

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ РОСТА ОТ НАЧАЛЬНОГО РАЗМЕРА КРИСТАЛЛА

Шабловский О.Н.

Гомельский государственный технический университет
Белоруссия, 246746, г. Гомель, проспект Октября, 48,
E-mail:shabl@gstu.gomel.by

Экспериментальные наблюдения за ростом кристалла из пересыщенного раствора обнаружили существование корреляции: чем больше начальный размер кристалла, тем выше скорость роста. Современное состояние этого вопроса изложено в [1]. В данной работе представлено аналитическое решение уравнения роста, позволяющее определить закономерности связи «начальный размер-скорость». Рассматривается тепловая задача о нормальном росте кристалла из первоначально переохлажденного расплава. Уравнение роста, учитывающее явную зависимость скорости перемещения N от средней кривизны фазовой границы (ФГ), имеет вид [2]:

$$F_{yy} = \alpha B_1 + \varphi F_t (1 + F_y^2), \quad (1)$$

где $\alpha = L/UT_c$, $\varphi = \alpha/\mu$, $B_1 \equiv const$; $x - F(y, t) = 0$ - уравнение двумерной плоской ФГ; μ - кинетический коэффициент; U - поверхностная энергия границы раздела фаз; L - теплота фазового перехода единицы объема вещества; T_c - равновесная температура кристаллизации; T_j - температура кристалла за ФГ; t - время; x, y - прямоугольные декартовы координаты. ФГ перемещается справа налево, в сторону отрицательных значений x , т.е. $N < 0$. Уравнение (1) имеет точное решение, определяющее стационарный контур, скорость перемещения которого не зависит от времени: $F(y, t) = A_1 t + A_2(y)$, $A_1 \equiv const < 0$. Запись функции $A_2(y)$ здесь не приводится. В окрестности вершины $y = 0$ линия роста имеет вид $F = A_1 t + (b_1^2 y^2 / 2)$, $b_1^2 = \alpha B_1 + \varphi A_1$, ассоциирующийся с параболическим профилем Г.П.Иванцова. В начальный момент времени твердая фаза ограничена линиями $x = F(y, t = 0)$, т.е. $x = b_1^2 y^2 / 2$, и $x = x_1 \equiv const$. Площадь этой области равна $S = 3\sqrt{2}x_1^{3/2} / b_1$. Характерный размер области равен $x_* = S^2 / x_1^3$. Это дает $x_* b_1^2 = 18$. Учитывая, что $N_0 = A_1 = N(y = 0, t = 0) < 0$, $B_1 = T_c - T_j(y = 0) > 0$, получаем на вершине ФГ связь между основными параметрами процесса: $N_0 = -\mu B_1 + (18/\varphi x_*)$, $B_1 = T_c - T_j(y = 0)$. Тогда $d(-N_0)/dx_* > 0$, т.е. модуль начальной скорости - монотонно возрастающая функция характерного размера x_* , причем $d^2(-N_0)/dx_*^2 < 0$, т.е. выпуклость обращена вверх. Эти результаты качественно соответствуют известным экспериментальным данным.

1. Zekic' A.A., Mitrovic' M.M. // J.Crystal Growth.2003.V.258.P.204-210.
2. Шабловский О.Н. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2008. №2. С. 1-7.