

Т. Божко, О. Залета, Т. Гальчук, Н. Зубовецька, Н. Гулієва

Луцький національний технічний університет

ЗАЛЕЖНІСТЬ РОЗМІРУ ПОР ВІД ПАРАМЕТРІВ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ СПЕЧЕНОГО ПОРОШКОВОГО МАТЕРІАЛУ

Дана стаття має на меті показати вплив характеристик різального інструменту на розміри пор при чистовій механічній обробці спеченого пористого матеріалу. Результатом роботи є виявлення факторів, що впливають на зміну їх розмірів та форми при механічній обробці спеченого пористого матеріалу. Виходячи з досліджень було виявлено найважливіші фактори, що впливають на якість поверхні: матеріал різального інструменту, що застосовується при обробці; здатність оброблюваного матеріалу протистояти пластичній деформації під час обробки; режими різання, обґрунтовані умовами взаємодії різних матеріалів; застосування МОР, необхідність використання яких пояснюється технічними умовами різання тим чи іншим матеріалом. Досліджено вплив характеристик різального інструменту на розмір пор при механічній обробці спеченого пористого заліза марки ПЖР-3 із застосуванням МОР та всуху. В якості різального інструменту використовувалися токарні різці з різними пластинами та шліфувальний круг.

Ключові слова: пористість, спечений матеріал, механічна обробка, режими різання.

Т. Bozhko, O. Zaleta, T. Halchuk, N. Zubovetska, N. Huliieva

DEPENDENCE OF PORE SIZE ON CUTTING TOOL PARAMETERS DURING MACHINING OF SINTERED POWDER MATERIAL

This article aims to demonstrate the influence of cutting tool characteristics on pore sizes during fine machining of sintered porous material. The result of the study is the identification of factors affecting pore tightening, as well as changes in their size and shape during machining of sintered porous material. Based on the research, it was found that the most important factors influencing surface quality are: the material of the cutting tool used; the ability of the processed material to resist plastic deformation; cutting modes, determined by the conditions of interaction between different materials; the use of coolants, the necessity of which is dictated by the technical conditions of cutting a particular material. The influence of the cutting tool characteristics on the pore size during the machining of sintered porous iron of the PZr-3 grade, both with and without coolants, was investigated. Turning cutters with different inserts and a grinding wheel were used as cutting tools.

Keywords: porosity, sintered material, machining, cutting modes.

Постановка проблеми. Початковий стан поверхневого шару заготовки до процесу механічної обробки є пористою поверхнею, що має нерівномірне розташування пор. Параметр шорсткості залежить в основному від розмірів пор, характеристики яких, у свою чергу, залежать від умов спікання, зусиль пресування, форми та розмірів часток, що спікаються. Як відомо [1], властивості пористих матеріалів залежать від властивостей вихідних порошків та технологічного процесу їх виготовлення. Для їх виготовлення використовуються металеві порошки як зі сферичною, так і несферичною формою частинок з розмірами від кількох тисяч мікрометрів з різних металів і сплавів. На даному етапі пористість визначається наступними параметрами: часом спікання, яке залежить від складу та щільності матеріалу, розмірів виробів, що спікаються, конструкції печі; величиною та формою частинок порошку; станом поверхні частинок; вмістом оксидів; технологією спікання.

Механічна обробка пористих металокерамічних матеріалів супроводжується більш істотними змінами матеріалу [2] у поверхневому шарі, ніж при обробці литих матеріалів та сплавів. Це пов'язано з наявністю пористості, яка призводить в процесі різання до додаткових змін фізико-механічного стану матеріалу в поверхневому шарі: ущільненню пористого каркаса, вплив якого на загальне зміцнення матеріалу не залежить від температури різання, до зриву окремих макро-і мікроділянок зміцнено-ущільненого шару. Зниження тепло- та температуропровідності матеріалу призводить до локалізації дії теплового фактора в найтонших поверхневих шарах [3].

Постановка завдань. Метою дослідження є вплив характеристик різального інструменту на розміри пор при чистовій механічній обробці спеченого пористого матеріалу.

Матеріали та методи. Експерименти проводилися на зразках із порошків заліза марки ПЖР-3. У таблицях 1 та 2 приведені хімічний і гранулометричний склад порошку.

Залежність відносної густини порошку заліза ПЖР-3 від гідростатичного тиску наведена на рисунку 1.

