

УДК 621.922

Т. Божко, канд.техн.наук

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗМІРНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ПРИ АБРАЗИВНІЙ ОБРОБЦІ СПЕЧЕНИХ ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ

Резюме. Розглянуто механізм формування розміру деталі в результаті послідовного зняття металу з її поверхні при взаємодії інструмента й заготовки в процесі шліфування спечених пористих матеріалів. Досліджено взаємодію деталі зі шліфувальним кругом, формування мікропрофілю оброблюваної поверхні залежно від режимів обробки, характеристик інструмента й ряду фізико-механічних властивостей, що є особливістю абразивної обробки пористих спечених матеріалів. Досліджено, що в результаті зняття пористого спеченого матеріалу Δr може перевищувати значення вертикальної подачі на деяку величину приросту Δt_x , величина якої визначається шаром шорсткості оброблюваної поверхні H та пористістю деталі. Отримано рівняння, яке характеризує баланс переміщення в технологічній системі, що дозволяє розрахувати значення вертикальної подачі верстата.

Ключові слова: пористість, мікропрофіль, спечені матеріали.

Т. Bozhko

RESEARCH OF DIMENSIONAL RELATIONSHIPS IN THE PROCESS OF ABRASIVE PROCESSING OF SINTERED POROUS MATERIALS

Summary. Characteristic feature of the technological methods of powder metallurgy is metal saving and increasing of productivity. Products of constructional purposes, obtained by powder metallurgy, such as gears, bearings rings, flanges, separators in some cases are subject to finish machining of abrasive tool for removal of defective surface layer and providing the required accuracy and quality of the workpiece surface. The quality of polished parts is defined by both the geometric parameters, such as dimensional and shape accuracy roughness and properties of the surface layer of the material. In works [1], [2] the interaction of tool and workpiece during grinding of compact materials is presented. The forming of parts size by successive removal of metal from its surface by the interaction of the tool and the workpiece during processing was analysed. Regularities of material removing by abrasive processing of porous sintered materials are not investigated well enough. The purpose of work is the research of dimensional relationships during abrasive treatment of sintered porous materials. The equation which characterizes the movement balance in the technological system that allows to calculate the value of the vertical feed of the machine has been obtained. The vertical filing S_{BI} consists of the actual depth of cut increase on the 1-st pass Δt_{ϕ_i} , the demolition of the circle on the 1-st pass $\sum \Delta R_i$, the value of material removing on i-1 pass Δr_{i-1} , the increase of elastic deformation $\sum \Delta_A$. The size of the finished part is formed by the material removing Δr . During the interaction of parts with the grinding wheel, forming of workpiece microprofile depends on the treatment regimes instrument characteristics and some physical and mechanical properties, which are the characteristic of abrasive treatment of porous sintered materials. As a result of Δr porous sintered material removal can exceed the vertical feed increase at some value Δt_x , the value of which is determined by the layer of roughness of the treated surface H and parts porosity.

Key words: porosity, microprofile, sintered materials.

Умовні позначення:

h_n, h_{n-1} – розмір заготовки відповідно на розглядуваному та попередніх переходах;

Δr_n – шар знятого матеріалу заготовки на розглядуваному переході;

t_{fn} – фактична глибина різання;

H_n – висота шару, в якому розподілена шорсткість;

Δt_{fn} – величина приросту глибини різання;

R_n – радіус шліфувального круга;

h_n – розмір заготовки;

A_n – відстань від осі обертання інструмента до базової поверхні деталі;

A_0 – вихідна відстань від осі обертання інструмента до базової поверхні деталі перед першим проходом (рис. 3);

i – номер проходу;

n – кількість проходів;

S_{Bi} – вертикальна подача круга на i -тому проході;

$\sum \Delta_A$ – сумарна похибка обробки (визначається пружними і тепловими деформаціями) в технологічній системі;

R_0 – радіус шліфувального круга після правки;

ΔR_i – величина зносу шліфувального круга на i -тому проході;

h_0 – товщина заготовки до шліфування;

t_{3n} – припуск на прохід;

$\Delta t_{xn-1}, \Delta t_{xn}$ – зміна припуску внаслідок дії пружних деформацій у технологічній системі відповідно за попередній і розглядуваний прохід (рис. 4);

$\Delta t_{fi} = \Delta t_{fni} + \Delta t_{fski}$ – приріст фактичної глибини різання на i -му проході;

$\Delta t_{fni}, \Delta t_{fski}$ – номінальне значення фактичної глибини різання і її приріст за рахунок мікросколів під зерном відповідно;

$\sum \Delta R_i$ – знос круга на i -му проході;

Δr_{i-1} – значення зняття матеріалу на $i-1$ проході;

$\sum \Delta_A$ – приріст пружних деформацій.

