

Ф. М. Котлярський, д-р техн. наук, старш. наук. співроб.

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

ОСОБЛИВОСТІ ГАЗОВОГО РЕЖИМУ ФОРМИ І ВОДНЕВОЇ ПОРИСТОСТІ ВИЛИВКА ПРИ РОЗЛИВ-ПРОЦЕСІ

Відмінною особливістю газового режиму форми при розлив-процесі є створення розсередженими ливниками зустрічних хвильових потоків розплаву, які замикають між собою локальні об'єми невидаленого повітря, що при отриманні виливків панельного типу з розвиненими горизонтальними верхніми поверхнями вимагає посиленої розсередженої вентиляції. Унікальна можливість заповнити найкоротшим шляхом через розсереджені ливники нефарбовані ливарні форми розплавом з низьким перегрівом вимагає особливої вентиляції для відводу газів, що виділяються з металевих стінок форм при їх нагріванні в момент контакту з розплавом. Запропоновано конструкцію розсередженої пластинчастої вентиляційної системи, яка задовольняє вимогам розлив-процесу, прийнятна для водоохолоджуваних форм в поєднанні з вакуумуванням зони контакту вилівка з формою з метою максимального прискорення процесу затвердіння. Для отримання розлив-процесом якісних виливків з алюмінієвих сплавів потрібні розплави з низьким вмістом водню, що може бути досягнуто як рафінуванням, так і максимально допустимим зниженням температури заливки та їх поєднанням.

Ключові слова: алюмінієві сплави, маловідходне лиття з розсередженими ливниками «розлив-процес», газовий режим форми, воднева пористість.

Якісне заповнення металевої форми розплавом передбачає, що в процесі заливки з порожнини форми буде витіснене тим же розплавом наявне в ній повітря. Для цього передбачають вентиляцію ливарної форми, особливо при наявності розвинених поверхонь і глухих порожнин, за допомогою спеціальних вентиляційних пробок [1, с. 332]. В умовах кокільного лиття це завдання спрощується завдяки вертикальному роз'єму форми і наявності відкритих надливів. При литті під низьким тиском форма замкнута з усіх боків, тому сумарна площа перетину вентиляційних каналів повинна бути в 2–3 рази більшою, ніж при кокільному литті [1, с. 403]. Але і цей випадок не найскладніший, так як навіть при отриманні виливків панельного типу з горизонтальним роз'ємом і наявністю розвинених поверхонь розплав, що надходить знизу з металопровода, розтікається по порожнині форми у вигляді хвилі, заповнюючи, в першу чергу, ближні від металопровода ділянки і, в останню – найбільш віддалені. Тому буває досить поставити венті тільки на цих віддалених ділянках.

Більш складна справа з розлив-процесом [2], який поєднує горизонтальний роз'єм форми з розсередженими ливниковими каналами. Кожен з цих каналів також створює в порожнині форми свій куполоподібний бурун (фонтан) [2, с. 70, 75], що переходить в хвилю і заповнює, в першу чергу, ближню ділянку. Однак в кінцевій стадії заповнення ці хвилі змикаються, оточуючи розташовані між ними ділянки з залишка-

Проблеми технології форми

ми повітря, яке порушує на цих ділянках нормальний контакт розплаву з стельовою стінкою форми, а в кінцевому підсумку виникнуть матовість, утяжини, тріщини. Тому при розлив-процесі має бути значно більше вент, ніж при литті під низьким тиском.

Є ще один важливий фактор. Наявність необхідної кількості розсереджених ливників дозволяє заповнювати будь-які за розмірами форми розплавом з низьким перегрівом, що є привабливим в плані енергозбереження і підвищення якості литого металу [3]. Більш того, з'являється можливість обійтися без нанесення на робочу поверхню форми теплоізоляційного покриття (фарби), що ще прискорює процес затвердіння виливка, підвищуючи його механічні властивості [4]. Однак для більш повного прояву цього ефекту слід подолати протилежно спрямований вплив газів, що виділяються з оголеної стельової стінки металевої форми [5], наприклад, шляхом набору цієї стінки з пластин товщиною 2–3 мм (рис. 1). При такій конструкції відпала б потреба в вентиляційних пробках. Щоб швидкість затвердіння виливків залишалася високою протягом усіх циклів лиття, форма повинна охолоджуватися водою. На рис. 1 показано, як можна поєднувати пластинчасту вентиляцію з водяним охолодженням. Корпус 1 фрезерується зі сталевोї плити. Між виконаними на ньому у вигляді гребінки пластинами 2 встановлюються і фіксуються окремі пластинки 3 з зазором 0,1–0,15 мм. Через канали А можна приєднувати робочу поверхню форми до вакуумної системи для посилення вентиляції та поліпшення теплового контакту виливка з формою [6, с. 62].

