

УДК 621.762

І.Є.Ткачук, Т.Є. Божко, В.Д. Рудь
Луцький національний технічний університет

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ЗОНІ РІЗАННЯ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ СПЕЧЕНИХ МАТЕРІАЛІВ

Проведено аналіз експериментальних методів дослідження теплових потоків в зоні різання. Наведено методіку експериментального дослідження температури в зоні різання при шліфуванні спечених пористих матеріалів. Виявлено зв'язок між параметрами режимів різання при шліфуванні і контактною температурою в зоні різання, та побудовано графічні залежності.

Матеріали, отримані методом порошкової металургії, можуть мати унікальні властивості. При цьому методі виробництва у більшості випадків коефіцієнт використання матеріалу становить майже сто відсотків, про те для досягнення чистоти і точності поверхні готових деталей, здійснюється механічна обробка. Якість продукції виробів із пористих спечених матеріалів в значній степені забезпечується на фінішних операціях технологічних процесів механічної обробки. Найбільше розповсюдженими фінішними операціями являються різноманітні види шліфування. Теплові явища, які супроводжують процес шліфування, надають значний вплив на якість шліфованих поверхностей. Високі температури шліфування можуть викликати дефекти в поверхневому шарі шліфованої деталі (прожоги, тріщини та ін.), що знижують якість деталі, у зв'язку з чим температурний чинник набуває значення одного з основних чинників процесу шліфування.

Процес шліфування супроводжується значним тепловим впливом шліфувального круга на поверхню оброблюваної деталі. Теплові явища викликають фазові і структурні зміни в поверхневому шарі деталі. Ця обставина викликає необхідність дослідження теплових процесів при шліфуванні деталей із пористих порошкових матеріалів.

Для вимірювання температури в зоні шліфування в науково-дослідницьких роботах використовують як контактні, так і безконтактні методи вимірювання (таблиця 1).

Таблиця 1.

Методи і засоби вимірювання температури.

<i>Контактні:</i>	<i>Безконтактні:</i>
Термопари	Пірометри
Термоперетворювачі опору	Тепловізори
Термоіндикатори	Ультразвукові термометри
Волоконно-оптичні термоперетворювачі	Мікроструктурний аналіз

Швидкісне мікрорізання при шліфуванні створює велике число високотемпературних осередків в поверхневому шарі деталі, що забезпечує його інтенсивне нагрівання.

Для виміру температури оброблюваної поверхні заготовки застосовувався метод напівштучної термопари, використано хромель-копелеву термопару, підключену до мілівольтметра типу Ш-4500. Одним термоелектродом *A* цієї термопари (рис.1) є протягнута через отвір, просвердлений в заготовці, проволка з копеля. Другим термоелектродом *B* служить протягнута через сусідній отвір, проволка з хромеля. Обидва термоелектроди взаємно стикаються (зварюються) на відмітці *I*, утворюючи робочий (гарячий) кінець термопари. Термоелектро-рушійна сила, що фіксується приладом, пропорційна температурі точки *I* робочого спаю термоелектродів *A* і *B*. Досвід показує, що вимір температури в досліджуваних точках проводиться з достатньою точністю, якщо робочий спай *I* термопари притиснутий до поверхні з силою не менше 50Н. Оскільки притиснення робочого спаю термопари з такою силою не можливо, приварюємо конденсатною зваркою до поверхні заготовки в точці, де потрібно вимірювати температуру.

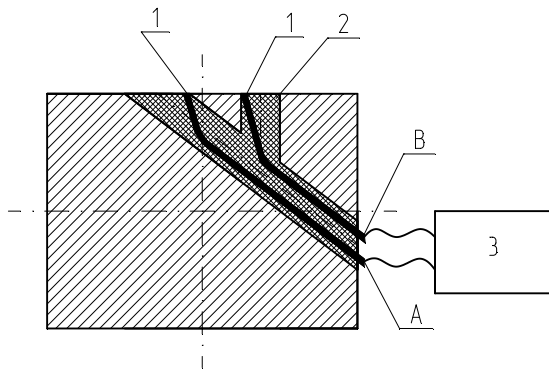


Рис. 1. Термопара напівштучна:
 1 – контактна поверхня;
 2 – електроізоляція (слюда);
 3 - прилад для реєстрації термо-Е.Р.С.;
 А і В – провідники.

