

ДЕФОРМИРУЕМЫЙ МАТЕРИАЛ КАК НЕЛИНЕЙНАЯ АКТИВНАЯ СРЕДА*

Л.Б. Зуев, В.И. Данилов, Л.В. Данилова, В.В. Горбатенко

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

Рассмотрены закономерности формирования автоволн локализованного пластического течения в металлах при деформации Людерса и Портевена – Ле Шателье с учетом различия микроскопических механизмов пластического течения для этих явлений. Исследованы закономерности развития указанных эффектов. Установлено, что особенности деформации, характерные для них, определяются различием свойств активных сред, формирующихся в исследованных материалах при пластической деформации. Рассмотрены условия генерации автоволн переключения при деформации Людерса и автоволны возбуждения при деформации Портевена – Ле Шателье.

Ключевые слова: деформируемая среда, локализация, пластичность, дислокации, автоволны

Введение. Об автоволновой природе пластического течения

Понимание природы пластического отклика твердого тела на механическое воздействие остается одной из наиболее сложных проблем физики пластичности. Этот отклик традиционно описывается в рамках подходов, различающихся пространственными масштабами усреднения свойств деформируемой среды. *Макроскопический* подход механики деформируемого твердого тела нацелен на анализ связи напряжения σ с деформацией ϵ , т.е. формы кривых течения $\sigma(\epsilon)$, и определение их особых точек (пределов) [1]. Масштаб деформационных явлений L является макроскопическим и близок к размеру исследуемого объекта, а среда обычно считается однородной. Напротив, *микроскопический* (дислокационный) подход физики твердого тела ориентирован на детализацию структуры среды, содержащей неоднородные пространственно-временные ансамбли дефектов – индивидуальные дислокации, дислокационные клубки, ячейки, полосовые структуры, фрагменты и т.п. [2, 3]. Характерный микроскопический масштаб этих ансамблей $l \ll L$, причем $b \leq l \leq 10^2 b$ (b – вектор Бюргерса дислокации).

Названные подходы преследуют разные цели: макроскопический призван *обнаружить* закономерности процессов пластической деформации, а микроскопический *объяснить* их. Предполагается, что совместный анализ данных, полученных в рамках этих подходов, способен породить теорию, адекватно описывающую все аспекты процесса пластического течения. Однако такой анализ чаще всего затруднен из-за большого различия характерных масштабов $L/l \approx 10^8 - 10^{10}$.

Путь преодоления этой трудности указали Зегер и Франк [4], определив пластическое течение как процесс самоорганизации открытой системы, какой является деформируемый образец. Как и Хакен [5], они понимали под самоорганизацией процесс *обретения системой какой-то пространственной, временной или функциональной структуры без специфического воздействия извне*. Размеры элементов этой структуры определяли физически обоснованный промежуточный между l и L масштаб. Почти одновременно Николис и Пригожин [6] предложили использовать понятия и формализм теории неравновесных систем (синергетики) при описании пластического течения.

В развитие этих идей в наших работах [7–9] было показано, что феномен самоорганизации деформируемой среды при пластическом течении проявляется во всех без исключения деформируемых материалах в форме макроскопического паттерна локализации пластического течения, возникающего как проекция деформационных процессов, идущих внутри образца, на его поверхность. Эти деформационные процессы суть автоволны локализованного пластического течения [7], причем каждой стадии деформационного упрочнения соответствует определенная автоволновая мода, длина которой λ формирует промежуточный масштаб $l \ll \lambda < L$.

Автоволнами называются *самоподдерживающиеся в активной нелинейной среде волновые процессы (включая стационарные структуры), которые сохраняют свои характеристики постоянными за счет распределенного в среде источника энергии* [10]. В свете этого определения необходимо прежде всего выяснить, является ли пластически деформируемая среда нелинейной и активной. Очевидно, что нелинейность среды автоматически следует из сложного характера зависи-

* Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0011.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>