ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ СТАЛІ ПРИ ФІНІШНОМУ ЛЕГУВАННІ У ВИЛИВНИЦІ

Андрюхін Р.П.[1], Молчанов Л.С.[2] к.т.н., Синегін Є.В.[1] к.т.н., доц.

[1]Національна металургійна академія України
[2]Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАНУ

Основною задачею введення легуючих матеріалів у виливницю під час розливання є утворення нових фаз (карбідних, нітридних, карбонітридних) та структурних компонентів, які підвищують або надають металу спеціальних властивостей. Їх введення у розплав найчастіше здійснюють у формі порошкового дроту або високолегованого сталевого дробу [1,2]. Одним з різновидів технологій їх використання є мікролегування, під яким розуміють введення у металевий розплав невеликої до 1 кг/т кількості легуючих елементів для змінення властивостей сплаву. Специфіку операції мікролегування чавуну і сталі детально розглянуто авторами робіт [3,4,5,6].

Раніше проводилися дослідження тільки по дослідженню видалення неметалевих включень з розплаву у виливниці [7] в цій статті автори вивчали вплив параметрів розливання на видалення неметалевих включень у виливниці, також вивчалося формування неметалевих включень при розливанні через оголення дзеркала металу в виливниці [8], дослідження по розподіленню неметалевих включень в залежності від їх розміру [9], а вивчення видалення методом гомогенізації в самій виливниці вивчено не було.

Важливим показником реалізації запропонованої технології є легування сталі у виливниці для отримання сталі певної марки в малих об'ємах.

Метою дослідження визначити раціональне місце введення легуючих в об’єм розплаву і спосіб розливання, для найкращого розчинення.

Установка складалася з моделі виливниці у масштабі 1:3,5 з сифонною та верхньою розливками, над виливницею була проведена трубка, що імітує модель розливного стакану сталерозливного ковша, для подачі води зверху, яку можна було перемістити для розливки зверху або сифоном. Для імітування розчинення легуючої добавки у сталі використали ультрафіолетовий барвник Losa glow (мальтодекстрин, рибофлавін). Для підсвічування барвника з обох боків виливниці були встановлені ультрафіолетові лампи, потужністю 40 Вт і з довжиною хвилі 365 Нм кожна. Зйомка здійснювалась на камеру з роздільною

здатністю 1280×720, яка була встановлена на штатив. В ході кожного експерименту змінювалося місце введення барвника (центр, 50% радіусу і під стінку виливниці) і момент введення (25%, 50%, 75%, 98% висоти наповнення виливниці). Було проведено три серії дослідів з різним способом розливки та введення барвника: 1) розливання зверху з введенням барвника у виливницю; 2) розливання сифоном з введенням барвника у виливницю; 3) розливання сифоном з введенням барвника у центрову. Після проведення експериментів, за відзнятими відео, визначали час гомогенізації від моменту введення барвника. За час повної гомогенізації приймали момент рівномірного забарвлення усього об'єму рідини.

За результатами проведених експериментів було побудовано графік залежності часу повного усереднення від рівня рідини при введенні барвнику для кожної з трьох серії дослідів.

