

ОЦЕНКА ЭКВИВАЛЕНТНОГО ВРЕМЕНИ ДИФФУЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗОНЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ ПРИ СВАРКЕ ПЛАВЛЕНИЕМ

При расчете диффузии элементов необходимо учитывать термические циклы. Если рассматриваемая зона активной диффузии относительно мала, то можно считать, что она в каждый момент находится в изотермических условиях. Тогда диффузия в направлении x , нормальном к границе сварного шва, описывается уравнением:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D(T(t)) \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}, \quad (1)$$

где C – концентрация элемента; D – коэффициент диффузии, зависящий от текущей температуры T , которая, в свою очередь, зависит от времени t :

$$D(T(t)) = D_0 \exp\left[-\frac{Q}{R(T_0 + T(t))}\right], \quad (2)$$

где D_0 – множитель; Q – энергия; R – газовая постоянная; T_0 – начальная температура.

Решение уравнения (1) значительно упрощается, если считать коэффициент D постоянным, относящимся к выбранной температуре T_{\max} , а время t заменить эквивалентным [1]:

$$t_{eq} = \int_0^t \frac{D(T)}{D(T_{\max})} dt \quad (3)$$

Целью работы является определение зависимости $t_{eq}(t)$ для случая нагрева массивного тела быстро движущимся поверхностным сосредоточенным источником теплоты [2].

Примем за температуру T_{\max} максимальную температуру в рассматриваемой зоне. Введем безразмерные времена τ_{eq} и τ , безразмерную энергию G , безразмерную температуру

Θ_0 : $\tau = \frac{\lambda(T_{\max} - T_0)}{q/v}$, $\tau_{eq} = \frac{\lambda(T_{\max} - T_0)}{q/v} t_{eq}$, $G = \frac{Q}{RT_{\max}}$, $\Theta_0 = \frac{T_0}{T_{\max} - T_0}$, где λ – теплопроводность; q/v – погонная энергия. Тогда

$$\tau_{eq} = \int_0^{\tau} \exp\left[-G \frac{1 - \frac{1}{2\pi u} \exp\left(-\frac{1}{2\pi e u}\right)}{\Theta_0 + \frac{1}{2\pi u} \exp\left(-\frac{1}{2\pi e u}\right)}\right] du, \quad (4)$$

где интеграл вычисляем методом Гаусса с точностью 1%.

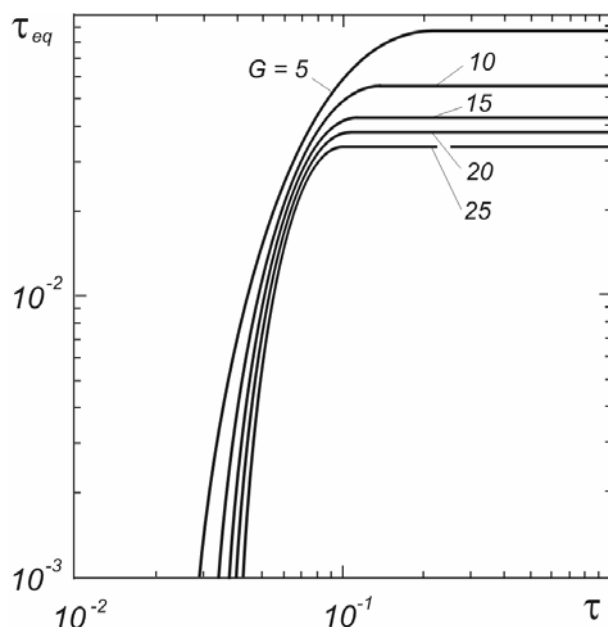


Рис. 1. Зависимость эквивалентного времени τ_{eq} от времени τ при энергии G и температуре $\theta_0 = 0.2$ ($T_0 = 293$ К, $T_{max} = 1766$ К)

На рис. 1 приведена зависимость $\tau_{eq}(\tau)$. Максимальная производная $d\tau_{eq}/d\tau$ достигается при $\tau=(2\pi e)^{-1}$. При $\tau>0,8$ все кривые практически не изменяются (диффузия практически прекращается после охлаждения). Например, для углерода в δ -Fe ($Q = 81379$ Дж/моль) $G = 5,55$. Предельное значение $\tau_{eq} = 0,08$, что соответствует реальному времени $t=22,6$ с, при $T_0 = 293$ К, $T_{max} = 1766$ К, $q/v = 1165$ Дж/мм и $l = 0,035$ Вт/(ммК).

Таким образом, полученная зависимость $\tau_{eq}(\tau)$ позволяет рассчитывать диффузионные процессы в зоне термического влияния, пользуясь решением задачи массопереноса с постоянным коэффициентом диффузии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Петров Г.Л. Неоднородность металла сварных соединений. – Л.: Судпромгиз, 1963. – 206 с.
2. Кархин В.А. Тепловые основы сварки. – Л.: ЛГТУ, 1990. – 80 с.