

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ И ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ СЛОИСТЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ, МЕДИ, АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

Гладковский С.В., Бородин Е.М., Каманцев И.С., Смирнова С.В.

Институт машиноведения УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
gsy@imach.uran.ru

Техническое применение в изделиях и элементах конструкций перспективных металлических слоистых композиционных материалов (МСКМ), обладающих уникальным сочетанием повышенных физико-механических и функциональных свойств, в значительной мере ограничивается отсутствием систематизированных данных по механическим свойствам и характеристикам сопротивления разрушению при различных видах нагружения.

В связи с этим в работе были проведены испытания на растяжение, ударный изгиб, динамическую и циклическую трещиностойкость полученных сваркой взрывом, давлением и накопительной пакетной прокаткой слоистых композиционных материалов (от 3 до 49 слоев) из разнородных металлов и сплавов (низкоуглеродистые стали 20, 08кп, 09ГС, 006ГФ 12Х18Н10Т, медь М1, алюминий и его сплавы), включая композиты с порошковыми прослойками карбида бора различной дисперсности.

Результаты ударных испытаний МСКМ на инструментированном маятниковом копре Tinius Olsen IT542M показали, что в зависимости от ориентации линии надреза относительно плоскости соединения слоев (по «тормозящему» или «разветвляющему» типу) значения KCV различаются в 2,5–3,5 раза. Значения работы распространения трещины (A_p) слоистых композитов существенно превышают работу зарождения трещины (A_z). Установлено, что пластифицирующее действие тонких прослоек алюминиевого сплава и диссипация энергии разрушения при отклонении фронта трещины на межслойных границах способствуют сохранению вплоть до температуры жидкого азота высокого запаса ударной вязкости ($KCV > 1,72 \text{ МДж/м}^2$) и динамической трещиностойкости ($J_{Id} = 0,48 \text{ МДж/м}^2$) 11-слоистого композита «Сталь 09Г2С-сплав АМц». Разрушение данного композита при ударных испытаниях может произойти полностью, как в случае ориентации надреза вдоль слоев или частично (от 3 до 7 слоев) в случае ориентации надреза поперек слоев.

Фрактографический анализ изломов МСКМ на основе низкоуглеродистых сталей и алюминия АД0 позволил выявить основные механизмы их разрушения при механических испытаниях. Зарождение трещин происходит на границах стальных и алюминиевых слоев, но при этом не наблюдается расслоения вдоль границ. Излом стальных слоев имеет типичный вязкий ямочный вид. Установлено, что при комнатной температуре слои стали 09Г2С в ударном образце 11-слоистого композита «09Г2С–АМц» разрушаются вязко. При температуре жидкого азота стальные слои разрушаются хрупко по квазискольному механизму, а слои сплава АМц и в низкотемпературной области сохраняют вязкий ямочный механизм разрушения.

Работа выполнена при частичной поддержке Гранта РФФИ-Урал (проект № 10-02-96041) и Программы Президиума РАН № 25 «Фундаментальные проблемы механики и смежных наук в изучении многомасштабных процессов в природе и технике».