

УДК 621.771.01

Д.С.Савин (6 курс, каф. ПОМ), Н.Г.Колбасников, д.т.н., проф.

ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ СВОЙСТВ УПОРЯДОЧЕННЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ

Изменения сопротивления деформации и пластичности металлов при упорядочении и образовании промежуточных фаз могут быть настолько велики, что приводят к переходу сплава в хрупкое состояние.

Поскольку фазообразование сопровождается изменением порядка в системе, то для описания упорядочения можно использовать статистическую (структурную) энтропию, как меру беспорядка системы:

$$\Delta S_{\text{стр}} = -R \int f(\sigma^*) \ln f(\sigma^*) d\sigma^*,$$

где $f(\sigma^*)$ – плотность распределения внутренних безразмерных напряжений (пределов текучести), $\sigma^* = \sigma_s/E$, σ_s – размерное значение предела текучести, E – модуль упругости.

В неупорядоченном состоянии системы А и В независимы, и распределение их атомов по энергиям можно рассматривать как $f_1(\sigma^*)$ и $f_2(\sigma^*)$ с энтропиями $\Delta S_{\text{стр}1}$ и $\Delta S_{\text{стр}2}$. Поскольку энтропия – функция аддитивная, то в исходном неупорядоченном состоянии структура системы характеризуется структурной энтропией

$$\Delta S_{\text{стр}1} + \Delta S_{\text{стр}2} = -R \left[\int f_1(\sigma^*) \ln f_1(\sigma^*) d\sigma^* + \int f_2(\sigma^*) \ln f_2(\sigma^*) d\sigma^* \right],$$

Упорядочение и образование сверхрешетки представим как объединение двух распределений в единое целое и суммарной энтропией.

При упорядочении в результате в результате внедрения решеток возникает новая система, характеризуемая $f_3(\sigma^*)$ $\Delta S_{\text{стр}3}$:

$$\Delta S_{\text{стр}3} = -R \int f_3(\sigma^*) \ln f_3(\sigma^*) d\sigma^*.$$

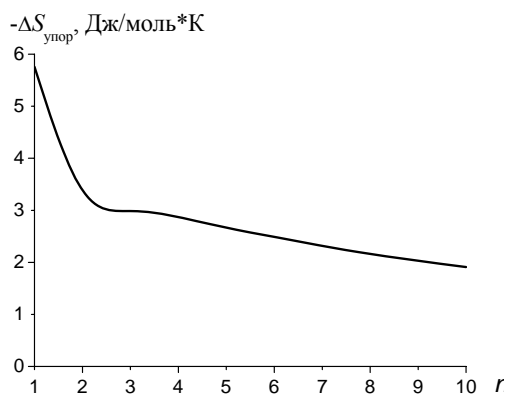


Рис. 1. Изменение энтропии при упорядочении и образовании металлического соединения типа A_nB в зависимости от значений n

Считая, что функции $f_i(\sigma^*)$ представляют собой простейшие прямоугольные распределения, при выполнении условия нормировки можно найти изменение энтропии при упорядочении (рис. 1) для любого из возможных соединений AB_n . Отметим, что упорядочение с образованием соединения АВ энтропия системы уменьшается на величину энтропии смешения $\Delta S_{\text{см}} = -R \ln 2$. Общее выражение для изменения энтропии при упорядочении имеет вид:

$$\Delta S_{\text{упор}} = -R \frac{1}{n} \ln n.$$

Зная соотношение между структурной энтропией и пределом текучести, выражение для их температурной зависимости, можно получить, что упорядочение сплава приводит к упрочнению при комнатной температуре

$$\Delta\sigma_{\text{упор } 0} = -\frac{DRT_{\text{упор}}}{n\mu} \ln n \left(\frac{E_i}{E_{\text{упор}}} \right)^{\frac{1}{1-\beta}},$$

где D и μ – плотность и молярная масса, $T_{\text{упор}}$ – температура упорядочения; E_0 и $E_{\text{упор}}$ – значения модуля упругости сплава при комнатной температуре и температуре упорядочения.