

01;05.1

О ВИХРЕВОМ ХАРАКТЕРЕ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ МАТЕРИАЛА ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ

© С.Г. Псагье, Е.В. Шилько, А.И. Дмитриев,
С.Ю. Коростелев, А.Ю. Смолин

Экспериментальное и теоретическое исследование влияния поверхности и межфазных границ на отклик материала при механическом нагружении осуществляется, как правило, в условиях установившегося режима деформирования, для больших степеней деформации или для этапов, предшествующих разрушению [1,2]. В то же время особенности влияния данных факторов на начальной стадии деформирования остаются практически неизученными.

Как отмечалось в [3], даже при однородном одноосном растяжении структурно-однородного образца за плоским фронтом распространения возмущения вблизи поверхности формируется зона сжимающих напряжений. Данный импульс сохраняется вплоть до установления стационарного режима деформирования.

В реальности, за исключением специально поставленных экспериментов, вследствие особенностей нагружения и неоднородной внутренней структуры материала прикладываемая нагрузка не ориентирована строго вдоль оси образца, что приводит к возникновению сдвиговых напряжений. Поэтому в настоящей работе новый вычислительный метод — метод подвижных клеточных автоматов [3,4] использован для изучения особенностей ранней стадии деформации материала при наличии сдвиговой составляющей. Отличительной чертой этого метода является возможность проведения вычислений на мезомасштабном уровне [4], а также возможность явно моделировать такие эффекты, как интенсивная пластическая деформация, сопровождающаяся эффектами перемешивания, а также различные типы процесса разрушения материала.

В настоящей работе моделировались два режима нагружения образца Al: растяжение + сдвиг ($V_x = 12.5$ м/с, $V_y = 3.75$ м/с) и сжатие + сдвиг ($V_x = 12.5$ м/с, $V_y = -3.75$ м/с). Механические параметры элементов, как и в случае [3], брались из [5]. Характерный размер каждого элемента составлял 3 мкм.

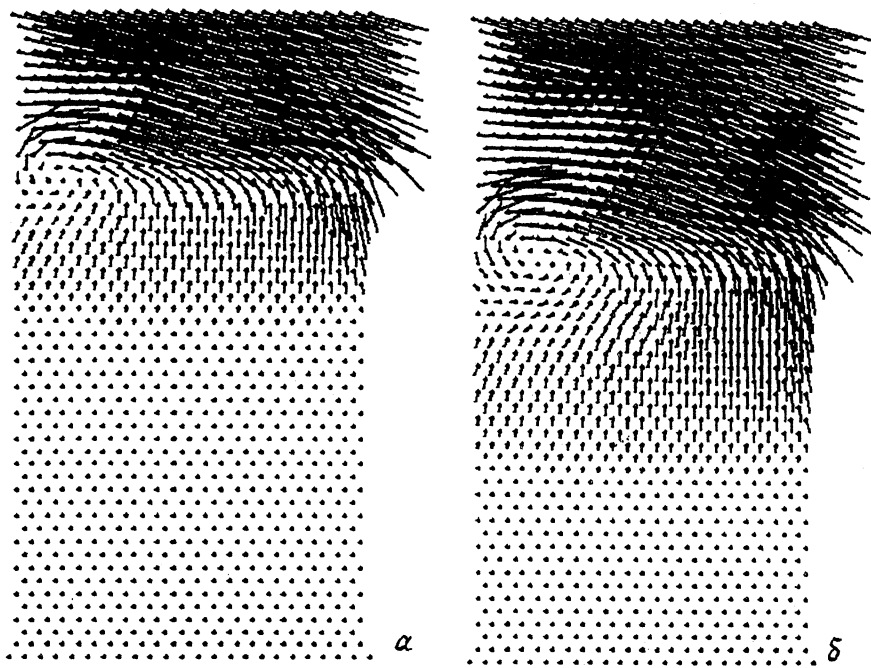


Рис. 1. Поле скоростей в различные моменты времени: а — $t = 0.01$ мкс, б — $t = 0.015$ мкс, в — $t = 0.022$ мкс; г — схематическое изображение распределения направлений упругих смещений (стрелками показано направление упругих смещений в различных областях образца).

Результаты расчетов для первого случая показаны на рис. 1, а-в, где приведены поля скоростей в различные моменты времени. Отметим, что наличие свободной поверхности и сдвиговой составляющей нагружения приводит к формированию устойчивого вихря упругих деформаций, который движется в направлении распространения фронта возмущения. Скорость перемещения такого вихря определяется скоростью поперечного звука. Из рис. 1, а-в хорошо видно также, что распределение упругих деформаций на стадии установления стационарного режима нагружения является сильно неоднородным. Схематическое распределение направления упругих смещений в один из последних моментов времени показано на рис. 1, г.

