

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗАСТОСУВАННЯМ ГІБРИДНОГО ІНСТРУМЕНТУ**

**О.Ф. Саленко**, *д-р техн. наук, проф.*,

*Національний технічний університет України ім. І.І. Сікорського, м. Київ, Україна*

**І.В. Шепеленко**, *канд. техн. наук, доц.*,

**Будар Мохамед Р.Ф.**, *асп.*

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна*

Широко використовувані нині алмазні інструменти призначені переважно для обробки широкої гама високоміцних матеріалів, кераміки, граніту тощо. Маючи досить тонкий шар алмазів, інструменти забезпечують надійне оброблення на операціях розрізання, шліфування, вибірки пазів у випадку, коли машинний час не перевищує кількох десятків секунд. Але, тривалі операції при обробці матеріалів без водяного або рідинного охолодження приводять до того, що алмазовмісний шар активно засалюється, а поверхня різання деструктує, внаслідок чого зона різання різко розігрівається, і процес різання може припинитися [1]. Дослідження стану поверхні різального інструменту доводить, що при цьому кількість алмазів різко скорочується, а сама поверхня вкривається шаром адгезованого шламу. Тож стає очевидним, що процеси засалювання та деградації поверхні круга є взаємодоповнючими, внаслідок чого деякі операції розкрою (зокрема карбонових матеріалів) супроводжуються значним виділенням шкідливих речовин у повітря, зниженням якості та точності обробки, зростанням товщини деструктивного шару. Те саме можна зазначити і про розділові операції початкових заготовок спечених матеріалів, які мають значні перетини різку (до 350-400 мм) і для яких використання алмазовмісного дроту є також ускладненим.

Роботи [2, 3] свідчать про те, що підвищити надійність процесу можна за рахунок зміни умов обробки. Однак у цьому випадку таке рішення потребує використання спеціального і навіть гібридного інструменту.

В роботі [4] зазначено, що формування властивостей виробу здійснюється шляхом виконання ряду технологічних переходів, при яких відбувається повна або часткова зміна початкових властивостей виробу (заготовки). Технологічні перетворення заготовки у виріб здійснюються цілеспрямованою сукупністю технологічних впливів  $W_{ij}(t_k)$  матеріального  $S_o(t_k)$ ,  $S_o(t_k) \in R_{nj} \cap M_{nj}$ , енергетичного  $E_o(t_k)$  та інформаційного  $I_o(t_k)$  типів, що дає змогу записати:

$$W_{ij}(t_k) = S_o(t_k) \cup E_o(t_k) \cup I_o(t_k). \quad (1)$$

Якщо взяти до уваги, що технологічні впливи інструменту на виріб мають здійснюватися на кількох рівнях одночасно, то реалізації технологічних впливів відобразиться матрицею виду:

$$A_3^{\Pi} = \left\| \begin{array}{cccccccccccc} \Pi_{11}^s & \Pi_{12}^s & \dots & \Pi_{21}^s & \Pi_{22}^s & \dots & H_{11}^s & H_{12}^s & \dots & H_{21}^s & H_{22}^s & \dots & E_{11}^s & E_{12}^s & \dots & E_{21}^s & E_{22}^s & \dots \\ \Pi_{11}^t & \Pi_{12}^t & \dots & \Pi_{21}^t & \Pi_{22}^t & \dots & H_{11}^t & H_{12}^t & \dots & H_{21}^t & H_{22}^t & \dots & E_{11}^t & E_{12}^t & \dots & E_{21}^t & E_{22}^t & \dots \\ \Pi_{11}^v & \Pi_{12}^v & \dots & \Pi_{21}^v & \Pi_{22}^v & \dots & H_{11}^v & H_{12}^v & \dots & H_{21}^v & H_{22}^v & \dots & E_{11}^v & E_{12}^v & \dots & E_{21}^v & E_{22}^v & \dots \end{array} \right\| \quad (2)$$

