

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ И ДИФфуЗИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОНЕНТОВ НА ПРОЦЕСС КОАЛЕСЦЕНЦИИ ДЕНДРИТНОЙ СТРУКТУРЫ В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СПЛАВАХ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

В процессе дендритной кристаллизации наблюдается явление увеличения расстояния между ветвями дендрита. Окончательные расстояния λ между дендритными ветвями второго порядка, которые наблюдаются в затвердевшей отливке, много больше первоначальных. Значение процесса укрупнения дендритных структур заключается не только в том, что изменяется расстояние между ветвями дендритов. Одним из важнейших эффектов является уменьшение остаточной микроликвации вследствие того, что некоторые ветви, образующиеся на ранних этапах затвердевания (т.е. с низким содержанием растворенного компонента), позднее растворяются с тем, чтобы вновь выделиться в новом месте, но уже с более высоким содержанием растворенного компонента.

Расчет коалесценции производился по формуле [1], которая была немного видоизменена так, чтобы можно было ее использовать при любом количестве выделившейся твердой фазы в расплаве:

$$t_c = \frac{\lambda^3}{\bar{A}} \varphi \sum_{i=1}^N \frac{p_i (1 - k_i) C_{0i} (1 - m(1 - \alpha k))^{k-1}}{D_i}, \quad \alpha = \frac{D_s}{V\lambda}, \quad (1)$$

где i - количество компонентов в системе; p - наклон линии ликвидуса; k - коэффициент распределения; D - коэффициент диффузии в жидкой фазе; C_0 - концентрация компонента; G - параметр Гиббса-Томсона; m - количество выделившейся твердой фазы; φ - параметр, описывающий модель роста дендритов (в работе рассматривается 3 модели роста); V - скорость роста ствола дендрита; D_s - коэффициент диффузии в твердой фазе.

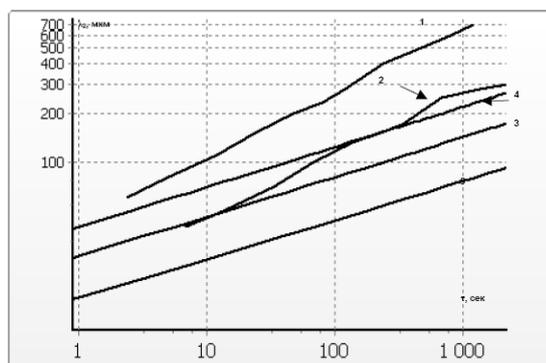


Рис. 1. Зависимость конечных междуосных промежутков дендритов в техническом железе от продолжительности затвердевания; кривые 1 и 2 – экспериментальные данные [2], прямые 3, 4 и 5 – расчетные данные (три разных модели роста)

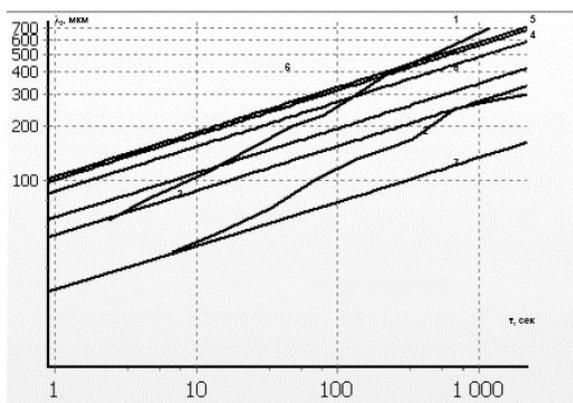


Рис. 2. Удельное влияние третьего элемента, вводимого в систему Fe-0,1%С на величину конечных междуосных промежутков дендритов; кривые 1 и 2 – экспериментальные данные [2], прямые 3, 4, 5, 6, 7, 8 – расчетные данные (ввод Si, Mn, Ni, Cr, S, P, соответственно)

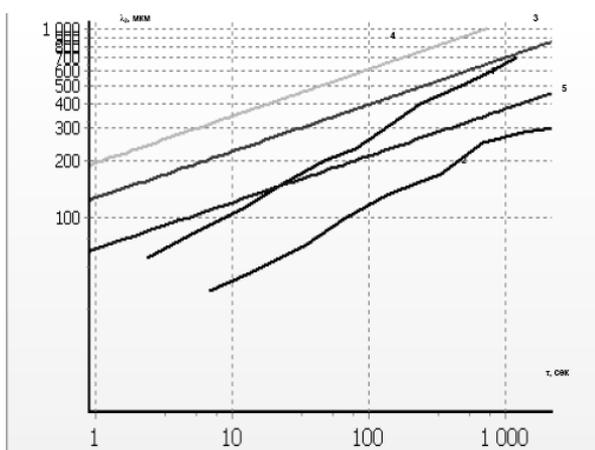


Рис. 3. Сравнение экспериментальных данных (кривые 1 и 2 [2]) с расчетными для сплава: 0,5%С, 0,4%Si, 0,55%Mn, 0,15%Ni, 0,14%Cr, 0,03%S и P, ост. Fe; прямые 3, 4 и 5 – расчетные данные (три разных модели роста)

На рис. 1 видно, что расчетные междуосные промежутки в техническом железе отличаются от экспериментальных данных. Из рис. 2 можно сделать вывод, что наибольшее влияние на изменение междуосных промежутков оказывают такие элементы как сера, фосфор. Сюда же можно отнести и углерод, который также очень сильно уменьшает междуосные промежутки дендритов. Это происходит вследствие весьма малого коэффициента распределения k , низкого коэффициента диффузии D и большого наклона линии ликвидуса m . Графическое сравнение полученных данных показано на рис. 3.

Таким образом, из полученных данных можно сделать вывод, что результаты удовлетворительно согласуются с экспериментальными, что позволяет применять этот метод и усовершенствовать его для дальнейшего исследования дендритной структуры в сплавах.

Поддержано Грантом РФФИ 06-08-01300.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Qingyou Han et al. Metall. Trans., v.28b, №12.
2. Флемингс М. Процессы затвердевания.- М.: Машиностроение, 1977.