Постановка проблеми. Процес різання при шліфуванні має значну відмінність у порівнянні з обробкою лезвійним інструментом. При обертальному русі круга, в зоні його контакту із заготовкою, частина зерен зрізує матеріал у вигляді дуже великої кількості тонких стружок. Шліфувальні круги зрізують стружки на дуже великих швидкостях – від 30 м/с і вище. Процес різання кожним зерном здійснюється майже миттєво. Оброблена поверхня являє собою сукупність мікрослідів абразивних зерен і має малу шорсткість.

При плоскому шліфуванні, крім швидкості різання $V_{кр}$, елементами режиму різання є поздовжня S_{noz} , поперечна S_n і вертикальна S_g подачі.

Під дією сил різання виникають пружні деформації круга, заготовки, деталей верстата, що зменшує глибину різання абразивними зернами. Для зниження трудомісткості операції й отримання високої якості поверхні працюють зі змінною вертикальною подачею. Після етапу вривування на початку циклу обробки (чорновий етап) задається збільшення подачі, при якому знімається основна частина припуску. На

другій ділянці циклу (чистовий етап) подача знижується в 2 – 3 рази, на третій ділянці (етап виходжування) подача взагалі вимикається. Процес обробки триває за рахунок поступового зниження пружних деформацій технологічної системи.

Таким чином, однією з характерних особливостей технологічної системи шліфування є безперервна або періодична зміна взаємного розташування заготовки й інструменту і відповідна зміна параметрів їх зони контакту.

Вертикальна подача на i -му проході витрачається на приріст глибини мікрорізання, компенсацію радіального знімання матеріалу попереднього проходу, зносу круга, приріст пружних і температурних деформацій. Для сучасних плоскошліфувальних верстатів податливість системи шпіндель шліфувальної бабки – шліфувальний стіл складає від 0,02 до 0,03 мкм/Н. При шліфуванні кругами більше 40 мм, зернистістю 25 радіальна складова сили різання дорівнює 100 – 150 Н. Отже, пружний віджим у системі лежить у межах від 2 до 4,5 мкм, а глибина мікрорізування змінюється від 4 до 18 мкм [1] і за своєю абсолютною величиною значно перевищує пружні деформації.

При чистовому шліфуванні на етапі візування в початковий момент часу майже вся вертикальна подача йде на приріст пружних деформацій і глибину мікрорізання. Зі збільшенням t_{ϕ} збільшується радіальне знімання матеріалу і знос круга, тому для подальшої частини процесу приріст пружних і теплових деформацій зменшується, а на етапі процесу, що встановився, вони прагнуть до нуля. Вертикальна подача на цьому етапі майже повністю витрачається на радіальне знімання матеріалу і знос круга. На етапі виходжування приріст пружних і теплових деформацій негативний і прагне до нуля при збільшенні t_{ϕ} . Зменшення глибини t_{ϕ} призводить до зниження пружних і теплових деформацій, які при збільшенні τ також прагнуть до нуля. Можна сказати, що для шліфування характерна наявність перехідних процесів, встановлення параметрів i -го контакту можливе тільки за наявності інформації при $i-1$ -му контакті.

Отже, вертикальна подача визначає товщину шару металу, що знімається за один прохід, і чисельно дорівнює глибині різання t .

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [1], [2] представлено взаємодію інструмента й заготовки при шліфуванні компактних матеріалів. Розглянуто формування розміру деталі в результаті послідовного зняття металу з її поверхні при взаємодії інструмента й заготовки в процесі обробки.

Закономірності зняття матеріалу при абразивній обробці пористих спечених матеріалів на сьогодні досліджено не в повному обсязі.

Метою роботи є дослідження розмірних зв'язків у процесі абразивної обробки спечених пористих матеріалів.

