

Исследование влияние G_c на распространение трещины в стеклах

И.А. Магомедов, Х. А.Мурзаев, У. Р.Тахаев

Чеченский государственный университет, г. Грозный

Аннотация: Данная статья проанализирует влияние G_c (Скорость высвобождения энергии деформации) на распространение трещин в стеклах с разными свойствами материала. Анализ проиллюстрировал, что с уменьшением G_c длина трещины будет возрастать а при большей приложенной силой эффект G_c на распространение трещины в структуре уменьшается

Ключевые слова: механики разрушения, быстрый разлом, G_c , распространение трещин, Code_Aster, Solome Meca

Динамический разрыв можно описать как ветвь механики разрушения, которая связана с явлениями разрушения в масштабе времени, для которого важно инерционное сопротивление материала к движению. Первостепенное внимание уделяется начальной и конечной стадиям распространения трещины, которые проистекают из-за несовершенства материала. Это приводит к концентрации напряжения в области дефекта. Было замечено, что инерция материала может иметь огромное влияние на разрыв в нем. Это означает, что в статическом анализе кинетическая энергия внутри системы и ее воздействие на внутреннюю энергию являются незначительными, при том условии, что трещина будет распространяться или расти устойчивым образом. Следовательно, при динамическом анализе отраженные волны напряжения, инерция материала и поведение материала, зависящее от скорости, становятся существенными переменными в уравнении с телом, которое подвержено нагрузке, зависящей от времени. В этом случае разрушение происходит очень быстро, что не дает времени для формирования пластичной деформации. Поэтому энергия выделяется за короткий промежуток времени, что приводит к быстрому росту трещины.

Результаты

Далее в следующем параграфе будет рассмотрено влияние G_c на инициирование или распространение трещины. Следующие граничные условия (сила) были применены к двум структурам (материал 1 и 2), как показано на рисунке 1. Силы были добавлены на ребра GM14 и GM15. Добавление сил в конце структуры обусловлено, тем что структура становится более устойчивой к быстрому перелому.

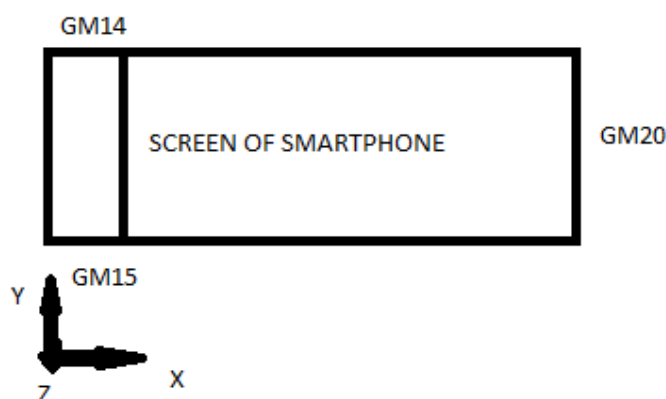


Рис. 1. – Граничные условия

На рисунке 2 показаны три этапа в течение выбранного времени с G_c равным 6.216 (исходный). Значения силы 9 и 5 Н использовались для последующего анализа с разным G_c . В таблице 1 ниже приведены значения распространения трещины для разных G_c с двумя силами и для лучшей визуализации рисунок 3.

