

ЭФФЕКТ ЖЕСТКОЙ РАДИАЦИИ ПРИ СДВИГОВОМ РАЗРУШЕНИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Т.Я.Гораздовский

Известны факты механического разрушения твердых тел, сопровождающихся акустическими эффектами, свечением и диспергированием вещества образца, подвергшегося воздействию напряжений и деформаций порядка единиц и даже десятых долей процента соответственно от модулей упругости (Юнга или сдвига) и первоначальных геометрических параметров.

Ряд исследователей ставил эксперименты по изучению реологических функций и изменений структуры при больших давлениях и больших деформациях сдвига (например, Бриджмен [1]), но при этом не обращалось внимания на оптические явления [4].

Представляло определенный интерес исследовать разрушение под действием значительной величины деформаций сдвига и проанализировать эффекты, сопровождающие это разрушение. В основу эксперимента нами

была положена гипотеза о том, что разрушение при сдвиге начинается с образования внутренних мелких каверн и что противостоять процессу кавернообразования, а тем самым этому механизму разрушения, можно воз-

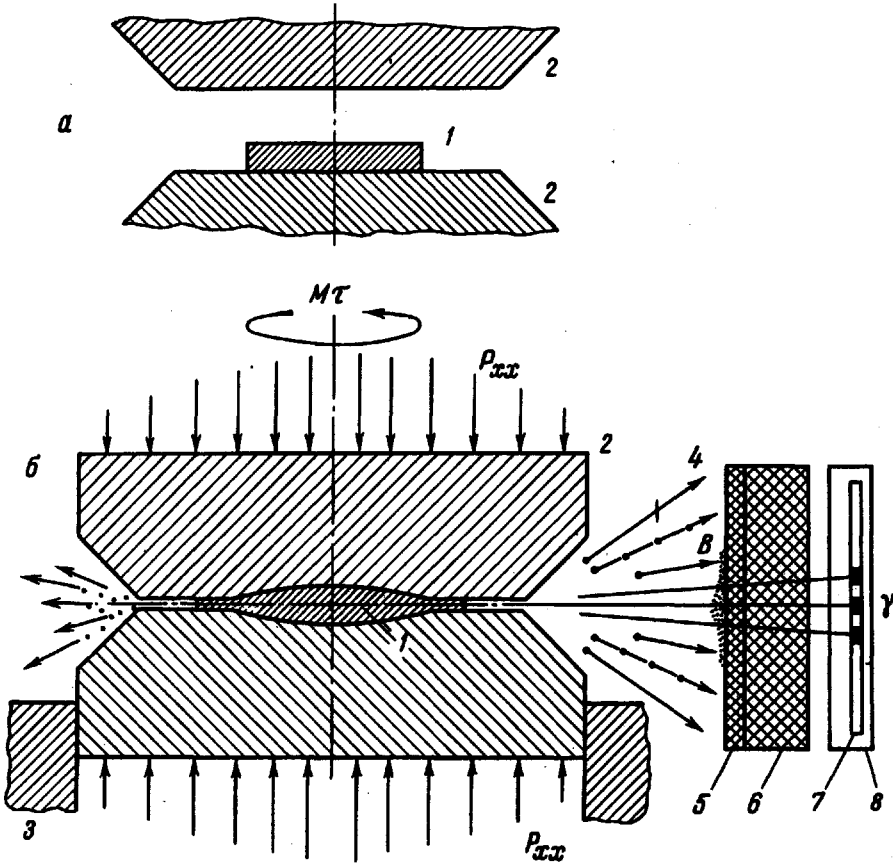


Рис.1. Схема эксперимента по разрушению твердого тела при сдвиге с жестким излучением: 1 – испытуемый образец, 2 – пуансоны, 3 – заделка пуансона, 4 – световое излучение, 5, 6, 7 – экраны, 8 – кассета, P_{xx} – осевая нагрузка на пуансоны, M_t – крутящий момент создающий касательные напряжения τ в образце, B – диспергированное вещество, γ – жесткое излучение

действием всестороннего сжатия значительной величины. Иными словами, нами предполагалось, что разрушение при всестороннем давлении наступит лишь после осуществления больших сдвиговых деформаций и с другой кинетикой процесса, чем без всестороннего давления большой величины.

