

УДК 539.4: 666.3

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ НА ОСНОВЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

И. М. КУЗМЕНКО, А. Д. КРИЖЕВСКИЙ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Аддитивные технологии изготовления деталей и элементов конструкций получают все большее применение в различных областях техники [1]. Материалы для производства таких изделий обладают широким спектром свойств, которые в основном исследуются при статических видах нагружения на однородных образцах, не имеющих дефектов. Однако многие материалы, такие как керамика, порошковые материалы, композиты, склонны к хрупкому разрушению и обладают низкой трещиностойкостью (вязкостью разрушения) [2, 3].

Трещиностойкость характеризует сопротивление материала зарождению и развитию трещин.

В [3–5] и других работах рассмотрены понятия трещиностойкости, вязкости разрушения и методики экспериментального определения этих характеристик.

Для определения трещиностойкости материалов проводятся специальные испытания. Испытания металлических образцов выполняются в соответствии с ГОСТ 25.506–85 [6].

Стандартизированных методик для исследования трещиностойкости пластмасс и композитов нет. Поэтому на практике используются рекомендации указанного выше ГОСТа, в частности, испытания образцов из исследуемого материала на трехточечный изгиб (наиболее часто) и внецентренное растяжение.

В соответствии с ГОСТ 25.506–85 для определения характеристик трещиностойкости испытывают с записью диаграмм «нагрузка – смещение» ( $P - v$ ) или «нагрузка – прогиб» ( $P - f$ ) образцы с предварительно нанесенной усталостной трещиной. На образец до испытания устанавливается датчик перемещений (экстензометр), который предназначен для измерения роста усталостной трещины.

По результатам испытаний определяют основные характеристики трещиностойкости: силовые – критические коэффициенты интенсивности напряжений, деформационные – раскрытие в вершине трещины, энергетические – критические значения  $J$ -интеграла.

Для испытаний композитов и пластмасс на трехточечный изгиб рекомендуются образцы вида, представленного в [3]. Испытания проводят на образцах, имеющих трещину (на образцах из металлов это усталостные трещины). Эти

трещины получают с применением специальных устройств, что, например, описано в [7]. При подготовке образцов из пластмасс и композитов, армированных стекловолокном, как указано в [3], выращивание усталостной трещины является сложной задачей. В этих случаях трещину создают искусственным путем.

Многие материалы, в том числе полученные с применением аддитивных технологий, обладают анизотропией механических свойств [8]. В таких случаях ГОСТ 25.506–85 рекомендует специальную схему вырезки образцов.

Пластмассы, в частности армированные стекловолокном, обладают нелинейными характеристиками, связанными с ползучестью [3, с. 83]. Поэтому в отличие от испытаний на трещиностойкость металлов при испытании полимерных материалов необходимо устанавливать максимальную для испытательной машины Kason WDW-1 скорость приложения нагрузки. Диапазон плавно регулируемых скоростей нагружения машины Kason WDW-1 составляет 0,005...1000 мм/мин. Скорость нагружения при проведении испытаний полимерных композитов на растяжение подбирается опытным путем с использованием ГОСТ Р 56800–2015 [9].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ловшенко, Ф. Г.** Механически легированные жаропрочные порошки для производства изделий аддитивными технологиями: монография / Ф. Г. Ловшенко, А. С. Федосенко. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – 405 с.
2. Соппротивление материалов. Твердость и трещиностойкость наноструктурных керамик: учебное пособие для вузов / О. Л. Хасанов [и др.]. – Москва: Юрайт, 2016. – 150 с.
3. **Фудзии, Т.** Механика разрушения композиционных материалов: пер. с японск. / Т. Фудзии, М. Дзако. – Москва: Мир, 1982. – 232 с.
4. Механика разрушения и прочность материалов: справочное пособие: в 4 т. / Под общ. ред. В. В. Панасюка. – Киев: Наукова думка, 1988. – Т. 3. – 436 с.
5. **Пестриков, В. М.** Механика материалов на базе компьютерных технологий: практикум / В. М. Пестриков, Е. М. Морозов. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2007. – 464 с.
6. **ГОСТ 25.506–85.** Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. – Москва: Стандартинформ, 2005. – 38 с.
7. **Казачков, О. В.** Способ выращивания усталостных трещин в ударных образцах / О. В. Казачков // Тр. лесоинженерн. фак-та Петрозаводского гос. ун-та. – 1999. – С. 41–42.
8. **Осипок, Т. В.** Оценка анизотропии механических свойств листового проката из углеродистой стали / Т. В. Осипок, С. А. Зайдес // Вестн. Иркутск. гос. техн. ун-та. – 2020. – Т. 24, № 5. – С. 1007–1018.
9. **ГОСТ Р 56800–2015.** Композиты полимерные. Определение механических свойств при растяжении неармированных и армированных материалов. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 26 с.