

УДК 621.74

Євтушенко С.Д.¹, Акімов О.В.², Євтушенко Н.С.³, Пономаренко О.І.⁴

¹аспірант кафедри ливарного виробництва НТУ “ХПІ” (Харків, Україна)
НТУ “Харківський політехнічний інститут”, Харків;

²доктор технічних наук, професор кафедри ливарного виробництва НТУ
“Харківський політехнічний інститут”, Харків.

³кандидат технічних наук, доцент кафедри безпеки праці та навколишнього
середовища НТУ “Харківський політехнічний інститут”, Харків.

⁴доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри ливарного виробництва
НТУ “Харківський політехнічний інститут”, Харків

ВПЛИВ ВЕЛИЧИНИ ТИСКУ НА ЯКІСТЬ ВІДЛИВОК ПРИ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ПІД ТИСКОМ

Анотація: Наведено аналіз впливу величини тиску на якість виливків зі сплаву АК12М2МгН ДСТУ2839-94 при кристалізації під тиском. На основі промислового експерименту визначено тиск при якому не виникає усадкових раковин та пористості, вивчено вплив термічної обробки на структуру сплаву.

Ключові слова: лиття з кристалізацією під тиском, виливок, садібна пористість, термообробка, мікроструктура.

Abstract: An analysis of the influence of pressure on the quality of alloy castings is given АК12М2МгН ДСТУ2839-94 during crystallization under pressure. On the basis of an industrial experiment, the pressure at which shrinkage shells and porosity do not occur was determined, and the effect of heat treatment on the structure of the alloy was studied.

Keywords: casting with crystallization under pressure, casting, minor porosity, heat treatment, microstructure.

Литтям з кристалізацією під тиском (ЛКД) отримують щільні заготовки із зменшеними припусками на обробку різанням та високими фізико-механічними та експлуатаційними властивостями. Процес з кристалізацією під тиском полягає в тому, що розплави під дією власної сили тяжкості заливають у матрицю, а потім пуансоном здійснюють остаточне оформлення контурів виливки та подальше ущільнення (витримка під тиском) до закінчення твердіння [1]. Після вилучення з прес-форми виливку можна піддавати різним видам подальшої обробки (термічної та механічної).

Більшість промислових металів і сплавів зазнає при затвердінні усадки, в результаті якої відбувається зменшення обсягу на 3-6%.

Обсяг сплаву, залитого в ливарну форму, змінюється усім етапам його охолодження, при агрегатних і фазових перетвореннях. Усадка рідкого металу знижує рівень рідини в займаній нею порожнини, що відповідає початку розвитку усадкової раковини у виливку. Усадка, що відбувається при затвердінні розплаву, викликає зменшення об'єму рідини, зосередженої в

міжзеренних просторах затвердіває двофазної області виливки, що також сприяє розвитку усадкової раковини і є причиною утворення усадкових пор.

Обсяг усадкової пористості не піддається точному розрахунку і може бути виражений у вигляді функціональної залежності, запропонованої П. Н. Бідулі:

$$\Sigma V_p = f [(t_{\text{лік}} - t_{\text{сол}}), \nu, \lambda, \frac{1}{\rho}, \frac{1}{b_{\text{ф}}}, \frac{1}{v}, \frac{1}{P}, R_{\text{П}}],$$

де $(t_{\text{лік}} - t_{\text{сол}})$ — інтервал затвердіння сплаву; ν — коефіцієнт в'язкості сплаву; λ — теплопровідність сплаву; ρ — густина сплаву; $b_{\text{ф}}$ — коефіцієнт теплоакмулюючої здатності ливарної форми; v — швидкість кристалізації; P — тиск живлячого сплаву при твердінні; $R_{\text{П}}$ — наведена товщина виливків.

При затвердінні у звичайних умовах ливарники можуть керувати процесом таким чином, щоб мати вибір умов, за яких $V_p \rightarrow 0$. то досягається при збільшенні всіх факторів, що входять у знаменники функції, у тому числі при збільшенні швидкості кристалізації та управлінні температурними факторами лиття (обігрів прибутків, захолодження окремих перерізів складної виливки тощо). Але цих заходів недостатньо для повного усунення усадкової пористості при виготовленні виливків.

По досягненні в тепловому вузлі виливки температури нульової рідкоплинності всяке рух (у макрообсязі) рідкої фази припиняється внаслідок утворення суцільного скелета твердої фази. Для переміщення залишкової рідини необхідно деформувати цей скелет досить великим тиском, що перевищує міцність кристалів, що виростили при зрушенні.

