

РАЗРУШЕНИЕ МЕТЕОРИТОВ ПРИ УДАРНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ

А. А. Пятков, Е. С. Козловских, В. И. Гроховский, С. В. Гладковский

*Уральский государственный технический университет – УПИ
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, toxa06@el.ru*

В последние годы исследованию вещества внеземного происхождения (метеориты, грунт Луны, Марса, астероидов) уделяется особое внимание, как из-за активизации программ по изучению тел Солнечной системы, так и вследствие осознания кометно-астероидной опасности для Земли. Несомненно, что характер разрушения при соударении тел в космическом пространстве, метеорных тел в земной атмосфере или при ударе о поверхность Земли определяется, прежде всего, его прочностными характеристиками. Однако к настоящему моменту в научной литературе данные о прочности каменных и железных метеоритов весьма ограничены, а исследования по влиянию состава и структуры метеоритного вещества на прочностные свойства с позиций механики разрушения практически не ведутся.

В настоящей работе рассмотрены результаты испытаний метеоритного вещества на разрушение при ударном динамическом нагружении. Испытания образцов проводились на инструментированном копре Tinius Olsen IT542 при комнатной и пониженной температурах. Были проведены испытания стандартных образцов, вырезанных из октаэдрита Сихотэ-Алинь (монокристаллический фрагмент), ударно-нагретого метеорита Дронино, атаксита Чинге, хондрита Царев. Для сравнения были проведены эксперименты с ледяными образцами. В результате каждого испытания получено значение энергии, затраченной на разрушение образца и экспериментальные зависимости энергии от времени ударного процесса и нагрузки от прогиба образца. Исследования изломов после разрушения образцов проводилось на растровых электронных микроскопах JEOL JSM-66490LV и TESCAN VEGA.

На рисунке 1 представлены диаграммы, отражающие результаты расчета ударной вязкости, работы зарождения и распространения трещин. Видно, что самой большой ударной вязкостью обладает метеорит Чинге. Чуть меньшие значения KCU установлены для вещества железного метеорита Дронино. В обоих случаях структура металла представляет дисперсную смесь фаз. Поверхность разрушения этих образцов имеет ямочную структуру, характерную для вязкого излома. Для образцов из вещества метеорита Сихотэ-Алинь невысокие значения ударной вязкости даже для монокристаллических фрагментов метеорита обусловлены преобладанием транскристаллитного скола в камасите.

Значение энергий разрушения образцов, выполненных из каменного метеорита Царёв и изо льда, близки и на три порядка величины ниже по сравнению с Чинге. При этом в образце метеорита Царёв на зарождение и распространение трещины потребовалось затратить равное количество энергии, тогда как в образце, выполненном изо льда, работа зарождения трещины составляет 95 % от общей работы разрушения.

Для вещества метеоритов Дронино и Чинге с высокими значениями KCU были проведены испытания образцов метеоритов, охлажденных до температуры жидкого азота (77 К). Результаты представлены на рисунке 2 в сравнении с данными, полученными во время испытаний при комнатной температуре образцов, изготовленных из тех же фрагментов метеоритов. Из представленных диаграмм видно, что ударная вязкость образцов, испытанных при пониженной температуре, меньше ударной вязкости образцов при комнатной температуре, что было ожидаемо. Однако для образцов метеорита Дронино энергия разрушения при пониженной температуре уменьшилась в 44 раза, когда

