

В.Д. Рудь, Т.Є. Божко, Т.Н. Гальчук
 Луцький національний технічний університет,
 кафедра комп'ютерного проектування верстатів та технологій машинобудування

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ШЛІФУВАННЯ СПЕЧЕНИХ ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ

У роботі розглянуто процес формоутворення мікрорельєфу поверхні деталі в процесі шліфування спечених пористих матеріалів. Представлено математичну модель формування поверхневого шару деталі під час абразивної обробки.

The process of surface microrelief of a part forming during grinding of sintered porous materials was described in this work. It was introduced a mathematical model of the surface layer of a part forming during abrasive machining.

© Рудь В.Д., Божко Т.Є., Гальчук Т.Н., 2012

Постановка проблеми. Якість шліфованої деталі визначається як за геометричними показниками, такими як точність розмірів і форми, так і за шорсткістю та властивостями поверхневого шару матеріалу. В процесі шліфування в зоні контакту відбуваються складні фізичні явища, які пов'язані з теплопередачею і механічною взаємодією тіл. Останнім часом широко в машинобудуванні використовуються пористі спечені матеріали, які іноді потребують додаткової фінішної обробки. Використання шліфування як чистової обробки ускладнюється особливостями процесу різання пористих матеріалів, а саме неможливістю застосувати для охолодження змазуючо-охолоджувальну рідину (ЗОР), яка у разі її використання потрапляє в пори та змінює фізико-хімічні властивості матеріалу. Але навіть м'які режими обробки призводять до зміни поверхневого шару, який знижує експлуатаційні властивості поверхневого шару деталі. На мікрорельєф поверхневого шару, поряд з пористістю деталі, істотно впливає характеристика шліфувальних кругів та режими обробки.

Мета роботи. Метою роботи є моделювання мікрорельєфу поверхневого шару в процесі фінішної абразивної обробки пористих спечених матеріалів.

Аналіз останніх досліджень. З наявних досліджень з вивчення мікрорельєфу пористого матеріалу [1, 2, 5] відомо, що механізм формоутворення поверхні матеріалу поєднує в собі процеси мікросколювання та локального об'ємного руйнування. В зоні контакту інструмента та оброблюваного матеріалу виникають напруги, що призводять до виникнення мікротріщин. Дефекти будови пористого матеріалу (пори та різноманітні включення) є концентраторами напруг. Під час формування мікропрофіля поверхні в процесі обробки мікротріщини поширюються між ними [3].

Викладення основного матеріалу. Керуючись аналізом досліджень, висунуто основне допущення математичної моделі про те, що мікрорельєф оброблюваної поверхні формується в результаті розвитку мікротріщин між порами матеріалу, які знаходяться в полі дії максимальних напруг. Мікротріщини поширюються на певну глибину Δt стосовно профілю зерен. Координати цих пор задовільняють залежність (1). У цьому разі, якщо під час введення зерна в заготовку в межах глибини Δt знаходяться пори матеріалу, мікропрофіль поверхні формується між порами, якщо в межах глибини Δt пори відсутні, відбувається процес мікросколювання.

$$R_3 < \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} < R_3 + \Delta t, \quad (1)$$

де R_3 – радіус ріжучої частини зерна, x_i, y_i – координати пори, що бере участь у мікротріщинноутворенні, x, y – координати центра зерна, Δt – глибина формування мікрорельєфу поверхні.

Мікротріщини будуть розвиватись між порами матеріалу в межах глибини формування мікропрофіля поверхні Δt , величина якої залежить від низки чинників (глибини різання t , зернистості Z , твердості $HВ$, межі міцності σ_b , пористості матеріалу θ та ін.) (рис. 1).

Цей підхід запропонований Ю.К. Новоселовим та А.В. Корольовим у роботі [5].

