

ВИДАЛЕННЯ НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ВІДЦЕНТРОВИХ СИЛ У ПРОМКОВШІ МБЛЗ

Синегін Є.В. к.т.н., Суховецький С.В.,
Молчанов Л.С. к.т.н., Журавльова С.В. к.т.н.

Національна металургійна академія України, Україна

Ключові слова: НЕМЕТАЛЕВІ ВКЛЮЧЕННЯ, ВІДЦЕНТРОВІ СИЛИ,
ПРОМКІВШ, МБЛЗ.

На підставі проведеного огляду методів видалення неметалевих включень зі сталі в процесі позапічної обробки й безперервного розливання сталі запропоновані їхня класифікація на дві групи: механічні й фізико-хімічні. До першої групи запропоновано віднести методи, що передбачають зміну картини циркуляційних потоків у ковші таким чином, щоб прискорити спливання НВ у шлакову фазу або їх вловлювання спеціальними керамічними фільтрами. До цієї групи належать продувка інертним газом [1-4], електромагнітне перемішування [1,4-9], фільтрація [1] й установка в промковші перегородок і порогів [1,10]. Методи другої групи, на відміну від першої, передбачають вплив на хімічний і фазовий склад, а також агрегатний стан включень. Підвищення ефективності видалення НВ у цьому випадку досягається за рахунок зниження їхньої температури плавлення й переведення їх у рідкий агрегатний стан, що полегшує їхню агрегацію та за рахунок укрупнення прискорює спливання. До цієї групи методів належать модифікування [1,11], обробка шлаковими сумішами [12] і методи раціонального розкислення й легування [13]. Додатковий ефект модифікування полягає в наданні неметалевим включенням глобулярної форми, що знижує напруги в об'ємі твердого металу.

На думку авторів, значної уваги у цьому напрямку 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. Обертний рух металу методом індукційного перемішування реалізовується в сталерозливних ковшах (ASEA-SKF) [4], промковшах (CF-Tundish) [1] і кристаллизаторах (MEMS) [5-9].

Очевидно, що зі збільшенням об'єму металу зростають витрати енергії на його перемішування. До того ж, для ефективного переносу дрібних НВ до осі сталерозливного ковша необхідні або більші швидкості обертання вихору, або досить тривалий час обробки. Натомість, вихровий рух металу в кристалізаторі навіть із невеликими швидкостями сприяє швидкому руху НВ у напрямку осі заготовки при порівняно менших витратах енергії. Складність видалення НВ центрифугуванням у кристалізаторах полягає у відсутності можливості його застосування в слябових і тонколистових кристалізаторах. До того ж, внаслідок складної гідродинамічної картини потоків у кристалізаторі можливо повторне затягування НВ углиб металу.

З цього погляду оптимальним варіантом є реалізована у двокамерному промковші японськими вченими технологія CF-Tundish [1]. Швидкості обертання металу в ротаційній камері промковша 45 об./хв., що досягається за рахунок застосування електромагнітної мішалки, достатньо для видалення майже половини макровключень зі сталі. Однак застосування цієї технології вимагає установки електромагнітної мішалки й збільшує споживання електроенергії.

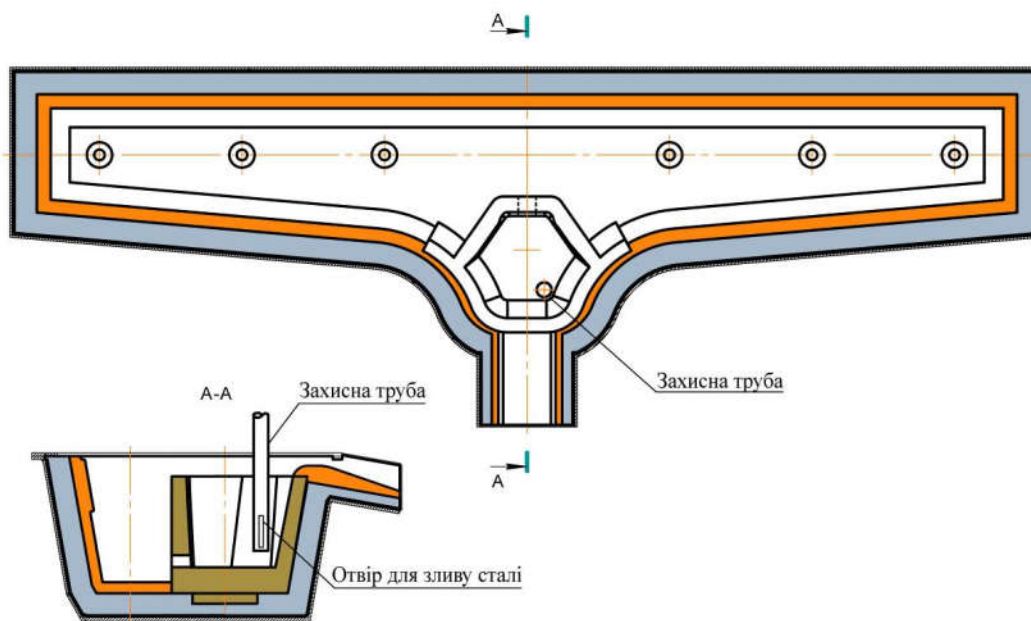


Рисунок – Принципова схема організації тангенціального підведення металу в ротаційну камеру промковша

