

5. Порошковая проволока для глубокой десульфурации чугуна / А.М. Зборщик, В.В. Климанчук, Н.Ф. Анищенко [и др.] // *Металл и литье Украины*. – 2008. – №3-4. – С.3-5.
6. Опытное-промышленное опробование порошковой проволоки для глубокой десульфурации чугуна. / А.М. Зборщик, В.В. Климанчук, Н.Ф. Анищенко [и др.]. // *Сталь*. – 2008. – №12. – С.47-49.

Поступила в редакцию 31.09.2010

Рецензент д-р техн. наук, проф. А.Н. Смирнов

© Зборщик А.М., Анищенко Н.Ф., Стец В.П.,
Галинков Д.А., Витязь А.П.,
Васькевич М.Я., Автюхович И.В., 2010

УДК 669.015.93

О.М. Смірнов, В.М. Сафонов, Д.В. Проскуренко

РОЗПОДІЛ КРАПЕЛЬ РІДИНИ НАД ВІЛЬНОЮ ПОВЕРХНЕЮ ВАННИ В РЕЗУЛЬТАТІ РУЙНУВАННЯ НА НІЙ МІХУРІВ ГАЗОВОЇ ФАЗИ

За допомогою фізичної моделі отримані дані про розподіл крапель рідини по площі вільної поверхні рідкої ванни, згідно з якими максимальна їх кількість утворюється в місці $2/3$ радіуса ємності. Також визначено, що збільшення міжфазної поверхні газових міхурів здатне більшою мірою збільшувати кількість маси рідини, що переноситься через межу розділу фаз ніж збільшення розміру міхурів.

Ключові слова: ківшова обробка, струменеві каплі, плівкові каплі, вільна поверхня

Вступ

В агрегаті ківш-піч, газова фаза, що вводиться у ванну розплаву металу, спливає у вигляді міхурів, які при перетинанні міжфазної поверхні шлак-метал, утворюють шлакометалеву емульсію, позитивний ефект якої загальновідомий. Причому ефект цей досяжний при наявності шлаку в місці виходу газової фази (до оголення дзеркала металу), тобто при низьких значеннях витрати газу. При підвищенні витрати газу, відбувається оголення дзеркала ванни металу, після чого кількість емульгованого металу до шлаку різко зменшується (менш ніж 1 %) [1-3]. Виходячи з того, що газовій фазі належить не мала роль в утворенні шлакометалевої емульсії, то низка досліджень були присвячені цій проблемі, за якими зменшення часу затримки міхура на міжфазній поверхні, збільшення його діаметру і швидкості спливання збільшує кількість емульгової металевої фази. Разом з тим, зниження розміру міхура при незмінному газовміщенні збільшує площу поверхні контакту інертного газу з металевою ванною, що поліпшує дегазацію і видалення неметалевих включень. Саме за цією причиною в

розроблених способах і пристроях, що спрямовані на підвищення чистоти сталі рекомендується використання продувки пористими продувними пристроями, саме для одержання розвиненої поверхні контакту газу з металом.

Мета роботи

Метою роботи є одержання кількісних даних про розподіл маси крапель рідини, що утворюються з вільної поверхні ванни по всій її площі в результаті руйнування газових міхурів.

Досягнення поставленої мети виконувалось на фізичній моделі, шляхом уловлювання крапель рідини при різних витратах газу, одночасно по всій площі вільної поверхні рідини.

Будова фізичної моделі

Модельна установка складалася із прозорої циліндричної ємності діаметром (D) рівним 24 см і висотою 40 см, яка наповнювалася водою, для імітації ванни металевого розплаву, до рівня рівному діаметру ванни. Діаметр і висота рідкої ванни обрані з умови геометричної подібності 100-тонному ковшу, із масштабом 1:10. На дні ємності по центру розміщали продувний пристрій, через який вводили повітря, витрату якого вимірювали ротаметром. Для вловлювання крапель над поверхнею рідини розміщали уловлюючий пристрій, що являє собою дві механічно зв'язані круглі пластини з 37 отворами діаметром 20 мм (рисунок 1). Між отворами пластин розміщали поглинаючі вставки. Маса однієї вставки становила 0,003 г. Схема процесу вловлювання крапель рідини над вільною поверхнею ванни моделі схематично представлена рисунком 2.

