

УДК 621.9.02.004.6

## Енергетичні характеристики процесу різання волокнистих полімерних композиційних матеріалів інструментом з дискретно модифікованими робочими поверхнями

В.С. Парненко, Є.В. Корбут

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

*Анотація.* Одним із основних споживачів деталей з ВПКМ являється авіа-космічна галузь, автомобілебудування та машинобудування. Але одним із стримуючих фактором більш широкого впровадження виробів з ВПКМ являється їх висока вартість, не технологічні у виготовленні, так як при механічній обробці деталей з ВПКМ стикаються зі складністю отримання високої якості оброблених поверхонь, низькою теплопровідністю ВПКМ в результаті чого відбувається малий відвід тепла з зони різання і як наслідок теплова деструкція оброблюваного матеріалу. Особливості обробки різанням ВПКМ показують, що переніс закономірностей різання металів на даний вид матеріалів неможливий у зв'язку з анізотропією властивостей ВПКМ і як наслідок необхідне всебічне дослідження процесу різання цих матеріалів, силових і теплових явищ, зносу інструменту. Тільки на цій базі можливе підвищення якості обробки даного виду матеріалів. В роботі розглянуті питання зменшення енергозатрат при різанні ВПКМ інструментом з дискретно модифікованими робочими поверхнями.  
**Ключові слова:** процес різання; волокнисті полімерні композиційні матеріали; якість поверхні; питома енергія різання; тертя.

Реалізація концепції ефективного різання забезпечується поєднанням високої питомої енергії різання з мінімальними енергозатратами [1].

В якості енергетичних характеристик процесу вібраційного різання розглядається робота, яка витрачається на різання, тертя по передній та задній поверхні інструмента [2, 3].

$$A = A_{\text{деф}} + A_{\text{тру}} + A_{\text{тра}} \quad (1)$$

Так як метою роботи є дослідження працездатності різального інструменту з модифікованою робочою поверхнею у вигляді дискретних ділянок з регулярно розташованими на них глобулами порівняно з рекомендованими інструментами з суцільним покриттям, то вважаємо, що різальні інструменти, які використовуються в дослідженнях мають однакові передні та задні кути. Звідси можна припустити, що  $A_{\text{тру}}$  та  $A_{\text{тра}}$  будуть однакові. Тому розрахунки проводимо по роботі, яка витрачається на різання.

Згідно рис. 1 [2] в одному циклі коливань  $T$  час різання складає  $\tau_c$ . При використанні інструменту з суцільним покриттям, тобто неперервним різанням цей час дорівнює  $T$ . Тому робота, яка витрачається на різання (енергозатрати) буде дорівнювати:

$$A_{\text{деф}} = \int_{\tau=0}^{\tau=T} N \cdot dt \quad (2)$$

Для інструменту з дискретним покриттям, тобто при різанні інструментом з дискретно модифікованими робочими поверхнями.:

$$A_{\text{деф.віб}} = \int_0^{\tau} N \cdot dt \quad (3)$$

З залежності 3 величина енергозатрат при вібраційному різанні :

$$A_{\text{деф.віб}} = \frac{\tau_c}{T} \cdot A_{\text{деф}} \quad (4)$$

Звідси можна зробити висновок, що величина енергозатрат при різанні інструментом з дискретно модифікованими робочими поверхнями буде менша в  $(\frac{\tau_c}{T})$  раз від звичайного різання.