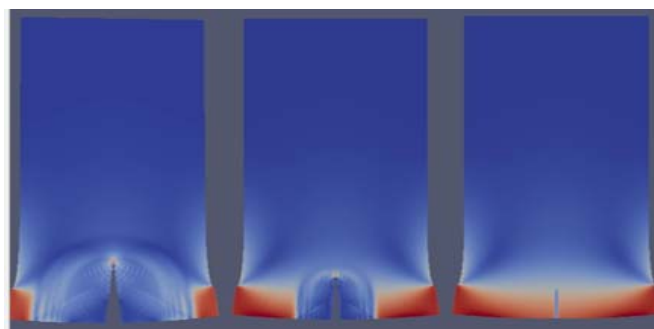


Рис. 2. – Три этапа раскрытия трещины с G_c равной 6.216

Таблица № 1

Длина трещины для разных G_c с приложенной силой 9-5 Н

Gc	Сила (Н)	Длина трещины (мм)	Разница между сдвиговым и дилатационным волной ($c * 10^{-6}$)
1.2160	9	26.80	9
3.2160		26.60	9
6.2160		26.30	9
16.2160		25.40	9
1.2160	5	16.40	9
3.2160		15.90	9
6.2160		15.00	9
16.2160		14.20	9

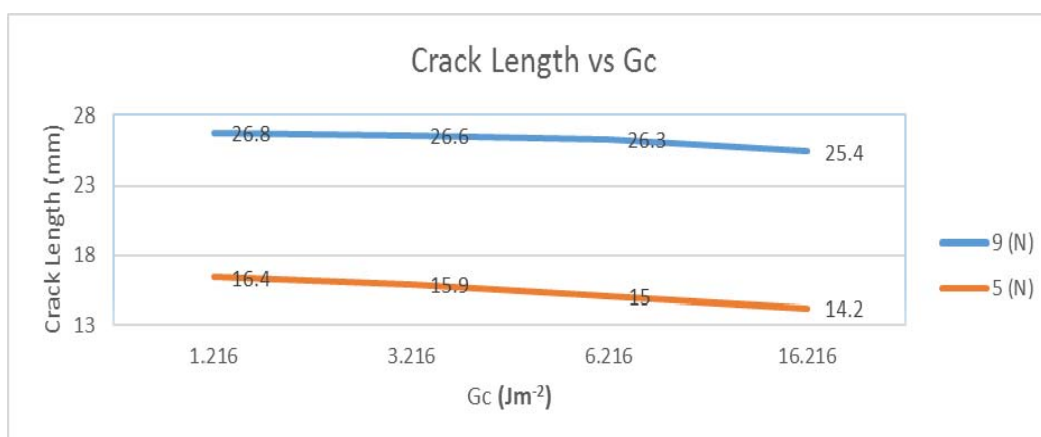


Рис. 3. – Длина трещины vs Gc

Волны сдвига и дилатации представлены на рисунке 4. Для разных Gc сдвиговые и дилатационные волны будут одинаковыми, но разные для разных свойств и размеров материала. Это связано с тем, что скорости волн в геометрии связаны с плотностью материала (вязкость), поэтому они будут одинаковы. Значения времени на пиках составляют 0,0001599 и 0,0001509 для волн сдвига и дилатации соответственно.