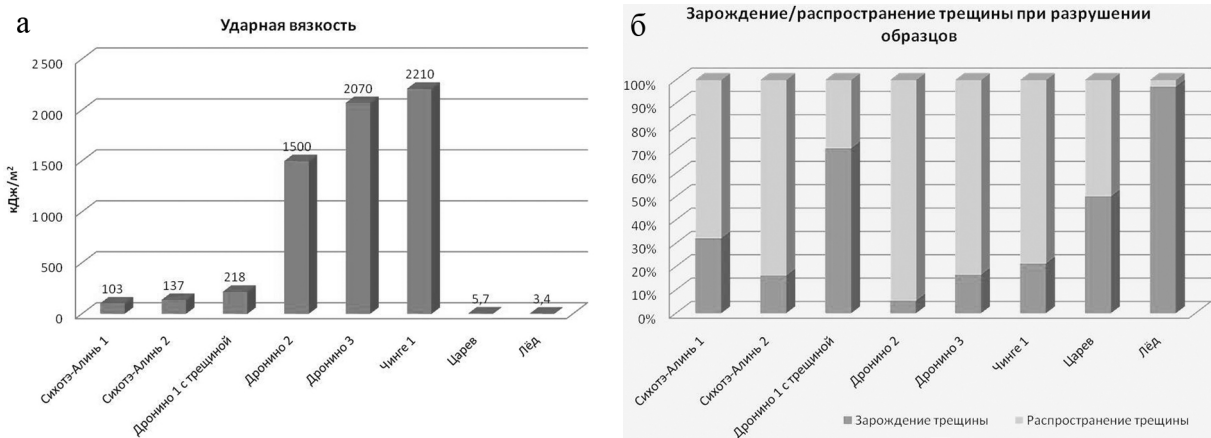


Рис. 1. Результаты расчета ударной вязкости (а) и отношение работы зарождения и работы распространения трещины (б) при ударных испытаниях при 300 К.

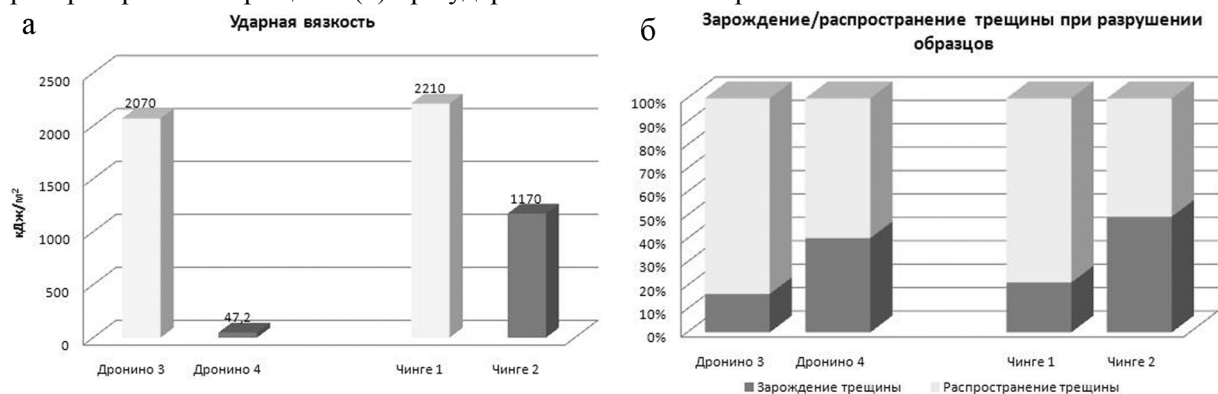


Рис. 2. Результаты расчета ударной вязкости (а) и отношение работы зарождения и работы распространения трещины (б) при ударных испытаниях образцов метеоритов Дроино и Чинге при 300 К и 77 К.

для образцов метеорита Чинге всего лишь в 1.9. Это может быть связано с различным структурным составом данных метеоритов. Следует отметить, что доля работы зарождения трещины выше при пониженной температуре для всех образцов по сравнению с испытаниями при комнатной температуре.

Наиболее высокие значения KCU как при комнатной температуре, так и при температуре жидкого азота отмечены для вещества высоконикелевого атаксита Чинге, имеющего субмикроскопическую структуру, состоящую из смеси дисперсионных α -Fe(Ni, Co), α_2 -Fe(Ni, Co) и γ -Fe(Ni, Co) фаз.

Для образцов из поликристаллического фрагмента железного метеорита Сихотэ-Алинь и хондрита Царёв, которые продемонстрировали весьма низкие значения KCU, дополнительно были проведены испытания на трехточечный изгиб на универсальной серво-гидравлической разрывной машине INSTRON 8801 со скоростью 1 мм/с. Разрушение образца из метеорита Сихотэ-Алинь произошло по границам зерен при нагрузке всего лишь 54 Н. На сколе наблюдаются крупные включения фосфидов. Разрушение образца, выполненного из фрагмента метеорита Царёв происходило от U-концентратора при максимальной нагрузке 344 Н. Значительное влияние на трещиностойкость оказывает наличие выделения фосфидов и сульфидов по границам макрозерен (метеорит Сихотэ-Алинь). Таким образом, установлено, что для разрушения образца каменного метеорита Царёв потребовалось усилие на порядок больше, чем для разрушения образца поликристаллического фрагмента железного метеорита Сихотэ-Алинь.