

УДК 621.742.4

ПРИНЦИПИ ФЛОТАЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ РОЗПЛАВА У ФОРМІ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ

О.В. Бабілунга, канд. техн. наук

Одеський національний політехнічний університет,

В.О. Кишковський, інж.

Одеський державний аграрний університет

Запропоновано механізм флотаційного очищення розплаву у ливарній формі від поверхневих окисних плівок при виготовленні складнопрофільних чавунних деталей мобільної техніки.

Ключові слова: якість поверхні, окисні плівки, флотаційне очищення, керамічна форма.

Вступ. Однією з актуальних задач машинобудування є створення надійної сільськогосподарської техніки. З точки зору використання матеріальних ресурсів і оптимізації витрат, сучасні ливарні технології виготовлення заготовок можуть бути особливо ефективними та актуальними, оскільки дозволяють максимально наблизити конфігурацію заготовки до готового виробу.

Проблема. Процес формоутворення виливків у ливарній формі супроводжується утворенням окисних плівок на поверхні та газових дефектів у тілі вилівка. Основною причиною, що викликає появу вказаних утворень, є процеси виділення повітря з міжзернового простору ливарної форми внаслідок термічного впливу рідкого метала.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Головною умовою виготовлення якісних деталей за допомогою ливарних технологій є гладка поверхня форми та ефективне регулювання процесів газовиділення на межі розплав-форма. Основною ціллю існуючих технологічних заходів є виключення можливості проникнення газів у розплав після початку його кристалізації [1]. Газовий тиск у порах форми до моменту створення твердої корки метала не повинен перевищувати деяке критичне значення [2]. Проникнення бульбашки газу у рідкий метал до початку кристалізації – значно менша небезпека з точки зору виникнення поверхневих газових дефектів, появу яких не можна допускати у випадку складно профільних деталей. Термічне джерело газів у традиційній формі має досить високу інтенсивність. Тому після заповнення форми розплавом спостерігається його «кипіння», викликане проривом бульбашок газу, що прориваються крізь межу розподілу «розплав-форма» та окисну плівку на поверхні розплаву [3]. Це цілком характерно і для керамічних форм, у яких термічне джерело є єдиною причиною підвищення тиску газів у порах форми.

Мета досліджень. Дослідження процесу контактної взаємодії системи «розплав – окисні плівки – керамічна форма» та створення умов для

видалення окисних плівок з поверхні виливка у його периферійну частину за допомогою флотаційного руху бульбашок повітря, що виділяються з кераміки у наслідок термоудару.

Результати досліджень. Визначним фактором при вивченні процесів масопереносу є поровий простір кераміки, який розглядали на макро- та мікрорівні. Макродефекти носять технологічний характер та мають розмір більш $0,5 \times 10^{-3}$ м. Причиною їх виникнення є бульбашки повітря екзогенного характеру, що були замішані у шлікер при його приготуванні чи заливці у модельне оснащення та не встигли видалитися при формоутворенні. Ці дефекти можуть бути видалені технологічним шляхом, – седиментаційним чи гравітаційним впливом. Але, як свідчить експеримент, відсутність макропористості не видаляє газовиділення з кераміки. Основним джерелом газовиділення є мікропористість, що являє собою міжзерновий простір та капіляри, по яких видаляється дисперсійна волога при формоутворенні. Умовний діаметр капілярів складає [4] до 50×10^{-6} м, а об'ємна концентрація мікропор – 16...20 %. При дослідженні впливу середнього розміру зерна на процес видалення газів з форми крізь шар рідкого металу спостерігали парадоксальну картину (рис. 1).

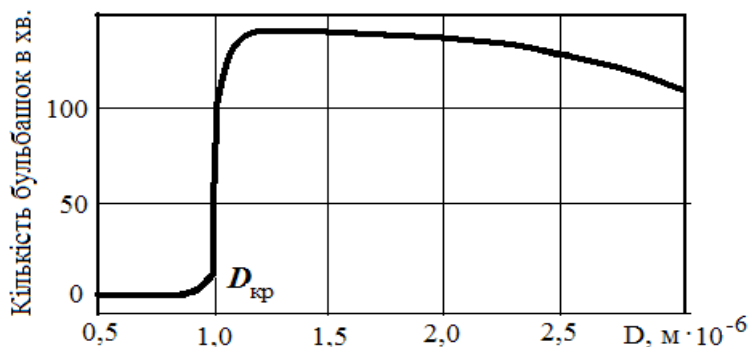


Рис. 1. Вплив розміру зерна пісочної форми на кількість бульбашок.

