

## НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КONTИНУУМА С ОЧАГОМ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ\*

Е.Е. Дерюгин

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

Описан метод построения в упругой плоскости полосы пластической деформации сдвига с использованием решения Крауча в задаче о постоянном разрыве смещения на конечном отрезке неограниченной плоскости. Получены аналитические уравнения для расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) плоскости с полосой однородной пластической деформации сдвига. Проведен анализ НДС и выявлены особенности поля внутренних напряжений в упругой плоскости с полосой локализованной пластической деформации. Показано, что очаг однородной пластической деформации сдвига можно использовать в качестве элемента для построения очага произвольной геометрической формы с заданным распределением пластической деформации сдвига. В общем случае предложенный подход можно применить и для построения очагов с однородным распределением нормальных компонент пластической деформации.

**Ключевые слова:** *напряженно-деформированное состояние, континуальная теория деформации, концентрация напряжений, полоса локализованного сдвига.*

### Введение

В физике твердого тела часто встречаются задачи, в которых однородная упругая среда искажается вследствие появления области, претерпевшей изменение формы по каким-либо физическим причинам. Такое положение возникает, например, при образовании в кристалле двойника, либо вследствие термического расширения элемента структуры, мартенситного превращения, выделения фазы с другой элементарной ячейкой или по какой-либо иной причине [1, 2]. Возмущение поля напряжения возникает также в результате процессов пластической деформации в локальных объемах структурно-неоднородной среды под действием внешних приложенных сил. Необратимое изменение формы структурного элемента среды при пластической деформации приводит к остаточным внутренним напряжениям в объеме твердого тела при удалении внешних сил. Фундаментальной задачей континуальной теории деформируемого тела является описание напряженно-деформируемого состояния (НДС) твердого тела с очагами локализованной пластической деформации (ЛПД).

Согласно постулатам континуальной теории деформируемого твердого тела [1–7], деформация подразделяется на упругую и пластическую. Уравнение состояния поля упругой деформации определяется законом Гука. Пластическая деформация осуществляется разрывами полей упругой деформации и сопровождается дополнительным вкладом в поле упругой деформации за счет работы внешних сил [6]. Постулаты континуальной теории дефектов позволяют заданному полю пластической деформации ставить в соответствие определенное поле внутренних напряжений. Каждому полю пластической деформации соответствует определенное распределение в объеме разрывов смещений.

Очаг ЛПД в двумерном случае можно представить в виде зоны, окруженной контуром, внутри которого задано определенное поле пластической деформации. В качестве наглядного примера на рис. 1 приведено фотоизображение зарождающейся полосы Людерса в малоуглеродистой стали [8]. Последняя выявлена с помощью хрупкого прозрачного покрытия, нанесенного на плоский образец до испытания на растяжение. Виден контур, ограничивающий зону отслаивания покрытия от поверхности образца там, где произошло интенсивное накопление пластической деформации. В хрупком покрытии возникла магистральная трещина, направленная перпендикулярно оси растяжения. На покрытии, как на реплике, проявилась кристаллическая структура недеформированного поликристалла. Сквозь покрытие хорошо видны очертания границ зерен, испытавших пластическую деформацию в полосе Людерса. Наложение изображений исходной структуры и после пластической деформации приводит к эффекту раздвоения границ зерен.

Задачи, связанные с определением НДС твердого тела с очагом локализованной пластической деформации, допускают аналитические решения только в случае, если очаг имеет простую форму,

\* Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, проект FWRW-2021-0009.

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>