

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
ІВАНА ПУЛЮЯ

БОЖКО ТЕТЯНА ЄВГЕНІВНА

УДК 621.923

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛЕЙ ІЗ
ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ШЛІФУВАННІ**

05.02.08 – технологія машинобудування

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Тернопіль – 2012

Дисертація на правах рукопису.

Робота виконана на кафедрі комп'ютерного проектування верстатів та технологій машинобудування Луцького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор **Рудь Віктор Дмитрович**, Луцький національний технічний університет, завідувач кафедри комп'ютерного проектування верстатів та технологій машинобудування.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор **Братан Сергій Михайлович**, Севастопольський національний технічний університет, завідувач кафедри технології машинобудування;

доктор технічних наук, професор **Гурей Ігор Володимирович**, Національний університет “Львівська політехніка”, професор кафедри технології машинобудування.

Захист відбудеться “16” березня 2012 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 58.052.03 при Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56.

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56.

Автореферат розісланий “11” лютого 2012 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

_____ (підпис)

Дячун А. Є.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним із резервів здешевлення вартості виготовлення деталей та виробів як загального машинобудування, так і споріднених з ним галузей є зведення до мінімуму основного технологічного часу на формотворних операціях, пов'язаних із зняттям матеріалу (стружки), повне усунення або зменшення тривалості оздоблювально-викінчувальних операцій щодо надання матеріалу деталі, її поверхням відповідних фізико-механічних властивостей та параметрів точності. Яскравим прикладом застосування цих технологій є виготовлення продукції (виробів) методами порошкової металургії, виробництво абразивних та твердосплавних інструментів, де типовий технологічний процес включає підготовку порошкових сумішей та пресування і спікання готової деталі. Оскільки в них відсутні допоміжні формотворні операції, то ці технології заслужено віднесено до групи безвідходних з мінімальними затратами основного технологічного часу. За суттю ці маловідходні технології є основою сучасних енерго- та ресурсозберігаючих технологій, за якими майбутнє. За такими безвідходними технологіями виготовляють, наприклад, твердосплавні пластини ріжучих інструментів, деякі різновиди підшипників ковзання, деталі складної конфігурації на основі порошків заліза, наприклад, кронштейни, рукоятки, тримачі слюсарних інструментів, фрикційні та гальмівні накладки підіймально-транспортного спорядження і оснащення тощо.

Характерною особливістю технологічних методів порошкової металургії є економія металу та підвищення продуктивності виробництва. Вироби конструкційного призначення, отримані методом порошкової металургії, наприклад шестерні, кільця підшипників, фланці, сепаратори в ряді випадків піддаються фінішній механічній обробці абразивним інструментом для видалення дефектного поверхневого шару і забезпечення потрібної точності та якості поверхні деталі. Але навіть м'які режими обробки призводять до змін в поверхневому шарі, що знижує експлуатаційні властивості деталі. На мікрорельєф поверхневого шару поряд з пористістю деталі суттєвий вплив має характеристика шліфувальних кругів та режими обробки. В наш час відсутні науково обґрунтовані режими обробки деталей конструкційного призначення, що виготовлені методом порошкової металургії. Тому розробка наукових основ формування якості поверхневого шару деталей конструкційного призначення, які виготовлені методом порошкової металургії, при шліфуванні за рахунок вибору раціональних режимів обробки є досить актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно з планом наукових досліджень кафедри комп'ютерного проектування верстатів та технологій машинобудування Луцького національного технічного університету у рамках бюджетної науково-дослідної теми "Розробка теоретичних основ консолідації в сучасному матеріалознавстві", номер державної реєстрації 0103U000279, терміни виконання: 02.01.2003 р. – 31.12.2005 р.

Мета і задачі дослідження. *Мета роботи* – підвищення ефективності

фінішної обробки деталей конструкційного призначення виготовлених методом порошкової металургії на основі встановлення зв'язку між якісними характеристиками поверхневого шару і технологічними режимами обробки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- шляхом аналізу літературних джерел виявити проблеми забезпечення якості поверхневого шару деталі при шліфуванні деталей конструкційного призначення виготовлених методом порошкової металургії;
- розробити математичну модель формоутворення параметрів мікрорильєфа поверхні деталі з врахуванням пористості деталі;
- провести експериментальні дослідження з ціллю оцінки адекватності моделі реальним процесам при шліфуванні пористих спечених матеріалів;
- дослідити вплив силових та теплових факторів на якість поверхневого шару деталі;
- розробити інженерну методику проектування високопродуктивних технологічних процесів шліфування пористих спечених матеріалів, які забезпечували б якісні характеристики поверхневого шару деталі;
- розробити технологічне забезпечення фінішної обробки пористих спечених матеріалів.