Для реализации этого предположения испытуемое твердое вещество в форме цилиндрического образца 1, диаметром около 10 и высотой около 2 мм, располагалось (см. рис. 1, а и 3) по центру двух соосных пуансонов 2 из твердосплавных пластин – вольфрамо-кобальтовые карбиды. Последние выбирались как весьма жесткий материал, имеющий модуль Юнга в три-четыре раза выше, чем у стали (т.е. $60 \div 80 \cdot 10^{11} \text{дин} \cdot \text{см}^{-2}$). В качестве испытуемого вещества брались невзрывчатые различные поликристаллические диэлектрики и полупроводники (мрамор, базальт, уголь и др.),

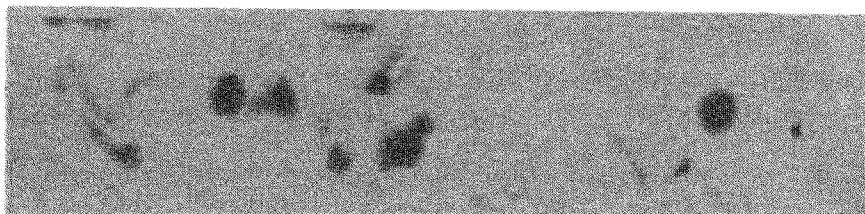


Рис.2. Фотокопия засвечивания фотопленки жесткой радиацией при сдвиговом разрушении. (Увеличение $\times 3$)

как с нативной (ненарушенной) структурой, так и в виде таблеток, спрессованных из порошков неорганического или органического вещества.

Пуансоны закреплялись в приспособлении 3, которое устанавливалось между плитами вертикального прессы. Пресс сближал пуансоны, которые и сдавливали испытуемые образцы. Вначале образцы частично разрушались по краям, а затем вдавливались в рабочие поверхности пуансонов и в них образовывалась чечевицеобразная полость. Усилия прессы ΣP_{xx} были такими, что в этих полостях создавалось всестороннее давление порядка $10^{11} \text{дин} \cdot \text{см}^{-2}$.

При неизменном вертикальном усилии прессы с помощью указанного выше приспособления в образце создавались дополнительные касательные напряжения τ обусловленные моментом M_x значительной величины – порядка $5 \cdot 10^{11} \text{дин} \cdot \text{см}^{-2}$. Под действием этих напряжений происходила большая пластическая деформация сдвига образца, до величины порядка единиц ($\tan \gamma = 1 \div 10$) в его периферической области (без учета возможного проскальзывания). При некотором значении деформации сдвига происходил взрыв, т.е. звуковой эффект подобный выстрелу из огнестрельного оружия, с вылетом части мелкодиспергированного испытуемого вещества. Во взрыве участвовала не вся масса образца, а лишь небольшая часть – приблизительно 0,01 – 0,1 г.

Осевая нагрузка и всестороннее давление на испытуемый образец не являлись критическими величинами (как в опытах Бриджмена [1]), так как допускали варьирование их величины в широких интервалах, например от 50 до 500% от усилий, при которых в сочетании со сдвигом в предыдущем эксперименте происходил взрыв. В то же время стоило касательной деформации достичь определенной величины, как происходил взрыв, т.е.

касательная деформация при некоторых условиях являлась критической величиной. Сила взрыва и критические касательные напряжения возрастали с осевой нагрузкой на испытуемый объект. Величина углов поворота верхнего и нижнего пуансона статистически колебалась в пределах от 10° до 40° , т.е. хотя и носила случайный характер, средняя величина оставалась все же значительной. При этом не было замечено каких-либо заметных изменений в зависимости от рода испытуемого вещества, величины всестороннего сжатия или касательных напряжений и других факторов.