де  $\Pi_{11}^s, \Pi_{12}^s, \dots; \Pi_{21}^s, \Pi_{22}^s, \dots; \Pi_{11}^t, \Pi_{12}^t, \dots; \Pi_{21}^t, \Pi_{22}^t, \dots; \Pi_{11}^v, \Pi_{12}^v, \dots; \Pi_{21}^v, \Pi_{22}^v, \dots; \dots$  – варіанти переривних технологічних впливів за відповідними осями  $s, t$  та  $v$  системи координат  $s, t, v$ ;  $H_{11}^s, H_{12}^s, \dots, H_{21}^s, H_{22}^s, \dots; H_{11}^t, H_{12}^t, \dots; H_{21}^t, H_{22}^t, \dots; H_{11}^v, H_{12}^v, \dots; H_{21}^v, H_{22}^v, \dots$  – різні варіанти безперервних технологічних впливів за відповідними осями  $s, t$  та  $v$  системи координат  $s, t$  і  $v$ ;  $E_{11}^s, E_{12}^s, \dots;$

$E_{21}^s, E_{22}^s, \dots$ ; – варіанти разових технологічних впливів.

Нехай поверхня  $P$  деталі складається із ряду функціональних зон  $Z_{ij}$ , що відрізняються своїми властивостями  $V_{ij}^f$  та забезпечують виконання функцій  $FR_k$ . Властивості кожної із зон обумовлюються умовами роботи: силовим  $R_{ij}^{xy}$  та тепловим  $T_{ij}^{xy}$  навантаженнями, протіканням явищ хімічної взаємодії  $H_{ij}^a$ , механізмами пошкоджень  $D_{ij}$ . Оскільки усі функціональні зони належать до однієї поверхні (а у загальному випадку – до обсягу об’єкта, що розглядається), тобто  $Z_{ij} \in P$ , а поверхня задається функцією  $z = g(x, y)$ , що має область визначення  $R$ , причому  $P = \iint_R dR$ , маємо:

$$P = \iint_R \sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2} dx dy, \quad (3)$$

або для випадку осесиметричного тіла – поверхні інструменту

$$P = \iint_R dP = \int_{\alpha}^{\beta} \int_{h(0)}^{g(0)} r dr d\alpha. \quad (4)$$

Тоді зміну властивостей поверхні можна визначити на основі функціональної обумовленості

$$V_{ij}^f = f(R_{ij}^{xy}, T_{ij}^{xy}, H_{ij}^a, D_{ij}), \quad (5)$$

і для будь-якої поверхні другого порядку, що має вигляд  $F(x, y, z) = 0$  та при перетині площиною дає рівняння кривої другого порядку виду

$$\frac{x^2}{\left(a\sqrt{1-\frac{h^2}{c^2}}\right)^2} + \frac{y^2}{\left(b\sqrt{1-\frac{h^2}{c^2}}\right)^2} = 1, \quad (6)$$

в проекції на вибрану вісь в межах  $(x_1, y_1); (x_2, y_2)$  може бути перетворена до вигляду

$$\begin{aligned} V_R^f &= b_0^R + b_1^R x^2 + b_2^R xy + b_3^R y^2 + b_4^R x + b_5^R y; \\ V_T^f &= b_0^T + b_1^T x^2 + b_2^T xy + b_3^T y^2 + b_4^T x + b_5^T y; \\ V_H^f &= b_0^H + b_1^H x^2 + b_2^H xy + b_3^H y^2 + b_4^H x + b_5^H y; \\ V_D^f &= b_0^D + b_1^D x^2 + b_2^D xy + b_3^D y^2 + b_4^D x + b_5^D y. \end{aligned} \quad (6)$$

Таким чином, отримуємо сімейство безперервних кривих, які належать до площин, що перетинають тіло під певними кутами та які відображають зміну властивостей у певному напрямку від вибраної початкової точки.

Розглянемо у якості прикладу циліндричний нежорстких виріб (різальний інструмент) до окремих поверхонь висуватимуться вимоги відповідно до функціонального призначення, умов різання, умов сполучення з робочим органом (шпинделем). Кожну із поверхонь додатково можна поділити на зони, що відрізняються умовами роботи. Локалізація та можливість поділу поверхонь на мікрозони доводить, що нижнім рівнем формування корисних функцій є мікрорівень. Однак на основі аналізу процесів формування мікрозон стає зрозумілим, що останні можуть бути поєднані у кластери. Можна зробити висновок, що максимальне забезпечення вимог до функціональних зон (або кластерів) вимагає максимальної локалізації впливу на поверхню. Тоді (1) як безперевні функції будуть адекватно відображати очікувані відмінності.