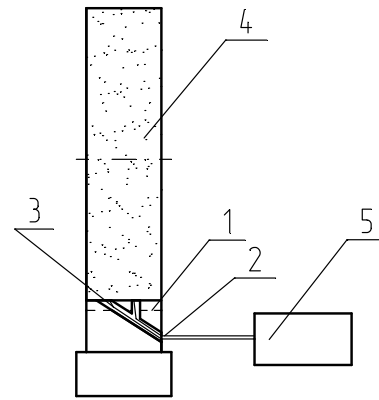


Рис. 2. Блок-схема виміру температури напівштучною термопарою: 1 – оброблюваний зразок; 2 і 3 – провідники; 4 – шліфувальний круг; 5 - прилад для реєстрації ТЕРС .

На рис.2 зображено блок-схему виміру температури напівштучною термопарою, яка застосовувалася для визначення контактної температури в зоні обробки при плоскому шліфуванні.

Контактні поверхні оброблюваної деталі найбільш навантажені і схильні до найбільшого нагріву. Цей метод дозволяє виміряти температуру безпосередньо на поверхні найбільше нагрітої ділянки оброблюваної поверхні заготовки.

Для встановлення оптимального режиму шліфування, що забезпечує максимальне збереження початкових магнітних пористих властивостей матеріалу, були проведені дослідження залежності миттєвої контактної температури від режимів різання при плоскому шліфуванні.

В процесі мікрорізання поверхневого шару абразивним зерном контактна температура практично миттєво досягає найбільшого значення і після виходу зерна із зони контакту температура швидко знижується.

Найбільші покази приладу були в мить, коли шліфувальний круг проводив різання безпосередньо в зоні розташування термопари. При шліфуванні інших ділянок деталі прилад показував меншу температуру. У міру збільшення числа проходів, тобто зростання часу шліфування і при роботі без охолодження, температура деталі безперервно підвищувалася і досить різко із збільшенням глибини різання.

Шліфування зразків проводилося без охолодження на універсальному плоскошліфувальному верстаті марки 3Л722В. Застосовувався шліфувальний круг марки 24А20СМ2К. Для визначення температури в зоні різання використовувався метод штучної термопари.

Для досліджень було взято три заготовки пористих спечених матеріалів марки ПЖР-3, з різною пористістю (24,65%; 27,5%; 31,8%).

Отримані в результаті проведених експериментів дані оброблялися в системі STATISTICA 6. Розглянемо результати досліджень (рис.3, 4).

Статичний аналіз попереднього результату експерименту (рис.3) показує, що при плоскому шліфуванні зразка пористістю 27,5% найбільша контактна температура $T=540^{\circ}\text{C}$ буде при наступних режимах різання: швидкість різання $V=5(\text{м/хв})$, глибина $t=0,05\text{мм}$; найменша температура $T=330^{\circ}\text{C}$ при $V=15(\text{м/хв})$, глибина $t=0,01\text{мм}$.

Для візуалізації отриманих результатів, та для прогнозування тепловиділення в контактній зоні при різних режимах різання, побудовано в програмному комплексі STATISTICA 6 3М графік поверхонь залежності контактної температури при плоскому шліфуванні пористих спечених матеріалів марки ПЖР-3 (пористість 27,5%) (рис. 4).