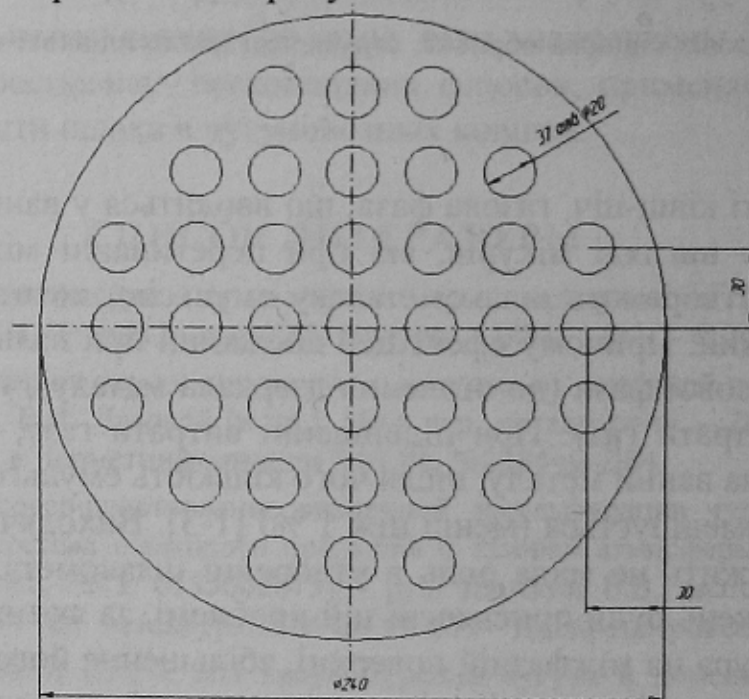


Рисунок 1 – Креслення однієї із пластини уловлюючого пристрою

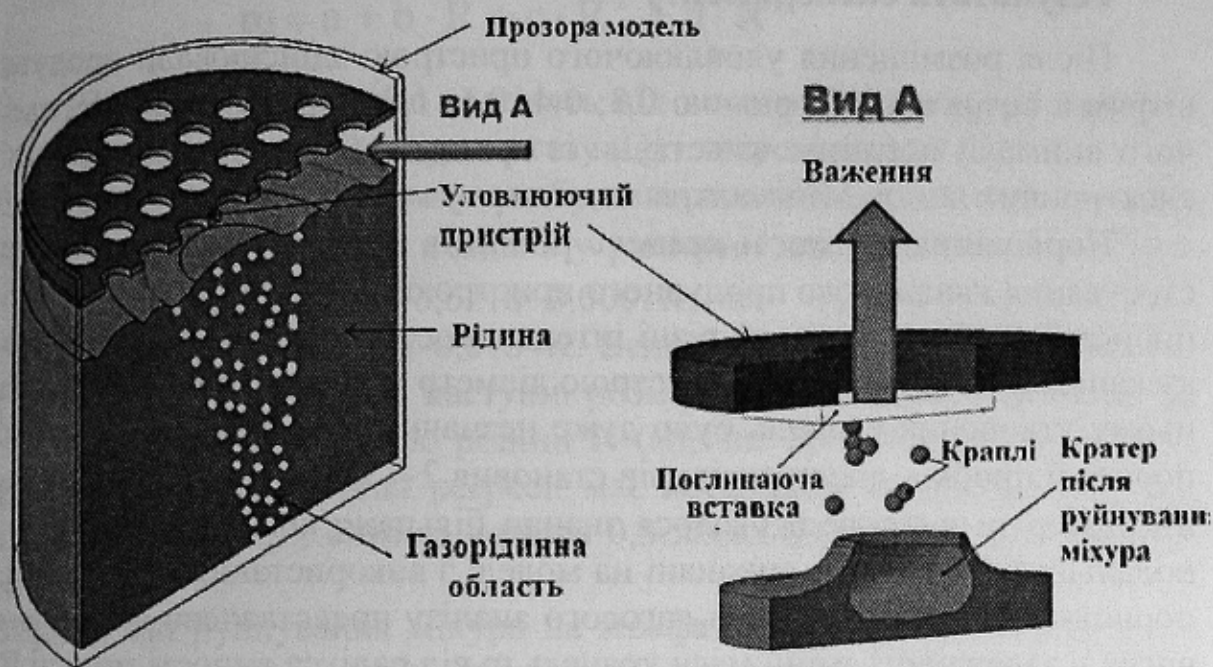


Рисунок 2 - Схема процесу вловлювання крапель рідини над вільною поверхнею ванни моделі

До початку продувки уловлюючий пристрій розміщали над поверхнею водної фази на відстані 15-20 мм. Така відстань була визначена візуально по інтенсивності краплеутворення (рисунок 3).



