

1.Постановление Президента Республики Узбекистан от 4 апреля 2019 года «О дополнительных мерах по своевременному оснащению аграрного сектора сельскохозяйственной техникой».

ГРАДИЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ТЕМПЕРАТУРЫ НА ФАЗОВОЙ ГРАНИЦЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПЕРЕОХЛАЖДЕННОГО РАСПЛАВА ГЕРМАНИЯ

И.А. Концевой, В.А. Климович

(Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Беларусь)

Процессы высокоскоростной кристаллизации глубоко переохлажденного расплава служат основой перспективных способов получения материалов с новыми функциональными свойствами. В настоящее время в экспериментальных условиях достигнуты скорости роста 20–70 м/с при глубине переохлаждения расплава до 300°K . В данной работе рассматривается рост кристалла из однокомпонентного переохлажденного расплава с позиций теории локально-неравновесного теплопереноса. В общей постановке трехмерная нестационарная задача очень сложна. Здесь мы применяем более простой (полуобратный) подход к проблеме, позволяющий выяснить многие существенные детали процесса формирования теплового поля на поверхности роста кристалла. А именно: рассматриваем фазовую границу стационарной геометрической формы, перемещающуюся с постоянной скоростью. Этот случай характерен для стадии установившегося во времени режима роста. Данная работа продолжает исследования [1]–[2] и имеет целью изучить градиентные свойства теплового поля на линии роста.

Релаксационная модель Максвелла переноса тепла в неподвижной среде состоит из уравнения для теплового потока и уравнения баланса энергии:

$$\mathbf{q} + \gamma \frac{\partial \mathbf{q}}{\partial t} = -\lambda \text{grad}T, \quad \frac{\partial u}{\partial t} + \text{div} \mathbf{q} = q_v, \quad du(T)/dt = c,$$

где T – температура, $\mathbf{q}(q_1, q_2, q_3)$ – вектор удельного теплового потока; λ – коэффициент теплопроводности; c – объемная теплоемкость; γ – время релаксации теплового потока; q_v – мощность внутренних источников энергии; u – плотность энергии. В трехмерном пространстве (x, y, z) фазовую границу (ФГ) кристаллизации моделируем поверхностью сильного разрыва теплового поля. На поверхности сильного разрыва $f(x, y, z, t) = 0$ условия динамической совместности получаем обычным образом:

$$N(u_j - u_*) - Q = (\mathbf{q} \cdot \mathbf{n})_j - (\mathbf{q} \cdot \mathbf{n})_*, \quad (\mathbf{q} \cdot \mathbf{s})_j = (\mathbf{q} \cdot \mathbf{s})_*, \quad (\mathbf{q} \cdot \mathbf{b})_j = (\mathbf{q} \cdot \mathbf{b})_*, \quad (1)$$

$$N = - \frac{\partial f / \partial t}{|\text{grad}f|}, \quad Q = L \left(N + \gamma_j \frac{dN}{dt} \right).$$

Здесь (1) – баланс энергии на ФГ и условия непрерывности касательных и бинормальных к ФГ компонент вектора теплового потока; L – теплота фазового перехода единицы объема вещества; $\mathbf{N} = N\mathbf{n}$ – скорость перемещения ФГ. Звездочкой отмечены параметры расплава; индекс j указывает, что значение функции определено на правой стороне разрыва, в твердой фазе. Подробности вывода и обсуждение соотношений (1) даны в [1]. Отметим, что при записи формул (1) используется ортогональный базис s, n, b , соответствующий касательной, главной нормали и бинормали к поверхности ФГ, рисунок 1.

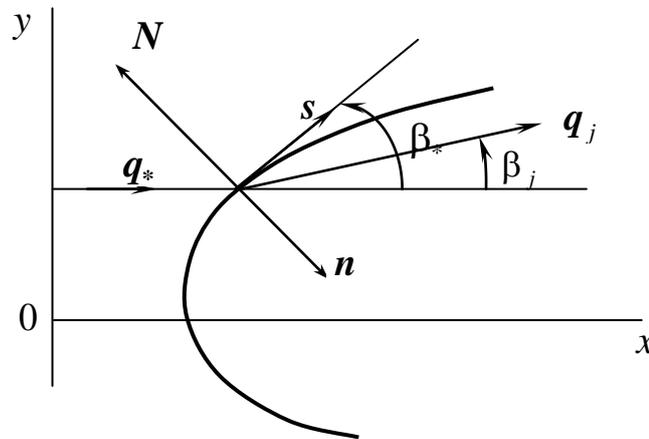


Рисунок 1 – Основные геометрические параметры фазовой границы кристаллизации

В работах [1, 2] получены в явном виде выражения нормальных производных $\partial T / \partial n, \partial q_n / \partial n, \partial q_s / \partial n$. Здесь эти формулы не приводятся.