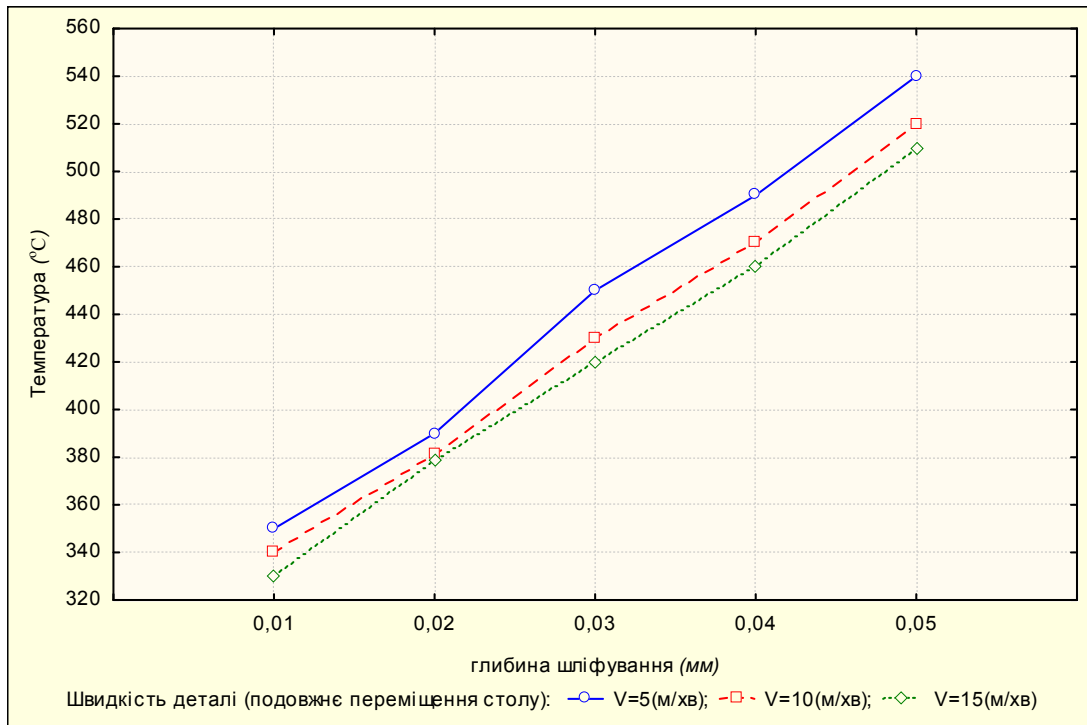


Рис. 3. Контактна температура при плоскому шліфуванні пористих спечених матеріалів (зразок пористістю 27,5)

Зробимо попередній висновок: із збільшенням навантаження на зерно, а саме при збільшенні глибини шліфування, в зоні його роботи виділяється більша кількість теплоти за одиницю часу і це забезпечує зростання температури, а чим вища швидкість різання, тим її збільшення надає менший вплив на підвищення температури різання.

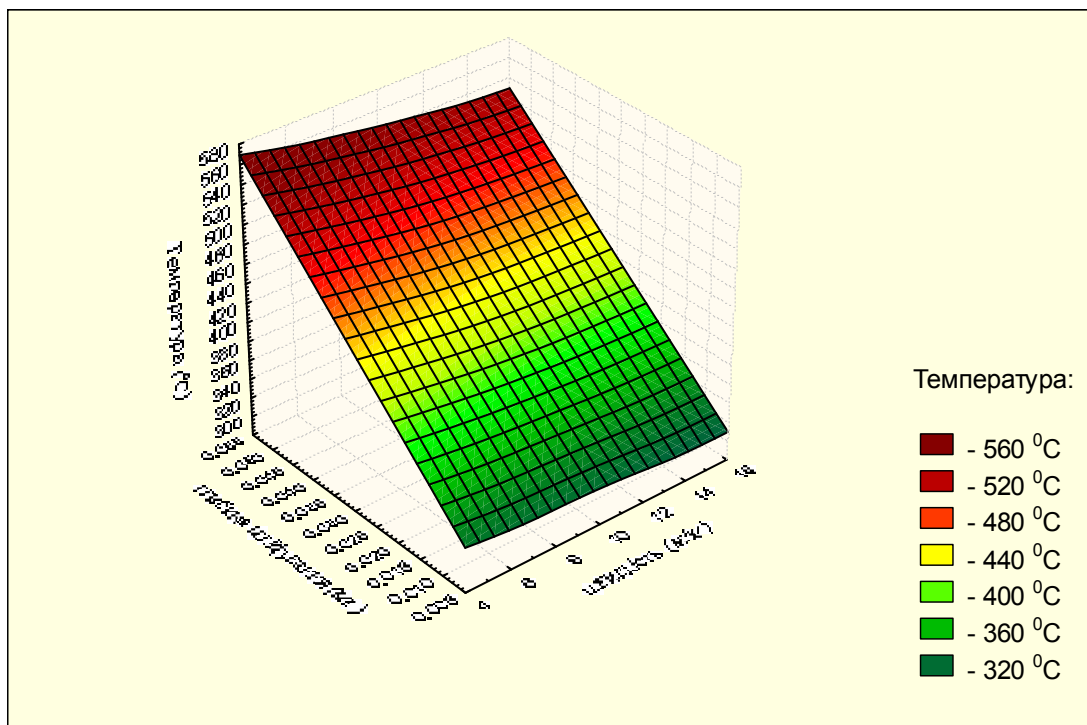


Рис. 4. Залежність контактної температури від режимів різання при плоскому шліфуванні (зразок пористістю 27,5)

Всі отримані результати вимірювання контактної температури при плоскому шліфуванні пористих спечених матеріалів зведено до таблиці 2.

Таблиця 2.

