

УДК 539.3

Ю. В. Судьенков, ст. науч. сотр., А. А. Уткин, ст. науч. сотр.,
С.-Петербургский гос. ун-т

ПРИМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНО–ВРЕМЕННОГО ПОДХОДА К ОТКОЛЬНОМУ РАЗРУШЕНИЮ ИМПУЛЬСАМИ СУБМИКРОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

На основе полученных ранее экспериментальных данных по откольному разрушению в результате воздействия импульсов субмикросекундной длительности показана возможность применения структурно–временного критерия для описания микроразрушения.

Откольное разрушение при воздействии кратковременных импульсов высокой интенсивности является важным объектом изучения закономерностей динамического разрушения материалов. При этом в экспериментах наблюдается увеличение прочности при уменьшении длительности нагружения и слабая зависимость геометрии зоны разрушения от формы воздействия [1,2].

Как было показано ранее [3,4], применение структурно–временного подхода при воздействиях длительностью в микросекунды и более позволяет объяснить наблюдаемое в опытах увеличение прочности и качественно описать характер зоны разрушения. Критерий разрушения при этом принимает форму

$$\int_{t-\tau}^t \sigma(s) ds < \sigma_c \tau,$$

где $\sigma(s)$ – главное нормальное напряжение, τ – структурное время (независимая характеристика материала размерности времени), σ_c – прочность материала в статике. Для анализа геометрии зоны разрушения дополнительно предполагается, что материал состоит из «элементов» размером d каждый. Здесь d – характеристика структуры материала размерности длины. «Элемент» считается разрушенным в момент времени t , если условие критерия разрушения в его середине нарушается. При этом разрушенный «элемент» образует свободные поверхности, от которых с момента времени t происходит отражение волн. И так просматриваются все «элементы» материала, которые захватывает приложенное воздействие во все моменты времени действия импульса.

Покажем возможность применения такого подхода к изучению откольного разрушения импульсами субмикросекундной продолжительности. Для этого рассмотрим результаты по исследованию возможности возникновения множественного квазипериодического откола на образцах монокристаллов $NaCl$, описанные в [5].

Образцы *NaCl* имели размеры 15x15 мм и толщину от 3 до 5 мм. Для генерации плоских ударных волн использовалось лазерное воздействие на многослойную среду с различными соотношениями механических импедансов. Образцы находились в акустическом контакте с многослойным генератором ударной нагрузки. Регистрация скорости свободной поверхности осуществлялась дифференциальным интерферометром со стабилизированной чувствительностью и фотоэлектронным счетом полос. Возможность плавного изменения величины нагрузки от опыта к опыту позволила с достаточно высокой точностью (с погрешностью менее 5%) определить критические характеристики прикладываемого импульса как по появлению микроочагов разрушения так и по величине затухания импульсов напряжения.

При испытаниях были использованы два типа ударных пульсирующих импульсов: с нагрузкой одного знака и знакопеременной (рис. 1). Каждый образец нагружался один раз и нагрузка от опыта к опыту увеличивалась до тех пор, пока не обнаруживались микроразрушения в виде откольных зон. Для импульсов одного знака такая критическая нагрузка составила 215 МПа, а для знакопеременной – 180 МПа. Наблюдаемые в образцах откольные зоны имели вид «розеток» со средним размером 60 мкм. Откольные сечения находились в первом случае на расстоянии 190, 450 и 780 мкм, а во втором – 125, 320 и 520 мкм от свободной границы образца.

