

**ВИСОКОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ  
В ПРИЛАДОБУДУВАННІ**

УДК 620.224

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Глоба А.В., Житний Г.Д., Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина*

*Предложена методика определения удельной ударной вязкости на основе аналитических зависимостей теории удара, описывающие физические процессы, происходящие в деформируемом материале при динамическом нагружении*

**Вступление**

В связи с практическим отсутствием в литературных источниках сведений о значениях удельной ударной вязкости для целого ряда композиционных материалов (КМ), особенно для высокопрочных композиционных материалов, а также противоречивых данных, взятых из разных источников, возникла необходимость в разработке аналитического способа определения ударной вязкости по известным прочностным характеристикам исследуемого материала, не прибегая к проведению экспериментальных исследований специально для этих целей [1].

Основанием для такой постановки задачи является то, что согласно существующему определению ударной вязкости проводятся испытания, аналогичные ударным испытаниям надрезанных образцов на изгиб, которые проводятся на тех же маятниковых копрах [2].

В последнем случае как раз мерой сопротивления удару служит удельная ударная вязкость  $a_n$  (ударная вязкость) – отношение работы  $A$ , расходуемой для ударного излома образца данного типа, к его поперечному сечению в месте надреза,  $F$

$$a_n = \frac{A}{F} \text{ кДж/м}^2. \quad (1)$$

**Аналитический расчет удельной ударной вязкости**

Рассмотрим проблему, изложенную выше, с точки зрения общей теории удара, вызывающего изгиб, согласно которой существует линейная связь между напряжением, деформацией и модулем упругости как при статическом действии нагрузки, так и динамическом, что с достаточной степенью точности подтверждается экспериментом.

Исходя из общепринятого в теории удара допущения, что связь между усилиями и деформациями сохраняется одной и той же как при статической, так и при динамической нагрузках [3], можно записать

$$\delta_{\delta} = \frac{P_{\delta}}{C}, \quad (2)$$

где  $C$  – жесткость упругого ударяемого тела;

$P_{\delta}$  – динамическая нагрузка, представляющая собой силу инерции ударяемого тела в первый момент его соприкосновения с ударяемым телом.

Значение этой силы может быть определено через потенциальную энергию деформации упругого тела при ударе, накопленную за счет уменьшения потенциальной энергии падающего тела. Учитывая связь между усилием и деформацией (2), можно записать

$$U_{\delta} = P_{\delta} \delta_{\delta} = C \delta_{\delta}^2 \quad (3)$$

условно приняв внезапное приложение нагрузки, а не постепенное от нуля до максимума.

Такое формальное предположение упростит поиск решения, так как в момент разрушения образца считаться будет, что предел прочности на изгиб  $\sigma_u$  будет достигаться одновременно по всему сечению образца, а не постепенно от краев сечения до центра изгиба. Произойдет как бы мгновенное разрушение. В таком случае работа разрушения будет равна только потенциальной энергии деформации до момента достижения в сечении образца напряжения, равного пределу прочности на изгиб  $\sigma_u$ . В противном случае пришлось бы учитывать, кроме всего, работу непосредственно разрушения образца. А это связано с определенными трудностями.

Для балки с длиной пролета  $l$ , шарнирно закрепленной по концам и испытывающей посередине пролета удар от динамической нагрузки  $P_{\delta}$  (рис.1), формула (2) преобразуется в

$$f_{\delta_{\max}} = \frac{P_{\delta} \cdot l}{48EI}, \quad (4)$$

а максимальное динамическое напряжение будет равно

$$\sigma_{\delta_{\max}} = \frac{P_{\delta} \cdot l}{4W}. \quad (5)$$

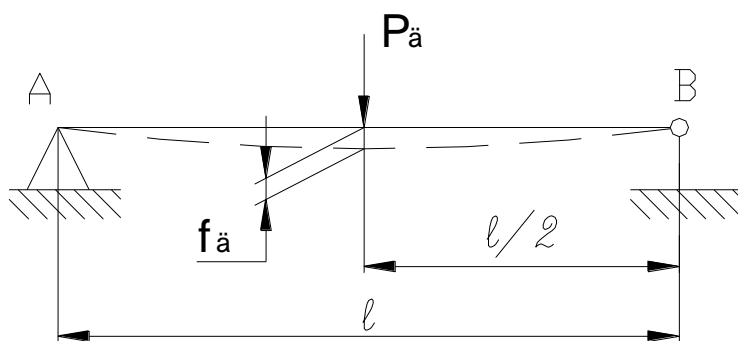


Рисунок 1 – Пример нагружения балки

Работу, затраченную на разрушение образца, равную предельной потенциальной энергии деформации упругой балки (3)