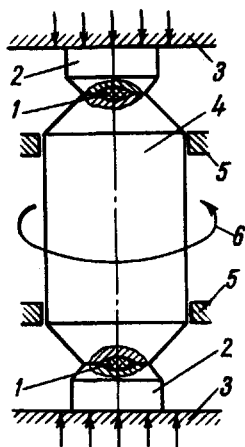


Рис.3. Кинематическая схема приспособления для сдвига и "одноосное" сжатие: 1 – испытуемый образец, 2 – статические пуансоны, 3 – плиты прессы, 4 – спаренный пуансон – ротор, 5 – направляющие ротора, 6 – момент вращения ротора

При взрыве в радиальных направлениях вылетал испытуемый материал в виде мелкодиспергированной пыли и внедрялся с большой силой в кольцевой бумажный экран 5, укрепленный на жестком экране 6, при этом в ряде мест бумажный экран был пробит. Жесткий экран был сделан из оргстекла толщиной 4 мм в виде почти полностью замкнутого кольца. При отсутствии экранов разлет диспергированного вещества происходил на расстоянии порядка 500 см.

При взрыве в затемненном помещении в кольцеобразной области вокруг пуансонов всегда наблюдалось сильное голубовато-фиолетовое свечение 4 без заметного визуального изменения цвета при взрывах различных веществ и различных значений нагрузок. За жестким экраном 6 располагался фотоэкран в виде кассеты (конверта) 8 из светонепроницаемой бумаги и фотопленки 7. При всех экспериментах обнаруживалось жесткое излучение, проходящее через слой воздуха порядка 8 см, несколько (два – четыре) толщин бумаги порядка $0,05 \div 0,1$ мм и слой оргстекла 4 мм, засвечивающее фотопленку. Засвечивание происходило отдельными очагами (см. рис.2), импульсно и одновременно. Локальность и наибольшее различие в интенсивности засвечивания указывает на локальность возбуждений и узкую направленность излучения.

Вероятно, жесткое излучение происходит лишь из тех внутренних полостей вещества, в которых в силу неоднородности напряженного состояния реализуются условия цепной реакции взрыва с излучением; последнее направлено высвечивается из вскрывшихся при взрыве полостей. Та-

ких полостей образуется несколько. Все они имеют форму, близкую к окружностям. По величине диаметров они разделяются на три группы. Микрофотометрирование (на МФ-4) показало, что плотность почернения не менее, чем двух различных величин $J_1 = 1g\ 88$ и $J_2 = 1g\ 40$.

Ориентировочная оценка, произведенная на основании данных о массовых коэффициентах поглощения (узкого пучка) рентгеновских и γ -лучей выше K -границы абсорбции для различных пластмасс [2], показывает, что наблюдалось жесткое излучение с длиной волны как $0,5\ \text{А}$ (т.е. $\approx 25\ \text{кэв}$), так и более жесткое излучение. Иными словами, при взрыве нами наблюдалось излучение не только в коротковолновой части видимого спектра (сине-фиолетового цвета), но и в спектре жесткой радиации.

Изложенные экспериментальные факты говорят о том, что здесь имеет место ранее не исследовавшийся процесс разрушения под действием больших касательных напряжений, которые обеспечивались за счет адгезии испытуемого вещества с поверхностью пуансонов и предотвращением образования внутренних каверн высоким всесторонним напряжением сжатий. Суть этого процесса, вероятно, заключается в мгновенном выделении и большой энергии при деформации порядка единиц, когда функция изменения энергии сцеплениями с расстояниями между ионами кристаллов претерпевает разрыв при максимальном значении этой энергии.

Поступило в редакцию
11 октября 1966 г.

Литература

- [1] П.Бриджмен. Исследования больших пластических деформаций и разрывов. ИИЛ, М., 1955.
- [2] Г.С.Жданов. Физика твердого тела. МГУ, М., 1961.
- [3] Р.Мас-Мастер. Non Destructive Testing. Hand book, N.I., 1959.
- [4] Ф.Боуден, А.Иоффе. Быстрые реакции в твердых веществах. ИИЛ, М., 1962.