Об'єкт дослідження – технологічний процес шліфування спечених пористих матеріалів.

Предмет дослідження – технологічне забезпечення показників якості поверхневого шару деталі при шліфуванні деталей конструкційного призначення виготовлених методом порошкової металургії.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження проводилися на основі наукових положень технології машинобудування, теорії різання матеріалів, системного аналізу, методів оптимізації.

Експериментальні дослідження проводилися з використанням фізичного моделювання, сучасних методик математичного планування експерименту. Результати експериментальних досліджень одержано за допомогою спеціально розробленого оснащення з використанням сучасних засобів та методів вимірювання. Статичне оброблення експериментальних даних проводилось з використанням прикладних програм для ПЕОМ.

Наукова новизна одержаних результатів.

- вперше аналітично встановлений взаємозв'язок між режимами різання, характеристиками інструмента, пористістю деталі, глибиною деформованого шару матеріалу, що дозволяє прогнозувати дефекти при шліфуванні;
- вперше розроблена математична модель формоутворення параметрів мікрорильєфа поверхні деталі з врахуванням пористості матеріалу;
- експериментально обґрунтовано достовірність математичної моделі та уточнено емпіричні залежності визначення шорсткості поверхні при шліфуванні пористих спечених матеріалів з врахуванням режимів різання та пористості;
- уточнено регресивні рівняння визначення температури та сили різання залежно від режимів різання та пористості матеріалу.

Практичне значення одержаних результатів.

- Розроблені науково обґрунтовані практичні рекомендації щодо вибору раціональних технологічних режимів обробки з врахуванням пористості матеріалу.

- Розроблена методика та програмне забезпечення для проектування операції шліфування пористих спеченим матеріалів з можливістю прогнозування шорсткості поверхні та глибини дефектного шару.

Результати виконаних досліджень впроваджено на підприємстві ПАТ “Ковельсьільмаш” м. Ковель та на ДП “АЗС №1” АТ “АК “Богдан Моторс” м. Луцьк.

Окремі результати впроваджено в навчальний процес при викладанні дисциплін “Технологічні основи машинобудування”, “Технологія обробки типових деталей та складання машин”, “Основи наукових досліджень” для студентів напрямку 6.050502 “Інженерна механіка” Луцького національного технічного університету.

Особистий внесок здобувача. Основні результати експериментальних і теоретичних досліджень за темою дисертаційної роботи отримані дисертантом самостійно та опубліковані у працях [1, 2, 3]. Розробка методик досліджень, аналіз і узагальнення одержаних результатів, формулювання основних узагальнюючих положень роботи виконано автором особисто [4, 5, 6, 7, 8]. Постановка завдань та обговорення результатів проводилися разом із науковим керівником [9, 10, 11].

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень, що містяться в дисертації, доповідались та обговорювались на: II, III науково-практичній конференції “Теоретичні і експериментальні дослідження в технологіях сучасного матеріалознавства та машинобудування” 2009, 2011 р., м. Луцьк–Світязь; V, VI міжнародній конференції “Матеріали і покриття в екстремальних умовах: дослідження, застосування, екологічно чисті технології виробництва і утилізації виробів” 2008, 2010 р., Крим; XII міжнародна науково-технічна конференція “Прогресивна техніка та технологія” 2011 р., м. Київ–м. Севастополь; VIII Всеукраїнській молодіжній науково-технічній конференції “Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї–наука–виробництво” 2008р., м. Луцьк.

У повному обсязі робота доповідалась та отримала позитивні відгуки на розширених науково-технічних семінарах у Луцькому національному технічному університеті та Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя.

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 11 працях, з них: 7 статей у фахових виданнях за переліком ВАК України; 4 матеріали тез міжнародних науково-технічних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел із 119 найменувань

та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 150 сторінок, в тому числі 140 основного тексту, 66 рисунків, 11 таблиць, 10 додатків.

ВИСНОВКИ

У результаті виконаних досліджень вирішено наукову задачу підвищення ефективності фінішної обробки деталей конструкційного призначення виготовлених методом порошкової металургії на основі встановлення зв'язку між якісними характеристиками поверхневого шару і технологічними режимами обробки.

1. Вперше розроблено математичну модель формоутворення поверхневого шару пористої спеченої деталі при фінішній обробці абразивним кругом, що включає в себе процеси мікротріщиноутворення і різання-мікросколювання. Формоутворення мікропрофіля визначається режимами різання, характеристикою інструмента та пористістю деталі. Запропонований алгоритм розрахунку дозволяє визначити висотні параметри шорсткості для різних режимів обробки.