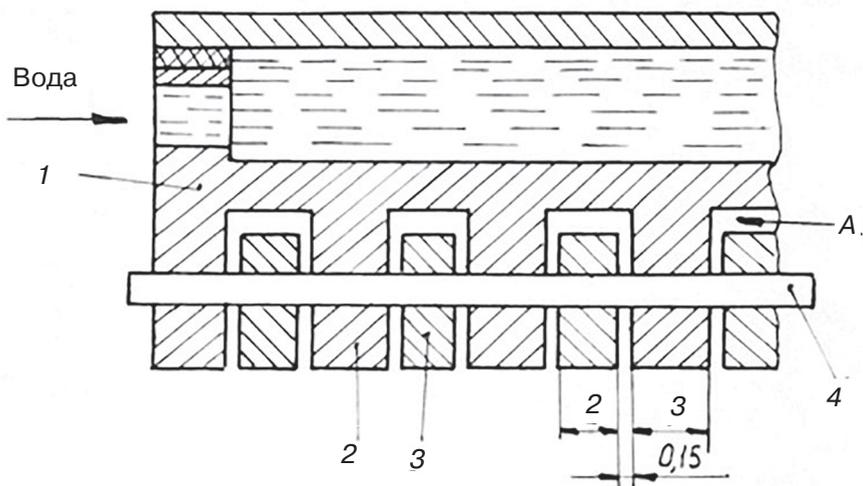


Рис. 1. Схема верхньої стінки форми: 1 – корпус; 2 – гребінка; 3 – вставні пластини; 4 – фіксатор; А – зазор 2–3 мм

Якість відливання визначається не тільки швидкістю затвердіння, але і водневою пористістю, для якої розлив-процес дуже сприятливий. При кокільному литті та литті під низьким тиском в процесі заливки розплав контактує з відносно холодними стінками ливникової системи і нижньою поверхнею форми, втрачаючи температуру. З падінням перегріву відбувається перенасичення розчиненого водню і його виділення у вигляді бульбашок, які спливають і видаляються разом з повітрям через ще відкриті вентиляційні канали. Тобто в виливку перед його затвердінням кількість водню значно зменшується.

При розлив-процесі заливка здійснюється через ливникові канали, виконані в пофарбованій плиті, яка контактує з ванною розплаву і має температуру, близьку до температури розплаву, через що розплав піднімається в порожнині форми практично без охолодження. Охолодження почнеться тільки після того як розплав увійде в контакт з стельовою охолоджуваною стінкою форми і почне кристалізуватися. Тепер буде знижуватися перегрів в нижніх масах розплаву з виділенням бульбашок водню.

Проблеми технології форми

Однак бульбашки можуть спливати тільки до затверділої зверху кірки металу, тобто весь водень залишиться в виливку у вигляді пір.

Оскільки ці процеси будуть більш чітко проявлятися при отриманні масивних виливків, з метою їх дослідження з доєвтектичного сплаву АК7 і евтектичного АК12 отримували виливки діаметром 58 і висотою 86 мм. Ступінь газонасиченості рідкого металу регулювали обробкою вологим азбестом протягом 3 хв. і наступною витримкою 5, 30, 60 і 120 хв. Подачу в форму розплаву, перегрітого на 130–150 °С вище температури ліквідус, здійснювали як зверху звичайною гравітаційною заливкою (кокільне лиття), так і знизу по всьому перетину вакуумним всмоктуванням (РОЗЛИВ-процес). Це дозволило зафіксувати видалення спливаючих бульбашок через відкритий верхній надлив в першому випадку і скупчення таких бульбашок під затверділою кіркою в другому. Непофарбована металева форма складалася з двох частин: товстостінної (20 мм), в якій формувався дослідний виливок, і тонкостінної (1,5 мм) висотою 80 мм, що виконує роль надливної надставки при заливці зверху, або ливникового каналу при заливці знизу. Вихідна температура форми 25–30 °С. Для встановлення характеру зміни пористості по мірі віддалення від верхнього торця при розлив-процесі і від нижнього торця при кокільному литті (відповідно до векторів спрямованості затвердіння) дослідні виливки розрізали по висоті на 5 рівних частин, кожен з яких піддавали гідростатичному зважуванню. Отримані результати представлені на рис. 2. Як видно, при максимальному вмісті водню, відповідному 5-хвилинній витримці після наводнення, при розлив-процесі спливаюча пористість досягає великих величин (криві 1): 8,3 % для сплаву АК7 (рис. 2, а) і 16,3 % для сплаву АК12 (рис. 2, б). Різницю можна пояснити більш швидким утворенням суцільного