$$A = U_{\delta} = P_{\delta} \cdot f_{\delta_{\max}}. \quad (6)$$

Подставляя значения динамического прогиба в месте удара  $f_{\delta_{\max}}$ , соответствующего разрушению образца, получим

$$A = \frac{P_{\delta}^2 \cdot l^3}{48EI}. \quad (7)$$

Из определения относительной ударной вязкости  $a_n$  (1) работу, затраченную на разрушение стандартного образца, на котором обычно определяется экспериментально динамическая вязкость, можно представить в следующем виде

$$A = a_n \cdot F. \quad (8)$$

Тогда, приравнявая значения  $A$  из (7) и (8), находим

$$a_n = \frac{P_{\delta}^2 \cdot l^3}{48EI \cdot F}. \quad (9)$$

Определяем значение  $P_{\delta}$ , при котором произойдет разрушение образца, т.е. когда  $\sigma_{\delta_{\max}} = \sigma_u$ .

$$\sigma_{\delta_{\max}} = \frac{P_{\delta} \cdot l}{4W} = \sigma_u. \quad (10)$$

Значение  $P_{\delta}$ , найденное из (10), подставим в выражение (9) и в результате получим

$$a_n = \frac{W^2 \cdot \sigma_u^2 \cdot l}{3 \cdot EI \cdot F}. \quad (11)$$

Геометрические характеристики сечения образца в месте приложения динамической нагрузки представим линейными размерами ( $b$  – ширина образца,  $h$  – высота образца в месте надреза)

$$F = b \cdot h, \quad (12)$$

Момент сопротивления сечения образца

$$W = \frac{bh^2}{6}; \quad (13)$$

Момент инерции образца

$$I = \frac{bh^3}{12}. \quad (14)$$

После подстановки в формулу (11) значений  $F$ ,  $W$  и  $I$  из (12), (13), (14) соответственно и, произведя вычисления, получим

$$a_n = 0,111 \cdot \frac{\sigma_u^2}{E} \cdot l \text{ Дж/м}^2. \quad (15)$$

Для вычисления удельной ударной вязкости  $a_n$  в кДж/м<sup>2</sup>, что принято в справочной литературе, при подстановке значений  $\sigma_u$  и  $E$  в МПа, а также приняв  $l = 40$  мм (длина между опорами при испытаниях стандартного образца) получим следующее выражение для определения ударной вязкости

$$a_n = 4,44 \frac{\sigma_u^2}{E} \text{ кДж/м}^2. \quad (16)$$

Результаты вычислений по полученной формуле для стеклопластика АГ-4С, для которого  $\sigma_u = 500$  МПа и  $E = 28000$  МПа, расчетная ударная вязкость  $a_{нр} = 39,64$  кДж.

Табличное значение приведенное в [4, 5] равно  $a_n = 35 - 50$  кДж/м<sup>2</sup>.

Для стеклопластика АГ – 4В, для которого  $\sigma_u = 150$  МПа и  $E = 12000$  МПа,  $a_{нр} = 8,32$  кДж.

Табличное значение  $a_n$  [4, 5] равна  $a_n = 5 - 10$  кДж/м<sup>2</sup>.

Как видим, значение расчетных значений ударной вязкости  $a_{нр}$  находится в пределах экспериментальных значений удельной ударной вязкости  $a_n$ , приведенных в таблицах физико-механических характеристик.

Формула для определения удельной ударной вязкости КМ (15), (16) получена на основе аналитических зависимостей теории удара, описывающих физические процессы, происходящие в деформируемой балке при ее динамическом нагружении.

