

УДК621.771.

А.С.Бовыкин (5 курс, каф. ПОМКиПМ), Н.Г.Колбасников, д.т.н., проф.

О РАСЧЁТЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ МЕТАЛЛОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Целью данной работы является ознакомление созданной на кафедре наследственной интегрально-вероятностная модели сопротивления деформации и пластичности металлов и применение её для расчёта сопротивления деформации ряда металлов по результатам испытаний при комнатной температуре.

Проведены опыты на растяжение для предварительно отожжённых образцов из Al, Cu, Ni, по результатам которых построены диаграммы растяжения для данных металлов и аппроксимированы полученные экспериментальные значения зависимостью $\bar{\sigma}_i(\varepsilon_i) = \bar{\sigma}_{T0} + \bar{b}\varepsilon_i^\beta$. По результатам аппроксимации определяются коэффициенты σ_{T0} , \bar{b} , β .

Определяется вклад в сопротивление деформации напряжений, создаваемых границами зёрен в металле.

$$\sigma_{zpi} = 6 \frac{\gamma_s'}{r} \ln \frac{r}{a_{zp}}, \quad (1)$$

где γ_s' - энергия границ зёрен, Дж/м²; r - радиус зерна, м; a_{zp} - среднее расстояние атомного взаимодействия на границе, м; $a_{zp}=1,1a$ (a - параметр решетки).

$$\sigma_{\bar{a}\delta 0} = \sigma_{\bar{a}\delta i} \left(\frac{E_i}{E_0} \right)^{\frac{1}{\beta-1}} \quad (2)$$

где $\bar{\sigma}_{zpi}$, $\bar{\sigma}_{T0}$ - напряжения от границ при повышенной и комнатной температуре, МПа; E_i , E_0 - модули упругости при $\sim T_{пл}$ и $T_{комн}$ соответственно, ГПа; β - коэффициент, полученный аппроксимацией.

Далее, воспользовавшись моделью и температурной зависимостью модулей упругости, найдём зависимость сопротивления деформации металлов от степени деформации при повышенных температурах в условиях отсутствия релаксационных процессов.

$$\sigma_i(\varepsilon_i) = \sigma_{T0} \varphi^{-1} + \alpha \varepsilon_i^\beta \varphi^{\beta-1}, \quad (3)$$

$$\varphi = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_0} = \left(\frac{E_i}{E_0} \right)^{\frac{1}{\beta-1}}, \quad (4)$$

где $\bar{\sigma}_{T0}$, \bar{b} , β - параметры полученные нами при аппроксимации.

При помощи этой же модели выясним зависимость сопротивления деформации металлов от степени и скорости деформации при повышенных температурах с учётом релаксации напряжений.

$$K(t) = \sigma_\tau(t) - \sigma_p(t) \quad (5)$$

$$\sigma_p(t) = \int_0^t \sigma_m(\theta) g(t, \theta) d\theta \quad (6)$$

где $\bar{\sigma}_\tau(t)$ - деформирующие напряжения, МПа; t - момент времени ($t = \varepsilon/\dot{\varepsilon}$); $\bar{\sigma}_p(t)$ - величина релаксированных напряжений; $g(t, \theta) = \int_0^\infty \frac{1}{\lambda} f(\lambda) e^{-\lambda \frac{-(t-\theta)}{\lambda}} d\lambda$ - весовая функция наиболее

общего вида, характеризующая степень забывания системой к моменту времени t о тех действиях, которые были произведены над ней в момент времени u .

В данном расчёте мы несколько упростим модель, приняв в качестве l постоянные для данных гомологических температур величины.

При определении времён релаксации будем исходить из экспериментальных данных, согласно которым при $T/T_{пл}=1 \rightarrow l_{cp}=0,2$ сек.

$$T/T_{пл}=0,165 \rightarrow l_{cp}=3,4*10^{11} \text{ сек.}=10832 \text{ года.}$$

Аппроксимировав эти данные экспонентой вида: $\lambda_{cp} = \frac{1}{1173} \exp\left(\frac{5.548}{T}\right)$ получим значения времён релаксации для соответствующих рассматриваемых температур.

Выводы. Установлено, что предел текучести материала в значительной степени определяется напряжениями, создаваемыми границами зёрен и это влияние тем больше, чем меньше размер зёрен, а следовательно, чем больше общая протяженность границ зёрен.

Модель сопротивления деформации и пластичности металлов позволяет оценивать сопротивление деформации металлов в зависимости от степени деформации при различных температурах и скоростях деформации. К недостаткам наших расчётов можно отнести то, что модель рассматривается в упрощённом виде. Так, например, времена релаксации принимаются постоянными для каждой из рассматриваемых температур, не учитываются все факторы, влияющие на функцию плотности распределения вероятности времён релаксации $f(l)$. Несмотря на это, были получены результаты, которые в достаточной мере соответствуют имеющимся в литературе экспериментальным данным.