

УДК 621.74

К. Куглин, С.А. Герасин, Д. Калиш, П.Л. Жак
AGH Научно-технический университет, Краков (Польша)

МОДЕЛЬ РОСТА ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ ОКСИДНЫХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ЖИДКОЙ СТАЛИ

В нынешней работе предложены собственные решения для роста осадков двухкомпонентных оксидов и сульфидов, возможных для создания, в результате ввода в сталь иттрия. Предполагается, что каждое выделение увеличивается только на своей поверхности, например, оксид иттрия увеличивается только на поверхности Y_2O_3 , а оксид алюминия только на поверхности Al_2O_3 . В данном случае установлено, что скорость роста частиц зависит только от концентрации всех трех компонентов (Y, Al, O).

Предполагается, что зарождение состоит из n_1 молей оксида 1 и n_2 молей оксида 2. Коэффициент A_{ij} является величиной, зависящей от величины перенасыщения, определенной как разница между текущей и равновесной концентрацией кислорода в стали, а также является величиной, зависящей от скорости константы реакции k_{ij} . Предполагается, что $A_{ij} > 0$, это означает, что дефицит одного из компонентов завершает процесс накопления выделения, но не приводит к его растворению.

$$A_{ij} = k_{ij} \cdot S_i^{\alpha_i} = k_{ij} \cdot (c_{[O]}(t) - c_{[O]}^{(i)})^{\alpha_i} \quad (1)$$

Отсюда увеличение количества оксида 1 и оксида 2 в двухкомпонентном зарождении составляет:

$$dn_i / dt = (A_{i1} \cdot n_1 + A_{i2} \cdot n_2) / r^\beta \quad (2)$$

Радиус растущего зарождения можно рассчитать из уравнения:

$$\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \sum_{i=1}^2 v_i \cdot n_i \quad (3)$$

отсюда

$$r = \sqrt[3]{\frac{\frac{3}{4} \cdot \frac{1}{\pi} \cdot (v_1 \cdot n_1 + v_2 \cdot n_2)}{z}} \quad (4)$$

Рост зарождения приводит к изменению его химического состава, выраженного в мольной доле оксида 1 – x_1 .

$$x_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \quad (5)$$

В работе представлены результаты расчетов роста двухкомпонентных неметаллических включений, состоящих из оксидов: Al_2O_3 и Y_2O_3 для $r_0 = 1$ мкм.

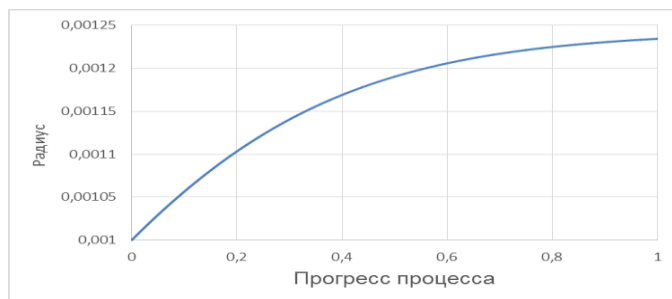


Рисунок 1. Увеличение радиуса зарождения (начальный радиус $r_0 = 1$ мкм).

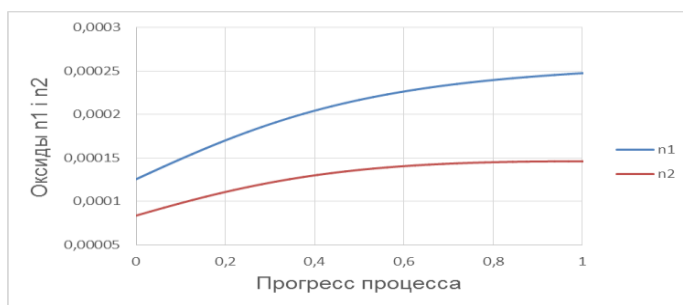


Рисунок 1. Рост двухкомпонентных зародков оксидов n_1 (Al_2O_3) и n_2 (Y_2O_3) в стали (для $r_0 = 1$ мкм).

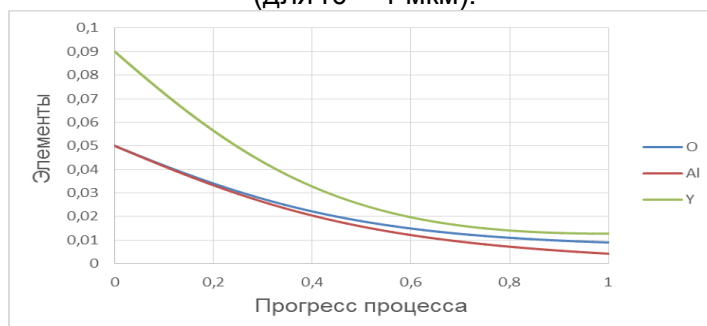


Рисунок 5. Изменение концентрации компонентов во время роста двухкомпонентных зародков оксидов ($Al_2O_3 - Y_2O_3$) в стали (для $r_0 = 1$ мкм).

Исследование было выполнено в АГН в соответствии с уставной работой № 11.170.318.14

Список литературы

1. Rocabois P. et al. Kinetics of precipitation of non-metallic inclusions during solidification of steel // Journal of crystal growth. – 1999. – Т. 198. – С. 838 – 843.