Реалізація роботи. Для плоского шліфування розмір деталі визначається [1, 3]

$$h_n = h_{n-1} - \Delta r_n. \quad (1)$$

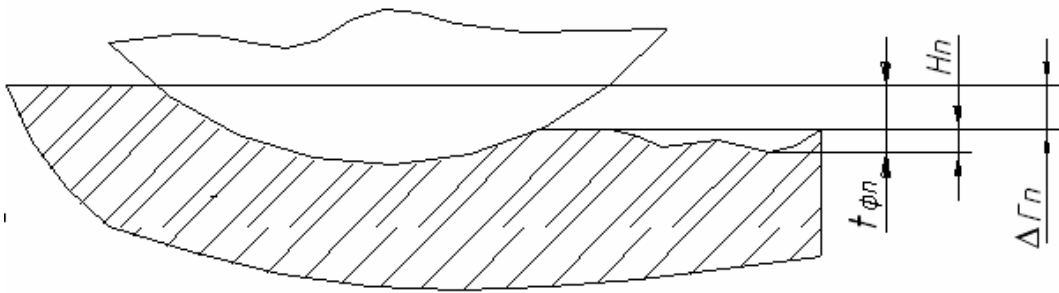


Рисунок 1. Схема взаємодії інструмента і заготовки при обробці деталей на основі металів і їх сплавів

Figure 1. Scheme of tool and workpiece interaction during treatment of parts based on metals and their alloys

Шар знятого матеріалу пов'язаний з фактичною глибиною різання залежністю (рис. 1)

$$\Delta r_n = t_{\phi n} - H_n . \quad (2)$$

Представлена залежність (2) застосовується для розрахунку знятого шару металу в компактних матеріалах, коли шар металу менше, ніж глибина різання. У випадку обробки пористих матеріалів у процесі шліфування шар знятого матеріалу може перевищувати фактичну глибину різання (рис. 2).

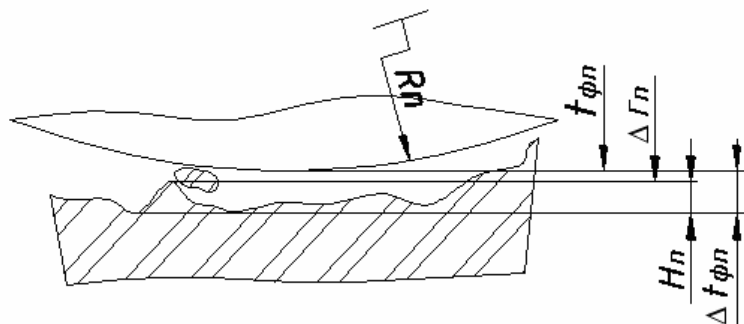


Рисунок 2. Схема взаємодії інструмента і заготовки при шліфуванні пористого заліза

Figure 2. Scheme of tool and workpiece interaction during grinding of porous iron

Тому згідно зі схемою, що на рис. 2, залежність буде мати вигляд

$$\Delta r_n = t_{\phi n} + \Delta t_{\phi n} - H_n . \quad (3)$$

Розмір деталі з пористого матеріалу формується з урахуванням розміру заготовки на попередньому проході й шару знятого матеріалу, який може перевищувати фактичну глибину різання на величину її приросту $\Delta t_{\phi n}$. У результаті розмір деталі h_n може виявитися меншим за потрібний. При цьому шар шорсткості $H = R_{\max}$ буде формуватися залежно від фактичної глибини різання t_{ϕ} і величини приросту глибини різання $\Delta t_{\phi n}$.