Обсудим результаты расчетов кристаллизации германия. Были приняты следующие значения теплофизических параметров:

$$T_c = 1210 \text{ К}; T_* = 991 \text{ К}; L = 2,54 \cdot 10^9 \text{ Дж/м}^3; c = 2,048 \cdot 10^6 \text{ Дж/(м}^3 \cdot \text{К)};$$

$$U = 0,6 \text{ Дж/м}^2; \lambda = 17,4 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \gamma = 2,002 \cdot 10^{-7} \text{ с}.$$

На рисунке 2 показаны градиентные свойства нормальной и касательной составляющих теплового потока в зависимости от поперечной координаты y (левый столбец). Правый столбец демонстрирует зависимость этих же величин от квадрата теплового числа Маха $M^2 = N^2 / w_j^2, w_j^2 = \lambda_j / (c_j \gamma_j)$.

Верхнему/ нижнему обозначению вертикальной оси соответствует верхняя/ нижняя линия графика на плоскости рисунка.

Числовые значения входных параметров процесса кристаллизации в значительной степени влияют на поведение теплового потока в нормальном и касательном к фазовой границе направлениях. Обнаружено, что по мере возрастания кривизны на вершине дендрита резко увеличивается нормальная к поверхности роста компонента теплового потока.

Работа выполнена в рамках госпрограммы «Энергетические системы, процессы и технологии». Научный руководитель проекта профессор О.Н. Шабловский.