Виготовлення заготовки проводилось в два етапи: пресування і спікання. Пресування залізного порошку проводилось за допомогою гумової форми у камері високого тиску, створюючи тиск, необхідний для отримання зразка заданої пористості. Спікання порошкових пресовок здійснювали в однокамерній печі під рідким затвором протягом двох годин. Температура спікання дорівнювала $T=1050^{\circ}\text{C}$.

© Т. Божко, О. Залета, Т. Гальчук, Н. Зубовецька, Н. Гулієва

Для дослідів використовувалися зразки пористістю 24%, 28% та 32%.

Табл. 1

Хімічний склад порошку ПЖР-3

Марка порошку	Хімічний склад (%)						
	Fe	C	Si	Mn	S	P	O
ПЖР-3	98,5	0,02	0,17	0,03	0,01	0,02	0,27

Табл. 2

Гранулометричний склад порошку ПЖР-3

Марка порошку	Вихід фракцій (%) при розмірі часток (мм)						
	-0400 +0315	-0315 +0200	-0200 +0160	-0160 +0100	-0100 +0063	-0063 +0050	-0050
ПЖР-3	0,6	8,28	6,82	15,1	34,8	28,6	6,8

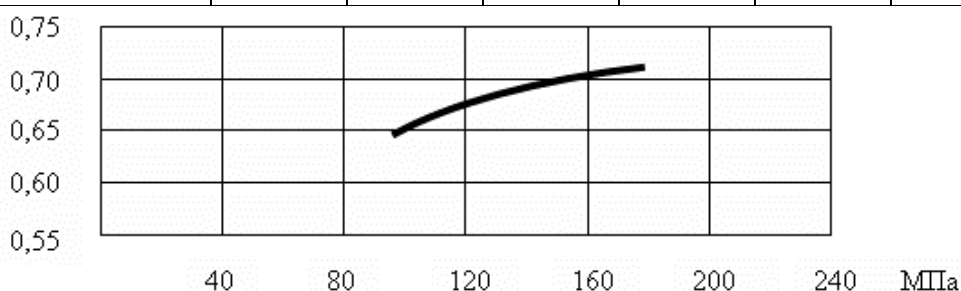


Рис. 1. Залежність відносної густини порошку заліза ПЖР-3 від гідростатичного тиску

Як різальний інструмент для токарної обробки, використовувалися різці, які оснащені пластинами із швидкорізальної сталі Р6М5; різцем із твердого сплаву Т5К10; твердим сплавом з покриттям TiN (марка пластини DNMG150608 PC), а також використовувався шліфувальний круг електрокорунду білого на керамічній зв'язці твердістю СМ2 марки 1А1 250х25х75 24А 20 СМ2 К6.

Викладення основного матеріалу. Як показали результати експериментів, у процесі різання ПЖР-3 за всіх способів механічної обробки, при різних її режимах відбувається зменшення розмірів пор.

Зміни по закінченні механічної обробки спостерігалися не тільки на поверхні, а й у поверхневому шарі металокерамічних спечених матеріалів, що виражаються в деформації структури та зміні розмірів пор матеріалу на деякій глибині. Затягування пор відбувається під впливом ріжучої кромки інструменту внаслідок значного впливу сил різання. При точінні ріжуча кромка зминає, потім зрізає матеріал. При наближенні зони контакту «інструмент - заготовка» відбувається деформація зрізаного матеріалу, який виходить із зони різання за рахунок об'єму самих пор. В результаті обробки кратер пори закритий тонкою шаром металу, товщина якого залежить від характеристик ріжучого інструменту, від марки матеріалу, що обробляється, а також від режимів і умов обробки.

Спочатку до механічної обробки розміри пор становили по довжині 150 - 500 мкм, по ширині 45 - 120 мкм.

При дослідженні результату токарної обробки різцем із швидкорізальної сталі Р6М5 без застосування МОР (рис.2,3) було встановлено що розміри пор змінилися і стали становити по довжині 20 - 150 мкм, по ширині 20 - 50 мкм, у той час, як при обробці різцем з Р6М5 із застосуванням МОР розміри пор склали по довжині 30 - 200 мкм. В обох випадках глибина різання t становила 0,75 мм; швидкість різання становила V - 20 м/хв; подача S - 0,05 мм/об.

Як показали результати експериментів, розміри пор після чистової механічної обробки різцем зі швидкорізальної сталі Р6М5 значно скоротилися в порівнянні з початковими розмірами до механічної обробки, але застосування МОР, а також обробка на збільшених швидкостях зі зміною швидкості різання з 20 м/хв до 180 м/хв, сприяли збільшенню щільності. Таким чином, при обробці з МОР і $V = 181$ м/хв розміри пор склали завдовжки 40 - 220 мкм, ширину 25 - 100 мкм.

