

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАЗВИВАЮЩИХСЯ ТРЕЩИН

И.В. Парфирьев, студент МРб – 131;

Р.П. Кузнецов, студент МРб–131;

Научный руководитель: В.Г. Смирнов, к.ф.-м.н., ст. преп. кафедры физики
факультета фундаментальной подготовки.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Прочность горных пород, конструкционных материалов определяется, в первую очередь, наличием дислокаций и существованием в объеме сплошной среды зачатков трещин, которые прорастают под действием внешних растягивающих напряжений [1, 2]. Чаще всего наличие микротрещин определяется технологией изготовления конструкционных материалов или условиями формирования горного массива, а также зависит от истории нагружения. Обычно в материале, прочность которого исследуется, микротрещины и зачатки трещин более или менее равномерно распределены по всему объему. При возникновении растягивающих напряжений происходит одновременный рост многих трещин, расположенных в той области, где растягивающие напряжения превосходят критическую величину. Нами поставлена задача, исследовать взаимодействие множественных трещин и характер их взаимного влияния при прорастании.

Теория Гриффитса и силовая теория Ирвина-Орована рассматривают равновесие единичной трещины в изотропном поле напряжений [2, 3]. На краях трещины возникают области концентрации напряжений, на эти области переносится нагрузка с разрушенной части сплошной среды. Напротив середины трещины возникает зона разгрузки. Критическое значение величины напряжений $\sigma_{кр}$, при превышении которого происходит рост трещин, зависит от упругих характеристик сплошной среды E , ν – модуля Юнга и коэффициента Пуассона, удельной энергии трещинообразования – g , и полуширины трещины – L , следующим образом:
$$\sigma_{кр} = \sqrt{\frac{Eg}{(1-\nu^2)\pi L}}$$

Отсюда следует, что чем больше трещина, тем меньшие внешние напряжения могут вызвать ее рост. Соответственно, если зачатки трещин находятся в одинаковых услови-

ях, то прорасти будет лишь самая большая трещина, и только одну трещину мы будем наблюдать в области разрушения.

Но в реальности, в макроскопическом теле вблизи порога его разрушения обнаруживается целый набор примерно одинаковых трещин, распределенных в разрушаемой зоне. В работе [1], исходя из законов упругости сплошной среды показано, что растущая трещина создает вокруг себя зону разгрузки, влияющую на соседние трещины и предотвращающую их рост. Это проявляется в том, что интенсивность напряжений на концах двух параллельных близкорасположенных трещин уменьшается, т.е. повышается порок устойчивости области с двумя трещинами, по сравнению с такой-же по размерам, но одиночной трещиной. Показано также, что при сближении трещин им выгоднее расти в сторону, противоположную сближению. Т.е. наибольшая интенсивность напряжений достигается на тех концах трещин, которые наиболее удалены друг от друга и не попадают в зону разгрузки от соседней трещины.

С целью проверить сформулированные положения нами была проведена серия экспериментов на двумерных материалах, содержащими одновременно несколько зачатков трещин. В первой серии на листе бумаги длиной 30 см и шириной 5 см на расстоянии 10 см от одного конца был сделан разрез длиной 1 см, параллельный короткой стороне листа. На расстоянии 10 см от другого конца были сделаны два параллельных разреза отстоящих друг от друга на 0.5 см, также параллельные короткой стороне, как показано на рис. 1а. В процессе экспериментов лист бумаги растягивался за короткие стороны, так что ось создаваемых напряжений была перпендикулярна созданным зачаткам трещин. В серии из 22 испытаний 20 испытаний закончились тем, что лист порвался в области, где была создана только одна трещина. Только в двух случаях разрыв произошел по одной из спаренных трещин. Поставленные эксперименты подтверждают, что область, в которой созданы две параллельно расположенные трещины, является более прочной, по сравнению с областью в которой расположена только одна трещина, такого же размера.

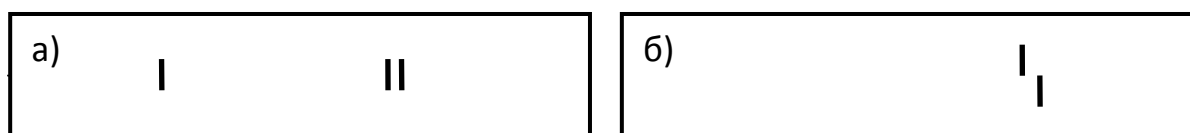


Рис. 1. Схемы нанесения зачатков трещин.

