

УДК 621.923

**Ю. Д. Філатов**, докт. техн. наук<sup>1</sup>; **В. Г. Крамар**, канд. техн. наук<sup>1</sup>;  
**В. І. Сідорко**, докт. техн. наук<sup>1</sup>; **С. В. Ковальов**, інж.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ, Україна

## ИНСТРУМЕНТ З АЛМАЗНОГО І АБРАЗИВНОГО ВОЛОКНА ДЛЯ ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ НЕМЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ

*Experienced technology of the fabrication diamond-abrasive fiber to production working element of the tool is described. The results of the estimation to capacity of the processing and quality of the processed surfaces product from non-metallic materials are presented.*

### Вступ

Деталі з неметалевих матеріалів (НМ) характеризуються наявністю на їх полірованих поверхнях подряпин і виколів, що залишились з попередніх операцій обробки, дефектів, нанесених безпосередньо полірувальним інструментом (подряпини, сітка дрібних подряпин тощо), пор та інших дефектів техногенного або природного походження. Це пояснюється недосконалістю технології фінішної обробки деталей з НМ, відсутністю інструментів, здатних забезпечувати необхідну якість обробки протягом тривалого часу та стабільну продуктивність знімання оброблюваного матеріалу, а також неможливістю повного контролю їх якості, особливо в умовах масового виробництва, та складністю її автоматичного забезпечення і регулювання.

За допомогою новітніх алмазно-абразивних інструментів [1] з алмазних мікропорошків, порошоків оксиду алюмінію й ультрадисперсних алмазів на основі полімерного зв'язуючого (ПЕТФ після вторинної переробки; кремнійорганічних сполук) забезпечуються висока ефективність і потрібна якість обробки деталей з НМ різних за хімічним складом та призначенням. Для підвищення зносостійкості і міцності робочого шару інструменту як зв'язуючий матеріал використовується ПЕТФ, армований базальтовими волокнами [1, 2] (рис. 1). Проблеми, пов'язані з підвищенням якості обробки деталей з НМ, особливо прецизійних оптичних, ще не вирішені остаточно. Саме тому дослідження закономірностей формування високоякісних поверхонь деталей з НМ і розробка інструменту для їх фінішної обробки є актуальними з наукової і практичної точок зору. Високої якості оброблених поверхонь деталей з НМ можна досягти лише за умови відсутності на поверхні робочого шару інструменту конгломератів абразивних зерен, що зумовлюють наявність подряпин. Для виключення цього негативного явища запропоновано формувати робочий шар інструменту з окремих алмазних чи абразивних волокон, які запобігатимуть контактуванню окремих зерен (рис. 2).

Це принципове технічне рішення ґрунтується на використанні нових інструментальних матеріалів – алмазного і абразивного волокна, з яких можна виготовляти робочий шар інструментів будь-якої конфігурації для фінішної обробки деталей з різноманітних матеріалів самого широкого застосування і призначення.

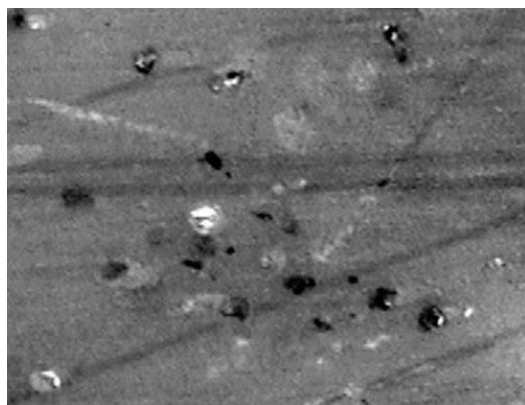


Рис. 1. Рабочий шар инструмента, армований базальтовими волокнами.

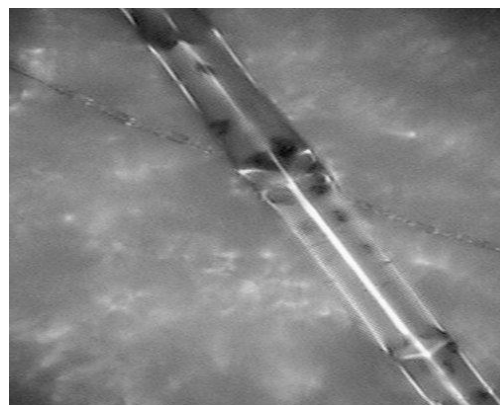


Рис. 2. Алмазне волокно.