Зменшення розміру зерна призводить спочатку до зменшення розмірів бульбашок, що спливають, а також до збільшення їх кількості, а потім – до різкого, стрибкоподібного зменшення кількості бульбашок та різкому збільшенню їх розміру. Газовиділення має локальний характер на досить великій площині дзеркала розплаву. Огляд виготовлених таким чином виливків виявляє поверхневі газові раковини умовним діаметром до 12×10^{-3} м та глибиною більш 30×10^{-3} м, що є слідством проникнення газів у розплав на протязі тривалого часу вже після початку кристалізації. З іншого боку, якщо зв'язати пористість кераміки з якістю поверхні виливка, можна простежити зону повільного зниження останньої (рис. 2, область 1) при деякому діаметрі зерна, що відповідає різким змінам (рис. 1), та подальший перехід у дві зони з суттєво високою (рис. 2, область 3) та низькою (рис. 2, область 2) шорсткістю поверхні. При цьому умови експерименту у обох випадках (зони 2 та 3) були однакові (чавун марки СЧ20, товщина керамічного шару – 4×10^{-3} м, висота металостатичного напору – 5×10^{-2} м,

температура розплаву – 1650 К). Прийнято вважати [2], що радіус газової бульбашки дорівнює розміру пори у формі, а критичний газовий тиск, при якому виникає та зростає бульбашка у рідкому металі визначається формулою : $P' = 2\alpha / r$ (1)

де α – поверхневе натягнення на межі розплав – форма, r – радіус бульбашки. Але у даному випадку умовний радіус пори складає менш 25×10^{-6} м, а концентрація відкритих пор на поверхні кераміки – 10^{10} см⁻². Маємо відсутність прямої залежності розмірів бульбашок від розміру пор. Перелічені вище особливості поверхневого створення оксидної плівки на

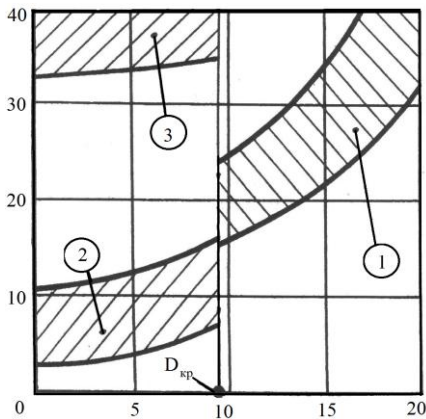


Рис. 2. Вплив розміру зерна форми на шорсткість поверхні вилівки з чавуну

вилівках, умови видалення газів з керамічної форми, а також специфічна залежність якості поверхні вилівка від розміру зерна кераміки дозволили запропонувати наступний механізм взаємодії компонентів форми та металу, що пояснює досить парадоксальний хід кривих на рис. 1 та 2. У ході заповнення розплавом 1 (рис. 3, а) відкритої керамічної форми 2 на нижній контактній межі створюється плівка оксидів 3. Гази, що виділяються з форми проривають

плівку та спливають у вигляді бульбашок 4 на поверхню. Зменшення розмірів пор (рис. 3, б) призводить до зменшення розмірів та збільшенню кількості бульбашок, що спливають. В умовах відносно повільного проникнення газів у розплав можна нехтувати конвективними

течіями усередині і зовні рідини, а також силами інерції та в'язкого опору у порівнянні з силами тиску, тяжіння та поверхневого натягнення [5]. Якщо прийняти перетин капіляра, з якого виділяється газ, круглим, то рух газу в рідину описується рівнянням

$$\left[1 + \left(\frac{dx}{dz} \right)^2 \right]^{-3/2} \frac{d^2x}{dz^2} - \frac{1}{x} \left[1 + \left(\frac{dx}{dz} \right)^2 \right]^{-1/2} = z - z_0 - \frac{\Delta P}{\Delta \rho g \sigma^{-1/2}}, \quad (2)$$

при граничних умовах: $\lim_{z \rightarrow 0} x = 0$; $\lim_{z \rightarrow 0} \frac{dx}{dz} = \infty$; $0 \leq z \leq z_0$,

де x і z – безрозмірні координати; z_0 – безрозмірна висота бульбашки; ΔP – різниця тиску у газовій фазі та рідині (Па); $\Delta \rho$ – різниця щільності рідини та газової фази (кг/м³); g – прискорення сили тяжіння (м/с²); σ – сили поверхневого натягнення (Н/м). Схема до рівняння (2) наведена на рис. 4. Рішення рівняння (2) дає два варіанти зростання газової бульбашки з гирла пори. У першому випадку 1 (рис. 4) межа бульбашки співпадає з межею гирла, та бульбашка зростає у вигляді краплі.

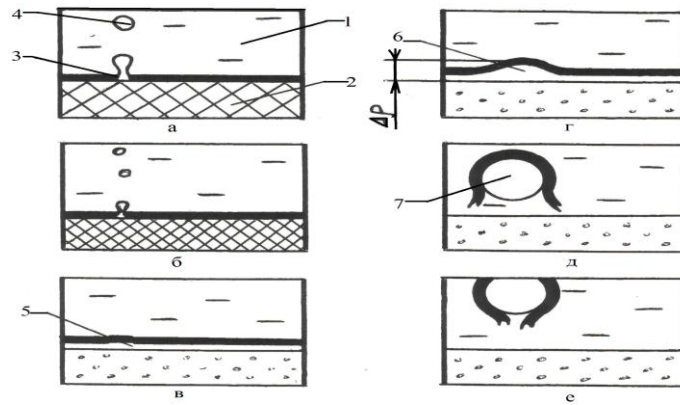


Рис. 3. Схема флотаційного очищення поверхні розплаву від оксидної плівки: 1 – розплав; 2 – форма; 3 – оксидна плівка; 4 – бульбашка; 5 – повітряний зазор; 6 – місцева деформація оксидної плівки; 7 – флотаційна бульбашка.

