

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения
Российской академии наук

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**Перспективные материалы
с иерархической структурой
для новых технологий
и надежных конструкций**

21 - 25 сентября 2015 г.

Томск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

3. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

На рисунках 1 и 2 показаны расчеты долговечности при откольном разрушении, выполненные по предложенной модели, в сравнении с экспериментами [1,2].

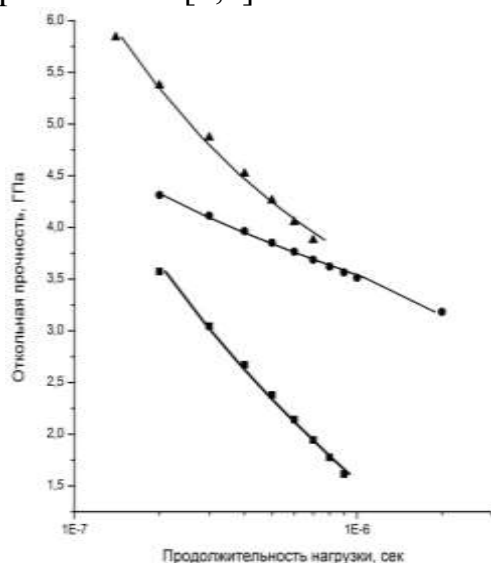


Рис.1. Зависимость откольной прочности в сплаве армо-железо (квадратные точки), сталь 12Х18Н10Т (круглые) и сталь 08 (треугольные) от времени действия нагрузки [1]; сплошные линии – результат моделирования.

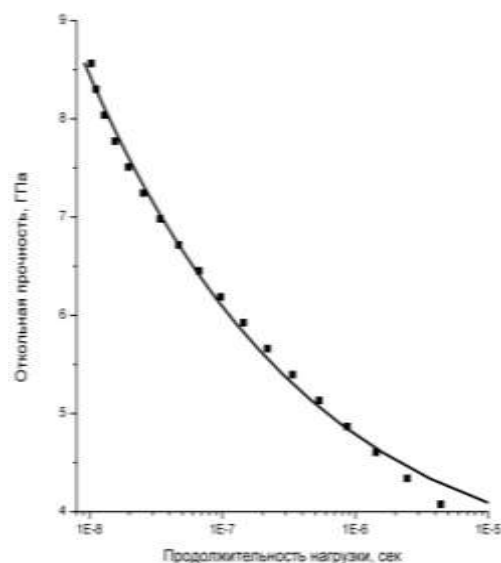


Рис.2. Зависимость откольной прочности в сплаве ВТ14 от времени действия нагрузки [2,3]; сплошная линия – результат моделирования.

Литература:

1. Глушак Б.Л., Куропатенко В.Ф., Новиков С.Л. Исследование прочности материалов при динамических нагрузках. Новосибирск: Наука, 1992. 294 с.
2. Механические свойства вещества при больших скоростях деформирования, вызванного действием лазерной ударной волны. Батани Д., Вовченко В.И., Канель Г.И., Кильпио А.В., Красюк И.К., Ломоносов И.В., Пашинин П., Семенов А.Ю., Фортов В.Е., Шашков Е.В. // Доклады Академии наук, 2003, Т. 389, № 3, С. 328-331.
3. Новиков С.А. Разрушение материалов при воздействии интенсивных ударных нагрузок // Соросовский образовательный журнал, 1999, №8, с. 116-121.

РАСЧЕТ КРИВЫХ ТЕЧЕНИЯ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ ДИСЛОКАЦИОННОЙ КИНЕТИКИ СДВИГОВ И НАКОПЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ХОДЕ ИХ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Бакеев Р.А.¹, Макаров П.В.^{1,2}, Щербаков И.В.²

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия
rustam@ispms.tsc.ru, pvm@ispms.tsc.ru, scherbakov_ilja@mail.ru

Методика расчета кривых течения ряда металлов (железо, стали, сплавы алюминия) на основе дислокационной кинетики пластических сдвигов и определяющих уравнений релаксационного характера была развита в работах [1,2]. Особенности деформационного упрочнения,

3. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

обусловленные эволюцией дислокационной структуры и формированием деформационных структур (ячеистых, полосовых и т.д.) подробно изучены в работе [3]. В представленной работе этот подход применен для описания кривых течения, включая закритическую стадию пластического течения, включая ниспадающую ветвь. Основное внимание в работе сосредоточено на процессе накопления повреждений в ходе пластического деформирования и моделировании критического состояния как режима с обострением, при котором в нагружаемом материале структуры разрушения развиваются в сверхбыстром автокаталитическом режиме. Выбор скорости деградации механической прочности материала позволяет правильно описать предельную макроскопическую пластическую деформацию, в то время как локальная пластическая деформация на мезо уровне (например, в полосах пластического сдвига) существенно в разы и даже на порядки превышает среднюю предельную пластическую деформацию.