В результаті чистової токарної обробки твердосплавним інструментом Т5К10 (рис. 2,3) було встановлено, що зміна розмірів пори супроводжувалося різким збільшенням шорсткості обробленої поверхні. При цьому довжина пори була отримана в межах 35 - 90 мкм, ширина відповідала 20 - 60

мкм. Дані результати були отримані при чистовій обробці із застосуванням масляної МОР. При різанні без МОР значення шорсткості поверхні також збільшилося, при цьому явної зміни розмірів пори практично не спостерігалось. Також відзначалося збільшення щільності пор при обробці зі збільшенням швидкості різання до $V = 140$ м/хв.

При обробці шліфуванням за допомогою шліфувального круга (рис. 2,3) відзначалося різке зменшення розмірів пор, їхня довжина становила 30 - 60 мкм, ширина коливалася в межах 10 - 30 мкм. При цьому відзначається висока чистота поверхні обробленої заготовки.

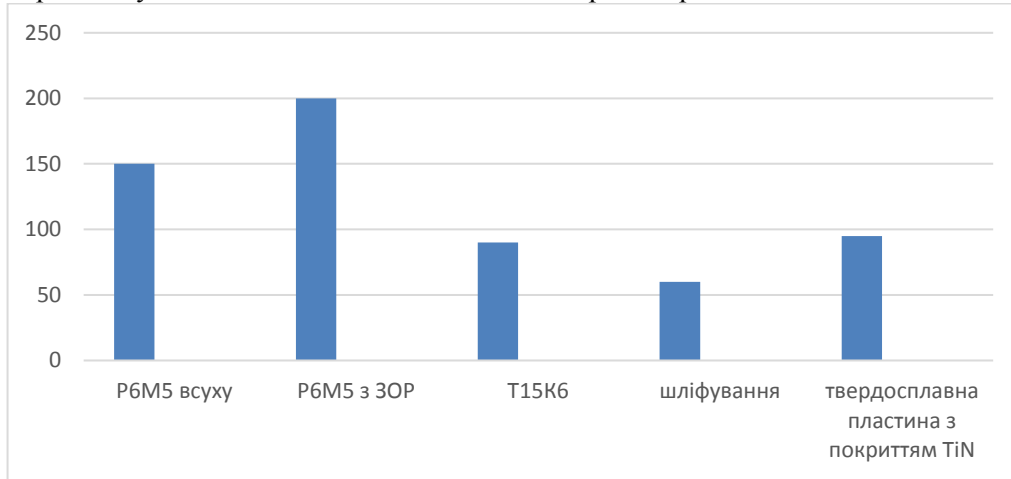


Рис. 2. Вплив матеріала ріжучої частини інструмента на довжину пори

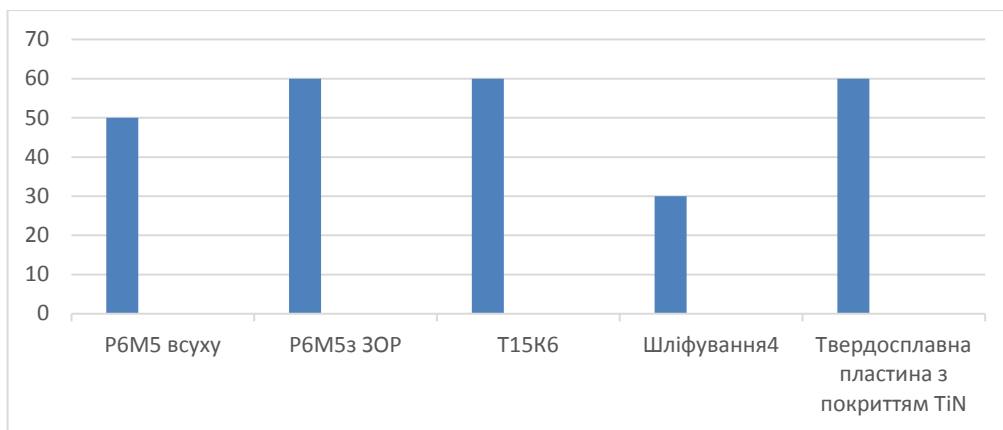


Рис. 3. Вплив матеріала ріжучої частини інструмента на ширину пори

Порівняно зі всіма видами інструментальних матеріалів, що використовуються при проведенні експериментів, абразивна обробка показала максимальне затягування пор поверхневому шарі заготовки.