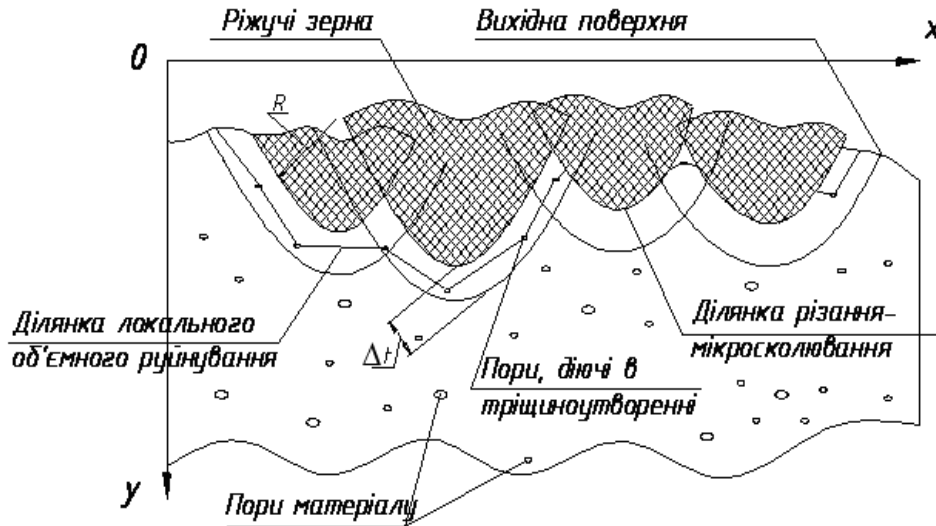


Рис. 1. Схема взаємодії ріжучих зерен з оброблюваним матеріалом

Фактична глибина різання t_ϕ визначається на основі рівняння балансу переміщень в технологічній системі. У цьому разі модель враховує профілограму поверхні на основі вивчення механізму локального руйнування, за якою визначається зйом матеріалу Δr з врахуванням його приросту Δt_x стосовно заданої глибини різання. Отже, з врахуванням технологічних параметрів операції, особливостей обробки спечених пористих матеріалів і їх фізико-механічних параметрів, розраховується фактична глибина різання t_ϕ .

Для того аби розрахувати профілограму оброблюваної поверхні необхідно врахувати механізм локального об'ємного руйнування під час абразивної обробки спеченого пористого матеріалу, в результаті якого величина знятого матеріалу може перевищувати задану глибину різання. У процесі шліфування, під час копіювання профілів зерен на вихідний профіль заготовки, шорсткість поверхні формується на певній глибині Δt між лінією копіювання профілю інструмента та її еквідистантою (рис. 1).

Провівши експериментальні дослідження зі шліфування пористого спеченого заліза, отримано результати середньоарифметичного профіля поверхні R_a , які подано у таблиці.

Дані для розрахунку залежності глибини формування мікропрофіля поверхні Δt під час шліфування

Матеріал	Властивості поверхні (середнє значення)			R_a , мкм	Δt , мкм
	$HВ$, МПа	σ_b , МПа	θ , %		
ПЖР-3	69,5	260	15	0,41	1,21
ПЖР-3	67,4	236	20	0,49	1,25
ПЖР-3	51,7	160	25	0,64	1,35
ПЖР-3	49,9	104	30	0,81	1,45

Наведена табл. 2 є вихідними даними для визначення залежності глибини формування мікропрофіля поверхні Δt від фізико-механічних властивостей матеріалу. За наведеними вихідними даними були побудовані точні діаграми залежності Δt від твердості $\Delta t = f(HВ)$, від межі міцності $\Delta t = f(\sigma_b)$, від пористості матеріалу $\Delta t = f(\theta)$.

Отримані на основі експерименту розрахункові точки залежності Δt від твердості HB апроксимовані за допомогою лінії тренда – експоненційної функції:

$$y = 3,7855e^{0,0024x} \quad (2)$$

Розрахункові точки залежності Δt від межі міцності σ_b апроксимовані за допомогою лінії тренда – степеневі функції:

$$y = 7,8734x^{-0,0998x} \quad (3)$$

Розрахункові точки залежності Δt від пористості θ під час шліфування апроксимовані за допомогою лінії тренда – функції полінома другої степені:

$$y = -0,0364x^2 + 0,6786x + 2,316 \quad (4)$$

Наступним кроком після побудови залежностей Δt від твердості $\Delta t = f(HB)$, від межі міцності $\Delta t = f(\sigma_b)$, від пористості матеріалу $\Delta t = f(\theta)$ є визначення регресійної залежності (5)

$$\Delta t = f(HB, \sigma_b, \theta) \quad (5)$$

Для перегляду регресійної залежності (5) використовується мультиплікативний вплив чинників (формула 6), який найчастіше використовується під час побудови залежностей в практиці технології машинобудування:

$$\Delta t = f(\Phi_1) \cdot f(\Phi_2) \cdot f(\Phi_3) = f'(HB) \cdot f'(\sigma_b) \cdot f'(\theta) = a_0 e^{a_1 HB} \cdot a_2 \sigma_b^{a_3} \cdot (a_4 + a_5 \theta + a_6 \theta^2) \quad (6)$$

