

Особенности разрушения полимеров в слабых ударных волнах при различных начальных температурах

Черепанов Иван Александрович, Савиных А.С.

На сегодняшний день полимерные материалы активно используются в том числе, в тех областях, где они могут быть подвержены высокоскоростным ударам. Особое место занимают ударопрочные полимерные материалы, среди которых отдельно можно выделить поликарбонат и сверхвысокомолекулярный полиэтилен, применяющиеся в качестве бронезащиты, а также АБС-пластик, широко использующийся в 3-D печати для изготовления конструкционных изделий.

Прочностные характеристики полимерных материалов сильно зависят от температуры, что оказывает влияние на эксплуатационные свойства изделий. Поэтому определение таких закономерностей при высокоскоростном нагружении является важной фундаментальной проблемой [1]. С целью определить влияния температуры на прочностные свойства некоторых ударопрочных полимерных материалов: поликарбоната, АБС-пластика и сверхвысокомолекулярного полиэтилена проведены эксперименты по ударно-волновому нагружению образцов с использованием пневматической ствольной установки диаметром 50 мм. В процессе нагружения с помощью лазерного доплеровского измерителя скорости VISAR [2], регистрировались профили скорости свободной поверхности.

В широком температурном диапазоне при максимальных напряжениях сжатия до 1.3 ГПа определены ударные адиабаты представленных полимеров, в виде зависимости $U_s = c_0 + b \cdot v_p$. На основании установленных соотношений и полученных экспериментальных данных была рассчитана величина откольной прочности исследованных материалов и определена ее обратная зависимость от температуры. Значительное влияние на зависимость оказывают переходы через области стеклования и плавления.

Характер откольного разрушения исследованных полимеров сильно зависит от структуры материала и от физического состояния, в котором они находятся. Так откольное разрушение АБС-пластика при температуре ниже температуры стеклования подобно откольному разрушению в эластомерах. На волновых профилях СВМПЭ при тех же начальных температурах образцов также отсутствуют признаки откольного разрушения, а на сохранённых образцах отсутствует откольная полость. Характер разрушения в поликарбонате в стеклообразном состоянии подобен ПММА [3], при переходе в высокоэластичное состояние откольный импульс пропадает.

Признаков упругопластического поведения исследуемых материалов при ударном сжатии зарегистрировано не было.

Литература

1. Канель Г. И., Разоренов, С. В., Уткин, А. В., Фортов, В. Е.. Ударно-волновые явления в конденсированных средах / М.: Янус-К., 1996. 408 с.
2. Barker L.M. and Hollenbach R.E. Laser interferometer for measuring high velocities of any reflecting surface // J. Appl. Phys. 1972, № 43(11). p. 4669
3. Zaretsky E. B., Kanel G. I. Response of poly (methyl methacrylate) to shock-wave loading at elevated temperatures //Journal of Applied Physics. 2019. Vol. 126. №. 8. p. 085902.

Публикации по теме доклада:

1. Черепанов И.А., Савиных А.С. Гаркушин Г.В., Разоренов С.В. Откольная прочность поликарбоната при температурах 20-185°C // Журнал технической физики. 2023. Т. 93. № 5.с. 666.
2. Черепанов И.А., Савиных А.С. Гаркушин Г.В., Разоренов С.В. Влияние температуры на ударную сжимаемость и откольную прочность АБС-пластика в слабых ударных волнах // Журнал технической физики. 2024. Т. 94. № 1.с.125.