Найкращі результати були досягнуті при чистовій обробці зразків твердосплавною пластиною з покриттям TiN із МОР та швидкості різання $V = 140$ м/хв. В результаті дослідження було встановлено, що тривалість пори відповідала діапазону 40 – 95 мкм, ширина 25 – 60 мкм, при цьому спостерігається мінімальна шорсткість поверхні Ra 0,4.

В результаті експериментів встановлено, що зміна режимів різання, застосування МОР та характеристик різального інструменту в процесі обробки металопорошкових спечених матеріалів істотно впливають на зміну розмірів поверхневих пор. Важливе значення у формуванні якості поверхні відіграє вибір режимів обробки. При точннні ПЖР -3 швидкорізальною сталлю P6M5 всуху при $V = 20$ м/хв, максимальна довжина пори склала 150 мкм, але при швидкості різання $V = 80$ м/хв максимальний розмір пори досягав 160 мкм. З застосуванням водорозчинної 3% МОР та швидкістю різання $V = 20$ м/хв максимальний розмір пори становить 210 мкм. У процесі шліфувальної обробки зразків із ПЖР-3 спостерігалось аналогічне зростання пор при зміні швидкості різання: при $V = 60$ м/хв максимальна довжина пори становила близько 60 мкм, при збільшенні V до 120 м/хв спостерігалася зміна максимальних розмірів до 90 мкм.

Таким чином, встановлено, що в процесі механічної обробки металокерамічних спечених матеріалів відбуваються значні перетворення структури поверхневого шару, що сприяють зміні

властивостей поверхневого шару. Застосування абразивної обробки призводить практично до повного затягування пор біля поверхні.

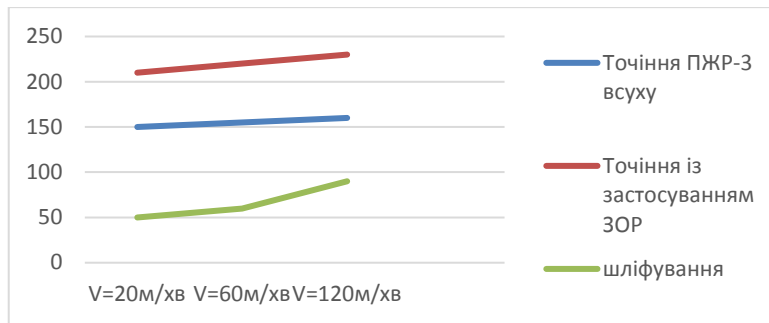


Рис.4. Залежність розміра пор від режимів різання

Висновки.

1. Найважливіші фактори, що впливають на зміну їх розмірів та форми:
 - матеріал різального інструменту, що застосовується при обробці;
 - здатність оброблюваного матеріалу протистояти пластичній деформації під час обробки;
 - режими різання, обґрунтовані умовами взаємодії різних матеріалів;
 - застосування МОР, необхідність використання яких пояснюється технічними умовами різання тим чи іншим матеріалом;
2. При абразивній обробці відбувається процес замазування дрібних пор повністю, великі пори повністю не затяглися, але зазнали значного скорочення розмірів.
3. Застосування при чистовій обробці шліфування сприяє максимальній зміні розмірів пори. Ті пори, які повністю не затягнулися, набули витягнутої форми, тобто спостерігається значне переважання скорочення ширини над скороченням довжини пори.
4. Застосування твердосплавного інструменту з покриттям нітриду титану дозволяє отримати поверхню з відносно високою якістю поверхні.

Список використаних джерел:

1. Tetiana Halchuk, Oleksandr Povstyanoy, Roman Polinkevych, Olha Redko and Nataliya Zubovecka. Antifriction hroducts from composite material based on LH15 steel powder / Advances in Design, Simulation and Manufacturing // V Proceedings of the 7th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange, DSMIE-2024, June 7–10, 2024, Pilsen, Czech Republic – Volume 2: Manufacturing and Materials Engineering. P. 382- 391. https://doi.org/10.1007/978-3-031-63720-9_33.
2. Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Halchuk, T., Zaleta, O., Cagaňová, D. Investigation of the Surface Layer Hardness When Grinding Sintered Porous Workpieces (2022) Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp. 355–364. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06025-0_35.
3. Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Machado, J., Yarmoliuk, S., Zaleta, O. (2022). Influence of the Cutting Temperature on the Surface Layer Quality When Grinding Sintered Porous Materials. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds) Advanced Manufacturing Processes III. InterPartner 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4_45.