву і нагріву перед пресуванням; б – пресований зразок діаметром 10 мм, висотою 100 мм; в – пресований зразок після термічної обробки за режимом Т6

Таким чином, за результатами проведених досліджень можна зробити наступні **висновки**:

- імпульсний тиксоформінг при 40 % частки рідкої фази і температурі форми на рівні від 310 до 320 °C забезпечує одержання зразків зі сплаву ВАЛ10 без тріщин, що пов'язано зі зменшенням швидкості охолодження і відсутністю суцільного каркасу з твердої фази в інтервалі температур кристалізації за цих умов пресування.
- за структурними характеристиками і технологічністю найбільш придатними для тиксоформінга є тиксозаготовки зі сплаву ВАЛ10, одержані з використанням роторної обробки розплаву в діапазоні температур від 685 до 660 °C, з наступним штучним перериванням росту кристалів твердого розчину гартуванням суспензії в ультратонкостінній формі з алюмінієвої фольги.
- тиксоформінг і термозміцнююча обробка за режимом Т6 призводить до збільшення механічних властивостей виливків зі сплаву АМ4,5КД (ВАЛ10) до рівня лиття в кокіль.

Список літератури

- 1 Захаров А. М. Промышленные сплавы цветных металлов. Фазовый состав и структурные составляющие. М., 1980.
- 2 Аристова Н. А., Колобнев И. Ф. Термическая обработка литейных алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1977. 144 с.
- 3 Цветные металлы и сплавы. Композиционные металлические материалы / Под ред. И.Н. Фридляндера: Энциклопедия. М.: Машиностроение, 2001. Т. 2–3. 880 с.
- 4 Wang Q., PANG C., Liv., He J. Effect High Magnetic Fields on the Distribution of Solute Elements in Al-alloys / Proc. 5-th Inst. Symp. On Electromagnetic Processing of Materials. Sendai: Japan, ISIJ. P. 387–390.
- 5 Бочвар С. Г. Исследование закономерностей и разработка технологических принципов внепечного модифицирования структуры слитков алюминиевых сплавов с применением акустической кавитации: автореф. дис. на соискание ученой степени докт. техн. наук: спец. 05.16.09 «Материаловедение». Москва, 2012. 50 с.
- 6 Головаченко В. П., Борисов Г. П., Дука В. М., Вернидуб А. Г. Литье цветных металлов и сплавов из металлической фольги. Процессы литья. № 2, 2012. С. 40–44.
- 7 Патент UA 94861C2. Спосіб лиття заготовок / Головаченко В. П., Борисов Г. П., Вернидуб А. Г., Дука В. М. Опубл. 2011. Бюл. № 9.
- 8 Головаченко В. П., Борисов Г. П., Вернидуб А. Г. Влияние температуры и роторной обработки на горячеломкость высокопрочного алюминиевого сплава ВАЛ10. Процессы литья. № 3. 2014. С. 65–69.
- 9 Семенов Б. И., Куштаров К. М. Производство изделий из металла в твердожидком состоянии. Новые промышленные технологии: учеб. Пособие. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 223 с.

Надійшла 22.12.2021

References

- 1 Zakharov A. M. (1980). Industrial alloys of non-ferrous metals. Phase composition and structural components. Moscow. [in Russian].
- 2 Aristova N. A., Kolobnev I. F. (1977). Heat treatment of cast aluminum alloys. Moscow: Metallurgy. 144 p. [in Russian].
- 3 Non-ferrous metals and alloys. Composite metallic materials / Ed. I. N. Friedlander: Encyclopedia. M.: Mashinostroenie, 2001. Vol. 2–3. 880 p. [in Russian].
- 4 Wang Q., PANG C., Liv., He J. Effect High Magnetic Fields on the Distribution of Solute Elements in Al-alloys / Proc. 5-th Inst. Symp. On Electromagnetic Processing of Materials. Sendai: Japan, ISIJ. P. 387–390.