Рисунок 3 – Фото крапель рідини, що утворюються при руйнуванні міхурів на вільній поверхні ванни моделі.

Результати експерименту

Після розміщення уловлюючого пристрою здійснювали продувку повітрям з витратою (Q) рівною 0,3; 0,4; 0,6; 1,0 л/хв протягом 5-8 хв. Після чого виймали поглинаючі вставки із пристрою і по черзі зважували їх на електронних вагах. Мінімальна межа зважування ваг становила 0,001 г.

Порівняння кількості крапель рідини з поверхні ванни у випадку застосування каналного продувального пристрою (внутрішній діаметр 3,5 мм) і пористої пробки, показали різні інтенсивності в їх утворенні. Так у випадку каналного продувального пристрою діаметр міхурів становив 8-12 мм, при цьому утворення крапель було дуже незначним, тоді як при використанні пористої пробки, діаметр міхурів становив 2-4 мм, а їх руйнування на вільній поверхні супроводжувалося значно більшою кількістю крапель. Тому подальші виміри були виконані на моделі з використанням продувки через пористу пробку. Результати вагового аналізу представлено на рисунку 4 у вигляді залежності зміни маси крапель m від радіуса ємності моделі R .

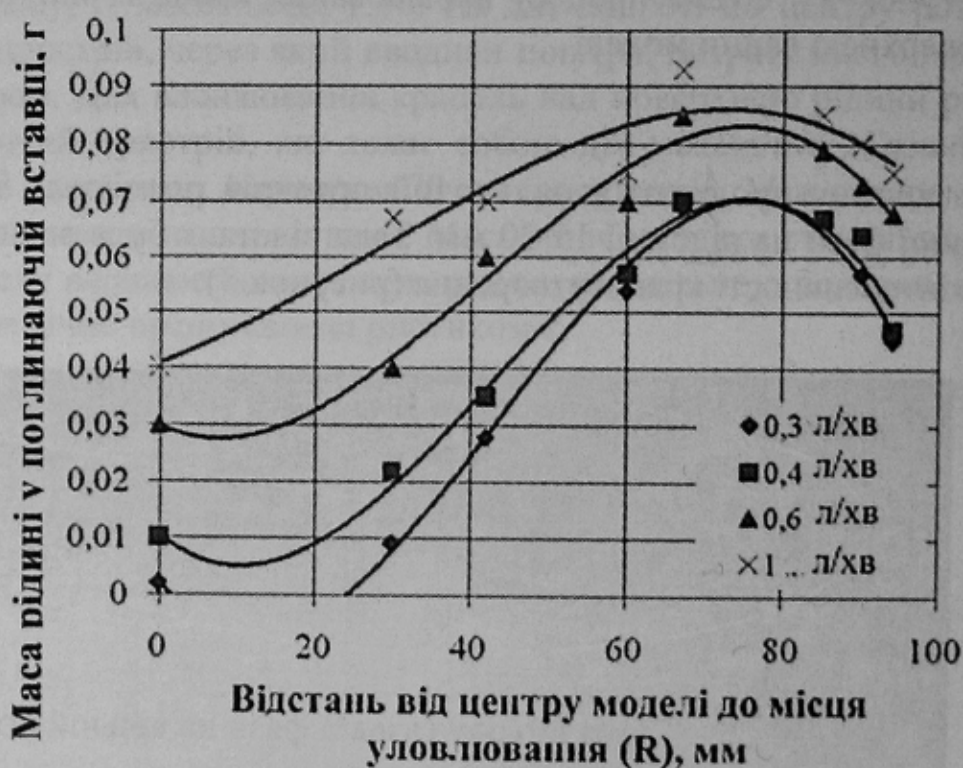


Рисунок 4 – Залежність зміни кількості маси крапель по площі вільної поверхні ванни при різній інтенсивності продувки і розміщенні уловлюючого пристрою на відстані 15 мм від поверхні ванни.

Рівняння регресії для представленої залежності має такий вигляд:

$$m = a + b \cdot R + c \cdot R^2 + d \cdot R^3,$$

де a , b , c , d – коефіцієнти, що залежать від висоти вловлювання крапель над вільною поверхнею (H), витрати газу (Q) і часу продувки (t).