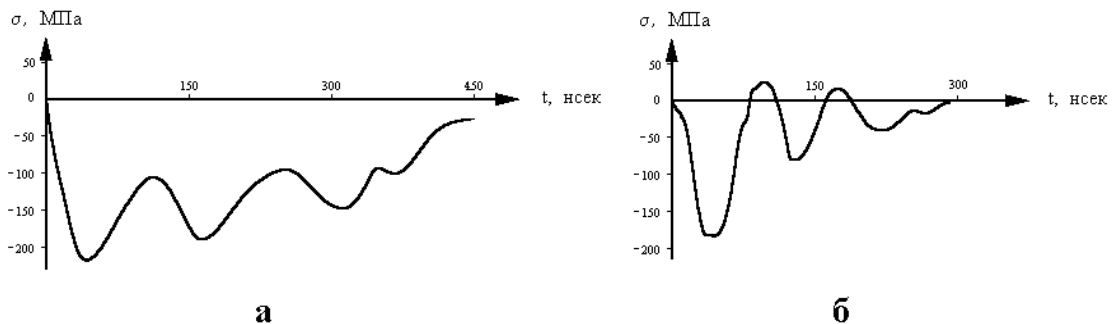


Рис. 1. Амплитуда и форма приложенных пульсирующих импульсов а – одного знака и б – знакопеременной.

Применим для рассмотренных нагрузок структурно – временной критерий, положив σ_c равным 60 МПа. Величину d примем равной среднему размеру откольных «розеток» – 60 мкм, а τ подберем таким образом, чтобы было наилучшее соответствие с результатами экспериментов. Расчеты показывают, что $\tau = 0.06$ мксек дает качественное соответствие. При этом в первом эксперименте получаем три зоны разрушения: от 150 до 210, от 390 до 510 и от 690 до 1170 мкм, а во

втором – от 90 до 210, от 300 до 360 и от 510 до 690 мкм. Все откольные сечения, наблюдаемые в эксперименте лежат внутри расчетных зон разрушения. На рис. 2 а, б представлены фрактограммы образцов при испытании нагрузками изображенными на рис. 1 а и б соответственно. Под ними (рис. 2 в, г) схематически изображены зоны разрушения (заштрихованные области), полученные при расчете теми же нагрузками. Все рисунки выполнены в одном масштабе.

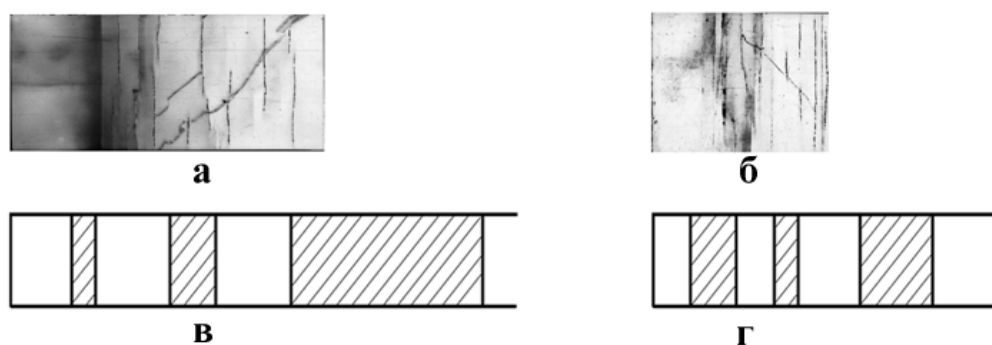


Рис. 2. Фрактограммы образцов и расчет разрушенных областей .

Таким образом, структурно–временной подход позволяет качественно описать откольное микроразрушение импульсами субмикросекундной длительности.

Список использованной литературы

1. Никифоровский В.С., Шемякин Е.И. Динамическое разрушение твердых тел. Новосибирск: Наука, 1979. 272 с.
2. Морозов Н.Ф, Петров Ю.В. Проблемы механики разрушения твердых тел. СПб.: Изд-во СПбГУ. 1997. 156 с.
3. Морозов Н.Ф, Петров Ю.В., Уткин А.А. Об анализе откола с позиций структурной механики разрушения // ДАН СССР. Т.313 No.2. 1990. С. 276-279.
4. Петров Ю.В., Уткин А.А. О моделировании высокоскоростного разрушения материалов в условиях одномерной задачи откола. // Прогнозирование механического поведения материалов. Докл. на 25 Всес. сем. "Актуальные проблемы прочности. -Новгород.-1991.-т.1.-стр. 109-112.
5. Никитин Ю.Б., Судьенков Ю.В. Множественный квазипериодический откол NaCl при пульсирующей и знакопеременной ударных нагрузках субмикросекундной длительности// Письма в ЖТФ, т.19. вып.12.1993. С.62-65.

Поступила в редколлегию 24.05.99

Применение структурно–временного подхода