

Школяренко В.П., Нурадинов А.С., Нурадинов І.А., Пригунов С.В.
(ФТІМС НАН України, м. Київ)

**ТЕМПЕРАТУРНІ ПАРАМЕТРИ ЛИТТЯ ТРУБНИХ ЗАГОТОВОК ЗІ
СПЛАВУ АМг6 У КОКІЛЬ ГРАВІТАЦІЙНИМ МЕТОДОМ ПІД ДІЄЮ
ВІБРАЦІЇ ТА БЕЗ**

E-mail: hvp@ukr.net

У попередніх роботах [1, 2] було обґрунтовано вибір раціонального методу лиття обичайок з алюмінієвих сплавів, що деформуються. Для перевірки практичної реалізації цього методу з урахуванням теоретичних положень робіт [3-7] було проведено три експерименти лиття трубних заготовок зі сплаву АМг6 у кокіль гравітаційним методом з вібрацією та без.

У якості матеріалу для лиття використано пруток зі сплаву АМг6 зі стандартним хімічним складом. У якості матеріалу для виготовлення кокілю використано нержавіючу сталь марки AISI 304 [8] та сталь марки С345 [9]. Лиття розплаву здійснювалось гравітаційним методом під дією вібрації і без. Для контролю температури розплаву та кокілю використано непрямий метод контактної термометрії з використанням термопар та автоматичним записом кривої нагріву і охолодження на ПЕОМ. Вимірювання товщини стінок виливків проведено прямим методом з використанням штангенциркуля.

Для експерименту №1 за кресленням (рис. 1, а) було виготовлено нерозбірний тонкостінний кокіль з нержавіючої сталі з товщиною стінки 1,5 мм, який наведено на фото, рис. 1, б, в.

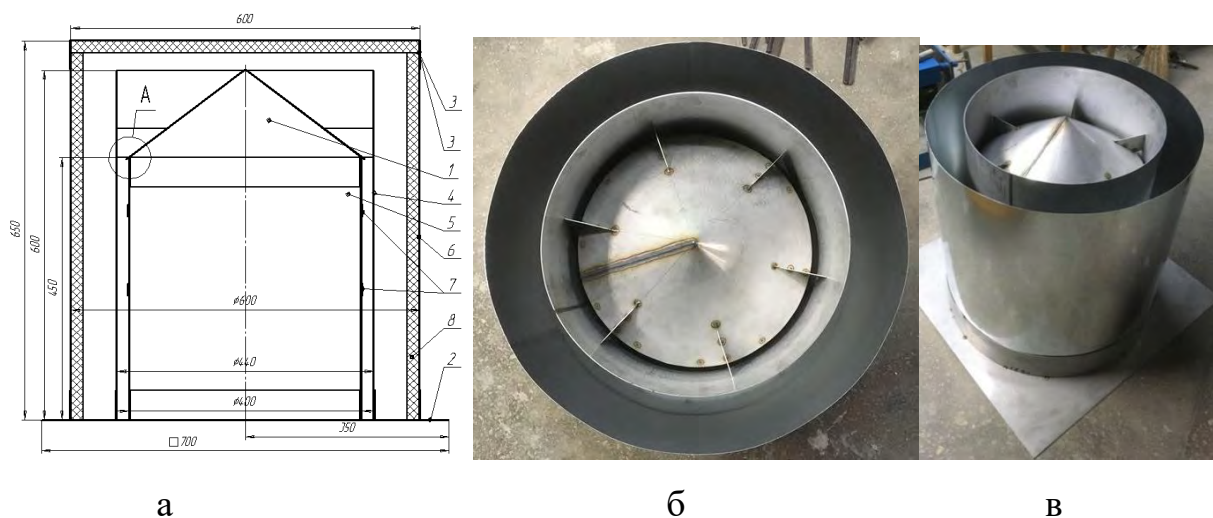


Рис. 1. Креслення (а) та фото (б, в) нерозбірного кокілю діаметром 400 мм

Лиття алюмінієвого сплаву АМг6 у кокіль проведено гравітаційним методом. Перед заливанням алюмінієвого сплаву ливарна форма була двічі пофарбована розпиленням базовою і графітовою фарбами та прогріта електричними тенами, які встановлені всередині форми, до температури, близької до температури солідусу сплаву АМг6. Графік температури прогрівання ливарної форми наведено на рис. 2.

