

УДК 536.42

Головатий Б.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КІНЕТИКИ МІКРОСТРУКТУРНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ПРИ ЗВАРЮВАННІ

Під час зварювання в деталі протікають складні фізико-механічні процеси, які приводять до виникнення полів напружень і деформацій. Для більш точного їх визначення варто, крім термопружнопластичних, враховувати деформації, які виникають внаслідок мікроструктурних перетворень металу ЗТВ.

В роботі використовується підхід, який базується на прогнозуванні масових часток v_j головних складових мікроструктури: аустеніту ($j = A$), фериту ($j = \Phi$), перліту ($j = П$), бейніту ($j = Б$), мартенситу ($j = M$). При цьому не враховуються особливості тонкої структури, морфологія границь зерен, розподіл домішок та ін.

Для простого циклу при $dT/dt < 0$ в інтервалі $T_{II}^j > T > T_K^j$ величина $v_j(t) = v_j(T)$ розраховується

$$v_j(t) = v_{j\max} f_j(T).$$

Для низько- і середньолегованих сталей значення $v_{j\max}$ можна визначити по діаграмі АРА при $T < T_K^j$ або з достатньою інженерною точністю через $t_{8/5}$ і дві точки даної діаграми АРА – τ_{50}^j і τ_{85}^j , які відповідають часу остигання від 800°C до 500°C, при якому відповідно $v_j = 0,5$ і $v_j = 0,85$. Для розрахунку скористаємося формулою

$$v_{j\max} = \frac{1}{2} \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{\ln t_{8/5} / \ln \tau_{50}^j}{S_j} \right) \right]$$

де $\operatorname{erf} x = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$, $S_j = \sqrt{2} \ln \frac{\tau_{85}^j}{\tau_{50}^j}$.

Функцію $f_j(T)$ будемо знаходити за формулою

$$f_j(T) = \begin{cases} 1 - \exp \left(-k_j \frac{T_{II}^j - T}{T_{II}^j - T_K^j} \right), & T_{II}^j > T > T_K^j \\ 0, & T_{II}^j < T \end{cases}$$

Знайшовши $v_j(t)$, зможемо визначити всі необхідні дані для розрахунку кінетики напружень і деформацій. Наприклад, для функції вільних відносних видовжень

$$\varphi = \frac{\sum_j v_j(T) \gamma_j(T) - \sum_j v_j(T_0) \gamma_j(T_0)}{3 \sum_j v_j(T_0) \gamma_j(T_0)}$$

де $\gamma_j(T)$ – об'єм 1 г маси j -ої мікроструктури при температурі T , T_0 – початкова температура.

Границю текучості обчислюємо за формулою

$$\sigma_T(T) = \sum_j \sigma_T^j(T) v_j(T)$$

де $\sigma_T^j(T)$ – границя текучості відповідної мікроструктури при температурі T .