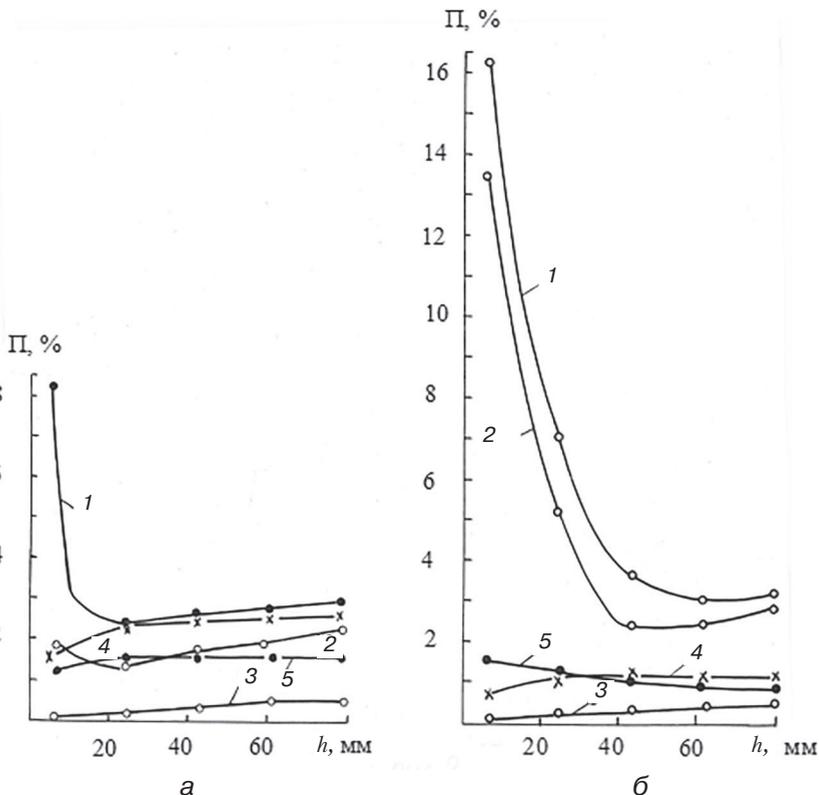


Рис. 2. Зміна середньої по перерізу газової пористості виливків із сплаву марок АК7 (а) та АК12 (б) по мірі віддалення (h) від верхнього торця виливка при розлив-процесі (1, 2, 3) та нижнього торця виливка при кокільному литті (3, 4, 5) залежно від витримки після наводнення розплаву, хв: 1, 4 – 5; 2, 5 – 30; 3 – 60, 120 і без обробки

кристалічного каркаса в сплаві АК7. Зі збільшенням витримки до 30 хв. спливаюча пористість в 4 рази знижується для сплаву АК7 і на 17 % – для сплаву АК12. І тільки при витримці більше 60 хв. пористість практично відсутня на торцевій ділянці і дещо збільшується (до 0,5 %) з наближенням до вузла живлення за рахунок збільшення тривалості кристалізації.

При кокільному литті пористість слабо реагувала на вміст водню (не виходила за межі 2,5 %), а торцеві ділянки виявлялися зазвичай найбільш щільними.

Ці дані переконливо свідчать про те, що для отримання якісних виливків розлив-процесом потрібні розплави з низьким вмістом водню. Досягти цього можна не тільки шляхом рафінування, а й зниженням до допустимої межі температури заливки (рис. 3 [7]). Представлені на рис. 3 графіки отримані в умовах, близьких до розлив-процесу (верхній торець справа). Як видно, зниженням температури розплаву АК9 з 730 до 605 °С при тих же умовах наводнення вдалося повністю прибрати шкідливу спливаючу пористість, а решта – міждендритна (1,5 %) може бути корисно використана для усунення неприпустимих усадочних дефектів. Можливі компромісні варіанти між рафінуванням і зниженням температури розплаву.

