

# **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: 10.17223/9785946219242/58

**ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ НА МАКРО- И МЕЗОУРОВНЯХ В КОНЦЕНТРАТОРЕ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ СТАЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ**

<sup>1</sup>Пляскин А.С., <sup>1</sup>Устинов А.М., <sup>1,2</sup>Клопотов А.А., <sup>1</sup>Абзаев Ю.А., <sup>2</sup>Потекаев А.И., <sup>1</sup>Таюкин Г.И.

<sup>1</sup>Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск

<sup>2</sup>НИ Томский государственный университет, Томск

Несущая способность элементов конструкций зависит от распределения напряжений в конструкции и определяется условиями прочности в местах с максимальным значением напряжений. Концентрация напряжений возникает в местах изменения геометрии элементов конструкций. Разные по величине пластические деформационные процессы развиваются в полях градиентов напряжений на различных масштабных уровнях. При исследовании деформационных процессов в полях градиентов напряжений можно выделить несколько характерных масштабов. Понимание многомасштабности развития деформационных процессов в элементах конструкций с концентраторами напряжений, а также взаимосвязи и взаимовлияния различных масштабных уровней является ключевым моментом в поиске деформационных характеристик обособленных структурных элементов. Это вытекает из положения, что все виды локализации пластической деформации на различных масштабных уровнях связаны с концентраторами напряжений соответствующего масштаба [1].

Для получения информации по локализации пластической деформации в настоящее время широко используют метод исследования деформационных полей на поверхности материалов с применением стереоскопической измерительной системой VIC-3D [2].

Цель данной работы - исследовать *in situ* на мезо- и макромасштабном уровнях методом корреляции цифровых изображений эволюцию полей деформаций при растяжении стальных пластин с концентраторами напряжений.

Опытные образцы пластин были выполнены из конструкционной стали 09Г2С с феррито-бейнитно-маргениситной структурой хорошо сочетающей в себе комплекс механических свойств. Для испытаний из стали 09Г2С были выполнены опытные образцы длиной 270 мм, шириной 40 мм толщинами 6 и 8 мм. Концентратор напряжений образован двумя выточками, расположенными в центре пластины симметрично относительно продольной оси. Радиус кривизны выточек сформирован отверстиями диаметром 6 мм. Ширина шейки остаточного поперечного сечения образованного выточками составила 10 мм.

Испытание образцов на растяжение осуществлялось на испытательной машине «INSTRON 3386» с постоянной скоростью деформирования  $0,0021 \text{ с}^{-1}$ .

Измерения поверхностного деформирования стальной пластины проводили при помощи цифровой оптической системой Vic-3D на основе метода корреляции цифровых стереоскопических изображений [2].

На рис. 1 приведена диаграмма деформирования  $\sigma=f(\epsilon)$  при растяжении стального образца с концентратором напряжений. На деформационной кривой  $\sigma=f(\epsilon)$  можно выделяются три стадии. Стадия I относится к упругой стадии деформирования. Стадия II относится к участку параболического деформационного упрочнения на деформационной кривой. Стадия III характеризуется ниспадающей ветвью диаграммы с развитием значительных пластических деформаций свидетельствующих о разрушение образца.

Применение системы VIC-3D позволило получить картины, детально отражающие эволюцию распределения изополей относительных деформаций на поверхности стальных пластин (рис. 2). Картины распределение изополей на удалении от выточек, характеризуются однородной деформацией со значением на порядок меньшим, чем в области концентратора напряжений. Локализация изополей пластической деформации вызвана резким изменением формы поперечного сечения пластины. В области концентратора напряжений пластическая деформация на порядок превышает значение деформации не ослабленного сечения. Таким

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

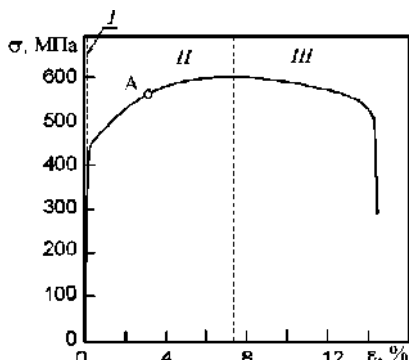


Рис.1. Деформационная кривая растяжения стальной пластины с искусственным концентратором напряжений

образом, отверстия и выточки оказывают существенное влияние на перераспределение деформационных полей при растяжении образцов. В результате видно, что в области концентратора напряжений возникает сложная картина распределений деформационных полей, которая сильно зависит от направлений относительных деформаций: горизонтальных  $\epsilon_{xx}$ , вертикальных  $\epsilon_{yy}$  и касательных  $\epsilon_{xy}$ .

На макромасштабном уровне четко проявляется развитие очагов локализованной пластической деформации в области концентратора напряжений, ориентированных по направлениям максимальных касательных напряжений  $\tau_{xy}$  по схеме диполя или креста.

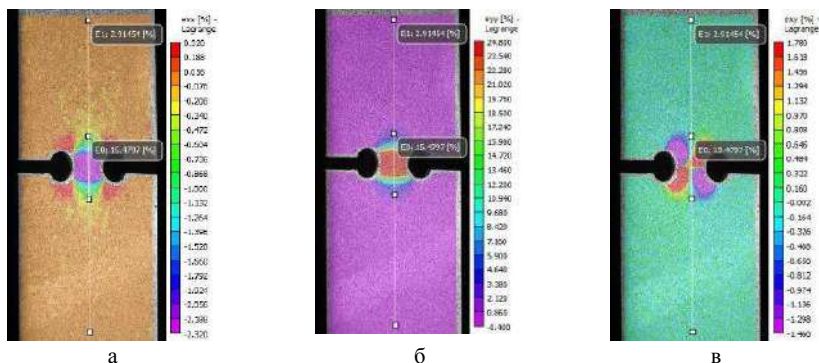


Рис. 2. Картины распределений горизонтальных  $\epsilon_{xx}$  (а), вертикальных  $\epsilon_{yy}$  (б) и касательных  $\epsilon_{xy}$  (в) относительных деформаций на поверхности образца при деформации  $\epsilon=2.91\%$ . Картины соответствуют точке А на деформационной кривой (рис. 1)

1. Панин В.Е., Егорушкин В.Е. и др. Природа локализации пластической деформации твердых тел // Журнал технической физики. 2007, том 77, вып. 8. С. 63–71.
2. Устинов А.М., Клопотов А.А., Потекаев А.И. и др. Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния поверхностных слоев углепластика при осевом растяжении методом корреляции цифровых изображений. Известия Алтайского государственного университета // 2018. №1. С. 58–69.