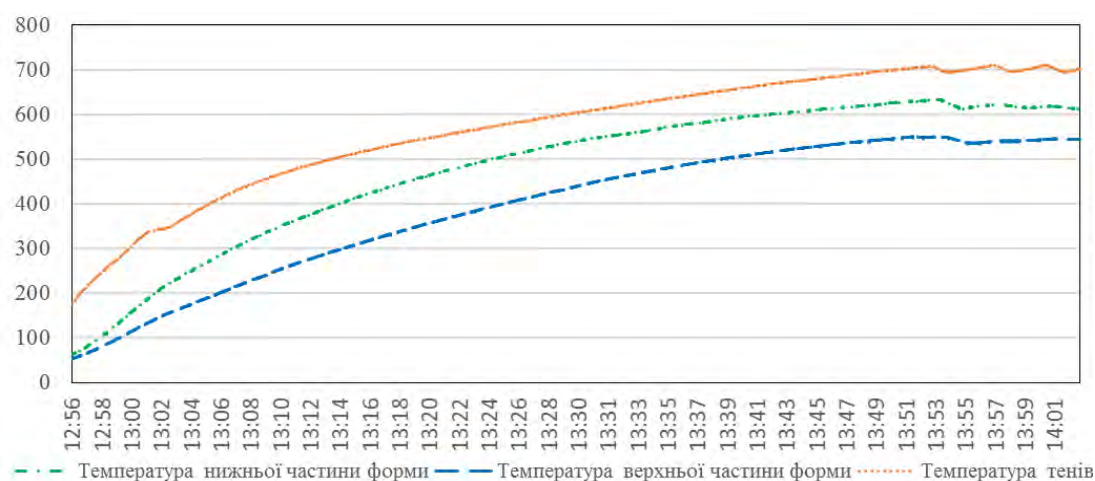


Рис. 2. Графік температур прогрівання кокілю

Контроль температури прогріву ливарної форми проводився з використанням хромель-алюмелевих термопар [10]. Регулювання температури нагріву електричних тенів, які нагрівали внутрішню форму кокілю проводилось з використанням терморегулятора МТР-1500 за методикою [11]. Плавка металу до температури 740 °С проводилась у індукційній печі з використанням графітового тиглю ємністю 6 літрів. Перед заливанням розплаву у форму проведено додатковий контроль температури розплаву у ковші переносним контактним термометром. За результатами контролю температура розплаву у ковші перед заливанням становила 740 °С. Графік температур охолодження кокілю при виключених тенях, після заливання розплаву у кокіль наведено на рис. 3.

