

- [4] Kitakawa Y., Hiramatsu S., Ishida K. et al. // J. Phys. Soc. Japan. 1988. V. 57. № 3. P. 737-740.
- [5] Cava R.J., Batlogg B., Sunshine S.A. et al. // Physica C. 1988. V. 153-155. Part. I. P. 560-565.
- [6] Jorgensen J.D., Shaked H., Hinks D.G. et al. // Physica C. 1988. V. 153-155. Part I. P. 578-581.
- [7] Bichevin V. // Phys. Stat. Sol. 1971. V. (a)5. P. 519-523.
- [8] Кярнер Т.Н., Соркин Б.А. // ФТТ. 1978. Т. 20. № 9. С. 2696-2699.
- [9] Моргенштерн З.Л., Неустроев В.Б., Эпштейн М.И. // ЖПС. 1965. Т. 3. № 1. С. 49-55.
- [10] Geserich H.P., Scheiber G., Geerk J. et al. // Europh. Lett. 1988. V. 6. N 3. P. 277-282.
- [11] Konsin P., Kristoffel N., Örd T. // Phys. Lett. A. 1989. V. 137. N 7, 8. P. 420-422.
- [12] Hiznyakov V., Sigmund E. // Physica C. 1988. V. 156. N 5. P. 655-666.

Институт физики
АН Эстонской ССР,
Тарту

Поступило в Редакцию
28 апреля 1989 г.
В окончательной редакции
19 сентября 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 22
05.1

26 ноября 1989 г.

ВОЗБУЖДЕНИЕ РОТАЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ РАЗРУШЕНИЯ ВО ВСТРЕЧНЫХ ВОЛНАХ РАЗГРУЗКИ

С.А. Атрошенко, Т.В. Баличева,
А.К. Диваксв, Ю.И. Мешеряков

В настоящее время считается общепринятым, что для полного описания процессов квазистатического деформирования и разрушения необходимо корректно учитывать вклады как трансляционных, так и поворотных мод деформации. Основанием для такого подхода явились многочисленные экспериментальные исследования, проведенные как на модельных кристаллических материалах, так и на сложных материалах типа сталей и сплавов [1]. Аналогичные исследования при динамическом нагружении материала, например в условиях одноосной деформации, отсутствуют. В этой связи

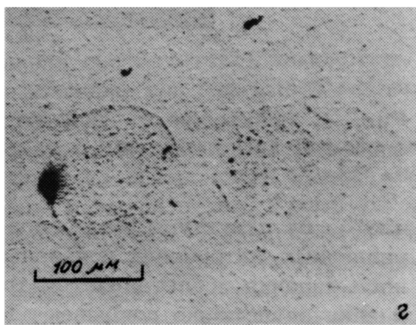
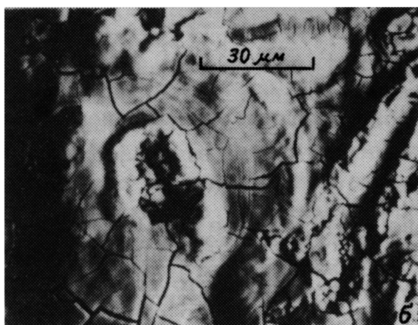
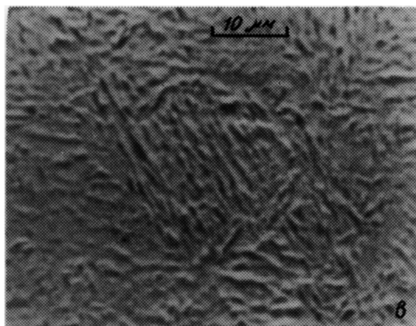


Рис. 1. Фрактограммы ротационных ячеек в алюминиевом сплаве Д-16 (а), стали 30ХН4М (б) и стали 45ХНМФА (в, г).

вопрос о применимости моментных теорий к процессам динамического деформирования и разрушения остается пока открытым.

В настоящей работе проведено детальное экспериментальное исследование ротационной пластичности (РП) и ротационного разрушения (РР) в ряде конструкционных материалов при ударном нагружении и проанализированы условия их возникновения. Для нагружения плоских образцов в диапазоне скоростей 30–450 м/с использовали пневмокопер калибра 30 мм. Измерение временных профилей скорости свободной поверхности мишеней осуществляли с помощью лазерного дифференциального интерферометра. После испытания образцы разрезали вдоль направления распространения волны и исследовали методами оптической и растровой микроскопии. Исследования показали, что во всех типах материалов, использованных в настоящих опытах (алюминиевых сплавах АМг-6, Д-16, сталях 30ХН4М, 38ХН3МФА и 45ХНМФА) можно возбудить ротационную пластичность и вызвать разрушение ротационного типа. Следы ротационной пластичности хорошо видны на поперечных разрезах мишеней после полировки и соответствующего травления шлифов. Они выглядят в виде замкнутых или разомкнутых колец, покрывающих равномерно большую часть поперечного сечения образцов, причем структура материала внутри ротационной ячейки существенно отли-

