

2. *Соммервиль И.Д.* Инжекционная металлургия, 86. – М.: Металлургия, 1990. – С.107-120.

УДК 669

**С.В. Суховецький., Є. В. Синегін, Л. С. Молчанов, С. В. Журавльова**

Національна металургійна академія України, м. Дніпро

## **АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ І ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ РАФІНУВАННЯ СТАЛІ У ПРОМКОВШІ МБЛЗ**

Наявність неметалевих включень (НВ) в сталі призводить до погіршення механічних характеристик сталі, а в деяких випадках може посилювати вплив корозії на метал. На сьогодні відомо багато методів видалення НВ зі сталі, недолікам яких є використання складного обладнання, дорогих додаткових матеріалів тощо. Тому розробка недорогих і водночас ефективних методів рафінування сталі є актуальною задачею. На підставі проведеного огляду методів видалення неметалевих включень зі сталі в процесі позапічної обробки й безперервного розливання сталі запропонована їхня класифікація на дві групи: механічні й фізико-хімічні.

### **Механічні методи**

**Продувка інертним газом.** Продувка сталі інертним газом є найбільш розповсюдженим методом позапічної обробки. Видалення НВ відбувається за рахунок флотації та спрямовування потоків металу до шлаку, що сприяє швидшій і ефективнішій асиміляції НВ шлаком [1].

**Електромагнітне перемішування.** На МБЛЗ видалення НВ із застосуванням ЕМП можливо у промковші і на струмках (у кристалізаторі) причому найбільшого поширення отримало саме друге. Для інтенсифікації видалення НВ з рідкої лунки заготовки у кристалізаторі застосовують технологію MEMS (*mold electromagnetic stirring*) – різновид індуктивного перемішування спрямований на створення обертального руху рідкого металу у кристалізаторі, за рахунок чого НВ починають рухатися до осі вихору [2].

**Фільтрація.** Під фільтрацією мається на увазі осадження НВ на стінках каналів керамічних фільтрів за рахунок поверхневих сил [3].

**Центрифугування.** До цієї групи методів можна віднести розглянуте вище ЕМП, що створює горизонтальні вихри, у середину яких за рахунок відцентрової сили зтягуються НВ, а також методи, утворення вихрів за рахунок коригування гідродинамічної картини потоків як в промковші, так і в кристалізаторі. Авторами роботи [4] за результатами гідродинамічного моделювання підтверджена можливість видалення 50-53% неметалевих включень з розплаву.

### **Фізико-хімічні методи**

**Модифікування.** Метою модифікування НВ є надання ним сферичної форми та переведення їх у рідкий агрегатний стан [5]. Перше зменшує негативний вплив на механічні властивості сталі тих НВ, які не вдалося видалити зі сталі. Друге поліпшує умови коалесценції рідких НВ, їх спливання і асиміляцію шлаковою фазою.

**Обробка шлаковими сумішами.** У роботі [6] виконане детальне дослідження умов видалення включень, зокрема умов їх асиміляції шлаковою фазою.

**Раціональний режим розкислення.** Цей напрямок включає як розробку технології комплексного розкислення, так і режимів введення феросплавів.

На думку авторів, значної уваги заслуговують методи центрифугування, реалізація яких у процесах позапічної обробки й безперервного розливання можлива за допомогою електромагнітного перемішування й за рахунок тангенціального підведення металу в ротаційну камеру. За рахунок тангенціального спрямовування потоку можливо створювати вихровий рух металу у проміжному ковші та кристалізаторах. Такі методи дозволяють відмовитися від встановлення електромагнітних мішалок та зменшити експлуатаційні витрати на розливання сталі.

### **Перелік посилань**

1. Aoki J., Zhang L., Thomas B.G. (2005). Modeling of Inclusion Removal in Ladle Refining. 3rd Internat. Congress on Science & Technology of Steelmaking, Charlotte, NC, May 9-11, pp. 319-332.

2. Lei, H., Jiang, J., Yang, B., Zhao, Y., Zhang, H., Wang, W., & Dong, G. (2018). Mathematical Model for Collision–Coalescence Among Inclusions in the Bloom Continuous Caster with M-EMS. *Metallurgical and Materials Transactions B*. DOI: 10.1007/s11663-018-1186-y

3. *Bulkowski L., Galisz U., Kania H., Kudliński Z., Pieprzyca J., Barański J.* (2012). Industrial Tests of Steel Filtering Process. *Archives of Metallurgy and Material, Vol. 57, Is. 1*, pp. 363-369. DOI: 10.2478/v10172-012-0035-2

4. *Hackl G., Nitzl G., Tang Y., Eglsäer C., Chalmers D.* (2015). Innovative Flow Control Refractory Products for the Continuous Casting Process. *AISTech 2015 Proceedings*, pp. 2436-2442.

5. *Šuler, B., Burja, J., & Medved, J.* (2019). Modification of non-metallic inclusions with rare-earth metals in 50CrMoV13-1 steel. *Materiali in Tehnologije*, pp. 441-447. DOI: 10.17222/mit.2018.271

6. *Bruno Henrique Reis, Wagner Viana Bielefeldt & Antônio Cezar Faria Vilela* (April 2014). Absorption of non-metallic inclusions by steelmaking slags - A review. *Journal of Materials Research and Technology*, 3(2), pp. 179-185. DOI: 10.1016/j.jmrt.2014.03.011

УДК 551.24:504

**О. К. Тяпкин, А. О. Бурлакова**

Национальный технический университет «Днепровская политехника», г. Днепр

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОПАСНОГО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ТЕКТОНИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

При решении практически всех геоэкологических проблем горно-металлургических регионов существенную роль играет тектонический фактор. Любое чрезмерное изменение хозяйственного использования природных ресурсов без учета особенностей тектонического разломно-блокового строения земной коры может привести к нарушениям экологического состояния основных компонентов окружающей среды [1]. Для параметризации структурно-тектонических особенностей указанных регионов могут быть использованы известные представления о системах докембрийских разломов, «восстановленных» по комплексу геолого-геофизических данных [2]. Исходя из общепринятых представлений о том, что взаимное пересечение разломов увеличивает «раздробленность» приповерхностного слоя земной коры (уменьшая тем самым его устойчивость), для последующего определения распространения опасного геоэкологического влияния горно-металлургических предприя-