

зации, измерение скорости охлаждения проводили при температуре, соответствующей его середине, как наиболее характерной для процесса затвердевания расплава. Изменение скорости охлаждения расплава при температуре, соответствующей середине интервала его кристаллизации, проводилось от 0,1 до 1,0 К/с.

Определение диапазона изменения скорости охлаждения расплава при его затвердевании $v_{\text{охл}}$ в экспериментах по исследованию влияния $v_{\text{охл}}$ на среднюю величину литого зерна $S_{\text{ср}}$ проводилось на основании расчетов численным методом кинетики затвердевания поверхностных слоев крупных цилиндрических отливок из стали 150ХНМ.

Из полученных по описанной методике образцов изготавливались шлифы для травления литой структуры. Использовался травитель следующего состава: FeCl_3 - 20 г, спирт - 60 мл, H_2O - 40 мл. Благодаря низкой скорости охлаждения и небольшому диаметру тигля структура в поперечном сечении образца носила равномерный характер.

На основании результатов проведенных экспериментов получена зависимость $S_{\text{ср}}$ от $v_{\text{охл}}$:

$$S_{\text{ср}} = 19,6699 - 25,4072 \cdot \ln(v_{\text{охл}}),$$

где $S_{\text{ср}}$ - средний размер литого зерна, мкм.

Полученная зависимость может быть использована для определения $S_{\text{ср}}$ при известном значении $v_{\text{охл}}$ заэвтектидной стали 150ХНМ.

Ж.В. Исоньков (студ.),
А.Г. Панчук
УГПУ

ВЛИЯНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ВИБРООБРАБОТКИ НА ЗАТВЕРДЕВАНИЕ РАСПЛАВОВ

В математических моделях, описывающих кристаллизацию чистых металлов, обычно постулируются изотермические условия. Однако эти методы не могут быть использованы для анализа эвтектических процессов, где температура является переменной. Для упрощения отвод тепла считаем прерывным процессом, при котором отливка сохраняет температуру ϱ в течение времени $\Delta t\varrho$ и одновременно охлаждается на ΔQ за тот же период времени.

В единичном объеме затвердевшей отливки с эквивалентным эвтектике содержанием углерода число эвтектических ячеек, образованных за короткий интервал времени Δt_q , составляет:

$$\Delta N_q = \Delta t_q \cdot V_q, \quad (1)$$

где V_q - доля общего жидкого объема;

N_q - число ядер, которые образуются в единице объема за единицу времени (за время Δt_q);

q - температура, при которой происходит измерение.

Формула (1), по нашему мнению, не может содержать знак равенства. Мы предлагаем писать ее в следующем виде:

$$\Delta N_q \approx \Delta t_q \cdot V_q \quad (2)$$

или

$$\Delta N_q = \Delta t_q \cdot V_q \cdot R, \quad (3)$$

где R - предложенный нами коэффициент пропорциональности, зависящий от температуры и других параметров сплава.

По мере затвердевания ячейки растут. Если предположить что каждая ячейка увеличивается в размерах по трем осям и что все ячейки на всех стадиях роста имеют одинаковую геометрическую форму, то объем, наращиваемый ячейкой (к моменту, когда сплав находится при температуре g), образовавшейся при температуре q будет:

$$K \left[\frac{q}{g} Gr \cdot \Delta t_r \right]^3, \quad (4)$$

где Δt_r - время, соответствующее температуре g ;

K - постоянная, зависящая от формы ячейки (например, для сферических ячеек $K = 4/3\pi$);

Gr - рост ячейки в определенном направлении в единицу времени при температуре g .

Исходя из формулы (4), изменение объема эвтектической ячейки за период времени Δt_r при температуре g составит:

$$K \left[\frac{q}{g} Gr \cdot \Delta t_r \right]^3 - \left[\frac{q}{g-1} Gr \cdot \Delta t_r \right]^3 = \Delta V_g, \quad \left(\frac{r-1}{r} \right), \quad (5)$$

где $\sum_{q, r} Gr \cdot \Delta tr$ - изменение объема ячейки в период охлаждения расплава от температуры q до температуры r включительно;

$\sum_{q, r-1} Gr \cdot \Delta tr$ - изменение объема ячейки в период охлаждения расплава от температуры q до температуры r исключительно.

Общее изменение объема, выванное всеми ячейками, образовавшимися при температуре q и существующими при температуре r , составит:

$$\Delta Nq \cdot \Delta Vr, \left(r \right)^{r-1} \quad (6)$$

Однако лишь та часть роста, которая происходит в жидкости, приводит к увеличению объема в ячейках. Следовательно, истинный прирост будет:

$$Vr \cdot \Delta Nq \cdot \Delta Vr, \left(r \right)^{r-1} \quad (7)$$

где Vr - доля объема, который является жидкостью при температуре r .

Общий прирост объема, обусловленный всеми ячейками, составляет:

$$\sum_{q=0; r=q}^{q=r; r=r} Vr \cdot \Delta Nq \cdot \Delta Vr, \left(r \right)^{r-1} \quad (8)$$

Влияние вибрации в представленной модели затвердевания расплавов можно учесть, по нашему мнению, следующим образом.

Если в формулу (3) ввести коэффициент Y , учитывающий увеличение скорости образования зародышей в расплаве, обусловленное влиянием вибрации, то получим

$$\Delta Nq = \Delta tq \cdot Vq \cdot R \cdot Y \quad (9)$$

Коэффициент Y зависит от параметров вибрации (амплитуды и частоты) и определяется эмпирически.