Л. И. СОЙКИНА, А. И. ЗЕЛЕНКЕВИЧ, В. П. БАСАРГИН, А. С. КАЛЕННИК, В. С. САВЕНКО
МГПУ им. И.П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

К РАСЧЁТУ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОН-ДИСЛОКАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧНОСТИ

Впервые описание развития физической теории электропластичности отмечено в работах А.М. Рощупкина и И.Л. Батаронова, где даётся полный анализ влияния электромагнитных полей на параметры термоактивируемой пластической деформации металлов, а также энергетических воздействий зарождения носителей пластической деформации [3].

Полагаясь на доказательствах явления упругого и электрического взаимодействия дислокаций с точечными дефектами, теоретическая модель электропластической деформации металла сводится к исследованию и изучению влияния внешних полей на модули упругости металла и на геометрические характеристики взаимодействующих дефектов [2–3].

Рассмотрим суперпозицию полей, созданных точечным дефектом и избыточной валентностью металлов. Потенциал поля, созданный за счет избыточной валентности, в кристаллической решетке металла будет равен:

$$\varphi(r) = \frac{e\Delta Z}{r}\exp\left(-q_{Tfr}\right), \tag{1}$$

где e − элементарный заря, r – радиус-вектор, ΔZ – избыточная валентность, q_{Tfr} − константа экранирования Томаса-Ферми.

Учитывая (1), можно определить значение константы экранирования Томаса–Ферми:

$$q_{Tfr} = \left[4\pi e^2 D\left(\varepsilon_f\right)\right]^{\frac{1}{2}}, \tag{2}$$

где $D\left(\varepsilon_f\right)$ – электронная плотность состояний на уровне Ферми.

Объёмная плотность характеризует влияние поля на электронную подсистему металла:

$$\vec{f} = -en_0 \nabla \varphi , \tag{3}$$

где en_0 – концентрация ионов проводимости.

Тогда

$$\nabla V = \frac{1}{3K} \int \vec{r} \vec{f} dV , \tag{4}$$

где K – модуль всестороннего сжатия металла.

При подстановке (3) в (4), проинтегрировав с применения теоремы Гаусса, учитывая (1) и (2), получим выражение:

$$\nabla V = \frac{en_0}{K} \int \varphi dV = \frac{K_e}{Kn_0} \Delta Z . \tag{5}$$

Из выражения (5) можно рассчитать модуль всестороннего сжатия электронного газа:

$$K_e = 4\pi \left[\left(\frac{en_0}{q_{Tfr}} \right) \right]^2 = \frac{n_0^2}{D(\varepsilon_f)} . \tag{6}$$

Запишем выражение для величины ω_0, не связанной с зарядом точечного дефекта:

$$\omega = \omega_0 + \left(\frac{K_e}{Kn_0} \right) \Delta Z. \tag{7}$$

Отнесённая к атомному объёму растворителя V_h величина ω может быть экспериментально определена по зависимости среднего значения постоянной α кристаллической решётки металла от атомной концентрации с примеси:

$$\frac{\omega}{V_h} = 3 \left(\frac{1}{a} \frac{da}{dc} \right) . \tag{8}$$

Из рассматриваемых уравнений (7) и (8) следует пропорциональность величины $\frac{1}{a}\frac{da}{dc}$ от избыточной валентности точечного дефекта, что подтверждается экспериментальными данными о зависимости относительного изменения параметра решётки от избыточной валентности примесных атомов замещения. Небольшой разброс в экспериментальных точках объясняется различием радиусов атомов в пределах одного периода таблицы Менделеева. Так как величина ω_0 хотя и не зависит от ΔZ, но, как и последняя, определяется для конкретной примеси значением тангенса угла наклона, который показывает, что электрон-дислокационное взаимодействие будет проявлять свойства электропластичности [1], [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Физические основы электроимпульсной и электропластической обработок и новые материалы / Ю.В. Баранов [и др.]. – М.: МГИУ, 2001. – 843 с.

2. Савенко, В.С. Механическое двойникование и электропластичность металлов в условиях внешних энергетических воздействий: монография / В.С. Савенко. – Минск: Изд. центр БГУ, 2003. – 203 с.

3. Батаронов, И.Л. Механизмы электропластичности / И.Л. Батаронов // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – № 10. – С. 93–99.

4. Спицын, В.И. Электропластическая деформация металлов / В.И. Спицын, О.А. Троицкий. – М.: Наука, 1985. – 160 с.

5. Рощупкин, А.М. Физические основы электропластической деформации металлов / А.М. Рощупкин, И.Л. Батаронов // Изв. вузов. Физика. – 1996. – Т. 39, № 3. – С. 57–65.