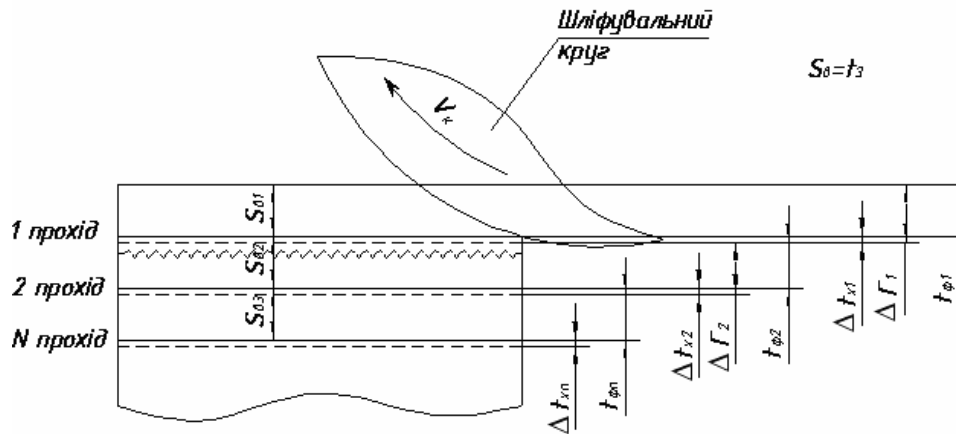


Рисунок 4. Зняття матеріалу при обробці пористих поверхонь

Figure 4. Removal of material in the porous surfaces treatment

Шар знятого матеріалу Δr_i визначаємо за формулою

$$\Delta r_n = t_{3n} - \Delta t_{xn-1} + \Delta t_{xn}. \quad (8)$$

Сумарний шар знятого матеріалу дорівнює

$$\sum_{i=1}^n \Delta r_i = \sum_{i=1}^n t_{3i} + \Delta t_{xn}. \quad (9)$$

Необхідно зауважити, що в початковий момент обробки при $t_{\phi} = 0$, рівняння балансу переміщень (4) має вигляд

$$A_0 = R_0 + h_0. \quad (10)$$

Підставивши в рівняння (4) вирази (6–10), отримаємо

$$t_{\phi i} = R_0 - \sum_{i=1}^n \Delta R_i - A_0 + \sum_{i=1}^n S_{Bi} - \sum \Delta A + h_0 - \sum_{i=1}^{n-1} t_{3i} + \Delta t_{xn-1}. \quad (11)$$

Після скорочення поточного та попереднього значень фактичних глибин різання отримаємо рівняння, яке характеризує баланс переміщення в технологічній системі, що дозволяє розрахувати значення вертикальної подачі верстата (2.12),

$$S_{Bi} = \Delta t_{\phi i} + \Delta R_i + \Delta r_{i-1} - \Delta A_i. \quad (12)$$

Розмір готової деталі формується в результаті зняття матеріалу Δr . При взаємодії деталі зі шліфувальним кругом, формування мікропрофілю оброблюваної поверхні залежить від режимів обробки, характеристик інструмента та ряду фізико-механічних властивостей, що є особливістю абразивної обробки пористих спечених матеріалів. У результаті зняття пористого спеченого матеріалу Δr може перевищувати значення вертикальної подачі на деяку величину приросту Δt_x , величина якої визначається шаром шорсткості оброблюваної поверхні **N** та пористістю деталі.

Висновки. Для визначення розмірів готової деталі Δr , необхідно розрахувати мікропрофіль поверхні деталі при взаємодії інструмента з заготовкою та з урахуванням

пористості деталі, в результаті якого зняття матеріалу може перевищувати значення вертикальної подачі на деяку величину приросту Δt_x .

Conclusions. To determine the size of the finished part Δr it is necessary to calculate the microprofile of the part surface during the interaction of the tool and the workpiece taking into account the porosity of the part, a result of which can result in the removal of material which exceeds the vertical filing in some growth value Δt_x .

Список використаної літератури

1. Новоселов, Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке [Текст] / Ю.К. Новоселов – Саратов, 1979. – 232 с.
2. Новоселов, Ю. К. Механика шлифования [Текст] / Ю.К. Новоселов; под общ. ред. Ф.В. Новикова и А.В. Якимова // Теоретико-вероятностные модели. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения. – В 10 т. – Т. 4. Теория абразивной и алмазно-абразивной обработки материалов. – Одесса: Изд-во ОНПУ, 2002. – 148 – 209 с.
3. Королев, А.В. Теоретико-вероятностные основы абразивной обработки [Текст] / А.В. Королев, Ю.К. Новоселов – Саратов, 1989. – Ч. 2: Взаимодействие инструмента и заготовки при абразивной обработке. – 160 с.
4. Технологія автоматизованого виробництва [Текст] / О.О. Жолобов, В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський. – Житомир: ЖДТУ, 2009. – 1014 с.
5. Марчук, І.В. Технологічне забезпечення параметрів якості поверхонь обертання кілець роликотішипників на операціях механічного оброблення [Текст] / І.В. Марчук – Тернопіль: ТНТУ, 2012. – 21 с.

Отримано 14.11.2012