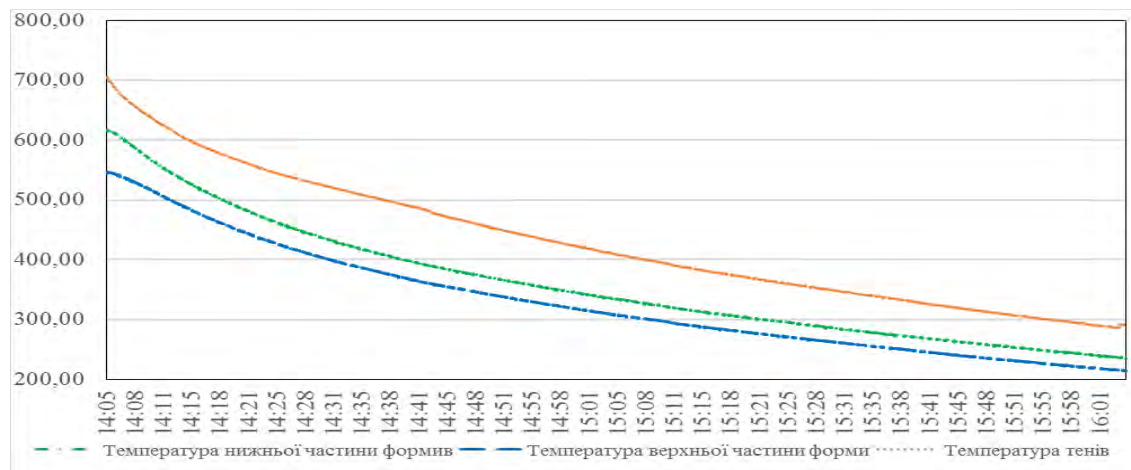


Рис. 3. Графік температур охолодження кокілю

Розплав лився на конус для заливання (рис. 4), який забезпечив лиття розплаву тонким струменем, що призвело до максимального окислення рідкого алюмінію при контакті з повітрям та утворення шлаку на поверхні конусу. На фото 4 видно, що фарба, яка використовувалась для захисного покриття не забезпечила герметичність форми, внаслідок чого розплав витік, як на зовні, так і всередину форми і залив електричні тени, рис. 4.



Рис. 4. Фото кокілю після заливання та до від'єднання виливка від форми

Нерозбірна внутрішня форма кокілю не дозволила легко роз'єднати відливок від форми. Тому, в подальших експериментах було виготовлено розбірну як зовнішню, так і внутрішню форми. Після відокремлення виливка від форми на токарному верстаті було відрізано верхню та нижні частини виливка трубної заготовки фото якої наведено на рис. 5. У зв'язку з тим, що товщина стінок кокілю була 1,5 мм, це не дозволило забезпечити жорстку геометрію внутрішньої та зовнішньої форм. Тому, товщина стінок відливка виявилась не однаковою по колу і коливалась від 18 до 22 мм замість необхідних 20 мм. Це візуально видно на фото першого виливку, рис. 5, а.

Експеримент №2 проведено після удосконалення кокілю з експерименту 1 шляхом розрізання внутрішньої та зовнішньої форм для полегшення від'єднання виливка від форми, з наступною герметизацією усіх стиків високотемпературним герметиком. Фото другого виливка наведено на рис. 5, б.

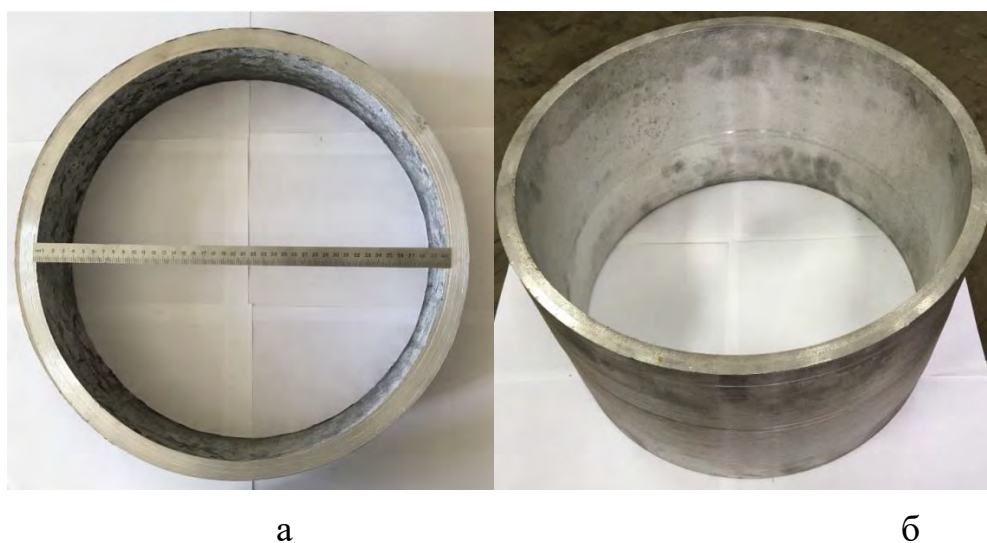
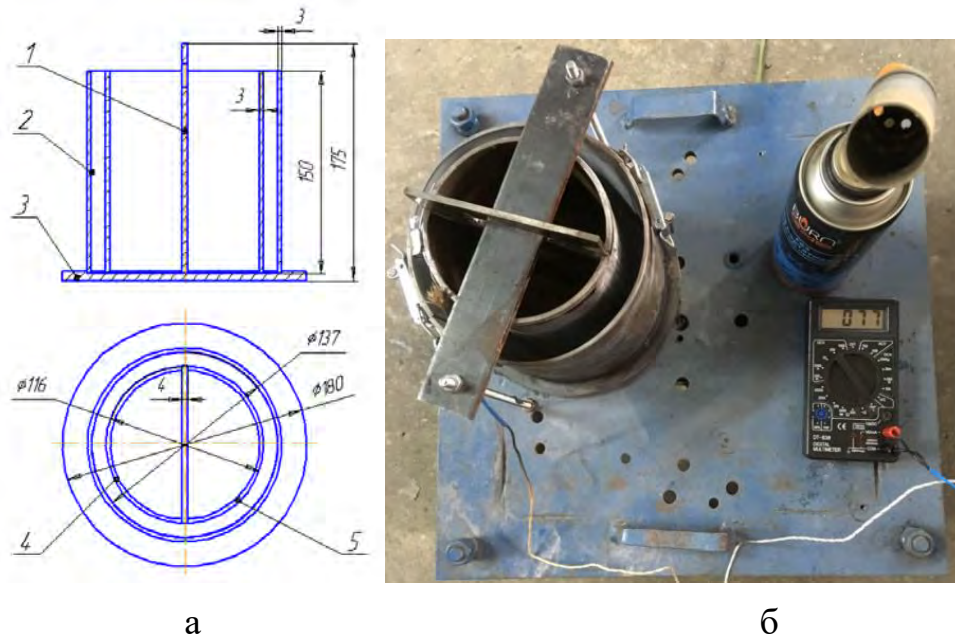


