

## ДИНАМИЧЕСКИЕ И КВАЗИСТАТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗО-НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ МЕТЕОРИТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Муфтахетдинова Р.Ф.<sup>1</sup>, Разоренов С.В.<sup>2</sup>, Хомская И.В.<sup>3</sup>, Гроховский В.И.<sup>1</sup>, Хотинов В.А.<sup>1</sup>, Яковлев Г.А.<sup>1</sup>, Брусницына Е.В.<sup>1</sup>, Кузина Д.М.<sup>4</sup>, Савиных А.С.<sup>2</sup>, Гаркушин Г.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии РАН, г. Черноголовка, Россия

<sup>3</sup> Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>4</sup> Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия

E-mail: gizrozka91@bk.ru

## DYNAMIC AND QUASI-STATIC MECHANICAL PROPERTIES OF IRON-NICKEL ALLOYS OF METEORITIC ORIGIN

Muftakhetdinova R.F.<sup>1</sup>, Razorenov S. V.<sup>2</sup>, Khomsckaya I. V.<sup>3</sup>, Grokhovsky V. I.<sup>1</sup>, Khotinov V.A.<sup>1</sup>, Yakovlev G. A.<sup>1</sup>, Brusnitsyna E. V.<sup>1</sup>, Kuzina D. M.<sup>4</sup>, Savinykh A.S.<sup>2</sup>, Garkushin G.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Federal Research Center of Problems of Chemical Physics and Medicinal Chemistry RAS, Chernogolovka, Russia

<sup>3</sup> Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

<sup>4</sup> Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation

In this work, the strength properties were determined during quasi-static and dynamic tests of four iron meteorites. Namely, tensile tests were carried out, as well as shock wave loading, in order to measure spall strength, Hugoniot elastic limit and dynamic yield strength.

В настоящее время изучение структуры и свойств материалов внеземного происхождения (метеоритов и астероидов), становится особенно важным в контексте осознания кометно-астероидной угрозы для Земли и поиска способов предотвращения этой опасности. Очевидно, что характер разрушения при столкновении объектов в космическом пространстве и метеорных тел в атмосфере Земли в первую очередь зависит от их прочностных свойств [1]. Однако к настоящему моменту в литературе данные об уровне механических свойств метеоритов весьма ограничены, а известные результаты получены, в основном, при испытаниях на сжатие [2]. На сегодняшний день метеориты являются более доступным для лабораторных исследований проастероидным веществом, чем вещество, доставленное на Землю различными космическими миссиями.

Целью работы являлось определение прочностных свойств железных метеоритов при квазистатических и динамических испытаниях, а также изучение особенностей их разрушения.

Объектами исследования были выбраны четыре железных метеорита: Чинге (~17 wt.% Ni), Сихотэ-Алинь (5-7 wt.% Ni), Сеймчан (~9.1 wt.% Ni), Дронино (~9.3 wt.% Ni) [3]. Также для сравнения прочностных характеристик исследованных метеоритов дополнительно взяли Fe-Ni сплав Нб, имеющим близкий к метеоритному состав и структуру.

Статические испытания на растяжения проводились при комнатной температуре на универсальной машине INSTRON 3382 на плоских образцах длиной 75 мм, толщиной 2 мм и шириной 15 мм, вырезанных из метеоритов Чинге и Сеймчан, а также из заготовки сплава Fe-7.7 Ni. Оценку скоростной чувствительности  $m$  исследуемых материалов проводили при разных скоростях деформации  $V_d = 0,2, 2,0$  и  $20$  мм/мин, а для образцов сплава Fe-7,7Ni дополнительно при  $V_d = 1$  мм/мин.

Ударно-волновое нагружение (УВН) образцов исследуемых материалов проводили на пневматической пушке ПП50 калибром 50 мм с интенсивностью ~ 5.5 и 11 ГПа при средней скорости деформации материала в  $10^5$  с<sup>-1</sup> до момента откольного разрушения. Сравнительный анализ полученных результатов показал, что откольная прочность всех изученных метеоритов при этих условиях приблизительно равна откольной прочности сплава Нб.

На образцах после УВН с использованием рентгеновской компьютерной томографии (General Electric V|tome|X S 240) были проведены исследования образовавшихся откольных полостей. Полученные результаты позволяют выделить зоны образцов с откольной щелью, в которых возможна оценка механических свойств.

Результаты проведенных экспериментов косвенно подтверждают то, что метеоритный материал сохраняет свои прочностные характеристики после прохождения земной атмосферы и столкновения с поверхностью Земли. Полученные данные о характере откольного разрушения и влиянии структурных дефектов вещества внеземного происхождения на его устойчивость к деформации и разрушению при экстремальных нагрузках позволяют расширить наши знания о методах противодействия астероидно-кометной угрозе.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего РФ в рамках Программы развития УрФУ в соответствии с программой «Приоритет-2030».*

1. Катастрофические воздействия космических тел./ Под ред. В.В. Адушкина и И.В. Немчинова. Институт динамики геосфер РАН.– М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. 310 с.
2. Petrovic J.J.. Review Mechanical properties of meteorites and their constituents// Journal of material science/ 36 (2001). p. 1579-1583

3. Пятков А.А. Козловских Е.С. Гроховский В.И. Гладковский С.В. Влияние структуры на сопротивление разрушению железных метеоритов при ударных испытаниях // XI Международная научно-техническая Уральская школа-семинар молодых ученых-металловедов: Сборник научных статей. Екатеринбург: УрФУ, 2010. С. 109–111.