

03;05.03

## КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ СОБСТВЕННЫМ РАСПЛАВОМ И ПЕРЕГРЕВ КРИСТАЛЛА

© М.П.Дохов

Как известно, расплавы можно переохлаждать на сотни градусов ниже точки кристаллизации. Перегрев же кристалла с открытой поверхностью считался невозможным. Это обычно объясняли тем, что образование зародыша плавления на поверхности твердого тела не требует затраты работы, так как предполагалось полное смачивание и растекание расплава по поверхности кристалла, т. е. вроде бы должно выполняться неравенство

$$\sigma_{тп} > \sigma_{тж} + \sigma_{жп}, \quad (1)$$

где  $\sigma_{тп}$  — поверхностная энергия твердого тела с насыщенным паром,  $\sigma_{тж}$  — межфазная энергия твердого тела на границе с собственным расплавом,  $\sigma_{жп}$  — поверхностная энергия расплава (жидкости) с насыщенным паром.

Если бы выполнялось неравенство (1), то перегрев кристалла был бы невозможным.

Однако неравенство (1) никогда не выполняется. Наоборот, всегда выполняется неравенство вида

$$\sigma_{тп} < \sigma_{тж} + \sigma_{жп}. \quad (2)$$

Иначе говоря, каждая из величин  $\sigma_{тп}$ ,  $\sigma_{тж}$ ,  $\sigma_{жп}$  должна быть не больше суммы и не меньше разности двух других [1,2]. Последнее свидетельствует об ошибочности положения, из которого исходят при объяснении невозможности перегрева кристалла. Правильное объяснение причин перегрева кристалла и переохлаждения расплава дано в нашей работе [3].

При кристаллизации на поверхности расплава

$$\sigma_{жп} < \sigma_{тж} + \sigma_{тп}. \quad (3)$$

Из неравенства (2), (3) видно, что при одинаковых условиях температура перегрева будет меньше, чем температура переохлаждения расплава, так как для однокомпонентной системы  $\sigma_{тп}$ , как правило, больше, чем  $\sigma_{жп}$ .

Краевые углы смачивания твердой фазы собственным расплавом и температуры перегрева некоторых металлов

Металл	$\theta$ , град	$\Delta T_{\text{переохл}}$ , К	$\Delta T_{\text{перегр}}$ , К	$\Delta T_{\text{перегр}}$ (эксп.), К
Hg	24	77	26	
Ga	23	76	25	15
Bi	31	90	40	25
Pb	18	80	21	40 [7]; 18 [10]
Sn	18	118	31	
Sb	39	135	77	
Al	18	130	33	
Ge	35	227	115	
Ag	21	227	68	
Au	17	230	57	
Cu	21	236	70	
Ni	21	319	96	
Co	19	330	92	
Fe	21	295	89	
Pt	17	370	91	

В настоящей работе, используя краевые углы смачивания твердых металлов собственными расплавами, полученные в [4], проведены расчеты температур перегревов некоторых металлов.

Следуя схеме, изложенной в [5], будем считать, что изменения термодинамического потенциала для процессов переохлаждения и перегрева эквивалентны. Тогда, воспользовавшись стандартными выражениями изменения термодинамического потенциала при переохлаждении и перегреве, получим формулу

$$\frac{\sigma_{\text{тж}}^3}{\Delta T_{\text{переохл}}^2} = \frac{\sigma_{\text{р}}^3}{\Delta T_{\text{перегр}}^2}, \quad (4)$$

где

$$\sigma_{\text{р}} = \sigma_{\text{тж}} + \sigma_{\text{жп}} - \sigma_{\text{тп}} = \sigma_{\text{жп}}(1 - \cos \theta).$$

Разрешая (4) относительно  $\Delta T_{\text{перегр}}$ , имеем

$$\Delta T_{\text{перегр}} = \Delta T_{\text{переохл}} \left[ \frac{\sigma_{\text{жп}}(1 - \cos \theta)}{\sigma_{\text{тж}}} \right]^{3/2}. \quad (5)$$

Подставляя в (5) полученную ранее формулу для расчета  $\sigma_{тж}$  [6]

$$\sigma_{тж} = \sigma_{жп} \left( \frac{2 - 3 \cos \theta + \cos^3 \theta}{4} \right)^{1/3}, \quad (6)$$

получим

$$\Delta T_{перегр} = \Delta T_{перехл} \sqrt{\frac{4(1 - \cos \theta)^3}{2 - 3 \cos \theta + \cos^3 \theta}}. \quad (7)$$

В таблице приведены вычисленные по формуле (7) значения температур перегревов некоторых металлов в сопоставлении с экспериментальными данными [7-10]. К сожалению, экспериментальные данные температур перегревов немногочисленны. Экспериментальные данные температур переохлаждений металлов взяты из [11]. Теоретические расчеты температур перегревов находятся в качественном соответствии с экспериментальными данными.

#### Список литературы

- [1] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. // Статистическая физика. М.: Наука, 1976. Т. 5. 584 с.
- [2] Роулинсон Дж., Уидом Б. // Молекулярная теория капиллярности. М.: Мир, 1986. 376 с.
- [3] Дохов М.П. // Письма в ЖТФ. 1992. Т. 18. В. 22. С. 15-17.
- [4] Дохов М.П. // Изв. АН. Металлы. 1994. № 2. С. 16-21.
- [5] Найдич Ю.В., Перевертайло В.М., Григоренко Н.Ф. // Капиллярные явления в процессах роста и плавления кристаллов. Киев.: Наук. думка, 1983. 100 с.
- [6] Дохов М.П. // ЖФХ. 1981. Т. 55. № 5. С. 1324-1327.
- [7] Мартынюк М.М., Пантелейчук О.Г., Цапков В.И. // Журн. прикл. мех. и техн. физики. 1972. В. 4. С. 108-112.
- [8] Мартынюк М.М., Ляховец В.Д. // ФТТ. 1974. Т. 16. В. 6. С. 1809-1811.
- [9] Мартынюк М.М., Ляховец В.Д. // ЖФХ. 1975. Т. 49. В. 1. С. 233-234.
- [10] Петров Ю.И. // ФТТ. 1963. Т. 5. № 12. С. 3533-3540.
- [11] Стрикленд-Констабл Р.Ф. Кинетика и механизм кристаллизации. Л.: Недра, 1971. 312 с.

Кабардино-Балкарская  
Государственная  
Сельскохозяйственная академия  
Нальчик

Поступило в Редакцию  
18 мая 1995 г.