2. Вперше встановлено, що під час шліфування в поверхневому шарі відбуваються процеси фізичного та “структурного” зміцнення. “Структурне” зміцнення призводить до часткового закриття поверхневих пор та ущільнення поверхневого шару матеріалу. Наслідком фізичного зміцнення є утворення наклепу в матричному матеріалі пористого тіла.

3. Вперше встановлено, що при шліфуванні спечених порошкових матеріалів спостерігається ущільнення поверхневих шарів деталі. Із збільшенням швидкості переміщення деталі зменшується час дії ріжучого інструмента на оброблюваний матеріал і як наслідок, товщина ущільненого шару зменшується. При зменшенні подачі та швидкості переміщення деталі, зона деформації розширюється та збільшується товщина ущільненого шару. Металографічні дослідження показали, що при $S=0,1\text{мм/хід}$, $V_d=5\text{м/хв}$, $V_{кр}=35\text{м/с}$, $\theta=24\%$ для зразків з порошку ПЖР–3 пластична деформація поверхневого шару зовнішньої поверхні при шліфуванні досягає 400 мкм.

4. Досліджено характер зміни твердості поверхні оброблюваної деталі в залежності від режимів різання. З метою підвищення твердості поверхневого шару шліфування потрібно проводити з мінімально можливою подачею, збільшення подачі призводить до зниження твердості матричного матеріалу, що негативно відображається на експлуатаційних властивостях оброблюваної деталі, тобто на її зносостійкість. Твердість поверхневого шару після оброблення при $S=0,1\text{мм/хід}$, $V_d=5\text{м/хв}$, $V_{кр}=35\text{м/с}$, $\theta=24\%$ збільшилася з НВ 46 до НВ 82.

5. Виведено регресійну залежність для визначення сил різання від режимів різання та пористості деталі. Встановлено, що пористість деталі має зворотній вплив на сили різання при шліфуванні, її збільшення призводить до зменшення силового впливу на оброблювану поверхню.

6. Виведено регресійне рівняння для визначення температури різання в залежності від режимів різання та пористості деталі. Встановлено, що із

зростанням пористості збільшується температура різання на поверхні деталі внаслідок зменшення коефіцієнта теплопровідності та погіршення умов тепловідводу. З метою зниження температури в зоні різання запропоновано використовувати метод сухого переривчастого шліфування. Для цього спроектований та виготовлений преривчастий шліфувальний круг, використання якого призводить до зниження температури в зоні різання на 21–27%.

7. З використанням методу лінійного програмування встановлено взаємозв'язок оптимальних режимів різання з показниками якості оброблюваної поверхні при шліфуванні пористих спечених матеріалів. На основі отриманих результатів розроблені рекомендації щодо вибору оптимальних режимів різання при фінішній обробці пористого заліза марки ПЖР-3. Оптимальні значення параметрів режиму різання: $V_d = 9 \text{ м/хв}$, $t = 0,02 \text{ мм}$, $n_{opt} = 2680 \text{ об/хв}$; $S_{opt} = 0,2 \text{ мм/хід}$.

8. Виведено регресійну залежність для визначення шорсткості поверхні від режимів різання та пористості деталі. Встановлено, що при плоскому шліфуванні висотні параметри шорсткості залежать від подачі та пористості деталі. Швидкість шліфування має зворотній вплив на шорсткість поверхні, збільшення швидкості веде до зменшення висотних параметрів мікрорельєфу поверхневого шару.

9. Впроваджено технологічний процес плоского шліфування деталі, що виготовлена методом порошкової металургії конструкційного призначення в діюче виробництво ПАТ “Ковельсьільмаш”. Розроблений прогресивний технологічний процес виготовлення планок ТСН.03.441, ТСП 5001-02, які є деталями конвеєру скребкового КСГ-8. Результати досліджень впроваджено на ДП “АЗС №1” АТ “АК “Богдан Моторс” при виготовленні кронштейна амортизатора нижнього А144-2915337, з річним економічним ефектом 23 тис. грн.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Божко Т. Є. Дослідження сил різання при шліфуванні пористих порошкових матеріалів / Т. Є. Божко // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2008. – № 1. – Т. 13. – С. 114–118.

2. Божко Т. Є. Методи зниження температури різання при шліфуванні пористих спечених матеріалів / Т. Є. Божко // Наукові нотатки : міжвуз. зб. – Луцьк, 2009. – № 25 – С. 45–47.

