Кроль Д.Г.
(Руководитель Шабловский О.Н.)
Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МАТЕРИАЛОВ

Одним из перспективных способов формирования микроструктуры материала является процесс высокоскоростной кристаллизации. Это связано прежде всего с применением металлических и аморфных материалов в приборах микроэлектроники, в недорогих солнечных элементах. Знание кинетических параметров кристаллизации позволяет обеспечивать необходимую стабильность таких материалов и возможность управления изменениями структуры посредством внешних воздействий.

Данная работа основана на исследованиях [1–3] и посвящена численному моделированию локально неравновесного теплопереноса в процессах направленного затвердевания. Нашей целью является решение задач о колебательном и апериодическом затухающих во времени тепловых режимах за фазовой границей (ФГ) высокоскоростной кристаллизации.

Математическая модель локально-неравновесной тепловой системы с памятью имеет вид:

$$c\frac{\partial T}{\partial t}+\frac{\partial q}{\partial x}=0;\quad q+\gamma\frac{\partial q}{\partial t}=-\lambda\frac{\partial T}{\partial x};\quad x\in\left[x_w,x_j\right],\quad t\geq 0;$$

$$x=x_j(t):\qquad q_j-q_*=N\left(u_j-u_*\right)-L\left(N+\gamma dN/dt\right);$$

$$\left(q_j-q_*\right)N=\left(V_j-V_*\right);$$

$$x=x_w:\qquad T=T_w \text{ либо } q=q_w.$$

Основные обозначения: T – температура; q – удельный тепловой поток; λ – коэффициент теплопроводности; $c=\rho c_p$ – удельная объемная теплоемкость; γ – время релаксации тепло-

вого потока; t – время; x – декартова координата; L – теплота фазового перехода единицы объема вещества; $N=dx_j/dt$ – скорость перемещения фазовой границы; индексами *, j отмечены значения функций, соответственно, справа и слева от ФГ $x=x_j(t)$, x_w – левая неподвижная граница.

Подробное обсуждение постановки задачи и вопросов устойчивости ФГ дано в [1–3].

Расчеты проводились для трех различных металлов: Fe, Ni, Al. Варианты для железа и никеля отвечают знакопостоянной выпуклости функции $V(T)$ по обе стороны ФГ. Для алюминия выпуклость знакопеременная. Полученные результаты дают возможность выявить качественные и количественные свойства теплового поля за ФГ высокоскоростной кристаллизации. Учет нелинейных свойств среды позволяет получить содержательную физическую информацию об условиях реализации процесса и его устойчивости.

Список литературы

1. Шабловский О.Н. Релаксационные тепловые структуры и фазовые границы в нелинейных средах //Труды Второй Российской национальной конференции по теплообмену.–М.: Издательство МЭИ, 1998. – Т. 7. – С. 251–254.
2. Шабловский О.Н., Кроль Д.Г. Эволюционные свойства фазовой границы высокоскоростной кристаллизации // Математическое моделирование в образовании, науке и промышленности: Сб. науч. тр. – С.-Пб.: Санкт-Петербургское отделение МАН ВШ, 2000. – С. 198–201.
3. Шабловский О.Н., Кроль Д.Г. Затухающий апериодический режим на фазовой границе высокоскоростной кристаллизации // Современные проблемы машиноведения: Материалы международной научно-технической конференции. – Гомель, 2000. – Т. 2. – С. 82–85.