Для зручності всі три параметри були виражені через одну безрозмірну величину $K = Q \cdot \tau / H^3$, яка входить у рівняння для визначення значень коефіцієнтів регресії: $a = -0,0218 + 0,0001K$; $b = -1,1279 - (3,7894 \cdot 10^{-5})K$; $c = 63,52 - 0,0039K$; $d = -486,7957 - 0,0164K$. Величини у вираженні для визначення коефіцієнта « K » мають наступні розмірності: витрата газу Q ($\text{м}^3/\text{ч}$), висота над вільною поверхнею рідини H (м), час продувки τ (ч) і радіус моделі ковша R (м). Рівняння регресії має коефіцієнт кореляції 0,97 для значень, отриманих при витраті повітря 0,3 л/хв і 0,8 при витраті повітря 1,0 л/хв.

Відомо, що руйнування міхура на міжфазній межі супроводжується утворенням двох видів крапель: плівкових і струмкових. Механізм утворення цих двох видів крапель схематично представлений на рисунку 5. Дослідники, що вивчали цей механізм визначили, що при перетинанні міхуром міжфазної межі утворюється купол рідкої плівки. Плівка згодом розривається під тиском газової фази і переміщається до дна кратера міхура, формуючи висхідний струмок, який потім також розпадається на краплі [4-9]. Відеоспостереження за руйнуванням великих і дрібних міхурів мартенівської ванни авторами роботи [9] виявили деякі відмінності в їх руйнуванні. Так для великих міхурів характерна поява прориву плівки в декількох місцях і характеризується більшою тривалістю процесу, тоді як більш дрібні міхури прориваються в одному місці і у цьому випадку струмок формується досить швидко внаслідок невеликих розмірів кратера та виростає крізь зруйновану плівку, яка ще не встигла осісти [9].

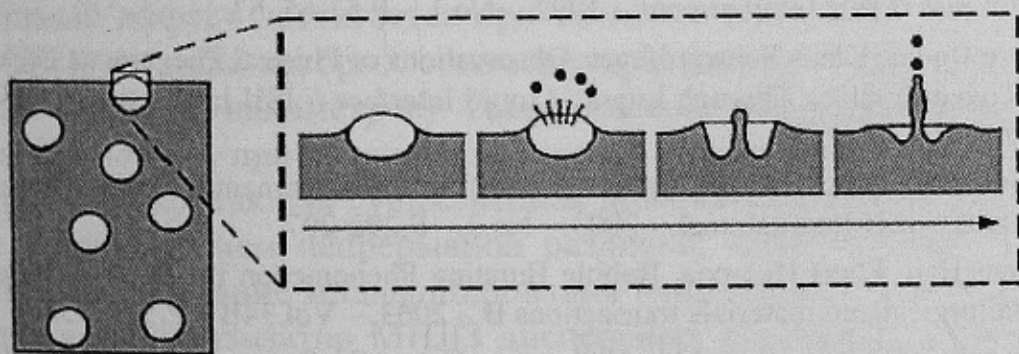


Рисунок 5 – Порядок руйнування міхура на вільній поверхні рідини з формуванням крапель [8]

Якщо прийняти той факт, що товщина плівки δ , яка покриває міхур, залежить від його радіуса r , як $\delta = 0,16r$ [10], то можна припустити, що чим більше міхур, тим більше час його перебування (до руйнування) на вільній поверхні і залежить, очевидно, від швидкості стікання частини рідини плі-

вки з купола міхура. Тоді перебування міхура на міжфазній поверхні зі збільшенням його величини, так само повинне збільшуватися, що суперечить результатам роботи [11]. Дрібні міхури, коли миттєво руйнуються повинні тим самим забезпечити максимальне утворення крапель по центральній осі симетрії, у той час як результати моделювання цього не підтверджують.

Тому з'ясування механізму руйнування міхурів на міжфазній поверхні при продувці ванни інертним газом потребує уточнення і є перспективою подальшого дослідження.