Рис. 5. Фото першого (а) та другого (б) виливків діаметрами 400 мм

Таке доопрацювання полегшило відокремлення виливка від форми, забезпечило герметичність форми, але не вирішило питання циліндричної геометрії та однакової товщини стінок виливків трубних заготовок.

Експеримент №3. З метою вирішення проблеми циліндричної геометрії за новим кресленням було виготовлено новий кокіль з товщиною стінки 4 мм (рис. 6). На відміну від попередніх експериментів №1 та №2, у якості роз'єднувального покриття замість кокільної фарби на основі графіту було

застосовано протирання внутрішньої і зовнішньої частин кокілю тальком.



1 – пластина внутрішньої форми, 2 – заливний проміжок, 3 – нижня частина кокілю, 4 – внутрішня форма, 5 – зовнішня форма

Рис. 6. Креслення (а) та фото (б) розбірного кокілю діаметром 137 мм

Розбірний кокіль (рис. 6) було встановлено на віброуючій платформі. Температура заливання розплаву складала 700 °С. Температура прогрівання кокілю з використанням газового пальника (рис. 6, б) складала 100 °С. Фото виливків безшовної трубної заготовки наведено на рис. 7.

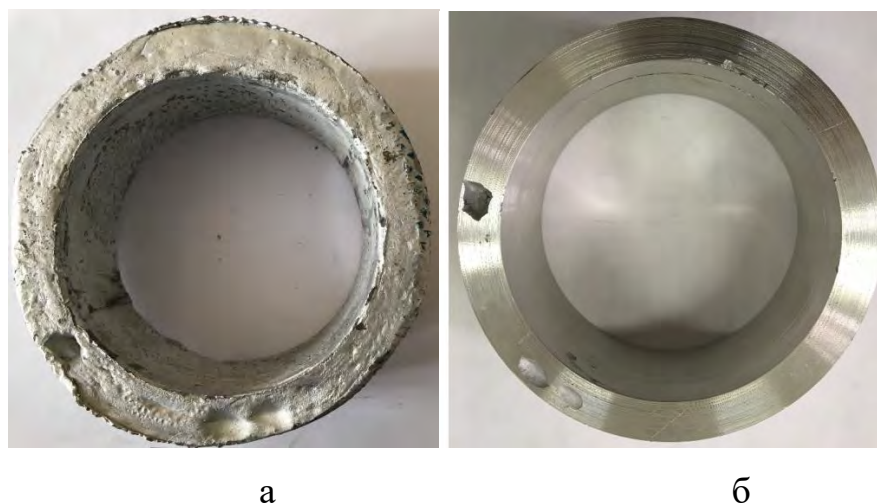


Рис. 7. Фото виливків трубної заготовки діаметром 137 мм до (а), та після (б) обточування

