

УДК 621.745.55.

Д. Калиш\*, С.А. Герасин\*, П. Бобровский\*\*

AGH Научно-технический университет, Краков (Польша)\*

Институт металлургии и материаловедения польской Академии наук\*\*

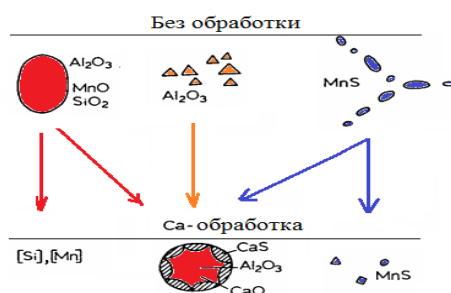
### МОДИФИКАЦИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ КАЛЬЦИЕМ

Модификация неметаллических включений с помощью кальция осуществляется непосредственно перед процессом литья [1]. Кальций характеризуется низкой температурой плавления ( $T_{\text{плав.}} = 810^\circ\text{C}$ ), а так же низкой растворимостью в жидкой стали (320 ppm при  $T=1600^\circ\text{C}$ ), обладает высоким химическим сродством к сере и кислороду, вследствие этого является эффективным модификатором таких включений как MnS,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$ . Доля CaO в включениях зависит от содержания: O, S, Al, Mn, S, и Si в жидкой стали. С повышением содержания серы в стали возможно одновременное образование выделений MnS и CaS, а увеличение доли серы будет вести следовательно к увеличению доли включений MnS, а так же (Mn, Ca) S.

Исследования, проведенные в публикациях [2] позволили сделать вывод, что выделения (Mn, Ca) S подвержены меньшим деформированиям в процессе литья, а также обладают большей твердостью по сравнению с чистыми выделениями MnS и малой степенью деформации при процессе пластической обработки, вследствие чего включения сохраняют сферическую форму. В случае сульфидов наблюдается взаимная растворимость MnS и CaS, благодаря этому, возникают сложные выделения (Ca, Mn) S. Также было установлено, что степень модификации сульфидов марганца с помощью кальция зависит от показателей Ca/S и Ca/O [3].

На рисунке 1 представлена схема влияния добавления кальция на неметаллические включения в жидкой стали [4].

Для того, чтобы получить хорошую текучесть и соответствующую чистоту стали



необходимо контролировать низкое содержание серы, при более высоком содержании алюминия и кальция.

Рисунок 1. Влияние добавления Ca на неметаллические включения в стали

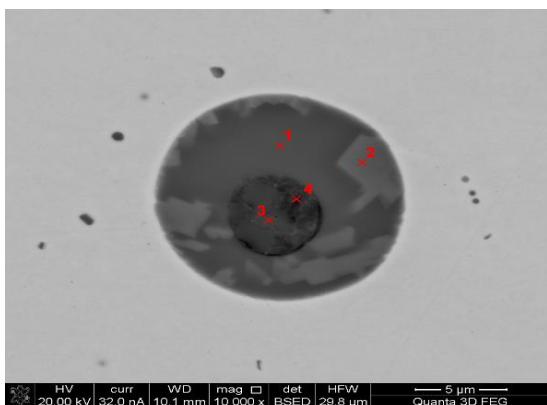


Рисунок 2. Форма включения модифицированного с помощью кальция

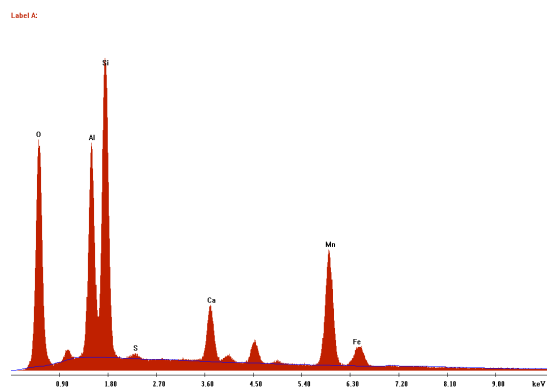


Рисунок 3. График рентгеновского микроанализа, полученный с выделенной области, обозначенной на рис.2.

Исследования показывает, что чем выше общее количество кислорода в стали, тем выше должно быть содержание кальция в отношении определенного содержания алюминия, тем выше должно быть отношение  $Ca / Al$ .

*Исследование было выполнено в AGH в соответствии с уставной работой № 11.170.318.14*

### Список литературы

1. Lis T. Zmniejszenie zanieczyszczenia stali wtrąceniami niemetalicznymi obróbką pozapiecową // Hutnik – Wiadomości Hutnicze. – 1999. – 2. – P. 54 –61.
2. Holappa L. E. K. Ladle injection metallurgy // International Metals Reiews. – 1982. – 27(2). – P. 53-76.
3. Iamut J., Falkus J., Jurjevec B., Knap M. Influence of inclusions modification on nozzle clogging // Arch. Met. Mat. – 2012. – 57. – 1. – P. 319 – 324.
4. Tahtinen K., Vainola R., Sandholm R. Ladle Injection -a Way to Continuously Cast Aluminum-Killed Steels for Billets at Ovako // Scaninject II. – 1980. – P. 1980.