Определяющие уравнения для вычисления текущего значения напряжения течения записаны в релаксационной форме:

$$Y_{\text{тек}} = 3G(\dot{\varepsilon}_{\text{эф}}^{\text{T}} - \dot{\varepsilon}_{\text{эф}}^{\text{P}}),$$

где $\dot{\varepsilon}_{\text{эф}}^{\text{T}}$ - полная скорость деформации, $\dot{\varepsilon}_{\text{эф}}^{\text{P}} = gbNfU$, здесь g - ориентационный множитель, b - модуль вектора Бюргерса. Кинетика, определяющая значения N - общей плотности дислокаций, f - текущие доли подвижных дислокаций и их средние скорости U подробно описаны в работах [1-3]. Скорость накопления повреждений задана через меру поврежденности $D = N/N^*$, где N^* - предельная плотность дислокаций, равная $\approx 10^{12} \text{ см}^{-2}$, причем полагается, что плотность дефектов нарастает со скоростью $\frac{dN}{dt} = \alpha(\varepsilon^{\text{P}}, \sigma)N^{\alpha}$, где $\alpha = 0 \div 2$, что характерно для нелинейных динамических систем. В терминах меры поврежденности среды получим уравнение

$$D = \int_0^{t^*} \frac{(\sigma - \sigma_0)^2 D^{\alpha} dt}{[\sigma^*(1+\lambda)]^2 T^*},$$

здесь λ - параметр Лоде-Надаи, определяющий вид НДС, σ^* - параметр модели, t^* - долговечность нагружаемого образца при заданной скорости деформирования. В численном эксперименте изучалось влияние параметров α , T^* и σ^* на величину предельной макроскопической деформации и на особенности закритического деформирования.

На рисунках 1 и 2 приведены расчетные $\sigma \sim \varepsilon$ диаграммы в зависимости от параметров α и времени долговечности T^* .

3. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

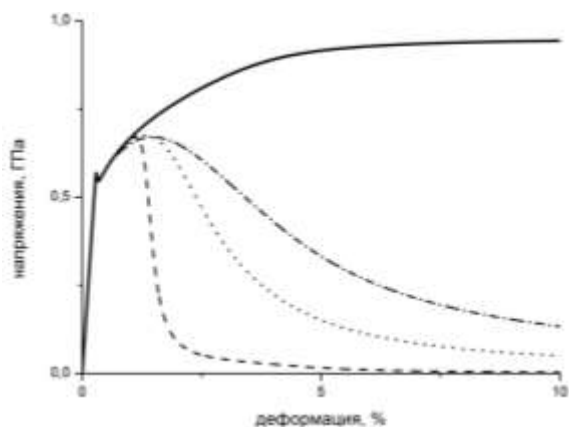


Рис.1 Расчетные σ ~ ϵ диаграммы: сплошная линия – в отсутствие деградации, пунктирная, точечная и штрих-пунктирная – для разных значений $\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3$

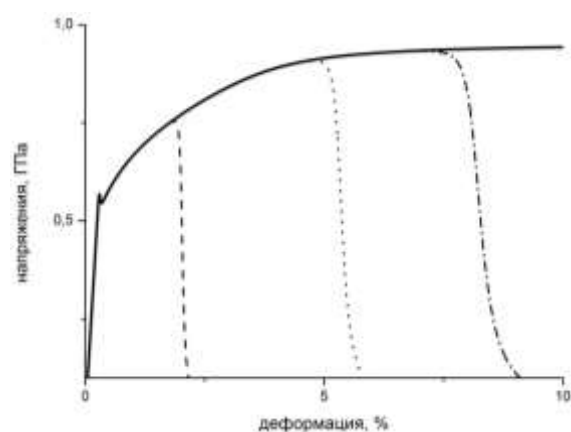


Рис.2. Расчетные σ ~ ϵ диаграммы: сплошная линия – в отсутствие деградации, пунктирная, точечная и штрих-пунктирная – для разных значений долговечности $T_1^* > T_2^* > T_3^*$.

Литература:

1. Макаров П.В. Математическая многоуровневая модель упруго-пластического деформирования структурно-неоднородных сред: дис. на соиск. уч. ст. д-ра. физ.-мат. наук /Макаров П.В. – Томск, 1995. – 248 с.
2. Балохонов Р.Р. Иерархическое моделирование деформации и разрушения материалов композиционной структуры: дис. на соиск. уч. ст. д-ра физ.-мат. наук / Балохонов Р.Р. – Томск, 2008. – 306 с.
3. Макаров П.В., Еремин М.О. Явление прерывистой текучести как базовая модель исследования неустойчивостей деформационных процессов // Физическая мезомеханика, 2013, Т.16, № 4, С. 109-128.

ЭФФЕКТ РЕБИНДЕРА ПРИ ГИГАЦИКЛОВОМ НАГРУЖЕНИИ АРМКО-ЖЕЛЕЗА

Банников М.В., Наймарк О.Б.

*Институт механики сплошных сред УрО РАН, Пермь, Россия
naimark@icmm.ru*

Универсальность проявлений эффекта Ребиндера как обратимого (некоррозионного) влияния среды на механические свойства твердых тел и материалов при контакте с поверхностно-активными веществами (ПАВ) установлена для широкого класса материалов: металлов и неметаллов, аморфных и пористых материалов [1-3]. Степень проявления этого эффекта зависит от совокупности физико-химических условий. Известны примеры аварий и катастроф [4], вызванных эффектом Ребиндера: уменьшение долговечности при использовании жидких металлов как теплоносителей в ядерной энергетике, снижение ресурса в подшипниках железнодорожных вагонов при контакте с ПАВ и ряда других. Понимание механизма разрушения металлов при адсорбционном снижении прочности имеет первостепенное значение при проектировании оборудования для