

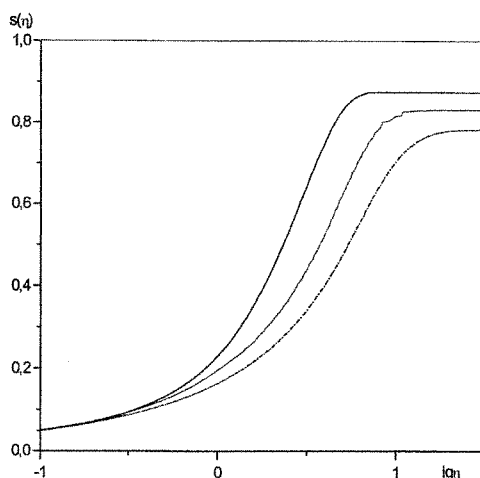


Рис.5. Движение фронта фазового перехода в процессе затвердевания.
Сплошные линии - серое приближение, штрих-пунктирные - спектр А, пунктирные - спектр В.

Литература:

1. Siegel R. Transient thermal effects of radiant energy in translucent materials // J. of Heat Trans., 1998, Vol.120, No.1.
2. Саввинова Н.А. Фазовые переходы в плоском слое с учетом излучения // Молекулярная физика неравновесных систем. – Новосибирск, 1984.
3. Бурка А.Л., Рубцов Н.А., Саввинова Н.А. Нестационарный радиационно-кондуктивный теплообмен в полупрозрачной среде с фазовым переходом // ЖПМТФ, 1987, №1.
4. Саввинова Н.А. Влияние отражения излучения на формирование температурного поля при фазовом переходе полупрозрачного материала // Актуальные вопросы теплофизики: энергетика и экология. – Новосибирск, 1991.
5. Рубцов Н.А., Саввинова Н.А., Тимофеев А.М. Влияние отражения и изотропного рассеяния на плавление и затвердевание полупрозрачного материала // Теплофизика и аэромеханика, 2001, Т.8, №3.

УДК 536.4:620.1

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В СЛОИСТЫХ ТЕЛАХ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ПОДВОДЕ ЭНЕРГИИ К ПОВЕРХНОСТИ

О.Ю. Троицкий

Томский политехнический университет, г. Томск

Е – mail: tor@ped.tpu.ru

В ряде технологических процессов, связанных с лазерным и ионизирующим излучением, а также в результате эксплуатации могут возникать как поверхностные, так и внутренние изменения структуры материалов, включая дефекты типа «нарушение

сплошности» (пустоты, расслоение и т.д.), ведущие к изменению их свойств. В любом таком случае изменение может быть интерпретировано как слой материала со свойствами (в том числе и теплофизическими - ТФС), отличающимися от свойств основного материала.

Для дистанционной бесконтактной оценки происшедших изменений или для послойного определения ТФС фронтальным методом вспышки (ФМФ) предлагается ввести в рассмотрение *безразмерный критерий термической однородности*

$$To = T / (t \cdot T'), \quad (1)$$

где T и T' - изменение во времени (t) температуры и ее производной по времени на поверхности исследуемого материала после импульсного теплового воздействия на поверхность.

Чтобы проанализировать изменение во времени этого критерия используем следующие выражения:

1. Для гомогенного образца полубесконечной толщины

Рассмотрим тепловой импульс в виде δ -функции Дирака, а также прямоугольный импульс длительности τ .

Тогда для теплового импульса в виде δ -функции Дирака в случае полупространства

$$T = \frac{Q}{e(\pi t)^{1/2}}, \quad (2)$$

а для прямоугольного импульса

$$T = \frac{2Q}{\tau e \pi^{1/2}} t^{1/2}, \text{ если } 0 < t < \tau, \quad (3)$$

и

$$T = \frac{2Q}{\tau e \pi^{1/2}} \left[t^{1/2} - (t - \tau)^{1/2} \right], \text{ если } t > \tau. \quad (4)$$

В этих уравнениях e означает коэффициент теплоусвоения.

2. Для двухслойного образца

В этом случае изменение температуры на поверхности образца более сложное, чем в первом случае, и может быть получено методом преобразования Лапласа.

Если второй слой имеет полубесконечную толщину, то в случае теплового импульса в виде δ -функции Дирака можно получить

$$T = \frac{Q}{e_1 (\pi t)^{1/2}} \left[1 + 2 \sum_{k=1}^{\infty} \Lambda^k \exp(-k^2 \frac{L_1^2}{a_1 t}) \right], \quad (5)$$

где $\Lambda = \frac{e_1 - e_2}{e_1 + e_2}$.

Здесь Q – плотность теплового потока;

a_1 – коэффициент температуропроводности первого слоя;

L_1 – толщина первого слоя;

e_1 и e_2 – коэффициент теплоусвоения первого и второго слоев соответственно.

На рис. 1 представлен качественный ход кривых $To = To(t)$, полученных по соотношениям (1 - 5)

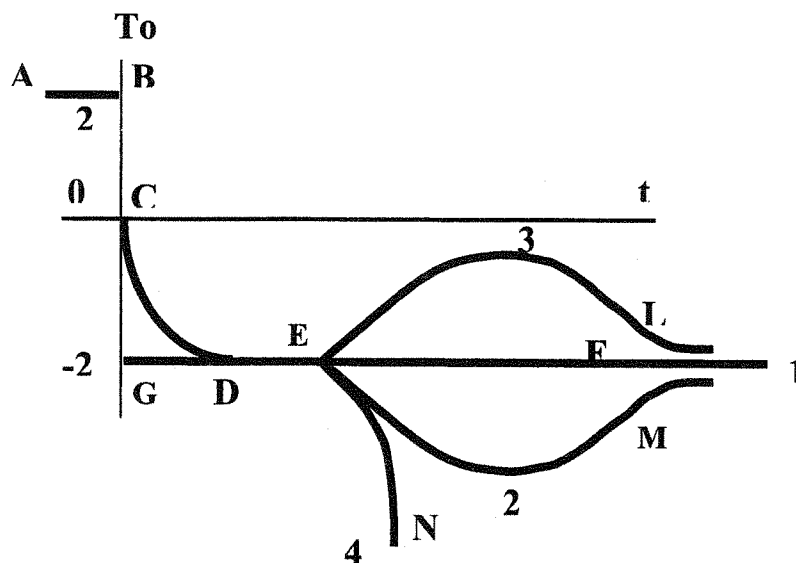


Рис. 1. Качественный характер изменения критерия термической однородности To

Кривая ABCDEF соответствует однородному материалу, нагреваемому прямоугольным импульсом длительностью AB, при этом, GD – время последствия импульса.

Остальные кривые отвечают случаям нагрева δ -импульсом:

1 – (GDEF) – материал термически однороден;

2 – (GDEM) – теплоусвоение материала поверхностного слоя больше теплоусвоения материала подложки;

3 – (GDEL) – теплоусвоение материала поверхностного слоя меньше теплоусвоения материала подложки;

4 – (GDEN) – материал представляет собой адиабатически изолированную пластину конечной толщины.

Видно, что критерий To отражает изменение условий на границах слоев, что может быть использовано для создания систем диагностики дефектности материалов и определения их ТФС.