3. Божко Т. Є. Дослідження температури різання при шліфуванні спечених пористих матеріалів / Т. Є. Божко // Наукові нотатки : міжвуз. зб. – Луцьк, 2011. – № 30 – С. 10–14.

4. Божко Т. Є. Обробка різанням порошкових спечених матеріалів / В. М. Бодун, Т. Є. Божко, В. Д. Рудь // Процеси механічної обробки в машинобудуванні: зб. наук. праць. – Житомир, 2007. – № 5., Ч. 2. – С. 12–17 (Автором проведено експериментальні дослідження, зроблено висновки).

5. Божко Т. Є. Дослідження шорсткості поверхні при шліфуванні спечених пористих матеріалів / В. Д. Рудь, Т. Є. Божко // Вісник Східноукраїнського

національного університету імені Володимира Даля. – 2008. – № 6(124). – Ч. 2. – С. 59–63 (Автором виконано аналітичні розрахунки, проведено аналіз отриманих залежностей).

6. Божко Т. Є. Оптимізація умов фінішної обробки деталей із порошкових матеріалів / Т. Є. Божко, В. Д. Рудь // Вісник СевНТУ. Машинобудування та транспорт : зб. наук. праць. – Севастополь, 2010. – № 107. – С. 21–24 (Автором проведено оптимізацію умов фінішної обробки деталей із порошкових матеріалів методом лінійного програмування).

7. Божко Т. Є. Експериментальне дослідження температури в зоні різання при механічній обробці спечених матеріалів / І. Є. Ткачук, Т. Є. Божко, В. Д. Рудь // Наукові нотатки : міжвуз. зб. – Луцьк, 2011. – № 32 – С. 424–430 (Автором розроблено методику розрахунку, отримані аналітичні залежності).

8. Божко Т. Є. Вплив теплових та силових параметрів на якість поверхневого шару при шліфуванні спечених пористих матеріалів / В. Д. Рудь, Т. Є. Божко // Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї-наука-виробництво : всеукр. молодіжна наук.-техн. конф., 29–31 жов. 2008 р. : тези доп. – Луцьк, 2008. – С. 63–65 (Автором проведено експериментальні дослідження, оброблено результати).

9. Божко Т. Е. Исследование процесса шлифования спеченных пористых материалов / В. Д. Рудь, Т. Е. Божко // Материалы и покрытия в экстремальных условиях: исследования, применение, экологически чистые технологии производства и утилизации изделий : 5-тая междунар. конф., 22-26 сент. 2008 г. : тезисы докл. – Крым, 2008. – С. 194 (Автором проведено аналіз отриманих результатів).

10. Божко Т. Є. Вплив параметрів шліфування на якість поверхневого шару спечених пористих матеріалів / В. Д. Рудь, Т. Є. Божко // Прогресивна техніка і технологія : 12-та міжнар. наук.-техн. конф., 20-24 червня 2011 р. : тези доп. – Київ-Севастополь, 2011. – С. 113 (Автором розроблено постановку задачі, проведено аналіз отриманих результатів).

11. Божко Т. Е. Обоснование возможностей использования отходов промышленного производства в качестве конструкционных материалов / В. Д. Рудь, Т. Е. Божко // Материалы и покрытия в экстремальных условиях : исследования, применение, экологически чистые технологии производства и утилизации изделий : 6-тая междунар. конф., 20-24 сент. 2010 г. : тезисы докл. – Крым, 2010. – С. 381 (Автором проведено експериментальні дослідження, оброблено результати).

Анотація

Божко Т.Є. Забезпечення якості поверхневого шару деталей із порошкових матеріалів при шліфуванні. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування, – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2012.

Дисертація присвячена вирішенню комплексної науково-технічної задачі щодо формування поверхневого шару у деталей виготовлених методом порошкової металургії конструкційного призначення.

Обґрунтовано математичну модель формування мікрорельєфа поверхневого шару деталі при абразивній обробці, що включають в себе процеси мікротріщиноутворення і різання-мікросколювання, розвиток яких визначається фізико-механічними властивостями матеріалу, характеристикою інструмента та пористістю деталі. Досліджено залежність шорсткості поверхні від технологічних параметрів операції шліфування, виведені аналітичні залежності для визначення висотних параметрів мікрорельєфу в поверхневому шарі деталі.

Досліджено вплив температурного та силового фактора на якість поверхні при шліфуванні спечених порошкових матеріалів, виведені регресійні залежності для визначення температури різання та сил різання в процесі шліфування.