### Закономірності витягування алмазного і абразивного волокна з розплаву

На основі теоретичного аналізу процесу витягування алмазних і абразивних волокон з розплаву полімерного композита через фільтру встановлені закономірності впливу технологічних параметрів – діаметра фільтри, швидкості витягування, висоти рівня розплаву, його густини, в'язкості та поверхневого натягу на дебіт розплаву і діаметр волокна. Закономірності течії розплаву через фільтру вивчались на основі рівняння Нав'є–Стокса й нерозривності [3]:

$$\frac{dU}{dt} = F - \frac{1}{\rho} \text{grad}P + \nu \Delta U; \quad (1)$$

$$\text{div } U = 0,$$

де  $\rho$  – густина розплаву;  
 $F$  – масові сили;  
 $\Delta$  – оператор Лапласа;  
 $\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості;  
 $U$  – швидкість;  
 $P$  – тиск;  
 $t$  – час.

Аналіз швидкості течії розплаву в каналі фільтри здійснювався з урахуванням стаціонарних умов

$$\left[ \frac{dU}{dt} = 0; \frac{dU}{dz} = 0; \text{grad}P = \frac{\partial P}{\partial z} = f(r) \right]$$

і величини масових сил, що виникають за рахунок поверхневого натягу,

$$F_1 = -\frac{6 \sigma d_0 \cos \vartheta}{\rho d^3} \quad (\sigma - \text{коефіцієнт поверхневого натягу; } \vartheta - \text{кут змочування розплавом}$$

поверхні фільтри;  $d$  і  $d_0$  – діаметр фільтри й діаметр її каналу відповідно).

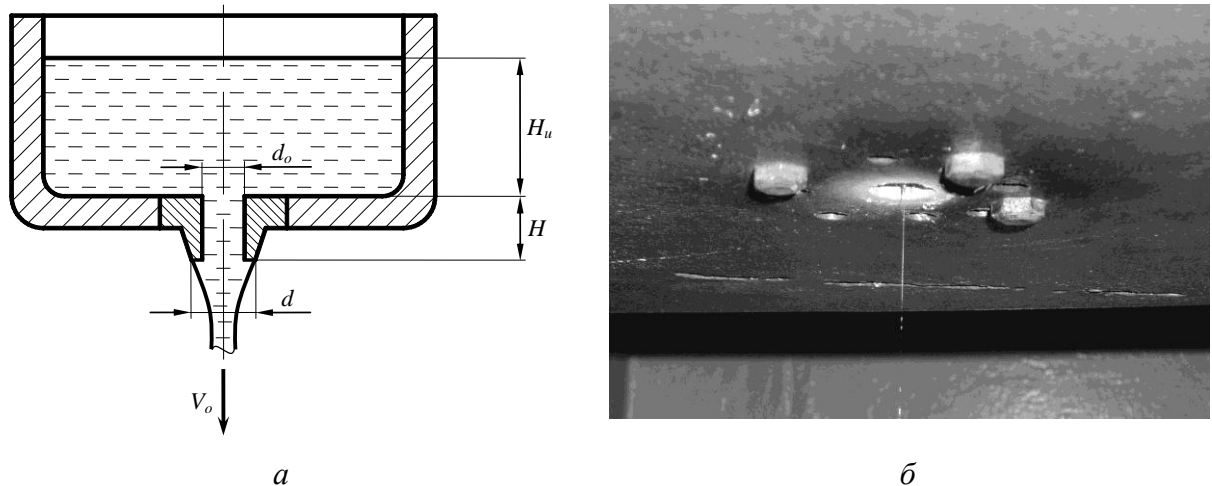


Рис. 3. Схема та вигляд робочої зони установки для витягування алмазного волокна.

Залежність швидкості течії розплаву від координати  $r$  (вздовж радіуса фільери) визначається формулою

$$U(r) = \frac{\rho g}{4\eta} \left( \frac{d_o^2}{4} - r^2 \right) \left[ \frac{H_u}{H} + \frac{6\sigma d_o \cos \vartheta}{\rho g d^3} \right], \quad (2)$$

де:  $\eta = \rho\nu$  – динамічний коефіцієнт в'язкості;

$H_u$  – висота рівня розплаву;

$H$  – довжина каналу фільери;

$g$  – прискорення вільного падіння.