Во второй серии экспериментов на лист бумаги наносились зачатки трещин по схеме, изображенной на рис. 1б. Длина трещин во всех случаях была 1 см, расстояние между плоскостями трещин 0.5 мм. Центры трещин

были смещены относительно друг друга на 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 см. При растяжении листа бумаги вдоль длинной оси в первую очередь у трещин прорастали те концы, которые были наиболее удалены от соседней трещины. Те концы трещин, которые были ближе к соседней трещине, практически не прорастали до начала полного разрушения.

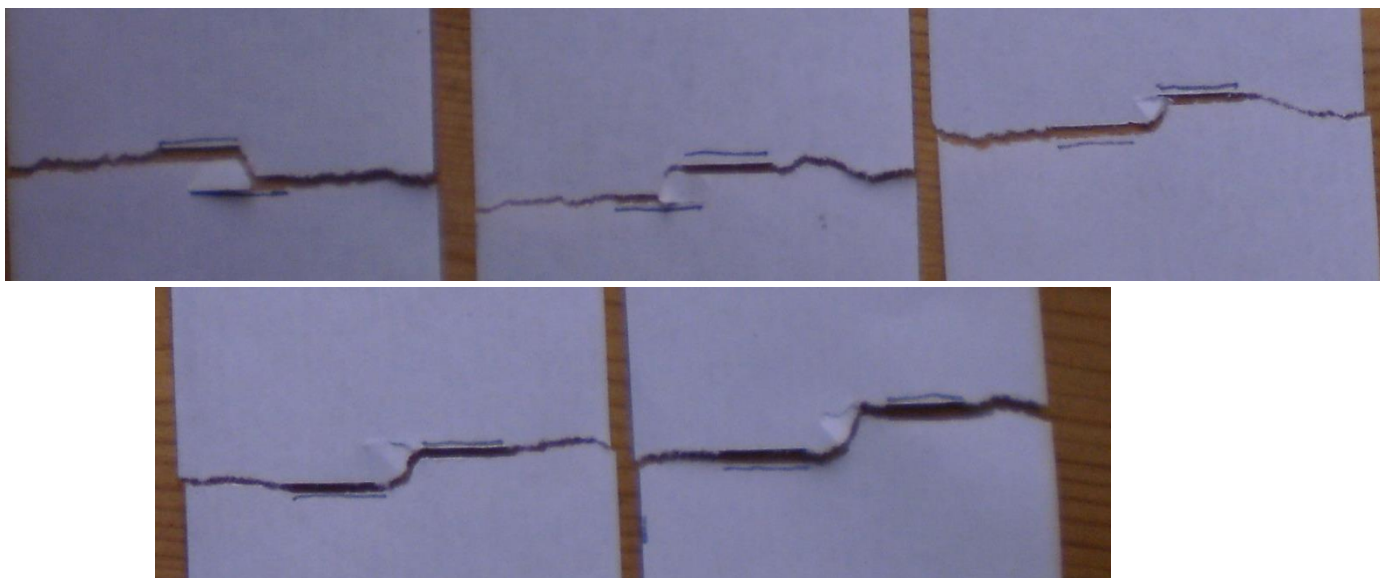


Рис. 2. Результаты испытаний материала с зачатками трещин. Слева направо и сверху вниз меняется смещение центров зачатков трещин: 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 см

На рис. 2 изображена фотография листов после испытаний на разрыв. Ориентация листов перпендикулярна ориентации, изображенной на схеме рис. 1. Из характера разрушения видно, что только после превышения начальным смещением между центрами трещин величины 1.6 см происходит рост не только противоположных, но и ближайших к соседней трещине концов.

Поставленные эксперименты показывают, что срастание трещин ограничивается при их сближении, т.е. при определенном положении трещинам выгоднее расти в сторону противоположную ближайшей трещине. Что приводит к равномерному заполнению разрушаемого объема множественными изолированными трещинами, а не росту единичной трещины, как это следует из теории Гриффитса. Это явление возникает из-за формирующейся вблизи трещины зоны разгрузки от упругих напряжений.

Дальнейшее экспериментальное и теоретическое исследование характера взаимодействия близкорасположенных прорастающих трещин может иметь существенное значение для уточнения положений теории прочности реальных материалов и макроскопических тел.

Список литературы:

1. Смирнов, В. Г. Трещинообразование в угольных пластах, склонных к внезапным выбросам угля и газа / В. Г. Смирнов, В. В. Дырдин, С. А. Шепелева // Вестник КузГТУ. - 2013. - № 6. – С. 20–27.
2. Бьюи, Х. Д. Механика разрушения: обратные задачи и решения / Х. Д. Бьюи : пер. с англ. Л. В. Степановой. – Москва : Физматлит, 2011. – 412 с.
3. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учеб. пособие для вузов в 10 т. Т. VII. Теория упругости / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – Москва : Физматлит, 2003. – 204 с.