ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/109

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ
МЕТАЛЛОВ ОТ ТИПА КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ

¹Жармухамбетова А.М.

Томский государственный университет, Томск, Россия

Пластическая деформация твердых тел представляет собой сложное физическое явление, за развитие которого ответственны кристаллическая решетка и дефекты кристаллического строения. Процесс пластического течения обычно описывается зависимостью деформирующего напряжения от деформации $\sigma(\epsilon)$. Существенно, что этот процесс на всех стадиях от начала пластического течения (предел текучести) до разрушения (предел прочности) сопровождается локализацией пластической деформации [1]. Цель настоящей работы состоит в исследовании изменения параметров макроскопической локализации пластической деформации металлов и некоторых механических и физических свойств металлов в зависимости от их расположения в таблице Менделеева, то есть, от номеров периодов и групп.

Экспериментальная оценка количественных данных о паттернах локализованной пластичности производилась для линейных стадий процесса, для которых характерна линейная связь деформирующих напряжений и деформаций. В этих случаях наблюдается фазовая автоволна локализованной пластичности, отвечающая условию постоянства фазы $2\pi(t/T - x/\lambda) = \text{const}$, где T – период колебаний в автоволне, x – координата, t – текущее время. Возникающая в этих случаях картина локализованной пластичности устойчива и сравнительно легко наблюдаема [1]. Методика наблюдения паттернов локализованного пластического течения в деформируемых материалах основана на спекл-фотографии и описана ранее достаточно подробно [1].

Необходимые для анализа данных о развитии локализованной пластичности количественные характеристики паттернов локализованной пластичности λ и V_{aw} определялись при обработке так называемых $X-t$ диаграмм, предложенных для этих целей в [1]. Анализ массива данных [2], полученных для стадий линейного деформационного упрочнения для одиннадцати исследованных металлов (Mg, Al, Zn, Zr, Cu, Ti, Nb, V, Ni, Fe, Mo), показал, что по мере роста номера элемента в пределах $12=Z_{Mg} \leq Z \leq Z_{Ta}=73$ величины произведений $(\lambda \cdot V_{aw})$ осциллируют относительно среднего значения по мере роста атомного номера Z . Эти результаты показывают, что произведения $(\lambda \cdot V_{aw})$ для стадии линейного деформационного упрочнения коррелируют с характеристиками электронной структуры металлов. Корреляция проявляется как изменение макрохарактеристик распространения зон локализованной пластичности на стадии линейного деформационного упрочнения в зависимости от числа валентных электронов.

Осцилляции коррелируют с аналогичным поведением ряда других независимо определяемых решеточных характеристик, таких, например, как атомный объем, межатомное расстояние, сжимаемость, коэффициент термического расширения, плотность, температура плавления, потенциал ионизации, параметра Дебая [3].

При сравнении металлов их модули Юнга E характеризуют силы связи атомов этих элементов и если E больше, следовательно, соответствующая сила связи так же больше при последовательности атомного номера Z в подгруппе таблицы Менделеева. Модуль E часто выше, когда температура плавления больше, однако имеется и ряд исключений [3]. Оказалось [4], что для металлов одной подгруппы лучшим параметром, связанным корреляцией с величиной модуля E , является полная теплоемкость металла, которая для комнатной температуры определяется как

$$W = \sum (C\Delta t_i + L) \cdot \rho,$$

Секция 2. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

где C – удельная теплоемкость; Δt – постоянное приращение температуры при подсчете $\sum C\Delta t$; ρ – плотность металла; L – скрытая теплота плавления. В тех случаях, когда для металлов одной подгруппы изменения температуры плавления не дают корреляции с направлением изменения модуля Юнга, тогда полная теплоемкость изменяется в том же направлении, что величина E . Это свидетельствует о том, что когда энергия упругой деформации (пропорциональна E) больше, энергия, требуемая для превращения металла в жидкость W , тоже больше. До сих пор мало известно, что скрытая теплота плавления L и полная теплоемкость W (в единицах концентрации энергии) изменяются периодически в том же направлении, что и величина модуля Юнга (с непрерывным ростом атомного номера Z).

Кроме параллельного периодического изменения величин модуля Юнга, скрытой теплоты плавления и полной теплоемкости с ростом атомного номера в горизонтальном и вертикальном направлениях таблицы Менделеева, можно также отметить зависимости $E(W)$ и $\lambda \cdot V_{aw}(W)$ отдельно для металлов с гранецентрированной ГЦК, объемно-центрированной ОЦК и гексагональной плотноупакованной ГПУ структурой. В случае ОЦК изменение $E(W)$ сильнее, чем для металлов со структурой ГЦК. Это объясняется более компактной атомной упаковкой кристаллов объемной структуры. В отличие от линейной зависимости от модуля Юнга $E(W)$, зависимость для характеристик локализованной пластичности является обратно пропорциональной $\lambda \cdot V_{aw}(W)$ для тех же металлов. Это означает, что характеристики локализованной пластичности, зависят от сил связи. Графики зависимости $E(W)$ и $\lambda \cdot V_{aw}(W)$ показаны на Рис. 1.

Рис. 1. Зависимость модуля Юнга E (а) и параметров локализации пластичности ($\lambda \cdot V_{aw}$) (б) от полной теплоемкости для металлов W : 1 – ГПУ, 2 – ГЦК, 3 – ОЦК

Найденные корреляции перспективны для прогнозирования закономерностей пластического течения металлов по их механическим и физическим характеристикам.

Литература

1. Зуев Л.Б., Данилов В.И., Баранникова С.А. Физика макролокализации пластического течения. Новосибирск: Наука, 2008. 327 с.
2. Зуев Л.Б., Данилов В.И., Баранникова С.А., Плосков Н. А. О природе упругопластического инварианта деформации // ЖТФ. – 2018. – Т. 88. -№ 6. – С. 858- 862.
3. Григорович В.К. Периодический закон Д.И. Менделеева и электронное строение металлов. М.: Наука, 1966. 287 с.
4. Buch. A. The effect of crystallographic structure of pure metals // Metallkunde. 2001. V. 11. P. 262-264.