

УДК 539.372

DOI: 10.17223/00213411/63/9/86

Ю.А. ХОН, Л.Б. ЗУЕВ

**РЕЛАКСАЦИОННАЯ МОДА МАКРОСКОПИЧЕСКОЙ
ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ МЕТАЛЛОВ ***

Релаксация упругой энергии при макроскопической пластической деформации в строгой постановке определяется решениями системы нелинейных уравнений механики деформируемого твердого тела. С использованием методов теории нелинейных систем получено нелинейное уравнение параболического типа для амплитуды неустойчивой моды, описывающее пластическую деформацию на больших пространственных и временных масштабах.

Ключевые слова: пластичность, упругая энергия, релаксация, релаксационная мода, бегущий фронт.

Пластическое течение металлов, по крайней мере, на своих начальных стадиях определяется рождением и движением дислокаций, причем дислокационные механизмы пластической деформации к настоящему времени детально изучены [1]. Тем не менее многие особенности макроскопической деформации, такие, как ее стадийность и неоднородность до сих пор остаются во многом загадочными. Так, например, на стадии легкого скольжения и линейного упрочнения формируются и распространяются одиночные фронты или их эквидистантно расположенные группы, интерпретируемые как автоволны локализованного пластического течения [2, 3]. Ширина таких фронтов достигает 10^{-2} м, а скорость превышает скорость движения захватов испытательной машины. И, хотя макроскопическая пластическая деформация металлов, в конечном счете, определяется динамикой зарождения и движения дислокаций на больших пространственных и временных масштабах, непосредственное решение уравнений дислокационной динамики на этих масштабах оказывается невозможным.

Поэтому возникает потребность в подходах, основанных на рассмотрении в качестве переменной плотности подвижных дислокаций [4]. Эволюция этой характеристики определяется нелинейными параболическими уравнениями. В свою очередь, нелинейность таких уравнений связана с взаимодействием между дислокациями. Однако даже полной информации о соответствующих механизмах взаимодействия недостаточно для описания макроскопической пластичности, поскольку динамика деформации определяется не только зарождением ее носителей, но и релаксацией упругой энергии при их движении. В строгой постановке необходимо решить динамические уравнения механики деформируемого твердого тела с учетом кинетики носителей необратимой деформации. В таком случае из-за большой разницы скоростей звука и скоростей указанных носителей деформации необходимо находить решения динамических уравнений на больших временных и пространственных масштабах.

Один из возможных путей преодоления этих трудностей состоит в использовании численных методов [5], что само по себе представляет непростую для реализации задачу. Кроме того, на этом пути не удастся получить решения, анализ которых давал бы возможность рассмотреть наиболее важные особенности деформации на различных стадиях пластического течения. Альтернативный путь состоит в нахождении переменных, описывающих медленную динамику среды, процессы релаксации в которой определяются движением носителей необратимой деформации. Один из таких подходов, основанный на теории неравновесных нелинейных систем [6–8], излагается ниже.

Рассматривается образец, который растягивается приложенным приведенным напряжением σ вдоль оси x с постоянной скоростью деформации $\dot{\varepsilon}$. Зависимости напряжения и коэффициента деформационного упрочнения $\theta = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}$ от деформации ε предполагаются известными.

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, проект III.23.1.2, и частично поддержана грантом РФФИ № 20-08-00305\20.

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>