

2. Kalisz D. Interaction of non-metallic inclusion particles with advancing solidification front // Archives of Metallurgy Materials. – № 59, 2. – 2014. – P. 499.

UDC 669.18

P. L. Żak, D. Kalisz, G. Rączkowski

AGH UST «University of Science and Technology», Krakow

INTERACTION BETWEEN NON-METALLIC AND SOLIDIFICATION FRONT

The process of steel solidification in the CCS crystallizer is accompanied by a number of phenomena relating to the formation of non-metallic phase, as well as the mechanism of its interaction with the existing precipitations and the advancing crystallization front. In the solidification process the non-metallic inclusions may be absorbed or repelled by the moving front. As a result a specific distribution of non-metallic inclusions is obtained in the solidified ingot, and their distribution is a consequence of these processes. The interaction of a non-metallic inclusion with the solidification front was analyzed for alumina, for different values of the particle radius. The simulation was performed with the use of own computer program. Each time a balance of forces acting on a particle in its specific position was calculated. On this basis the change of position of alumina particle in relation to the front was defined for a specific radius and original location of the particle with respect to the front.

Physically this phenomenon describes a system of forces acting on a particle and from which we have a velocity vector. In a situation corresponding to the conditions of COS crystallizer, the following system of forces acts on a particle:

– force of gravity:
$$F_g = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 (\rho_m - \rho_{cz}) \cdot g$$

– viscous resistance force
$$F_d = 6 \cdot \pi \cdot \mu \cdot r \cdot V_p \cdot \theta$$

Coefficient θ depends on the direction of the particle and its distance from the front

h : for particles distant from the front: $\theta = 1$, for particles approaching the front: $\theta = \frac{r}{h}$, for

particles moving parallel to the front: $\theta = \ln\left(\frac{r}{h}\right)$

– Saffman force:
$$F_S = 6.46 \cdot \mu \cdot r^2 \cdot V_{cz} \cdot \sqrt{\frac{S}{v}}$$

– Mukai force: $F_M = -\frac{8}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \frac{\partial \sigma_{I-L}}{\partial z}$

Particle movement near to crystallization front may be described with the following mathematical model:

$$a = \frac{|F_w(F_S, F_g, F_d, v)|}{\frac{4}{3} \pi r^3 \rho_{cz}} \quad \begin{cases} \frac{dv_x}{dt} = a_x, \\ v_x(t=0) = v_x^0 \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{dv_y}{dt} = a_y, \\ v_y(t=0) = v_y^0 \end{cases}$$

Resultant F_w force are calculated: $|F_w| = \sqrt{|F_g|^2 + |F_d|^2}$

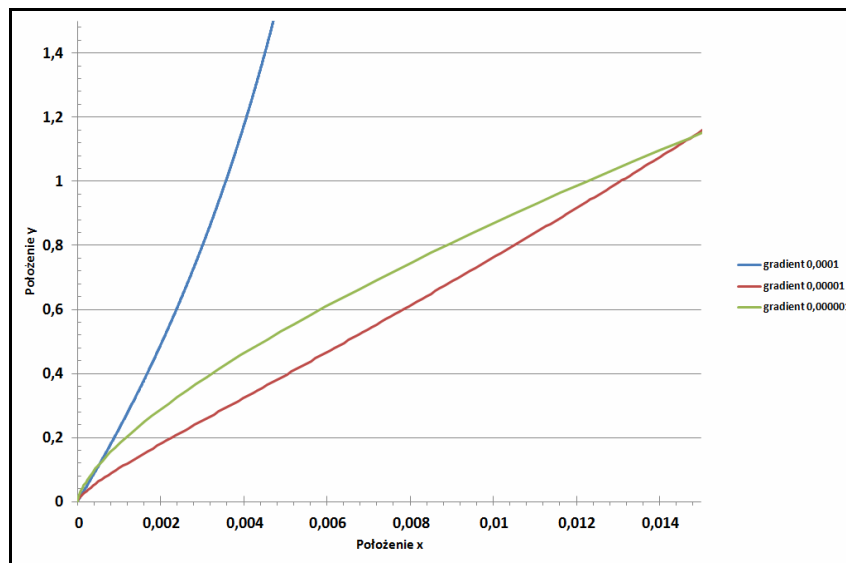


Fig. 1 Influence of local gradient of velocity on the movement of particle of radius 100 μm

The analysis of movement of a particle in the neighborhood of the solidification front allowed authors to distinguish a few cases of interaction. The pushing of particles towards the front was applicable mainly to large gradients of velocity, also the pushing of particles towards the front was observed only for high gradients; however the flotation of inclusions, especially at a very small gradient of velocity, was considerably smaller. The most complex case was the interaction of particles moving towards the front. In this case the high gradient did not favor assimilation of particles by the solidification front, especially in reference to small inclusions.

This work was sponsored by Ministry of Science as the statute work – AGH UST - University of Science and Technology in Krakow (contract 11.11.170.318.14).

References

1. *Kalisz D.* Termodynamiczna charakterystyka powstawania fazy niemetalicznej w ciekłej stali, Krakow 2013, p. 193.
2. *Kalisz D.* Interaction of non-metallic inclusion particles with advancing solidification front, *Archives of Metallurgy Materials*, 59, 2, 2014, p. 499.

УДК 621.73.002. 5 (075.8)

С. А. Абрамов, В. С. Гришин, Е. П. Морозенко

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВОДООХЛАЖДАЕМЫХ МЕДНЫХ ИЗДЕЛИЙ В МЕТАЛЛУРГИИ

Для обеспечения технологий выплавки чугуна, стали и других металлургических процессов применяют агрегаты, в которых широко используют различные типы конструкций изделий из меди и медных низколегированных сплавов – это охлаждающие плиты, фурмы для печей доменного дутья, наконечники фурмы для кислородных конвертеров, электрододержатели и контактные клеммы, сборные кристаллизаторы линий для непрерывного литья и т.п. Это обусловлено не только высокими тепло- и электропроводностью, но и высокой устойчивостью к коррозии и пластичностью меди, что позволяет использовать её для компенсации расширений и сжатий огнеупорной футеровки, вызванных значительными деформациями холодильных камер [1].

Детали и узлы металлургических агрегатов работают в сложных эксплуатационных условиях. При этом они испытывают множество нагрузок, возникающих из-за термических воздействий, действия контактных напряжений, возникающего сложно деформированного состояния и износа поверхностных слоев, микровоздействий частиц пыли, песка и других элементов. Эти воздействия отрицательно влияют на эксплуатационные свойства медных изделий. Поэтому разработка мероприятий повышения их надёжности на основе обеспечения заданных, требуемых или предельных свойств функциональных элементов изделий и меди является актуальной проблемой. Особенно важным этапом производства этих изделий является разработка и реализация технологического процесса их