Об'ємні витрати розплаву визначаються при цьому формулою [3–4]

$$Q = 2\pi \int_0^{\frac{d_o}{2}} U(r) r dr = \frac{\pi \rho g d_o^4}{128\eta} \left[ \frac{H_u}{H} + \frac{6\sigma d_o \cos \vartheta}{\rho g d^3} \right], \quad (3)$$

яка відрізняється від відомої формули Пуазейля–Гагена [3] наявністю другого доданку, що залежить від поверхневого натягу розплаву й змочування розплавом поверхні фільери.

Діаметр волокна залежить від швидкості  $V$  витягування волокна і визначається у відповідності до формули

$$d_f = \frac{\rho g d_o^2}{8\eta V} \left[ \frac{H_u}{H} + \frac{6\sigma d_o \cos \vartheta}{\rho g d^3} \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (4)$$

Виходячи з результатів теоретичних розрахунків витрат розплаву і діаметра волокна, оптимізовано значення технологічних параметрів процесу формування алмазних волокон. В таблиці наведено експериментально визначені значення технологічних параметрів процесу витягування алмазного волокна, що складається із полімерного зв'язуючого та алмазного порошку. Там же наведені розраховані за формулами (3)–(4) значення технологічних параметрів (витрати розплаву і діаметр волокна) і похибки розрахунків.

Розрахунки за формулою Пуазейля–Гагена дають дещо занижені результати: витрати розплаву –  $6,9 \cdot 10^{-10}$  м<sup>3</sup>/с, менші в 1,8 раза, ніж розраховані за формулою (3) (відхилення даних розрахунку від експерименту – 37 %); діаметр – 74,0 мкм, значення якого в 1,2 раза менше, ніж розраховане за формулою (4) (похибка розрахунку – 24,4 %).

На рис. 4 наведено зображення алмазних волокон з центральним (а, в) і периферійним (б) розташуванням алмазних зерен та у вигляді ланцюга, що ілюструє неможливість утворення конгломератів (г).

**Технологічні параметри процесу виготовлення алмазного волокна**

Технологічний параметр		Дані розрахунку	Експериментальні дані			Похибка розрахунку, %
			Час витягування, хв	Маса волокна, кг	Величина параметра	
Витрати розплаву	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$	$15,5 \pm 0,1$	$(1,4 \pm 0,1) \cdot 10^{-3}$	$(1,1 \pm 0,1) \cdot 10^{-9}$	12,2
Діаметр волокна	$d_f, \text{ мкм}$	87,3			$98,0 \pm 8,0$	10,9

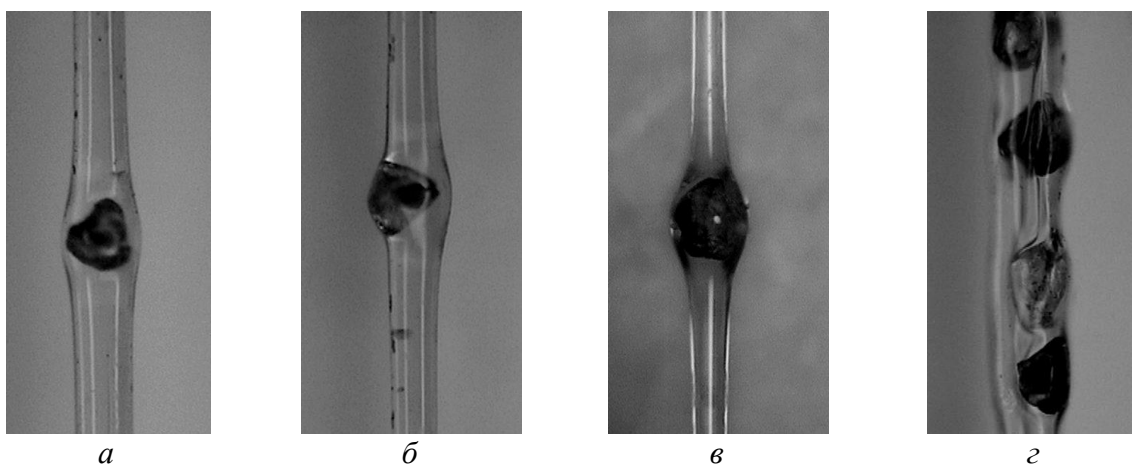


Рис. 4. Алмазні волокна.