Методом найменших квадратів були розраховані коефіцієнти регресійної залежності (6) для шліфування. Максимальна відносна похибка розрахунку становила менше 10 %. Середня відносна похибка – 3,28 %.

Отримана формула дає змогу враховувати локальне об'ємне руйнування матеріалу, яке супроводжує процес абразивної обробки, залежно від фізико-механічних властивостей матеріалу:

$$\Delta t = 0,88e^{0,0075HB} (1,51 + 4,34\theta - 0,24\theta^2) \cdot 0,12\sigma_b^{0,1275} \quad (7)$$

Алгоритм імітаційного моделювання подано на рис. 2.

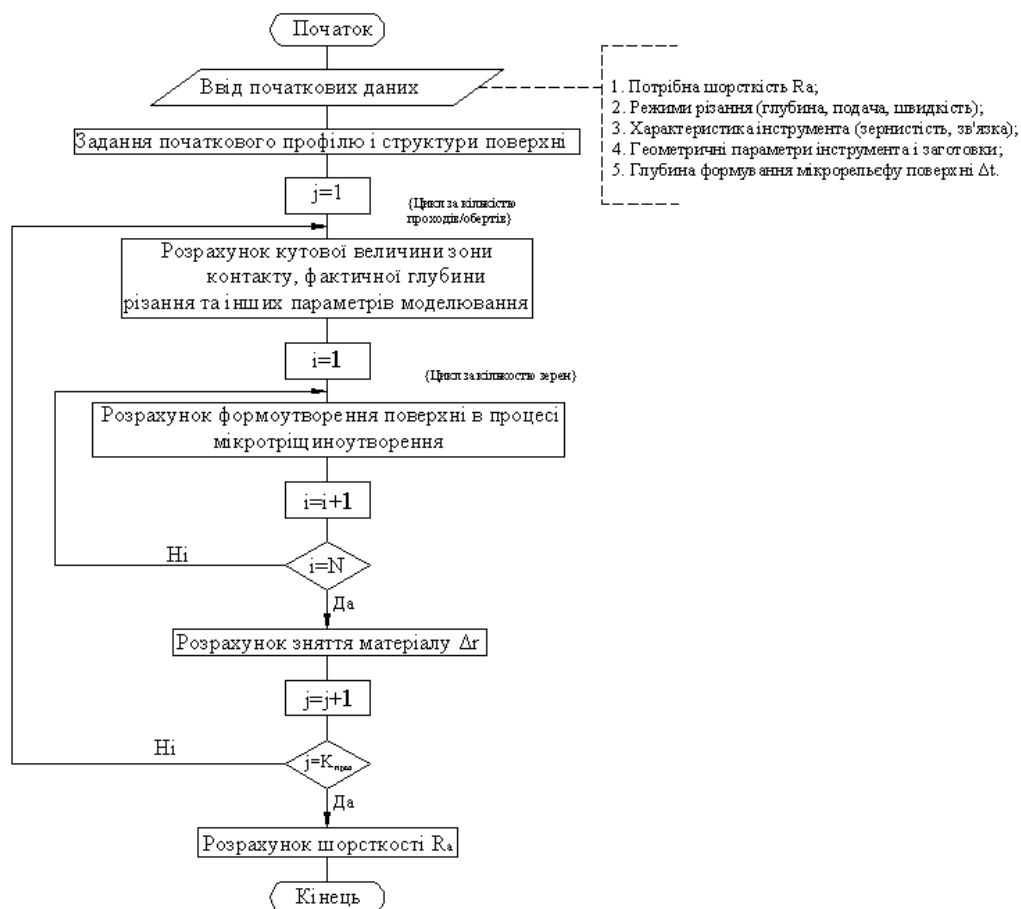


Рис. 2. Алгоритм математичної моделі

Запропонований алгоритм розрахунку мікропрофіля поверхні у разі взаємодії інструмента і пористого спеченого матеріалу в процесі шліфування реалізований у вигляді програмного забезпечення.