В результате взаимодействия сдвиговой составляющей нагружения с границей моделируемого образца в область 1 (рис. 1, а) смещается горизонтально вправо. Упругие смещения в области 2 имеют явно выраженную сдвиговую составляющую, которая вызвана характером нагружения. В области 3 упругие смещения направлены вертикально, что,

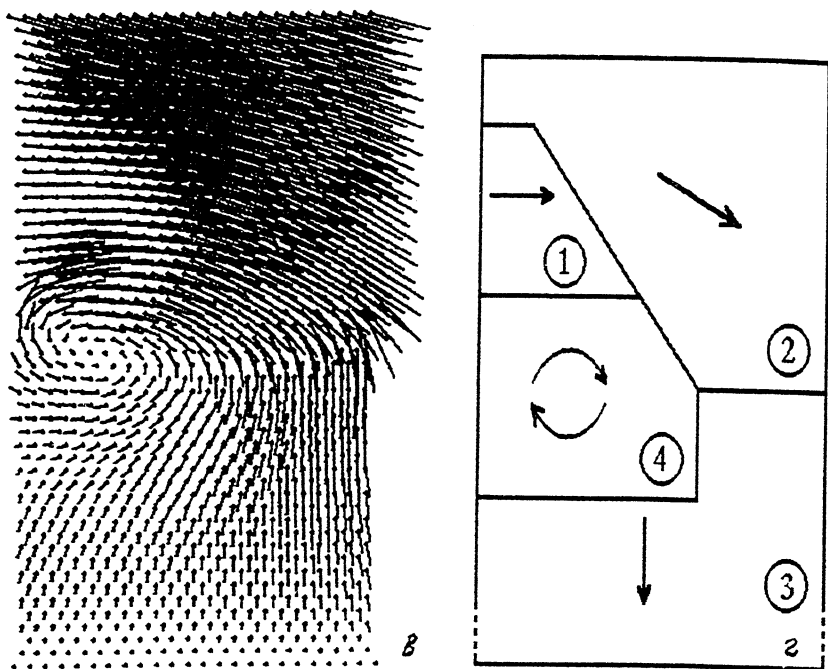


Рис. 1 (продолжение).

по-видимому, обусловлено распространением продольной волны. В четвертой области, как уже отмечалось, смещения носят вихревой характер.

Проведенное исследование показало, что свойства поверхности образца и характер нагружения могут оказывать влияние на форму вихря, особенности его формирования и распространения. Так, на рис. 2, а показано поле скоростей для случая упрочненной поверхности. В этом случае вихрь (по сравнению с рис. 1, в) является локализованным и, кроме того, начинает формироваться на большей глубине от нагружаемой поверхности.

В случае растяжения моделируемого образца (рис. 2, б) вихревой характер упругой деформации, обусловленный свободной границей образца, также имеет место, но при этом вихрь формируется у противоположной (по сравнению со сжатием) границы образца.

Анализ поля скоростей показал, что смещение элементов в зоне вихря происходит в упругой области, по крайней мере на этапе установления стационарного режима деформирования. Тем не менее взаимодействие вихря со струк-

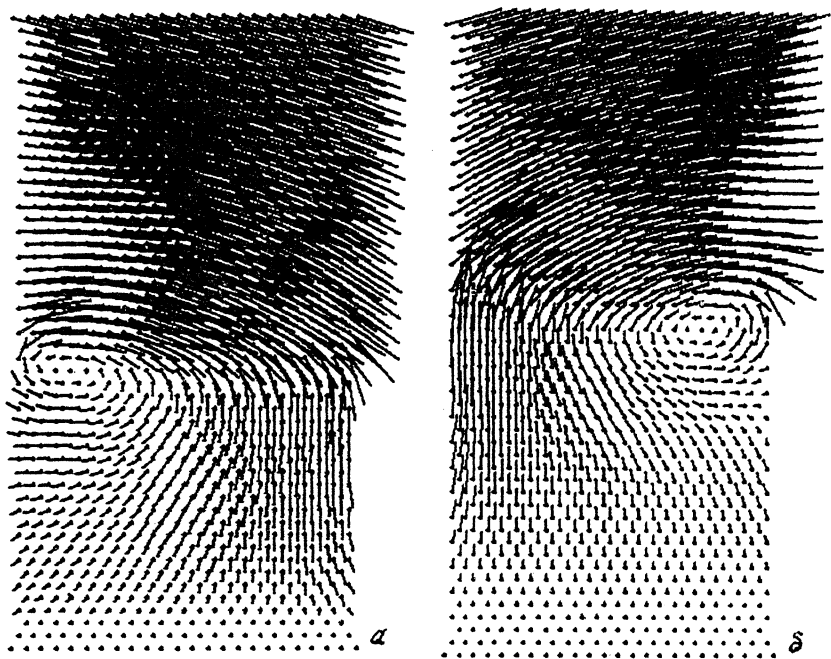


Рис. 2. Поле скоростей: *а* — для материала с упрочненной поверхностью, *б* — для случая растяжения + сдвиг.

турными неоднородностями может оказать влияние на последующую эволюцию материала и является задачей дальнейших исследований.

Список литературы

- [1] *Пластическая деформация конструкционных материалов* / Под ред. А.Ф. Пименова. М.: Наука, 1988. 272 с.
- [2] *Белл Дж.Ф. Экспериментальные основы механики деформируемых твердых тел. Ч. 1. Малые деформации.* М.: Наука, 1984. 596 с.
- [3] *Псацье С.Г., Смолин А.Ю., Коростелев С.Ю. и др. // Письма в ЖТФ.* 1995. Т. 21. В. 13. С. 1-5.
- [4] *Панин В.Е., Макаров П.В., Псацье С.Г. и др. // Физическая мезомеханика и компьютерное конструирование материалов.* Новосибирск: Наука, 1995. Т. 2. 320 с.
- [5] *Физические величины. Справочник* / Под ред. И.С. Григорьева и Е.З. Мейлихова. М.: Энергоатомиздат, 1991. 1232 с.

Поступило в Редакцию
20 октября 1995 г.