**Формування робочого шару інструменту з алмазного волокна**

При виготовленні інструменту і формуванні робочого шару з алмазних або абразивних синтетичних волокон, які не уможливають контактування окремих зерен, забезпечується повне виключення конгломератів абразивних зерен, що дозволяє стабільно забезпечувати необхідну якість обробки деталей з НМ. На рис. 5 наведено зображення робочого шару інструменту, що сформовано з неперервного алмазного волокна (*а* – діаметром 100 мкм, *б* – діаметром 60 мкм).

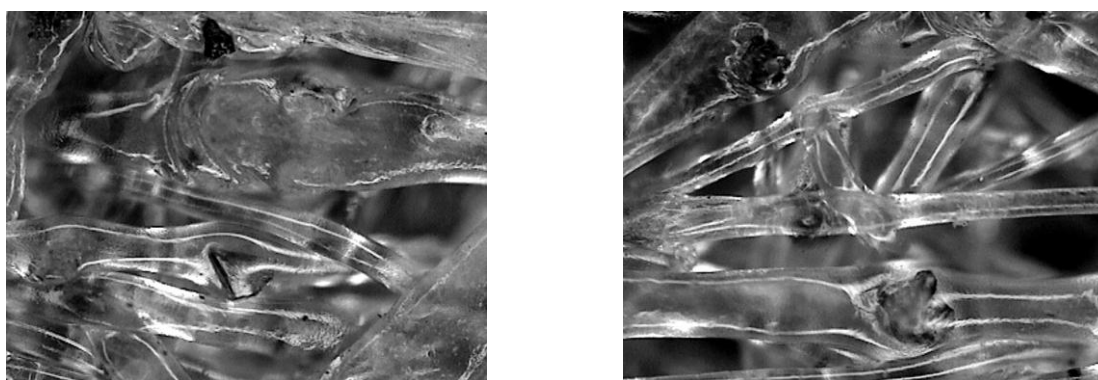


Рис. 5. Робочий шар інструмента з алмазного волокна.

Продуктивність обробки деталей зі скла марки ТФ102 (25 мкм/хв) інструментом з алмазного волокна майже не відрізняється від продуктивності інструменту з аналогічною характеристикою робочого шару (23 мкм/хв). Відсутність подряпин на обробленій поверхні приводить до покращення якості фінішної обробки НМ.

### **Висновки**

Завдяки розробленій технології виготовлення робочого шару інструменту з алмазного волокна, а також певному співвідношенню розмірів зерен і діаметру волокна унеможливується утворення їх конгломератів. Після проходження розплавом з алмазними або абразивними зернами фільтрального каналу в процесі формування (витягування) волокна окремі зерна шикуються в ланцюги, не контактуючи між собою. Інструменти з алмазних і абразивних волокон завдяки цьому забезпечують можливість бездефектної фінішної обробки деталей електронної техніки і оптичних систем, виробів з природного та синтетичного каменю, а також конструкційних матеріалів спеціального призначення, до яких висуваються високі вимоги щодо якості оброблених поверхонь.

### **Література**

1. Сідорко В. І. Наукові основи процесів фінішної алмазно-абразивної обробки природного та синтетичного каменю: Автореф. дис...д.т.н: 05.03.01. – К., 2006. – 36 с.
2. Деклараційний патент 10751 Україна, МПК 7 B24D3/34. Спосіб виготовлення абразивного інструмента / Новіков М. В., Філатов Ю. Д., Сідорко В. І., Скрябін В. В., Крамар В. Г.; ІНМ НАН України. – № 200505762; Заявл. 13.06.2005, Опубл. 15.11.2005, Бюл. № 11. – 4 с.
3. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1970. – 904 с.
4. Філатов Ю. Д., Сідорко В. І., Крамар В. Г. Інструменти з алмазних і абразивних волокон для фінішної обробки природного та синтетичного каменю / Матер. 7-го Междунар. научн.-техн. сем. «Современные проблемы подготовки производства, заготовительного производства, обработки, сборки и ремонта в промышленности и на транспорте», 20–22 февр. 2007, г. Свалява. – К.: АТМ України, 2007. – С. 227–229.

*Поступила 28.06.07.*