Алгоритм показує послідовність моделювання формування мікрорельєфу оброблюваної поверхні.

Результатом моделювання є розрахунок профілю оброблюваної поверхні, за яким визначають висотні і крокові параметри шорсткості поверхні (рис. 3).

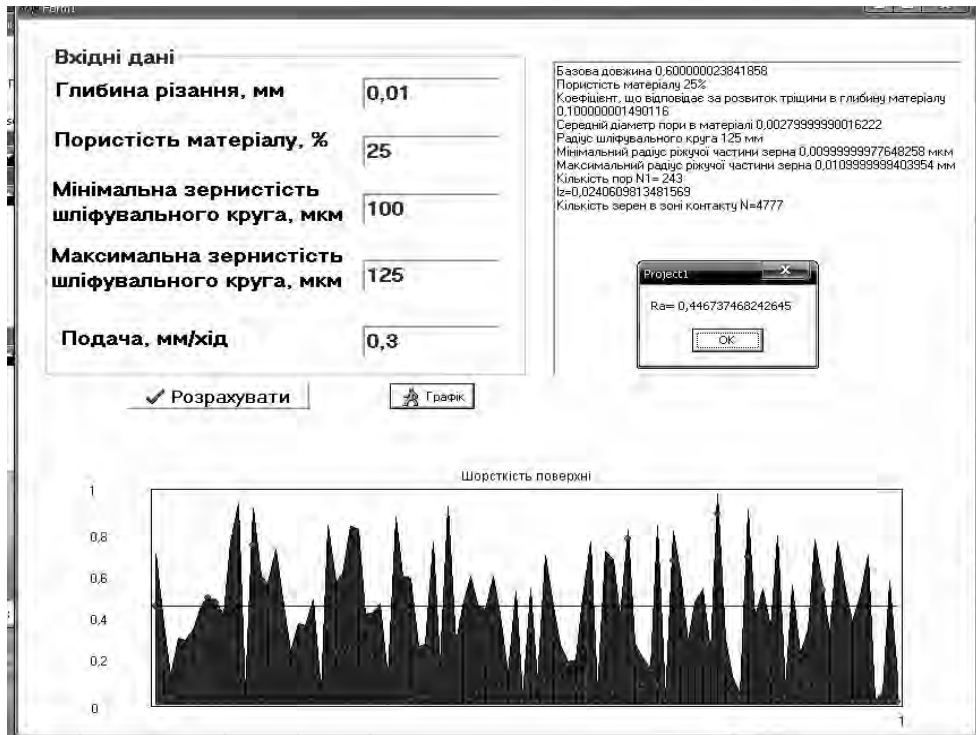


Рис. 3. Вікно програми

Висновки

1. Створено імітаційну модель формоутворення поверхні деталі під час шліфування на основі механізму взаємозв'язку абразивного інструмента і заготовки з врахуванням технологічних параметрів операції, особливостей обробки спечених пористих матеріалів і їх фізико-механічних властивостей.

2. Розроблена математична модель адекватно відображає основні закономірності формування висотних параметрів мікрорельєфу під час шліфування заліза марки ПЖР-3 з врахуванням пористості оброблюваної деталі.

1. Артамонов А.Я. Влияние условий обработки на физико-механическое состояние металло-керамических материалов. – К.: Изд-во АН УССР, 1965. – 262 с. 2. Белькевич Б.А. Обработка металлокерамических материалов резанием. – Мн.: Наука и техника, 1965. – 100 с. 3. Попов С.А., Малевский Н.П., Терещенко Л.М. Алмазно-абразивная обработка металлов и твердых сплавов. – М.: Машиностроение, 1977. – 263 с. 4. Усов А.В., Зеленый А.М., Иоргачев Д.В. и др. Повышение эксплуатационных свойств рабочих поверхностей деталей из материалов, предрасположенных к трещинообразованию // Журнал "Проблемы прочности". – 1998, № 4. – С. 93–105. 5. Королев А.В., Новоселов Ю.К. Теоретико-вероятностные основы абразивной обработки. Ч. 2. Взаимодействие инструмента и заготовки при абразивной обработке. – Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1989. – 160 с.