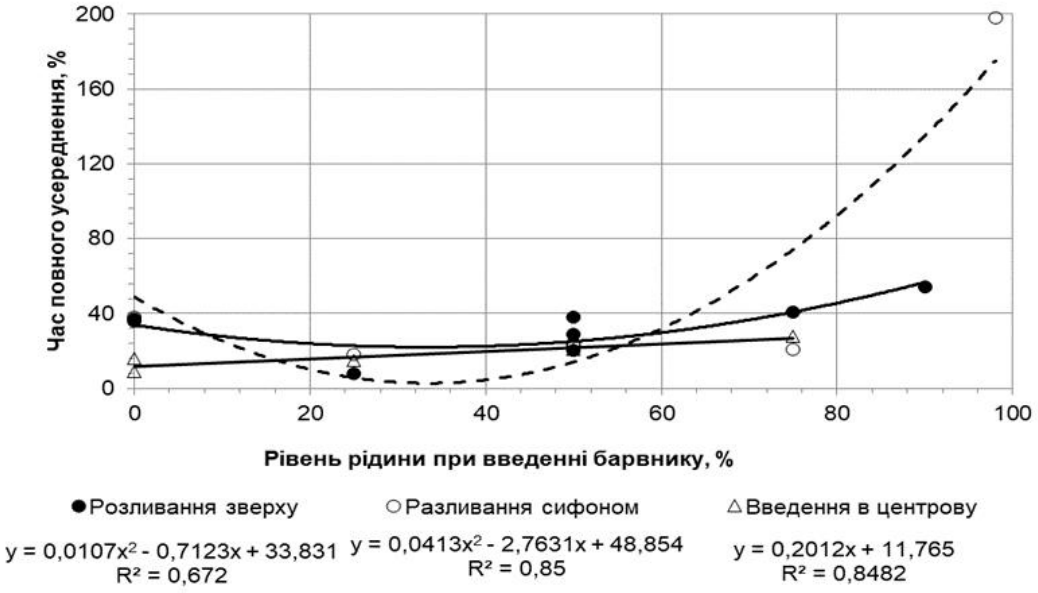

Рисунок – Залежність часу повного усереднення від рівня рідини при введенні барвника

По графіку було проаналізовано, що усереднення барвнику більш ефективно при меншому рівню рідини в виливниці, адже перемішування відбувається завдяки потокам рідини в виливниці, чим вищій рівень рідини у виливниці, тим потоки перемішування слабші. На графіку спостерігається мінімізація часу усереднення при оптимальному рівні рідини. Для розливання зверху та сифоном з додаванням барвника у виливницю оптимальний рівень

складає 33%. При введенні барвника у центрову відбувається незначне прямо пропорційне збільшення часу повного усереднення зі збільшенням рівня рідини у виливниці. Серед проаналізованих способів розливання сталі найефективнішим з погляду гомогенізації легуючої добавки є розливання сифоном. На рисунку 3-5 зображено кадри з забарвленням рідини на різних етапах наповнення виливниці при введенні барвника на рівні 25% від висоти виливниці.

Література

1. Васильева М.Г. Суспензионное легирование углеродистой стали марганцем / М.Г. Васильева // Литьё с применением инокуляторов. – К.: Институт проблем литья АН УССР, 1981. – С. 52-56.

2. Зайденберг А.М. Микролегирование высокопрочного чугуна в процессе суспензионного модифицирования / А.М. Зайденберг, Л.А. Солнцев // Литьё с применением инокуляторов. – К.: Институт проблем литья АН УССР, 1981. – С. 113-116.

3. Ефимов В.А. Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов / В.А. Ефимов, В.С. Эльдарханов. – М.: Металлургия, 1995. – 272 с.

4. Гольдштейн Я.Е. Проблемы модифицирования стали / Я.Е. Гольдштейн, В.Г. Мизин // Литьё с применением инокуляторов. – К.: Институт проблем литья АН УССР, 1981. – С. 168-181.

5. Зайденберг А.М. Микролегирование высокопрочного чугуна в процессе суспензионного модифицирования / А.М. Зайденберг, Л.А. Солнцев // Литьё с применением инокуляторов. – К.: Институт проблем литья АН УССР, 1981. – С. 113-116.

6. Троцан А.И. Теория и практика микролегирования с учётом межкристаллитной внутренней адсорбции / А.И. Троцан, И.Л. Бродецкий, А.И. Иценко. – К.: «КИМ». – 2009. – 272 с.

7. Modeling of the Floating of Non-metallic Inclusions when Pouring Steel into a Mold in Top Casting / R.P. Andriukhin., I. Mamuzic, L.S. Molchanov, Y.V. Synehin // Journal of Engineering Sciences. – 2020. - № Volume 7 (2). – P. 22-26.

8. An Experimental and Numerical Study of the Free Surface in an Uphill Teeming Ingot Casting Process / J. Yin, S. Guo, M. Ersson, P. G. Jönsson // FULL PAPER. – 2020. DOI: 10.1002/srin.201900609

9. Model for Inclusion Precipitation Kinetics During Solidification of Steel Applications in MnS and TiN Inclusions / Q. Shu, V.V. Visuri, T. Alatarvas, T. Fabritius // Metallurgical and Materials Transactions b. – 2020.