- 5 Bochvar S. G. (2012). Study of regularities and development of technological principles of out-of-furnace modification of the structure of aluminum alloy ingots using acoustic cavitation: Abstract thesis for the degree of Dr. Science (Engin.): spec. 05.16.09 "Materials Science". Moscow, 2012. 50 p. [in Russian].
- 6 Golovachenko V. P., Borisov G. P., Duka V. M., Vernidub A. G. (2012). Casting of non-ferrous metals and alloys from metal foil. Casting processes. No. 2, pp. 40–44. [in Russian].
- 7 Patent UA 94861C2. Method of casting blanks / Golovachenko V. P., Borisov G. P., Vernidub A. G., Duka V. M. Publ. 2011. Bull. № 9. [in Ukrainian].
- 8 Golovachenko V. P., Borisov G. P., and Vernidub A. G. (2014). Effect of temperature and rotary treatment on hot brittleness of high-strength aluminum alloy VAL10. Casting processes. No. 3. P. 65–69. [in Russian].
- 9 Semenov B. I., Kushtarov K. M. (2010). Production of metal products in solid liquid state. New industrial technologies: textbook. Benefit. Moscow: Publishing house of MSTU named by N. E. Bauman. 223 p. [in Russian].

Received 22.12.2021

V. P. Holovachenko, Research Scientist; e-mail: onmlptima@ukr.net

A. G. Prygunova, Dr. Sci. (Engin.), Head of the Department;

e-mail: adel_nayka@ukr.net; ORCID 0000-0001-8030-9160

L. K. Shenevidko, Research Scientist; e-mail: onmlptima@ukr.net

N. P. Isaicheva, Chief Technologist; e-mail: onmlptima@ukr.net

M. V. Koshelev, Research Scientist; e-mail: silica-lum@ukr.net

A. G. Vernydub, Chief Technologist; e-mail: onmlptima@ukr.net

Physico-Technological Institute of Metals and Alloys of the NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

FEATURES OF THIXOPFORMING OF HIGH-STRENGTH ALUMINUM ALLOY VAL10 IN CONDITIONS OF PULSE PRESSING

The work provides for the study of the possibilities of manufacturing high-quality castings of different thicknesses from high-strength aluminum casting alloy VAL 10 (AM4, 5Kd) in extreme conditions of pulse thixoforming. As a result of the carried out researches features of thixoforming in the course of manufacturing of cast samples which design has thermal knots which cause occurrence of hot cracks are defined. It is established that the solid globular phase of the metal suspension practically does not form a framework, which, in turn, avoids the formation of hot cracks. The choice of modes of heating the workpieces and their subsequent thixoforming in the pseudo-solid state was made according to the data of differential thermal analysis (DTA), based on the constructed dependence "temperature - liquid phase fraction". Using ultrathin-thin sealed molds made of aluminum foil with a thickness of 300 μm , the peculiarities of the formation of the microstructure of castings with a diameter of 15 mm obtained from the liquid state of the melt VAL 10, which were hardened in water, were investigated. It is shown that the casting temperature of 700 °C and 660 °C, cooling rate (3.1–6.2 °C/s) in combination with the simultaneous use of rotary treatment of aluminum melt significantly affect the morphology and size of dendrites of solid copper solution in aluminum (α -phases). In particular, at a casting temperature of 700 °C and a cooling rate of 6.2 °C/s in the castings is formed atypical for the alloy dendritic structure of the α -phase. Reducing the cooling rate to 3.1 °C/s under the conditions of rotary treatment dramatically changes the curing process and leads to the formation of a globular fine-grained structure of the α -phase. In the process of thixoforming, the temperature of the mold was maintained at the level of 310–320 °C. The amount of liquid phase in the pseudo-solid workpieces was 40 %. The velocity of the metal inlet into the cavity of the mold was about 50 m/s. The metal suspension was highly liquid and completely filled the cavity (0.2 mm x 100 mm) along the mold connector. The obtained samples are characterized by the absence of cracks, and their mechanical properties after heat treatment according to the T6 regime were: $\sigma_B = 410 \text{ MPa}$, $\delta = 5 \text{ \%}$.

Keywords: high-strength aluminum alloy VAL 10, ultrathin form, rotor processing, thixoforming, microstructure, mechanical properties.