В данных уравнениях (15), (16) каждой паре значений предела прочности на изгиб  $\sigma_u$  и модуля упругости  $E$  соответствует единственное и вполне конкретное значение удельной ударной вязкости  $a_n$ .

Степень несовпадения расчетных значений  $a_n$  с их экспериментальными значениями, приведенными в справочной литературе или нормативной документации будет зависеть от степени отличия приведенных в таблице значений  $\sigma_u$  и  $E$  от истинных значений образцов из этих материалов, на которых проводились испытания по определению значений удельной ударной вязкости КМ.

### **Выводы**

Разработанный расчетный метод определения удельной ударной вязкости КМ позволяет уточнять табличные данные по значениям ударной вязкости и вносить в них коррективы.

Основное предназначение разработанного метода состоит в оперативном установлении величины ударной вязкости без специального проведения экспериментальных исследований на новых видах КМ или для тех, на которые в технической документации отсутствуют данные об удельной ударной вязкости. Перспективы дальнейших разработок состоят в исследовании прогнозирования обрабатываемости новых КМ при известных значениях их удельной ударной вязкости и других физико-механических характеристик.

### **Литература**

1. Справочник машиностроителя.. В 6 т. -М.: Машгиз, Т.6. -1956. – 500 с.
2. Руднев А.В., Королев А.А. Обработка резанием стеклопластиков. -М.: Машиностроение, 1969. – 117 с.
3. Писаренко Г.С., Агарев В.А., Криштопа А.А., Попков В.Г., Уманский Э.С. Соппротивление материалов. -К.: Техніка, 1967. –791 с.
4. Житний Н.И., Герасименко М.А., Штучный Б.П. Справочник по обработке пластмасс. - К.: Техніка, 1988. – 160 с.
4. Штучный Б.П. Механическая обработка пластмасс. -М.: Машиностроение, 1987. – 152 с.

<p><b>Глоба О.В., Житний Г.Д. Аналітичний метод визначення ударної в'язкості композиційних матеріалів.</b></p> <p>Запропоновано методику визначення питомої ударної в'язкості в залежності аналітичних залежностей теорії удару, яка описує фізичні процеси, що діють в деформованому матеріалі при динамічному навантаженні.</p>	<p><b>Globa A.V., Zhitniy G.D. Analytical method of definition of shock viscosity of composite materials.</b></p> <p>The method of definition of specific impact strength is offered on the basis of analytical dependencies of the theory of impact describing physical processes occurring in a deformation material at dynamic load</p>
---	--

*Надійшла до редакції  
7 вересня 2004 року*

УДК 621.91.01:681.3.06

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ

*Вислоух С.П., Волошко О.В., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м Київ, Україна*

*В роботі розглядається питання вибору методики математичного моделювання технологічних параметрів та обробки матеріалів різання. При цьому увага приділяється вигляду математичної моделі, параметри якої визначаються на основі автоматизованого проведення експерименту дослідження та обробки їх результатів*

### **Вступ**

Сучасне приладо- та машинобудівне виробництво характеризується використанням нових конструкційних та інструментальних матеріалів, що потребує визначення раціональних умов їх обробки та використання. В загальному вигляді цю задачу можна представити як визначення технологічних параметрів оброблюваних та інструментальних матеріалів.

На даний час розроблено багато методів визначення оброблюваності матеріалів різанням та різальних характеристик інструментальних матеріалів [1]. Здебільшого оброблюваність визначається шляхом порівняння вихідних показників процесу різання досліджуваного матеріалу з відповідними параметрами різання матеріалу-еталону. Але це потребує виконання експериментів з обома матеріалами в суворо однакових умовах, що не завжди можна реалізувати.

Наразі реальне виробництво цікавить не тільки порівняння вихідних параметрів цих матеріалів, а також і встановлення раціональних або оптимальних за відповідними критеріями технологічних умов їх використання, а передусім - визначення режимів обробки у конкретних виробничих умовах.

Вказаних недоліків можна запобігти, якщо визначати технологічні параметри конструкційних та інструментальних матеріалів на засадах математичного моделювання цих параметрів.

### **Постановка задачі**

Аналіз методів отримання математичних моделей при дослідженні параметрів процесу різання довів, що для цього використовують методи регресійного