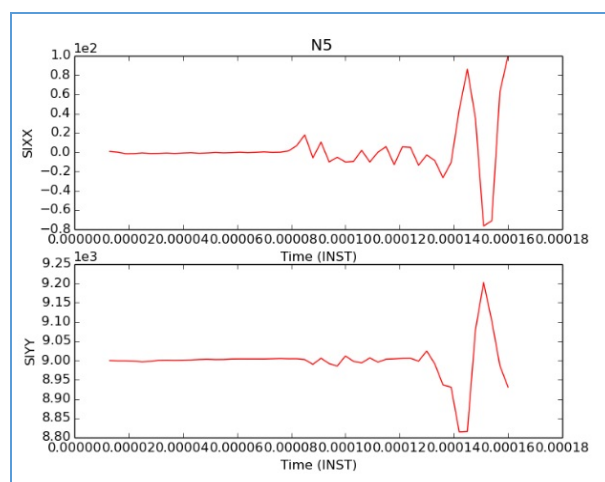


Рис. 4. – Сдвиговые и дилатационные волны

Обсуждение

Результаты показали, что G_c влияет на распространение трещины в структуре. Наблюдая таблицу 1, ясно, что за счет уменьшения G_c длина трещины будет возрастать. Было также отмечено, что с большей приложенной силой эффект G_c на распространение трещины в структуре уменьшается. Например, при силе 9 Н наблюдалось увеличение длины трещины на 0,2-0,5 мм. Однако, когда сила была изменена на 5 Н, увеличение было заметно больше около 1 - 1,2 мм (рисунок 3). Результаты также показали, что G_c не влияет на волну сдвига и дилатации, из-за скорости волны в геометрии, которые связаны с вязкостью. Наблюдая результаты, можно сказать, что, увеличивая силу, разница между волнами и дилатационными волнами будет уменьшаться.

Литература

1. Broberg KB. Cracks and Fracture. San Diego, CA: Academic Press; 1999. p. 752
2. Elices, M., Guinea, G., Gómez, J. and Planas, J. The cohesive zone model: advantages, limitations and challenges. Engineering Fracture Mechanics. 2002 69(2), pp.137-163

3. Corning.com. Corning and Gorilla material properties. 2018. URL: corning.com/microsites/csm/gorillaglass/PI_Sheets/Corning
4. Yavari, A. and Khezzadeh, H. Estimating terminal velocity of rough cracks in the framework of discrete fractal fracture mechanics. *Engineering Fracture Mechanics*. 2010. 77(10), pp.1516-1526.
5. Яковлев М. Я. Янгирова А. В. Метод и результаты численной оценки эффективных механических свойств резинокордных композитов для случая двухслойного материала. *Инженерный вестник Дона*. 2013. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1639
6. Roberts, D.K. and Wells, A.A., “The Velocity of Brittle Fracture.” *Engineering*, Vol. 178, 1954, pp. 820–821.
7. Magomedov I. A. Mezhieva A.I. Suleymanova M.A. *Inženernyj vestnik Dona (Rus)*. 2018. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5334
8. Jiang H. Cohesive zone model for carbon nanotube adhesive simulation and fracture/fatigue crack growth. The University of Akron. 2010, pp.129
9. Li, J., Huang, Q. and Ren, X. (2013). Dynamic Initiation and Propagation of Multiple Cracks in Brittle Materials. *Materials*, 6(8), pp.3241-3253
10. Charles Crump, T. *Modelling The Dynamic Fracture Of Graphite* 2015. p.3

References

1. Broberg KB. *Cracks and Fracture*. San Diego, CA: Academic Press; 1999. p. 752
 2. Elices, M., Guinea, G., Gómez, J. and Planas, J. The cohesive zone model: advantages, limitations and challenges. *Engineering Fracture Mechanics*. 2002 69(2), pp.137-163
 3. Corning.com. Corning and Gorilla material properties. 2018. URL: corning.com/microsites/csm/gorillaglass/PI_Sheets/Corning
-



4. Yavari, A. and Khezzadeh, H. Estimating terminal velocity of rough cracks in the framework of discrete fractal fracture mechanics. *Engineering Fracture Mechanics*. 2010. 77(10), pp.1516-1526.

5. Yakovlev M. Y. Yakovleva M. Y. *Inženernyj vestnik Dona (Rus)*. 2012. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1639

6. Roberts, D.K. and Wells, A.A., “The Velocity of Brittle Fracture.” *Engineering*, Vol. 178, 1954, pp. 820–821.

7. Magomedov I. A. Mezhieva A.I. Suleymanova M.A. *Inženernyj vestnik Dona (Rus)*. 2018. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5334

8. Jiang H. Cohesive zone model for carbon nanotube adhesive simulation and fracture/fatigue crack growth. The University of Akron. 2010, pp.129

9. Li, J., Huang, Q. and Ren, X. (2013). Dynamic Initiation and Propagation of Multiple Cracks in Brittle Materials. *Materials*, 6(8), pp.3241-3253

10. Charles Crump, T. *Modelling The Dynamic Fracture Of Graphite* 2015. p.3