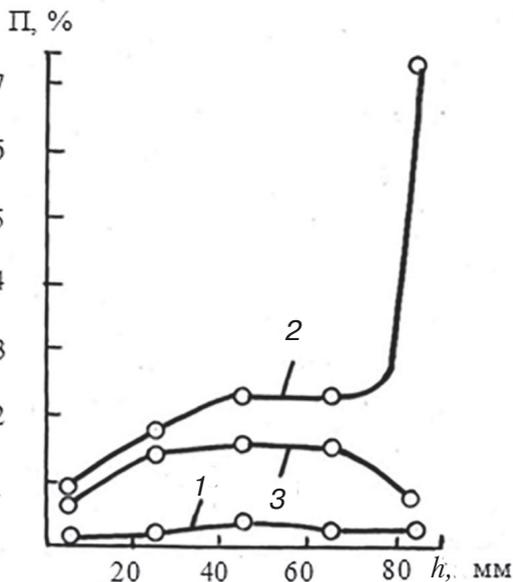


Рис. 3. Розподіл пористості (П) по висоті (h) проби із сплаву марки АК9 залежно від виду обробки розплаву: 1 – до обробки, температура заливки (T_3) = 730 °С; 2 – обробка вологим тампоном з інтенсивним перемішуванням протягом одної хвилини, T_3 = 730 °С; 3 – повтор експерименту 2 при T_3 = 605 °С (закінчення плавлення)

Список літератури

1. Галдин Н. М., Чернега Д. Ф., Иванчук Д. Ф. и др. Цветное литье: Справочник. М.: Машиностроение, 1989. 528 с.
2. Котлярский Ф. М., Борисов Г. П. Малоотходное литье алюминиевых сплавов. К.: ФТИМС НАН Украины, 2007. 160 с.
3. Котлярский Ф. М., Белик В. И., Борисов Г. П. Влияние водорода на формирование и свойства отливок из алюминиевых сплавов, заливаемых при низком перегреве. Процессы литья. 2014. № 3. С. 10–22.
4. Котлярский Ф. М., Дука В. М. Комплексное влияние водородного рафинирования и скорости затвердевания на структуру и механические свойства сплава АК7. Процессы литья. 2016. № 2. С. 9–22.
5. Котлярский Ф. М., Белик В. И., Гавриш В. С. Формирование отливок из алюминиевых сплавов на металлических стержнях. Литейное производство. 1984. № 3. С. 21–22.
6. Котлярский Ф. М. Формирование отливок из алюминиевых сплавов. К.: Наукова думка. 1990. 210 с.
7. Котлярский Ф. М. Водород в алюминиевых сплавах и отливках. К.: Освіта України. 2011. 208 с.

Надійшла 03.12.2020

References

1. N.M Galdin, D.F. Chernega, D.F. Ivanchuk et al. (1989) Colored casting: Handbook. M.: Mechanical Engineering, 528 p. [in Russian].
2. Kotlyarsky F. M., Borisov G. P. (2007) Low-waste casting of aluminum alloys. Kiev: FTIMS NAS of Ukraine, 160 p. [in Russian].
3. Kotlyarsky F. M., Belik V. I., Borisov G. P. (2014) The influence of hydrogen on the formation and properties of castings from aluminum alloys, poured at low overheating. Casting processes, no 3, pp. 10–22. [in Russian].
4. Kotlyarsky F. M., Duka V. M. (2016) Complex influence of hydrogen refining and solidification rate on the structure and mechanical properties of the AK7 alloy. Casting Processes, no 2, pp. 9–22. [in Russian].
5. Kotlyarsky F. M., Belik V. I., Gavrish V. S. (1984) Formation of castings from aluminum alloys on metal rods. Foundry, no. 3, pp. 21–22. [in Russian].
6. Kotlyarsky F. M. (1990) Formation of castings from aluminum alloys. Kiev: Naukova dumka. 210 p. [in Russian].
7. Kotlyarsky F. M. (1990) Formation of castings from aluminum alloys. Kiev: Naukova dumka. 210 p. [in Russian].

Received 03.12.2020

F. M. Kotlyarskiy, *Dr. Sci. (Engin.), Senior Research Scientist*

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

FEATURES OF THE GAS REGIME OF THE FORM AND HYDROGEN POROSITY OF THE CASTINGS DURING THE FILLING PROCESS

A distinctive feature of the gaseous mode of the mold during the bottling process is the creation of spilled counterflows of counter-wave flows filling the mold of the melt, which close the local volumes of unremoved air, which when receiving castings of panel type with developed horizontal upper surfaces requires enhanced sparse ventilation. The unique ability to fill unpainted molds with a low overheat melt in the shortest possible way through sparse castings requires special ventilation to remove gases emitted from the metal walls of the molds when they are heated at the time of contact with the melt. The design of a sparse plate ventilation system, which meets the requirements of the bottling process, is acceptable for water-cooled molds in combination with vacuuming the contact zone of the casting with the mold in order to maximize the acceleration of the curing process. To obtain a casting process of high-quality castings from aluminum alloys requires melts with a low hydrogen content, which can be achieved both by refining and the maximum allowable reduction of the casting temperature and their combination.

Keywords: aluminum alloys, low-waste casting with spilled foundries "bottling process", gas mode of formation, hydrogen porosity.