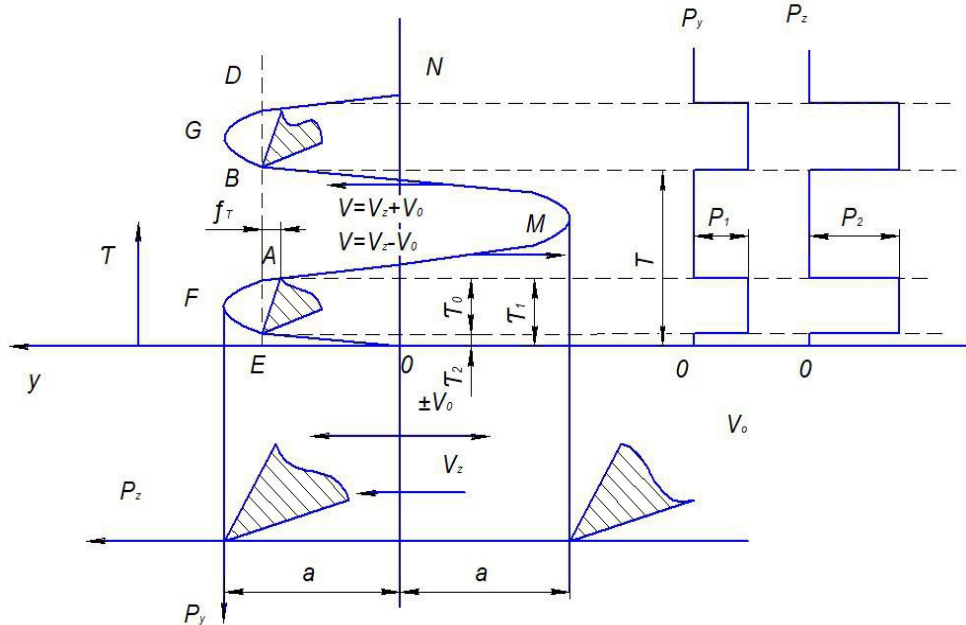


Рис. 1. Графічна інтерпретація процесу різання інструментом з дискретно модифікованими робочими поверхнями:  $V$ -миттєва швидкість головного руху різання, м/с;  $V_0$  – значення швидкості головного руху, м/с;  $V_z$  – змінна швидкість коливального руху інструменту, м/с;  $a$  – амплітуда коливання різального інструменту, мкм;  $f$  – частота коливань;  $\tau_c$  – час різання в одному циклі коливань, с;  $l_t$  – довжина шляху різання, мм

Для спрощеного розрахунку значення величини роботи різання використаємо залежність Ребиндера:

$$A_{\text{деф}} = \frac{\sigma_p^2}{2E} \approx \epsilon_{\min} \quad (5)$$

де -  $A_{\text{деф}}$ - робота різання;  $\sigma_p^2$  - напруження руйнування композиту,  $E$  – модуль пружності.

В зв'язку з тим, що зі зростанням швидкості різання – швидкості деформування значення величини  $\sigma_p^2$  змінюється і в довідковій літературі значення різняться, то приймаємо усереднене значення рис. 2 данні для розрахунків згідно [1, 2, 3].

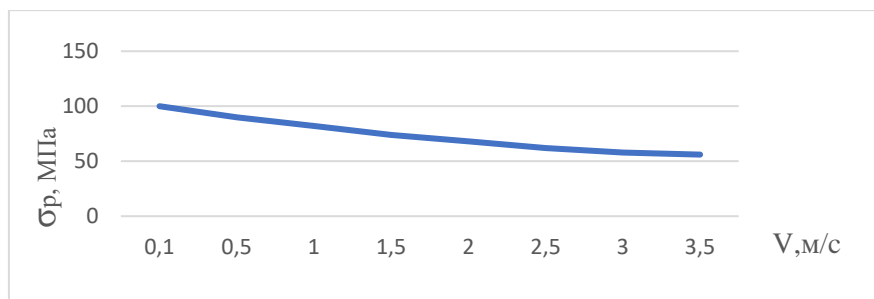


Рис. 2. Залежність напруження руйнування від швидкості різання склопластику

Використовуючи значення  $\sigma_p^2$  рис.1 по залежності 5 розраховуємо мінімальне значення величини енергозатрат, необхідну для руйнування композиту. В розрахунках

використовувались дані для суцільного покриття та дані по дискретному покриттю з товщиною  $h=3\text{мкм}$ ,  $h=5\text{мкм}$ ,  $h=7\text{мкм}$  та параметрами дискретизації. Залежність величини енергозатрат для різних за архітектурою покриттів представлені на рис. 3.