На рис. 7 наочно видно дефекти виливків у вигляді не проливів, які могли бути викликані низькою температурою (700 °С) лиття розплаву АМгб. Гарячих тріщин у виливку немає. У ході цього дослідження було виявлено, що вібраційна обробка розплаву призвела до «заліковування» гарячих тріщин. Експериментально доведено, що застосування вібрації розплаву у процесі його тверднення та кристалізації зменшує ймовірності появи гарячих тріщин. Це пов'язано з поліпшенням живлення виливка та посиленням процесу заліковування тріщин.

Висновки:

1. Виявлено, що при литті трубних заготовок за сплаву АМгб у кокіль з підігрівом гравітаційним методом під дією вібрації усадочні дефекти (раковини та пори) виникають через порушення спрямованого твердіння і недостатнього живлення виливка, а також через перегрів кокілю.

2. Обґрунтовано, що для повного проливання форми, заливання алюмінієвого сплаву АМгб у кокіль необхідно проводити при температурах розплаву 700...740 °С. Для уникнення тріщин, внутрішню форму необхідно прогрівати до температур 100...300 °С.

4. Доведено, що недоливи виникають при низькій (менше 700 °С) температурі розплаву і низькій (менше 100 °С) температурі прогріву кокілю перед заливанням, а також при малій швидкості заливання розплаву.

5. Запропоновано: зменшити шлакоутворення, через окислення розплаву АМгб внаслідок контакту його з повітрям при заливанні, шляхом застосування ливникової системи із захисними газами або проведенням плавки безпосередньо у ливарній формі завдяки прогріву її тенами з використанням захисних газів; забезпечити герметичність форми можливо застосуванням герметика; полегшити від'єднання виливка від форми можливо шляхом внесення змін в конструкцію форми, виготовлення розбірної ливарної форми та нанесення перед заливанням форми не фарби, а тальку на місця контакту розплаву з формою.

Література:

1. Обґрунтування вибору раціонального методу лиття обичайок з алюмінієвих сплавів, що деформуються / А.В. Ноговицин, В.П. Школярєнко та інші // Процеси лиття №2. 2021р. С.31-36 <https://doi.org/10.15407/plit2021.02.031>
2. Вибір раціонального методу лиття обичайок з алюмінієвих сплавів, що деформуються / О.В.Ноговіцин, В.П.Школярєнко та інші. // Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Литво. Металургія. 2021». С.154-156. https://nmetau.edu.ua/file/lite._metallurgiya._2021.pdf
3. Ефимов. В. А, Эльдарханов А. С. Технологии современной металлургии. Москва: Новые технологии, 2004. 784 с.
4. Баландин Г. Ф. Формирование кристаллического строения отливок. Москва: Машиностроение, 1979. 288 с.
5. Овсиенко Д. Е. Зарождение и рост кристаллов из расплава. Киев: Наук. Думка, 1994.256 с.
6. Нурадинов А.С., Нахаев М. Р. Процессы кристаллизации и формирования структуры литых заготовок. Грозный: изд-во ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет», 2020. 170 с.
7. Эльдарханов А.С., Ефимов В.А., Нурадинов А.С. Процессы формирования отливок и их моделирование. Москва: Машиностроение, 2001. – 206 с.
8. ДСТУ EN 10088-2:2010 «Сталі нержавкі. Ч.2. Лист і стрічка з корозійнотривких сталей загальної призначеності. Технічні умови». 42 с.
9. ДСТУ 2651:2005 «Сталь вуглецева звичайної якості. Марки». 15 с.
10. Контроль температури розплавів / Школярєнко В.П. // Всеукраїнська науково-технічна конференція «Наука і Металургія. Дніпро, ІЧМ НАН України, 2022. С. 41-42.
http://isi.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/%D0%9D%D0%9C_2022.pdf
11. Удосконалення методики контролю температури розплавів / Школярєнко В.П. // «Литво. Металургія. 2022: Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції». Харків, НТУ «ХПІ», 2022. С. 155-161.
<https://files.nas.gov.ua/PublicMessages/Documents/0/2022/10/221010082843999-9454.pdf>