Контактна температура, ($^{\circ}\text{C}$), при плоскому шліфуванні пористих спечених матеріалів

№ n/n	Зразок пористістю %	Глибина шліфування t (мм)	Температура T ($^{\circ}\text{C}$)		
			при $V=5(\text{м/хв})$	при $V=(10\text{м/хв})$	при $V=(15\text{м/хв})$
1	27,5	0,01	350	340	330
2		0,02	390	380	380
3		0,03	450	430	420
4		0,04	490	470	460
5		0,05	540	520	510
6	31,8	0,01	340	340	330
7		0,02	390	370	360
8		0,03	430	410	410
9		0,04	490	470	450
10		0,05	520	500	490
11	24,65	0,01	350	340	340
12		0,02	380	370	360
13		0,03	430	410	400
14		0,04	500	470	460
15		0,05	550	520	500

V - швидкість подовжнього переміщення столу (регулювання безступінчате).

Аналізуючи дані експерименту (таблиця 2) можна зробити висновок, що шліфування пористих спечених матеріалів ПЖР-3 дрібнозернистими абразивними кругами 24A20СМ2К 450x80x203 при наступних режимах різання: швидкості обертання шліфувального круга 34,4 м/сек., швидкості деталі 5-15 м/хв, і глибинах 0,01-0,03 мм. обумовлює виникнення в зоні обробки контактних температур менше гранично допустимих (450°C), що є найбільш оптимальними; а при шліфуванні глибинами 0,04-0,05 мм. виникають високі температури (550°C), що може привести до виникнення опіків і шліфувальних мікротріщин, тобто до псування поверхневого шару.

Для аналізу впливу пористості на контактну температуру при різних режимах шліфування пористих спечених матеріалів побудовано графік залежності (рис. 5).

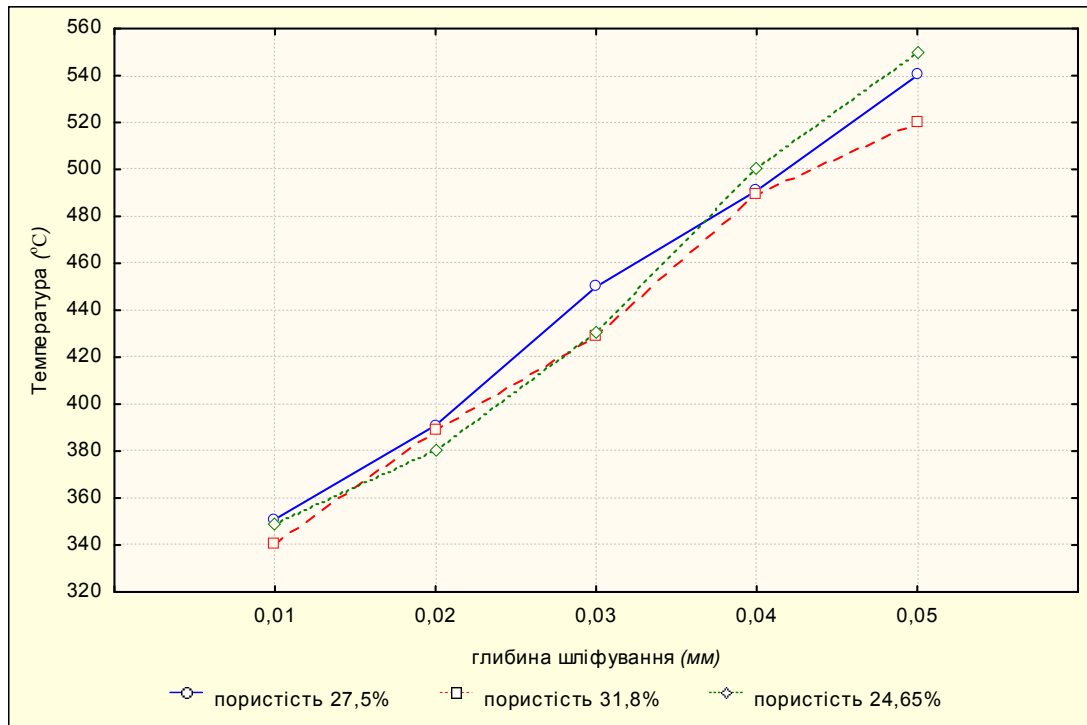


Рис. 5. Контактна температура при плоскому шліфуванні пористих спечених матеріалів в залежності від пористості при $V=5\text{ м/хв}$.

Аналіз даних впливу пористості на контактну температуру при різних режимах різання (рис. 5) показав, що основним фактором підвищення температури в зоні обробки є збільшення глибини шліфування, відповідно пористість не є тим значним фактором впливу на підвищення температури.

