

Масса, падающего с высоты 1,3 м, звена 22 кг. В случае удара его о бетонный пол деформированной частью с разгибанием не сваренных ветвей (рис. 1), значение запасаемой стержнем энергии при ударе составит около 400 Дж, достаточной для его разрушения.

На основании данных исследований можно утверждать о расширении представлений о комплексе механических свойств, о количественной связи ударной вязкости (работы разрушения) с другими характеристиками во всем диапазоне их изменений в дополнение к ее важному назначений — выявлению хрупкости, дополнение к ее

### Литература

1. Жданович Г.М., Хмелев А.А. О диаграмме хрупковязкого состояния малоуглеродистых сталей при ударном изгибе // Проблемы прочности. — 1981. № 1. — С. 85—89.

2. Сидоров В.А., Хмелев А.А. О диаграмме хрупковязкого состояния малоуглеродистых сталей при ударной вязкости по результатам измерения твердости // Машиностроения вып. 17, Республиканский межведомственный сборник научных трудов. — Мн.: УП «Технопринт». 2001. — С. 387—391.

УДК 624.014.2

## МЕХАНИЗМ ЗАРОЖДЕНИЯ ТРЕЩИН ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ОБРАЗЦОВ С ВЫРЕЗАМИ

**Е. А. Мойсейчик**

Экспериментальные исследования проводились на трех сериях образцов в форме пластин с противоположными U-образными вырезами. Образцы первой серии изготавливались из стали марки ВСтЗсп, второй — из битума БН-IV, третьей — из меди М1. Стальные образцы имели размеры вырезов, обеспечивающие начальные коэффициенты концентрации напряжений, равные 1,3,6,9,12. Их толщины принимались: 6,12,18,25,30 мм. Нагружение стальных образцов выполнено на машине ЦДМ-200 со скоростью 0,4 МПа/сек в воздушной среде, температура которой изменялась от 20 до -80 °С. Испытание дополнительных серий стальных и медных образцов проводилось при комнатной температуре на машине Р-50. Вырезы в образцах из битума обеспечивали названные величины начальных коэффициентов концентрации напряжений. Битумные пластины отливались с начальной толщиной 50 мм. Нагружение их велось на машине Р-5 со скоростью 1 – 8 мм/мин. При испытаниях образцов

всех серий фиксировались изменения геометрических размеров в окрестности вырезов и вне их и температура (с точностью до  $0,1^{\circ}\text{C}$ ). В процессе эксперимента выявлено следующее.

1. Зарождение разрушения в стальных образцах определяет небольшой объем материала у корня выреза. После некоторой утяжки боковых кромок в этом объеме возникает медленно растущая «ногтеобразная» трещина, скорость роста которой резко увеличивается при достижении ею некоторой предельной длины. В образцах небольших толщин и с плавными вырезами трещина развивалась по механизму скола; при больших толщинах, острых вырезах и действии низких температур она росла по схеме вязкого отрыва. На поверхности излома образцов выделяются две области: область «ногтеобразной» трещины в зоне утяжки боковых кромок и область ее быстрого распространения с характерными признаками хрупкого излома. Сталь в первой области сразу после разрушения проявляет заметные магнитные свойства, а температура — на  $5\text{--}60^{\circ}\text{C}$  превышает температуру удаленного от выреза металла. В процессе эксперимента отмечено характерное поведение клинообразных угловых ненагруженных зон, примыкающих к берегам вырезов. С раскрытием берегов эти «клинья» скользили по примыкающему металлу с поворотом к корню выреза. С целью изучения зависимости теплообразования от скорости деформирования проведены дополнительные испытания образцов с изменением скорости растяжения в пределах  $1\text{--}8$  мм/мин. Установлено, что повышение температуры стали в зоне течения металла пропорционально скорости деформирования. При этом для более толстых образцов повышение температуры деформируемого металла выше, чем для тонких (при одной и той же скорости течения металла у надреза).

2. В образцах из битума также отмечена локализация деформирования материала в трещинообразных зонах течения. Повышение температуры в этих местах составляло  $0,1\text{--}2,1^{\circ}\text{C}$ . Поворот и смещение «клиньев» у вырезов были большими. В местах значительного течения битума образования трещин не отмечено, а появлялись отдельные поры, выстраивающиеся затем в цепочки вдоль траекторий течения. Из машинных диаграмм деформирования видно, что образцам из битума присуще некоторое самоупрочнение при интенсивном течении материала. Характерным является, что упругий участок машинной диаграммы завершается образованием порообразных дефектов, которые при течении растут, разрушаются и вновь образуются.

3. На образцах из медных пластин толщиной  $4$  мм повышение температуры в зонах интенсивного течения материала колебалось в пределах  $0,2\text{--}1,4^{\circ}\text{C}$ .

4. Сопоставление результатов экспериментов с данными других авторов позволяет предположить, что зарождение и развитие порообразных дефектов

предшествует образованию трещин и может рассматриваться в качестве отличительного признака наступления предельного состояния для различных конструкционных материалов. При этом выделяющееся в зонах течения тепло сказывается на свойствах материала и кинетике зарождения и развития поробразных дефектов.

УДК 620.22-419.8:539.4

## **ВЛИЯНИЕ РАЗБРОСОВ СВОЙСТВ КОМПОНЕНТОВ ДЕГРАДИРУЮЩЕЙ КОМПОЗИЦИОННОЙ СРЕДЫ НА ЭФФЕКТИВНЫЕ УПРУГИЕ МОДУЛИ**

***Е. А. Белоус***

**Введение:** Проблеме усталостного разрушения металлов, сплавов и композитов посвящены работы [1–6]. В работах [1–2] приведены экспериментальные зависимости время до разрушения от напряжения в условиях малоциклового (статического) нагружения. На основании которых в [1] получена модель накопления повреждений как наиболее удобная аппроксимация. В работах [3–4] приведены кинетические уравнения изменения концентрации повреждений в процессе эксплуатации: Качанова, Работнова, Шестерикова и др. Аналитический расчет физико-механических постоянных композиционных материалов имеет место в работе [5]. Там же приведены сравнительные данные расчета и экспериментов. Наблюдается хорошее согласование расчета с результатами экспериментов. Недостатками приведенных методик является то, что физико-механические постоянные рассчитаны для композитов с ограниченным числом компонентов. Известно, что разрушение является динамическим процессом и может произойти при разных уровнях напряжений. В процессе эксплуатации вследствие подвижности вакансий происходит образование дислокаций в кристаллической решетке, повышается пластичность твердого тела и как результат – изменение физико-механических свойств материала. Эти явления связаны с увеличением концентрации пор и микротрещин. Изучить данные явления на атомном уровне не представляется возможным, поэтому находят применение эмпирические формулы, выведенные на основании статистических данных.

В данной работе предложено решение задачи, позволяющее определить эффективные упругие модули трехкомпонентной, неоднородной среды с учетом деградации матрицы, при разных разбросах свойств компонентов.