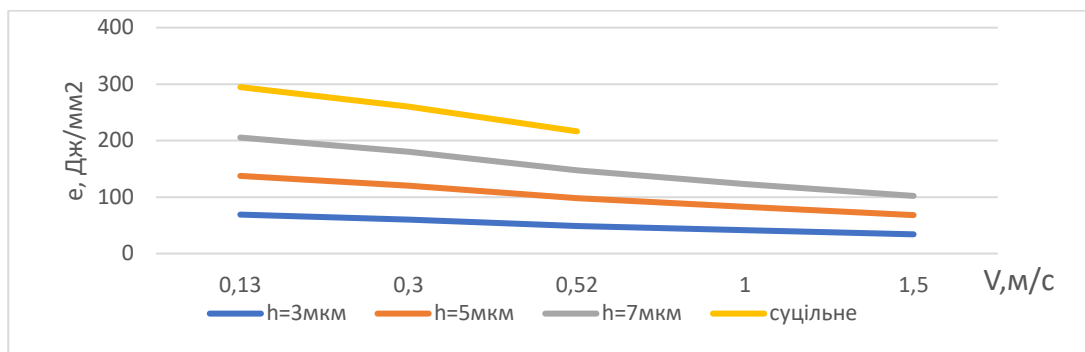


Рис. 3. Залежність величини енергозатрат для різних за архітектурою покриттів

З розрахунків можна зробити висновок, що використання різального інструменту з модифікованою робочою поверхнею у вигляді дискретних ділянок з регулярно розташованими на них глобулами за рахунок дискретизації робочої поверхні знижує енергозатрати 2-3 рази на руйнування матеріалу ВПКМ порівняно з інструментом з суцільним покриттям, що призводить до зменшення тепла, що виділяється в процесі різання.

#### Література

1. Formation of the quality of holes obtained by drilling in aviation structures made from polymer composite materials Lupkin, B., Andrieiev, O., Maiorova, K., Antonyuk V., Vysloukh, S. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2023, 3(1(123)), pp. 59–67 <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.279618>
2. А.П.Тарасюк, О.Л.Кондратюк, Н.В.Верезуб *Технология Механической обработки полимерных материалов/ монография/ Харьков 2015, С. 226;*
3. Самчук В.В. Підвищення ефективності механічної обробки виробів з полімерних композиційних матеріалів// *Машинобудування, Верстати та інструменти*, 2014. №13.. с. – 107 – 115;
4. Верезуб Н.В., Хавин Г.Л., Тарасюк А.П. Энергетические аспекты разрушения полимерных композитов при резании// *Резание и инструмент в технологических системах. Международный научно-технический сборник – Харьков.: НТУ «ХПИ» - 2001. – вып.59.-с.28-34;*

## Energy characteristics of the cutting process of fibrous polymer composite materials with a with discretely modified working surfaces tool

Valeriia Parnenko; Ievgen Korbut

**Abstract.** One of the main consumers of parts made of fibrous polymer materials (FPM) is the aerospace industry, automotive and mechanical engineering.

But one of the factors inhibiting the wider introduction of FPM products is their high cost, not technologically advanced in manufacturing, since when machining parts made of FPM, they face the difficulty of obtaining high quality of machined surfaces, low thermal conductivity of FPM, as a result of which there is little heat removal from the cutting zone and as a result thermal destruction of the processed material.

The features of FPM cutting processing show that the transfer of metal cutting patterns to this type of material is impossible due to the anisotropy of the FPM properties and as a result, a comprehensive study of the cutting process of these materials, force and thermal phenomena, tool wear is necessary. Only on this basis is it possible to improve the quality of processing of this type of material.

The paper considers the issues of reducing energy consumption when cutting VPCM with a discretely modified working surfaces tool.

**Keywords:** cutting process; fibrous polymer composite materials; surface quality; specific cutting energy; friction.