Таким чином, при збільшенні товщини шару, що знімається, і навантаженням на абразивне зерно температура деталі підвищується; підвищення температури є результатом зростання роботи мікрорізання і сил різання із збільшенням товщини шару, що знімається.

Високі миттєві температури можуть привести до структурних змін в пористих спечених матеріалах, появи опіків і шліфувальних тріщин, тобто до псування поверхнього шару. Місцева зміна структури поверхнього шару шліфованої деталі (опік), що утворюється в результаті високих миттєвих температур і інтенсивного виділення тепла на вельми невеликих ділянках поверхнього шару деталі викликає зниження механічних властивостей поверхнього шару, головним чином зниження його твердості і зносостійкості. Надмірний, практично миттєвий, місцевий нагрів поверхнього шару деталі може бути викликаний наступними причинами:

1) завищеними режимами шліфування - надмірно великою товщиною шару, що знімається одним абразивним зерном, внаслідок чого розвивається значний тиск абразивних зерен на шліфований метал і інтенсивний його нагрів;

2) неправильно вибраним (дуже твердим) шліфувальним кругом, що також розвиває надмірний великий тиск абразивних зерен на шліфований метал;

3) биттям круга, неякісною установкою деталі в центрах верстата.

Зовні опіки пізнаються по наявності на поверхні деталі кольорів мінливості, що є наслідком утворення оксидної плівки, товщина якої складає долі мікрона. За наявності малого ступеня опіку подальшим правильним шліфуванням часто вдається повністю видалити неякісний і отримати здоровий поверхневий шар.

Розглянемо які дефекти виникли в процесі проведення експерименту під час шліфуванні зразків з пористого спеченого матеріалу.

Високі температури при плоскому шліфуванні порошкових сплавів, в залежності від пористості матеріалу, викликали дефекти на поверхньому шарі шліфованого зразка, прожоги (рис.6), тріщини (рис.7) та ін., у зв'язку з чим температурний чинник набуває значення одного з основних чинників процесу шліфування.



Рис. 6. Прожоги при шліфуванні
(зразок пористістю 27,5)

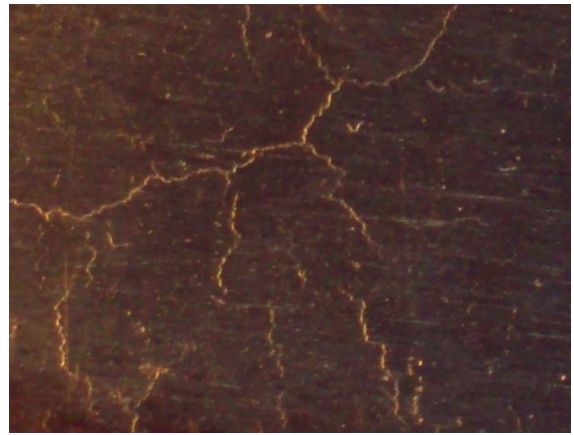


Рис.7. Мікротріщини при шліфуванні
(зразок пористістю 31,8)

Так при шліфуванні зразка пористістю 27,5% в результаті контактної температури $T_e=540$ ($^{\circ}C$) $T_p=587$ ($^{\circ}C$) утворилися прожоги. Поверхня обробленої деталі вкрита окремими плямами прожигів (рис.7), які виникли при наступних режимах обробки: $t=0,05$ (мм) $V=5$ (м/хв). Також при даних режимах обробки дрібний прожог призвів до зменшення твердості з НВ 80 до НВ 66.

При шліфуванні зразка пористістю 31,8% в результаті контактної температури $T_e=520$ ($^{\circ}C$) $T_p=586$ ($^{\circ}C$) утворилися мікротріщини. Поверхня обробленої деталі вкрита окремими мікротріщинами (рис.8), які виникли при наступних режимах обробки: $t=0,05$ (мм) $V=5$ (м/хв). Шліфувальні тріщини утворилися в результаті великого контактного тиску, температур і сил тертя абразивних зерен по поверхні шліфованої заготовки.

При обробці зразка з пористістю 24,65 при різних режимах різання значних дефектів не виявлено.

Відповідно зробимо висновок, що при збільшенні параметрів режимів різання і збільшенні пористості оброблюваної заготовки, збільшується ймовірність появи дефектів у вигляді прожигів та мікротріщин на поверхні яка шліфується.