Висновки

Таким чином, за допомогою фізичного моделювання встановлено, що у випадку застосування пористої пробки, максимальне утворення крапель рідкої фази відбувається в місці $2/3$ радіуса ємності. При цьому, більш інтенсивне утворення відбувається при заміні канального продувного пристрою на пористе, це свідчить про те, що величина міжфазної поверхні контактуючих з металом міхурів інертного газу здатна впливати на кількість фази, що переноситься через міжфазну межу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Исследование характера распределения частиц металла в шлаке при продувке расплава аргоном в ковше / Смирнов А.Н., Сафонов В.М., Проскуренко Д.В., Писмарев К.Е. // *Электрометаллургия*.-2009.-№7.-С.17-22.
2. A new approach for the study of slag-metal interface in steelmaking/ K. Beskow, P. Dayal, J. Bjorkvall, M. Nzotta, Du Sichen // *Ironmaking and steelmaking*. – 2006. - № 1. - P.74-80.
3. Study of slag/metal interface in ladle treatment / P. Dayal, K. Beskow, J. Bjorkvall, Du Sichen // *Ironmaking and steelmaking*. – 2006. - №6. - P. 454-464.
4. Georg Reiter, Klaus Schwerdfeger. Characteristics of Entrainment at Liquid/ Liquid Due to Bubbles // *ISIJ International*. - 1992. - No.1. - P.57-65. 53.
5. Georg Reiter, Klaus Schwerdfeger. Observations of Physical Phenomena occurring During Passage of bubbles Through Liquid/ Liquid Interface // *ISIJ International*. - 1992. - No.1. - P.50-56.
6. Zhijun Han, Lauri Holappa. Mechanisms of iron Entrainment into Slag Due to Rising Gas Bubbles // *ISIJ International*. - 2003. - No.3. - P.292-297.
7. Zhijun Han, Lauri Holappa. Bubble Bursting Phenomenon in Gas/Metal/Slag Systems // *Metallurgical and materials transactions B* – 2003. – Vol.34B – P.525 – 532
8. Aerosol Generation by Bubble Collapse at Ocean Surfaces / N. Reinke, A. Voßnacke, W. Schütz, M.K.Koch, H. Unger // *Water, Air, and Soil Pollution*.-2001.- №1.- p.333–340.
9. Изучение процесса выгорания углерода с помощью кино съемки. Сообщение 1. / В.Б.Охотский, А.Г.Чернятевич, К.С.Просвирина, Ю.Л.Ицкович // *Известия ВУЗов. Черная металлургия*.-1973- №5- С.24-27.
10. Меджибожский М.Я. Поведение корольков металла в мартеновских шлаках / М.Я. Меджибожский // *Сталь*. - №7. - 1952. - с.583 – 590.

11. G.Reiter, K.Schwerdtfeger.Characteristics of Entrainment at Liquid/Liquid Interfaces Due to Rising Bubbles // ISIJ International. – 1994. - Vol.32.-№.1.-p.57-65

Надійшла до редакції 08.10.2010

Рецензент канд. техн.наук, доц. Є.В. Штепан

© Смірнов О.М., Сафонов В.М., Проскуренко Д.В., 2010

УДК 669.046: 621.745.435

**А.И. Троцан, В.В. Каверинский, И.Л. Бродецкий,
В.А. Сорока, В.В. Титов**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ РАСПЛАВА В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ МНЛЗ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА

Построена математическая модель поведения вводимых в кристаллизатор МНЛЗ дисперсных частиц, позволяющая оценить их исходные размеры, обеспечивающие растворение частиц до размеров центров кристаллизации в пределах кристаллизатора. Определены оптимальные фракции порошков модификаторов, которые составили: 1-5 мкм для TiN; 10-40 мкм для ZrN; 200-250 мкм для VN.

Ключевые слова: непрерывная разливка, порошок модификатора, TiN, ZrN, VN, математическое моделирование

Введение

Для улучшения структурных характеристик литого металла широко применяют модификаторы второго рода – твёрдые тугоплавкие частицы, вводимые в расплав для получения мелкозернистой структуры, при этом более значимый эффект достигается при введении ультрадисперсных порошков (УДП), частицы которых соизмеримы с размером зародыша кристаллизации (десятки нанометров). Такой способ модифицирования используется в основном при разливке металла в слитки и производстве литых изделий. Однако, так как существенная доля качественной стали производится с применением непрерывной разливки, значительный интерес представляет исследование модифицирования непрерывнолитой заготовки путём ввода в кристаллизатор МНЛЗ дисперсных порошков тугоплавких металлов [1, 2]. Технологии получения и ввода наноразмерных УДП сложны и затратны, что существенно ограничивает их применение. Поэтому представляется целесообразным изучение возможности использования более крупных частиц, способных при вводе в кристаллизатор растворяться и становиться, при достижении расплавом температуры затвердевания, дополнительными зародышами образующихся кристаллитов, повышая тем самым эффективность модифицирования.