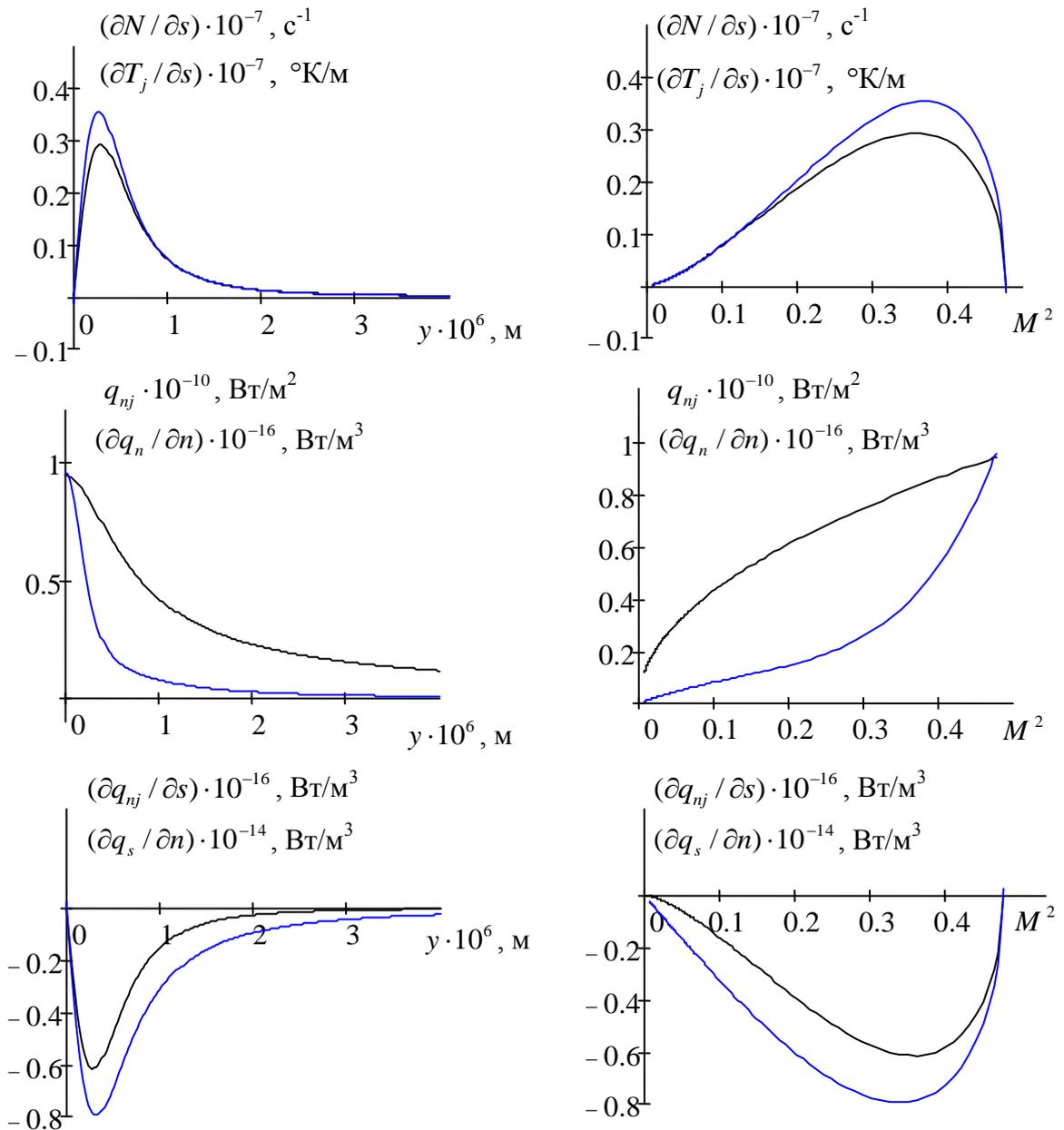


рисунок 2 – структура пространственной неоднородности

теплового потока в конечной окрестности вершины дендрита

Литература

1. Шабловский, О.Н. Тепловая градиентная катастрофа и рост двумерного свободного дендрита в переохлажденном расплаве / О.Н. Шабловский // Прикладная физика. – 2007. – №3. – С. 29–37.

2. Шабловский, О.Н. Локально-неравновесные свойства фазовой границы высокоскоростной кристаллизации переохлажденного расплава. Часть 1. Трансзвуковой переход на линии роста / О.Н. Шабловский, Д.Г. Кроль, И.А. Концевой // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого: научно-практический журнал. – 2017. – № 2. – С. 71-79.

ДЕТАЛЛАРНИ ТОЗАЛАШ НАЗАРИЯСИ АСОСЛАРИ.

Шомирзаев Эргаш Хурсанович Термиз давлат университети

Мамлакатни инновацион ривожлантириш стратегияси ва механизмлари энг аввало шу давлатда яратилган интеллектуал ва илмий – техникавий салоҳиятдан қанчалик самарали фойдаланиш билан чамбарчас боғлиқ.

Республикамиз ҳукумати томонидан олиб борилаётган ижтимоий-иқтисодий сиёсатда мамлакат ҳаётининг барча жабҳаларини, яъни инновацияни ривожлантиришга жуда катта эътибор берилмоқда.

Иқтисодиётнинг изчил ва барқарор ривожланишини таъминлашда келгуси давр учун пухта ва ҳар томонлама асосланган чора-тадбирлар, муҳим вазифа ва йўналишлар, турли даражалардаги иқтисодий тараққиёт дастурларнинг ишлаб чиқилиши ва аниқ белгилаб олиниши муваффақият гарови ҳисобланади. Айни пайтда, босиб ўтилган йўл - олдинги даврдаги эришилган ютуқ ва натижаларни танқидий баҳолаш орқали тегишли хулосалар чиқариш, улар асосида ижтимоий - иқтисодий ривожланиш дастурларини янада такомиллаштириб бориш ҳам муҳим принципиал аҳамият касб этади.

Булардан муҳими ТХК ва таъмирлаш ишлари технологияси жараёнининг ташкил этилишини такомиллаштириш, иш сифатини яхшилаш ва таъмирлашда тўхтаб туришни қисқартириш, меҳнат ва материал сарфини камайтириш кабилардир. Шунинг учун илмий-техника тараққиётининг муҳим вазифалари: ТХК ва таъмирлашдаги меҳнат ва материал сарфини камайтириш, шунингдек, ҳаракатланувчи таркибни ишлатишдаги мустаҳкамлигини ошириш, АТКнинг ишлаб чиқариш-техника базасини мустаҳкамлаш, ишлаб чиқаришни бошқариш усулларини такомиллаштиришдан иборат.

Ишлаб чиқариш –техника базасини такомиллаштириш янги АТКлар куриш, ишлаб чиқаришни жамлаш ва ихтисослаштириш, АТКларни ишлаб чиқариш бирлашмалари сифатида йириклаштириш, автокомбинатлар ва марказлашган техникавий хизмат кўрсатиш базасини ривожлантириш кабилар ҳисобланади. АТКларни йириклаштириш капитал маблағни 50% тежашга олиб келади. Механизация ва автоматизацияни ишлаб чиқариш