Для усунення прожигів та мікротріщин слід використовувати всі відомі методи і способи зниження температури шліфування.

Згідно проведених експериментальних даних, для прогнозування тепловиділення в контактній зоні при різних режимах різання, побудовано в програмному комплексі STATISTICA 6 карту ліній залежності контактної температури при плоскому шліфуванні пористих спечених матеріалів марки ПЖР-3 (рис.8).

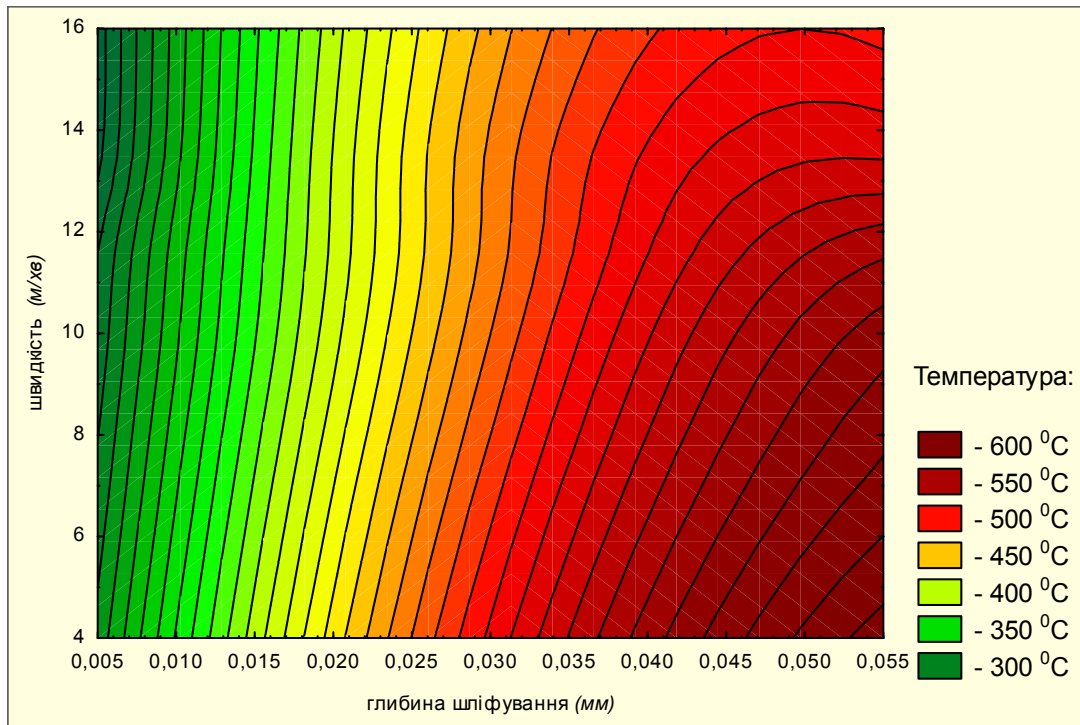


Рис. 8. Карта ліній залежності контактної температури від режимів різання при плоскому шліфуванні пористих спечених матеріалів марки ПЖР-3.

Підсумком роботи є наступні наукові і практичні результати:

- проведено аналіз експериментальних методів дослідження теплових потоків в зоні різання;
- розроблена методика проведення експериментальних досліджень показників контактної температури при шліфуванні пористих спечених матеріалів;
- експериментально встановлено, що при шліфуванні пористих спечених матеріалів можливі структурні дефекти поверхневого шару оброблюваних деталей, а саме: поява прожигів та мікротріщин. Основним фактором появи дефектів є збільшення параметрів різання і пористості оброблюваної заготовки;
- виявлено зв'язок між параметрами режимів різання при шліфуванні і контактною температурою в зоні різання. Найбільший вплив на підвищення температури є результат зростання роботи мікрорізання і сил різання із збільшенням товщини шару, що знімається.

1. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов. - М.: Машиностроение, 1974. – 320с.
2. Грановский Г.И. Резание металлов. - М.: Высшая школа, 1985. – 304с.
3. Николаев В.А. Тонкое точение спеченных материалов. – М.: «Машиностроение», 1979, - 64с.
4. Резников А.Н., Резников Л.А. Тепловые процессы в технологических системах. – М.: Машиностроение, 1990. – 288с.
5. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов . – М.: «Машиностроение», 1981. – 279с.
6. Ящерицын П.И. Фельдштейн Е.Э. Корниевич М.А. Теория резания. – Минск ООО «Новое знание» Москва, 2006. – 512с.