Для формування таких локальних зон пропонується використання методу лазерного термодифузійного спікання [5]. Сутність процесу полягає у тому, що порошок разом із алмазними зернами дозовано потрапляють у ванну розплаву, сформовану концентрованим лазерним випромінюванням, після чого додатково прикатуються роликком із певним зусиллям  $R$ . Цей спосіб дозволяє керувати закріплювати алмазні зерна поодиноці, забезпечуючи не

тільки потрібну міцність кріплення, а і надаючи можливість формувати потрібну поверхню. Для визначення ступеня локалізації  $\delta$  при формуванні шару проаналізовано теплові явища, що супроводжують процес термо-деформаційного спікання.

При цьому взято до уваги наступне: 1) рухоме джерело тепла насправді є безперервним нерухомим джерелом в рухомій системі відліку; 2) наступний крок використовується для пошуку суперпозиції точкових рішень у просторових координатах у рухомій системі відліку.

Моделювання виконували у середовищі MathCAD. 12.

Для чисельних розрахунків було прийнято геометричні параметри інструментів. Результати чисельного інтегрування за визначеними крайовими умовами для розрахункових схем дозволяють зробити наступні важливі висновки:

1) Для малої кількості імпульсів лазера при локалізації у точці відмінність епюр розподілу температур є незначною (не більша за 10%);

2) За умови, що нагрів поверхні для здійснення наступного деформаційного ущільнення має бути більшим за  $750^{\circ}\text{C}$ , діаметр локалізованої плями при нерухомому промені становить від 0,32 мм до 0,4 мм;

3) Для прогнозування ступеня локалізації впливу можна використовувати рівняння розподілу температур на поверхні тіла із обмеженнями за температурою  $T_{кр}$ ;

4) Збільшення локалізації можливе за рахунок зміни методів і способів механічного ущільнюючого впливу на зону розплаву.

Таким чином, зроблені наступні висновки. Застосування функціонального підходу до удосконалення процесів формування алмазного шару із використанням морфологічного та функціонально-вартісного аналізу дозволило сформулювати основні засади визначення особливостей роботи виробів та запропонувати матеріальні носії функцій у вигляді способів формування такого шару. При цьому показано, що найбільш доцільним засобом забезпечення властивостей є лазерно-деформаційний спосіб формування поверхневого шару, який потребує певних удосконалень для отримання закономірностей керування процесом формування елементів поверхні або їх кластерів. Наведений розрахунок очікуваної зони локалізації показав, що за умови нагріву поверхні для здійснення наступного деформаційного ущільнення понад  $750^{\circ}\text{C}$ , діаметр локалізованої плями при нерухомому промені становить від 0,32 мм до 0,4 мм.

### Список літератури

1. Васин С.А. Резание материалов: Термодинамический подход к системе взаимосвязи при резании / С.А. Васин, А.С. Верещака, В.С. Кушнер: учеб. – М.: Изд-ю МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 448 с.
2. Васильев Е.В. Тепловые процессы при алмазном шлифовании // Омский научный вестник: Машиностроение и машиноведение. 2007. – № 2(56). – С. 113–115.
3. Шепелев А.А., Сороченко В.Г. Механизм образования поверхностного слоя при алмазно-абразивной обработке полимерных композиционных материалов // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2004. Вып.28. – С.202–205.
4. "Cutting Superhard Materials by Jet Methods (on Functional Approach)" is: <http://mts.intechopen.com/articles/show/title/cutting-superhard-materials-by-jet-methods-on-functional-approach>.
5. Применение лазерной технологии для спекания алмазосодержащих композиционных материалов / Л.Ф. Головкин, Н.И. Анякин, О. Эхсан, Н.В. Новиков, А.А. Шепелев, В.Г. Сороченко // Автоматическая сварка. – 2008. – № 8 (664). – С. 15–23.