Тиск сприяє остаточному формоутворенню виливка, усунення газоусадкових дефектів (раковин і пор), підвищення щільності та фізико-механічних властивостей та поліпшення якості поверхні. Тиск при формоутворенні виливки залежить від варіанта процесу, виду сплаву та температурних режимів лиття. Чим вище міцність сплаву при високих температурах, тим більшим має бути тиск [2].

Тиск, прикладений ззовні, виконує необхідну роботу для утворення поверхонь розділу фаз і, отже, прискорює процес кристалізації. В результаті впливу тиску на розплав, що кристалізується, у виливках відбуваються структурні зміни. Відбувається зміна складу та характеру розподілу фаз відбувається зменшення середньої величини зерна. При лиття сплаву з кристалізацією під тиском за рахунок пластичної деформації відбувається «заліковування» межкристаллических і стиснення газоповітряних пір, що забезпечує отримання більш щільною виливки. Високі швидкості кристалізації і механічний вплив забезпечують формування дрібнокристалічної структури [3]. Підвищується однорідність за рахунок зменшення ступеня розвитку ліквацийних процесів. Зниження ступеня розвитку ліквацийних процесів сприяє більш рівномірному розподілу

неметалевих включень. За рахунок цих процесів відбувається підвищення фізико-механічних властивостей у сплавах у виливках.

Якість отриманих заготовок з кристалізацією під тиском залежить від багатьох технологічних факторів, головними з яких є: тиск пресування, температура металу, що заливається, початкова температура прес-форми, час витримки розплаву в прес-формі до застосування тиску і під тиском, швидкості формоутворення і пресування виливки [4].

Для того, щоб визначити тиск пресування при якому не виникають усадкові раковини і пористість у виробничих умовах був виконаний комплекс експериментальних досліджень, спрямованих на вибір оптимального технологічного процесу. В якості матеріалу було обрано сплав АК12М2МгН ДСТУ2839-94. Досліджували вплив тиску на виникнення усадкових раковин та мікроструктуру зразків. Одночасно визначали вплив режимів термообробки, таких як старіння 220⁰С, загартування 510⁰С та старіння 250⁰С на мікроструктуру зразків.

Висновки.

При дослідженні зразків всіх варіантів встановлено, що мікроструктура складається з дендритів α -твердого розчину включень евтектики у вигляді колоній і включень на основі кремнію.

На зразках без тиску виявлено дещо грубішу структуру (евтектика має більш грубо голчасту будову, кремній розташовується скупченнями), порівняно з іншими варіантами, на яких відзначається тонкодисперсна структура з більш чітко вираженою переважною орієнтацією дендритів α -твердого розчину вздовж осей.

На зразках із тиском 50 атм відзначається значна коагуляція включень евтектики, їх рівномірній розподіл по полю шліфу, порівняно з іншими зразками. На зразках без тиску та на зразках із тиском 50 атм є дефекти ливарного походження – окремі та сконцентровані рихлоти, розміром до 3 мм. На зразках з тиском 150 атм та 400 атм дефекти відсутні.

Крім того, механічні властивості металу виливків збільшилися в 1,5 рази, а пластичність та ударна в'язкість у 2-4 рази.

Список використаних джерел

1. Євтушенко С.Д. Вибір способу виготовлення поршнів відповідального призначення / С.Д. Євтушенко, О.В. Акімов //Тези доповідей XXXI Міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2022 «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». – Харків: НТУ «ХП», 2023. – С. 290.

2. Євтушенко С.Д. Вплив тиску на процес при кристалізації під тиском. / С.Д. Євтушенко, О.В. Акімов.// Литво. Металургія. 2023 : Матеріали ХІХ-ї Міжнар. наук.-практ. конф., 10-12 жовтня 2023 р. / Нац. техн. ун-т "Харків.

політехн. ін-т" – Харків-Київ, 2023. – С. 88-90.

3. Пономаренко О. І., Євтушенко Н. С. Системна оптимізація процесів у ливарному виробництві. /Перспективні технології, матеріали й обладнання в ливарному виробництві : матеріали VIII міжнародної науково-технічної конференції, 21–24 вересня 2021 р. – Краматорськ : ДДМА, 2021. – 96-97 с.

4. Євтушенко С. Д. Ливарні дефекти при литті при кристалізації під тиском / С. Д. Євтушенко, О. В. Акімов, О. І. Пономаренко // Литво. Металургія. 2024 : матеріали 20-ї, 13-ї Ювілейної Міжнар. наук.-практ. конф. / Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т" [та ін.] ; заг. ред. О. І. Пономаренко. — Харків ; Київ, 2024. – С. 93-95.