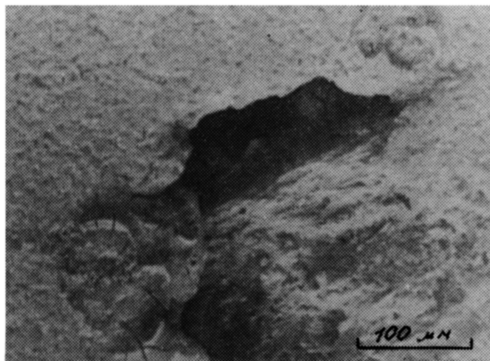


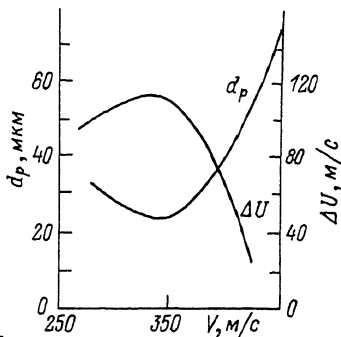
Рис. 2. Фрактограмма участка откольной щели в алюминиевом сплаве Д-16.

чается от структуры материала вне ее. Типичные примеры РП в различных материалах показаны на рис. 1. Существенным для данного явления представляется то обстоятельство, что ротационные ячейки равномерно покрывают все поле поперечного сечения мишени и представляют собой кратеры с радиальными трещинами (рис. 1, а, б). Это говорит о том, что имеют место не отдельные локальные развороты материала (например, вследствие разницы в скоростях соседних микрообъемов), а изменение механизма деформирования от трансляционного к ротационному. Из представленных фрактограмм видно также, что структура материала внутри ротационных ячеек оказывается повернутой относительно структуры остальной матрицы (рис. 1, в), причем внутри ячеек она более рыхлая и содержит поры различной величины и формы (рис. 1, г).

Металлография поперечных шлифов мишеней показала также, что в зависимости от соотношения между толщиной пластины-ударника и мишени следы ротационной пластичности покрывают либо все поле поперечного сечения мишени, либо только часть ее, ограниченную нагружаемой и откольной поверхностями. Анализ взаимодействия волн в области, где реализуется ротационная пластичность, показывает, что этой области соответствует взаимодействие встречных волн разгрузки. Как известно, в наибольшей степени это взаимодействие проявляется в откольной зоне мишени, и именно здесь наблюдается наибольшая плотность ротационных ячеек. При этом механизм откольного разрушения также имеет ротационный характер, что отчетливо видно на представленной на рис. 2 фрактограмме участка откольной щели в алюминиевом сплаве Д-16.

Методика регистрации временных профилей скорости свободной поверхности, использующая лазерный дифференциальный интерферометр, позволяет в каждом акте ударного нагружения измерять также и ширину распределения частиц свободной поверхности по ско-

Рис. 3. Зависимость ширины распределения (ΔU) и диаметра ротационной ячейки (d_p) в стали 45ХНМФА от скорости нагружения.



ростам [2]. На рис. 3 представлены зависимости ширины распределения и диаметра ротационных ячеек от скорости ударника. Видно, что характер изменения этих величин противоположен — чем шире распределение частиц по скоростям, тем меньше диаметр ротационной ячейки. Более того, немонотонному изменению ширины распределения соответствует немонотонное изменение диаметра ротационных ячеек, как это имеет место для стали 45ХНМФА (кривые на рис. 3).

Как видно из представленных кривых, максимальный размер ротационных ячеек в исследуемых сталях не превосходит 10–20 мкм, что в несколько раз меньше среднего размера зерна. Кроме того, сам факт изменения размера ротационных ячеек в зависимости от скорости нагружения также свидетельствует о том, что наблюдаемая ротационная пластичность не может быть отнесена за счет поворота зерен как целого. По своим размерам ротационные ячейки соответствуют так называемому „мезоуровню“, для которого характерна зарядовая и пространственная гетерогенизация дислокационного ансамбля именно на этих масштабах [3].

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Рыбин В.В. Большие пластические деформации и разрушение металлов. М.: Металлургия, 1986. 224 с.
- [2] Мещеряков Ю.И., Диваков А.К., Кудряшов В.Г. О динамической прочности при отколе и пробое. // ФГВ. 1988. № 2. С. 126–134.
- [3] Владимиров В.И., Иванов В.Н., Приемский Н.Д. В кн.: Физика пластичности и прочности, Л.: Наука, 1986. С. 69–99.

Ленинградский филиал
института машиноведения
им. А.А. Благонравова
АН СССР

Поступило в Редакцию
1 августа 1989 г.