Авторами запропоновано спосіб створення вихрового руху в ротаційній камері промковша за рахунок тангенціального підведення металу зі

сталерозливного ковша (рисунок). Подача металу в ротаційну камеру здійснюється через глухонну захисну трубу із щілинним отвором у стінці для спрямування металу по дотичній уздовж стінки ротаційної камери. Кінетичної енергії струменя, що витікає зі сталерозливного ковша, достатньо для створення вихрового руху в ротаційній камері зі швидкістю понад 45 об./хв. При цьому НВ рухаються до осі ротаційної камери й, поступово спливаючи, асимілюються шлаками, а метал через отвори, розташовані в нижній частині перегородки, витікає в розливну камеру промковша.

References

1. Sahai, Y. (2016). Tundish Technology for Casting Clean Steel: A Review. *Metallurgical and Materials Transactions B*. DOI: 10.1007/s11663-016-0648-3
2. Zhang, L., Aoki, J., & Thomas, B. (June 2006). Inclusion Removal by Bubble Flotation in a Continuous Casting Mold. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 37B, P. 361-379.
3. Qin, X., Cheng, C., Li, Y., Zhang, C., Zhang, J., & Jin, Y. (February 2019). A Simulation Study on the Flow Behavior of Liquid Steel in Tundish with Annular Argon Blowing in the Upper Nozzle. *Metals*, 9(225). DOI:10.3390/met9020225
4. Sang-ik Chung, Young-Ho Shin & Jong-Kyu Yoon (1992). Flow Characteristics by Induction and Gas Stirring in ASEA-SKF Ladle. *ISIJ International*, 32(12), P. 1287-1296.
5. Lei, H., Jiang, J., Yang, B., Zhao, Y., Zhang, H., Wang, W., & Dong, G. (February 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
6. Yanbin Yin, Jiongming Zhang, Qipeng Dong & QingHai Zhou (2018). Mathematical modelling of inclusion motion and entrapment in billet mould with effect of electromagnetic stirring. *Ironmaking & Steelmaking*. DOI: 10.1080/03019233.2018.1540519
7. Yanbin Yin, Jiongming Zhang, Shaowu Lei & Qipeng Dong (October 2017). Numerical Study on the Capture of Large Inclusion in Slab Continuous Casting with the Effect of In-mold Electromagnetic Stirring. *ISIJ International*, 347. DOI: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2017-347
8. H. Q. Yu & M. Y. Zhu (2012). Influence of electromagnetic stirring on transport phenomena in round billet continuous casting mould and macrostructure of high carbon steel billet. *Ironmaking and Steelmaking*, 8(39), P. 574-584. DOI: 10.1179/0301923312Z.00000000058
9. Guifang Zhang, Yuehua Ding & Zhe Shi (2013). Effect of Position of Electromagnetic Stirring on Inclusion Behaviors in Billet. *Advanced Materials Research*, 805-806, P. 1716-1719. DOI:10.4028/www.scientific.net/AMR.805-806.1716

10. Amel F. Boudjabi, Ahmed Bellaouar, Mohammed Lachi & Nadim El Wakil (2010). Non-Isothermal Fluid Flow in a Continuous Casting Tundish. *Proceedings of the ASME 2010 10th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis*. Istanbul. Turkey.

11. Šuler, B., Burja, J., & Medved, J. (2019). Modification of non-metallic inclusions with rare-earth metals in 50CrMoV13-1 steel. *Materiali in Tehnologije*, P. 441-447.

DOI: 10.17222/mit.2018.271

12. 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), P. 179-185. DOI: 10.1016/j.jmrt.2014.03.011

13. Cécile Nicolia, Jean-François Carton, Alexis Vauchereta, Philippe Jacquet (January 2018). Deoxidation Impact on Non-Metallic Inclusions and Characterization Methods. *Journal of Casting & Materials Engineering*, 1(4), P. 97-102. DOI: 10.7494/jcme.2017.1.4.97

INCLUSIONS REMOVAL BY USING CENTRIFUGAL FORCE IN CCM TUNDISH

Synehin Yevhen, Sukhovetskyi Serhii, Molchanov Lavr, Zhuravlova Svitlana

Abstract. The methods for non-metallic inclusions removal from steel for ladle treatment, CCM tundish and a CCM mold is discussed. It is proposed to classify steel refining methods into two groups: mechanical (blowing steel with an inert gas, electromagnetic stirring, etc.) and physical and chemical (NMIs modification, slag treatment, rational deoxidation mode). Particular attention is paid to methods aimed at a vortex forming in which NMIs flow to vortex axis due to centrifugal force. According to the calculation, the most rational way is the tangential supply of metal into the rotary chamber of the tundish. In this case, the kinetic energy of the jet flowing from the teeming ladle is used to create a vortex. According to the calculations, this energy should be enough to rotate the fluid at a speed of more than 45 rpm, which is enough to remove macroinclusions from steel.

Keywords: NON-METALLIC INCLUSIONS, CENTRIFUGAL FORCE, TUNDISH, CCM.