

В. А. ПАВЛОВ

ОБРАЗОВАНИЕ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ТРЕЩИН В АЛЮМИНИИ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

(Представлено академиком И. П. Бардиным 9 IV 1951)

Материалом для настоящего исследования служил поликристаллический алюминий. Образцы имели форму пластинок размером $1 \times 5 \times 50$ мм. Деформирование образцов производилось одноосным растяжением. Образование и развитие микроскопических трещин наблюда-

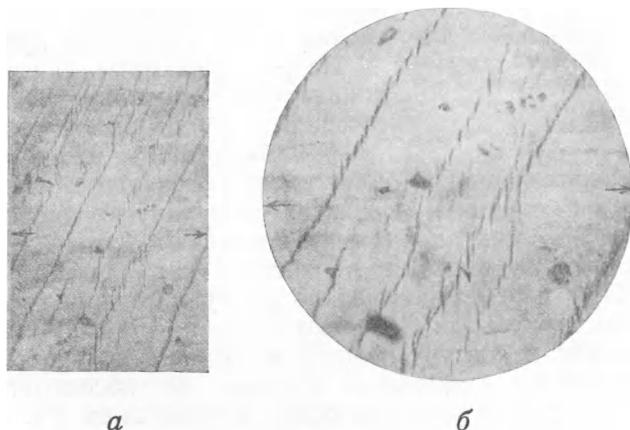


Рис. 1. Микроскопические трещины в алюминии, образовавшиеся в следах скольжения во время пластической деформации (стрелками указано направление растяжения).
a — $\times 780$, *б* — $\times 1500$. Репрод. 3:4

лось на поверхности образца (предварительно электролитически полированной) в момент его пластического деформирования с помощью металлографического микроскопа.

Ранее ⁽¹⁾ была изучена кинетика образования и развития микроскопических трещин в плексигласе при пластической деформации. При однородном, равномерном растяжении образцов плексигласа образование микроскопических трещин происходит равномерно по всей поверхности образца. Если искусственно вызвать локализацию пластической деформации, то микроскопические трещинки возникают преимущественно в наиболее деформированных местах. Каждая микроскопическая трещинка ориентируется строго перпендикулярно к направлению действия максимальных растягивающих напряжений.

В кристаллических веществах пластическая деформация всегда, в той или иной степени, локализована в следах скольжения. Поэтому микроскопические трещины, как и следовало ожидать, сосредоточиваются в следах скольжения. Каждая трещинка ориентируется прибли-

тельно перпендикулярно к направлению действия максимальных растягивающих напряжений, независимо от ориентации следа скольжения. При больших деформациях между этими микроскопическими трещинками иногда возникают трещинки, ориентированные приблизительно вдоль следа скольжения. На рис. 1 дана фотография микроскопических трещин, образовавшихся в одном из кристаллитов, в котором следы скольжения расположены приблизительно под 45° к направлению растяжения. Величина деформации образца соответствует концу равномерной деформации.

Возникшие трещинки при последующем деформировании поворачиваются вследствие происходящих сдвигов вдоль следов скольжения. Углы поворота отдельных трещинок в различных местах кристаллита весьма разнообразны и достигают приблизительно $30-40^\circ$ (не исключена, очевидно, возможность образования поворотов и на большие углы). Это означает, что в плоскостях скольжения появляются небольшие участки решетки, повернутые на сравнительно большие углы относительно решетки окружения. Предположение о существовании местных поворотов решетки в пластически деформированных кристаллах ранее высказывалось на основании изучения механизма пластической деформации с помощью рентгеновских лучей (2).

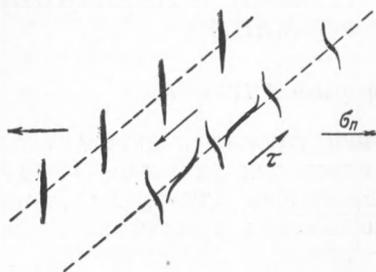


Рис. 2. Схема образования и развития микроскопических трещин в алюминии при пластической деформации

На рис. 2 схематически показаны первоначально возникшие трещинки, последующий их поворот под действием деформации сдвига вдоль следа скольжения и появление трещинок, ориентированных вдоль следа скольжения.

Около каждой трещинки возникает поле упругих напряжений. Наибольшие растягивающие напряжения возникают в точках контура трещинок, в которых касательная к контуру параллельна направлению растяжения. При перемещении вдоль контура, начиная с этих точек, напряжения быстро убывают, меняют знак, и в точках контура, в которых касательная к контуру перпендикулярна к оси растяжения, сжимающие напряжения становятся равными по абсолютной величине приложенным к образцу растягивающим напряжениям (4). Следовательно, в непосредственной близости от трещинок, где господствует поле сжимающих упругих напряжений, образование и развитие трещин затруднено. В силу этого развивающиеся вдоль следа скольжения трещинки часто не сливаются с ранее возникшими, а на некотором расстоянии от них меняют направление своего распространения, поворачиваясь своими концами перпендикулярно к направлению действия максимальных растягивающих напряжений. Поэтому трещинки, расположенные вдоль следа скольжения, имеют своеобразную форму (см. рис. 1 и 2).

Рассмотрение всей кинетики возникновения и развития микроскопических трещин убедительно показывает, что микроскопические трещинки возникают и развиваются под действием нормальных растягивающих напряжений. При пластической деформации величина действующих нормальных напряжений всегда остается меньше хрупкой прочности. Следовательно, образование микроскопических трещин при этих напряжениях оказалось возможным благодаря тому, что пластическая деформация вызвала такие искажения кристаллической решетки, которые снизили сопротивление отрыву до значений, равных действующим растягивающим напряжениям. О возможности снижения сопротивления отрыву по плоскости скольжения вследствие искажений кристаллической

решетки, вызванных пластической деформацией, впервые указал Н. Н. Давиденков (3). Образование микроскопических трещин, ориентированных вдоль следа скольжения, начинается, по всей вероятности, в тот момент, когда прочность на отрыв вдоль следа скольжения упадет до такой величины, что для образования трещины достаточно нормальной составляющей к плоскости скольжения от действующих растягивающих напряжений.

Таким образом, «вязкое» разрушение есть результат тесного взаимодействия двух процессов: процесса пластической деформации, протекающего под действием скалывающих напряжений и вызывающего искажения кристаллической решетки, тем самым подготавливающего разрушение, и процесса разрушения, протекающего под действием нормальных напряжений и заключающегося в образовании и развитии трещин.

Поступило
7 IV 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. А. Павлов и М. В. Якутович, ДАН, 77, № 1 (1951). ² А. Ф. Иоффе, М. В. Кирпичев и М. А. Левитская, Журн. РФХО, 56 (1924).
³ Н. Н. Давиденков, Динамические испытания металлов, 1936. ⁴ Г. Нейбер, Концентрация напряжений, 1947.