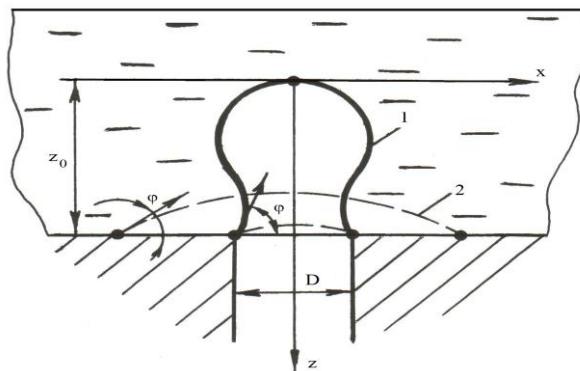


Рис. 4. Схема до рівняння течі газу з круглого отвору (позначення у тексті). Цей випадок спостерігається при відносно великих значеннях D та φ – діаметра та кута змочування розплавом матеріалу форми, відповідно. При зменшенні D та φ виникають умови, коли бульбашка приймає форму лінзи 2 (див. рис. 4). Окислення металу сприяє такому формуванню, бо плівка оксидів заліза збільшує змочування, при цьому кут змочування швидко зменшується до нуля [6]. Так як поверхня форми являє собою множення близько розташованих гирл, сусідні лінзи перекривають одна одну, створюючи рівномірний повітряний зазор 5 (див. рис. 3). Можливість створення такої «бульбашки-прошарку» підтверджується у [7]. З-за флуктуації товщини та в'язкості плівки створюються місцеві деформації 6, куди під дією різностей гідростатичного напору перетікають гази з близького до місцевої деформації зазору 5. Така місцева деформація перетворюється у велику бульбашку 7, яка спливає разом з оксидною плівкою та очищує поверхню металу, що прилягає до форми. Відбувається своєрідний процес флотації, тобто очищення металу від домішок за рахунок прилипання останніх до бульбашок, що спливають. Цьому процесу сприяє прагнення бульбашки «завернутися» у плівку, з якою він контактує, що визначається різницею поверхневого натягнення на межі оксид – метал та газ – оксид [8].

Висновки. Якщо інтенсивне окислення металу завершиться безпосередньо після спливання флотаційної бульбашки, то поверхня металу буде якісною, якщо раніше чи пізніше – на поверхні будуть присутні оксидні плівки. Таким

чином, завдання підвищення якості поверхні виливків зводиться до управління кінетикою вказаних складових процесу взаємодії розплаву з формою [9].

ЛІТЕРАТУРА

1. Финарти Ю.Я. Газовые явления в песчаной форме. – Литейное дело. – 1939. - № 1. – С. 10-11.
2. Медведев Я.И. Газы в литейной форме. – М.: Машиностроение, 1965. – 240 с.
3. Дульнев Г.И., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей композиционных материалов. – Л.: Энергия, 1974. – 264 с.
4. Пивинский Ю.Е., Ромашин А.Г. Кварцевая керамика. – М.: Металлургия, 1974. – 264с.
5. Бутков В.В., Бувевич Ю.А. Некоторые вопросы механизма барботажа // Доклады XXX научно-технической конференции МИХМ. Том 1. Вып. 1. – М.: МИХМ, 1969. – С. 129-134.
6. Баландин Г.Ф., Васильев В.А. Физико-химические основы литейного производства. – М.: Машиностроение, 1971. – 224 с.
7. Справочник по чугунному литью / Под ред.. Н.Г.Гиршовича. – Л.: Машиностроение, 1978. – 758 с.
8. Гегузин Я.Е. Капля. – М.: Наука, 1977. – 176 с.
9. Бабилунга А.В., Кострова Г.В., Становский А.Л. Флотационный метод очистки поверхности отливок. – Тр. Одесск. политехн. ун-та: Теоретический и научно-практический журнал по техническим и естественным наукам. – Одесса. – 1996. – № 1. – С. 6-8.

ПРИНЦИПЫ ФЛОТАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ РАСПЛАВА В ФОРМЕ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

А.В. Бабилунга, В.А. Кишковский

Ключевые слова: качество поверхности, оксидные пленки, флотационная очистка, керамическая форма.

Резюме

Предложен механизм флотационной очистки расплава в форме от поверхностных оксидных пленок при изготовлении сложнопрофильных чугунных деталей мобильной техники.

THE PRINCIPLES, BASED ON FLOTATION CLEANING OF MELT IN FORM IN THE MANUFACTURE COMPONENTS OF COMPLEX PROFILE

A.V. Babilunga, V.A. Kishkovski

Keywords: quality of the surface, oxide films, flotation cleaning, ceramic forms

Summary

The mechanism of flotation cleaning of the melt in the form was offered. It allows removing oxide films from the surfaces melt. This technique can be used for the manufacture complex parts from cast iron at mobile equipment.