Проведено оптимізацію структури та параметрів операції плоского шліфування та запропоновано шляхи зниження температури різання.

Ключові слова: технологічний процес, шліфування, спечені пористі матеріали, поверхневий шар.

Анотація

Божко Т.Є. Обеспечение качества поверхностного слоя деталей из порошковых материалов при шлифовании. – На правах рукописи.

Диссертация на получение научной степени кандидата технических наук за специальностью 05.02.08 – технология машиностроения, – Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя, Тернополь, 2012.

Диссертация посвящена решению комплексной научно-технической задачи по формированию поверхностного слоя в деталях изготовленных методом порошковой металлургии конструкционного назначения.

Обоснованная математическая модель формирования микрорельєфа поверхностного слоя детали при абразивной обработке, которые включают у себя процессы микротрещинообразования и резания-микроскалывания, развитие которых определяется физико-механическими свойствами материала, характеристикой инструмента и пористостью детали. Исследована зависимость шероховатости поверхности от технологических параметров операции шлифования, выведенные аналитические зависимости для определения высотных параметров микрорельєфа в поверхностном слое детали.

Исследовано влияние температурного и силового фактора на качество поверхности при шлифовании спеченных порошковых материалов, выведены регрессионные зависимости для определения температуры резания и сил резания в процессе шлифования.

Проведена оптимизация структуры и параметров операции плоского шлифования и предложены пути снижения температуры резания.

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, выводов, списка использованной литературы и приложения.

В первом разделе выполнен анализ литературных источников по вопросам финишной обработки абразивным инструментом спеченных пористых материалов, определены основные процессы, которые происходят при формировании поверхностного слоя детали и направления повышения эффективности шлифования.

Во втором разделе разработана математическая модель формообразования микропрофиля поверхности пористой спеченной детали при финишной обработке абразивным инструментом. Обоснована физическая модель формирования микрорельефа поверхностного слоя детали при абразивной обработке, которые включают в себя процессы микротрещинообразования и резание-микроскалывание, развитие которых определяется режимами резания, характеристикой инструмента и пористостью детали.

В третьем разделе приведены результаты экспериментальных исследований влияния температуры резания и силы резания на качество поверхностного слоя материала при шлифовании спеченного пористого материала. В результате проведенных экспериментальных исследований со следующим регрессионным анализом данных получены расчетные зависимости радиальной и тангенциальной составляющих силы шлифования, температуры резания и шероховатости поверхности.

Исследовано характер изменения твердости поверхности обрабатываемого образцу в зависимости от режимов резания. Проведено исследование влияния параметров режимов резания на уплотнение поверхностного слоя детали.

В четвертом разделе проведена оптимизация структуры и параметров операции финишной обработки абразивным инструментом деталей из порошковых материалов методом линейного программирования.

Проведено исследование относительно снижения температуры резания при шлифовании пористых спеченных материалов. Реализовано результаты теоретических и экспериментальных исследований в виде научно обоснованных рекомендации относительно выбора оптимальных условий высококачественной финишной абразивной обработки.

Внедрены эффективные технологические процессы плоского шлифования деталей, которые изготовлены методом порошковой металлургии конструкционного назначения в действующее производство.

Ключевые слова: технологический процесс, шлифования, спеченные пористые материалы, поверхностный слой.

Annotation

Bozhko Tanya. Quality assurance of surface layers in parts, made of powder materials, during grinding. – Manuscript.

Thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.02.08 – Manufacturing Engineering – Ternopil National Technical University named after Ivan Pul'uj, Ternopil, 2012.

The thesis is dedicated to solving complex scientific and technical problem in forming of the surface layer of parts, produced by powder metallurgy, for structural purposes.

Well founded physical model of formation of the surface layer microrelief of a part during abrasive machining, which includes processes of microcrack formation and cutting-microchipping, whose development is determined by the physical and mechanical properties of materials, tools and porosity characteristic of parts. It was investigated the dependence of surface roughness on technological parameters of grinding operations, derived analytical dependences for determining of parameters of microrelief height in the surface layer of a part.

It was investigated the influence of temperature and power factor on the quality of the surface during grinding of sintered powder materials, derived regression dependences for determination of a cutting temperature and cutting force during grinding.

It was optimized the structure and parameters of flat grinding operation and suggests ways to reduce cutting temperature.

Keywords: technological process, grinding, sintered porous materials, the surface layer.

Формат 60×90 1/16 арк. Папір друк.
Ум. друк. арк. 0,625. Тираж 100 прим. Зам. 34
*Віддруковано у редакційно-видавничому відділі
Луцького національного технічного університету
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75*