ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

**Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»,**

посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина

в рамках

**Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года
Томск, Россия**

Томск
Издательство ТГУ
2020

DOI: 10.17223/9785946219242/32

КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АВТОВОЛН ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ

Данилов В.И., Горбатенко В.В., Данилова Л.В., Зувев Л.Б., Орлова Д.В.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Исследованы кинетические характеристики автоволн переключения на примере распространения фронтов полос Чернова – Людерса (ПЧЛ) в малоуглеродистой стали 08пс и фронтов прямого фазового превращения в сверхэластичном никелиде титана. Ранее было установлено, что скорости автоволн в обоих материалах подчиняются зависимости

$$\tilde{V}_f = KV_{mach}^n, \quad (1)$$

где $\tilde{V}_f$ – сумма модулей одновременно движущихся фронтов, K – размерный коэффициент, V_{mach} – скорость перемещения захватов нагружающего устройства (скорость нагружения), а показатель n меньше единицы. Целью настоящей работы являлось выяснение причин нелинейности зависимости $V_f(V_{mach})$.

Отожженные плоские образцы стали 08пс испытывались на одноосное растяжение, в котором скорость V_{mach} менялась в интервале от 0,02 до 0,6 мм в минуту. Движение фронтов ПЧЛ исследовалось методом цифровой корреляции изображений. На рис. 1 представлены начальные участки деформационных кривых для этих условий.

Рис. 1. Начальные участки деформационных кривых стали 08пс для разных скоростей нагружения; 1 – 0,02 мм/мин., 2 – 0,1 мм/мин., 3 – 0,3 мм/мин., 4 – 0,6 мм/мин

Рис. 2. Зависимость скоростей фронтов ПЧЛ от скорости нагружения

Видно, что повышение скорости нагружения приводит к возрастанию деформации, накапливаемой на площадке текучести, а, следовательно, скорости фронтов должны возрастать. Во всех исследованных случаях зарождалась одна ПЧЛ на границе рабочей части образца, поэтому наблюдался один движущийся фронт. На рис. 2 представлена зависимость $V_f(V_{mach})$ в логарифмических координатах. Она действительно возрастающая, нелинейная и хорошо аппроксимируется выражением (1), где $n = 0,89$.

Так как автоволна переключения локализованной пластичности переводит материал из упруго напряженного в пластически деформированное состояние, то есть осуществляет диссипацию упругой энергии, вводимой в нагружаемый объект, то необходимо использовать комплексную кинетическую характеристику $\tilde{V}_f \epsilon_f$, где ϵ_f – величины деформации на фронтах. В случае распространения одного фронта, в котором в любой момент сосредоточена вся деформация, а остальной объем не претерпевает изменений, данное произведение должно быть равно скорости нагружения V_{mach} . Тогда нелинейность зависимости $V_f(V_{mach})$ может быть обусловлена вариациями величины деформации.

На рис. 3 представлен характер накопления деформации ϵ_{int} в произвольной точке образца на площадке текучести для разных скоростей V_{mach} . Скачок на зависимостях $\epsilon_{int}(t)$

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

соответствует моменту прохождению фронта ПЧЛ. Если при нагружении со скоростью 0,02 мм/мин. после прохождения фронта избранной точки величина ε_{int} практически не меняется, то при нагружении со скоростью 0,6 мм/мин. происходит дальнейший рост деформации. То есть позади фронта ПЧЛ при высоких скоростях нагружения образуется нелокализованная деформационная зона, которая тормозит фронт. Косвенным подтверждением процесса торможения фронта является возрастание уровня напряжений на площадке текучести при увеличении скорости нагружения. Этот тормозящий эффект и приводит к нелинейности зависимости $V_f(V_{mach})$.

Рис. 3. Накопление деформации в произвольной точке образца стали 08пс при $V_{mach} = 0.02$ мм/мин (а) и при $V_{mach} = 0.6$ мм/мин (б)

Еще более ярко влияние нелокализованной деформации проявляется при прямом деформационно-индуцированном превращении в никелиде титана. Здесь фронты превращения распространяются не на горизонтальной площадке, а на участке диаграммы с небольшим упрочнением.

Рис. 4. Накопление деформации в произвольной точке образца никелида титана при $V_{mach} = 0.05$ мм/мин. (а) и при $V_{mach} = 0.8$ мм/мин. (б)

Анализ характера накопления деформации в произвольных точках образца при прохождении фронтов фазового превращения показал, что в никелиде титана нелокализованная деформация накапливается и перед прохождением фронта, и после (рис. 4). Пластическая деформация перед фронтом, по-видимому, связана с упрочнением при превращении. Она от скорости V_{mach} не зависит. Накапливаемая после прохождения фронта нелокализованная деформация, которая снижает скорость V_f , тем больше, чем выше скорость нагружения. Следствием данного явления, как и в стали 08пс является нелинейность зависимости $V_f(V_{mach})$.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, проект III.23.1.1 и частично поддержана грантом РФФИ № 20-08-00305-а.