

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ МАШИН, СПОРУД І ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ, ІНСТРУМЕНТІВ ТА МАШИН

ДІДУХ ВІТАЛІЙ РОМАНОВИЧ

УДК 621.9

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ШЛІФУВАННЯ
ДЛЯ РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ
КРУГЛОШЛІФУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ**

8.05050301 «Металорізальні верстати та системи»

Автореферат
дипломної роботи магістра

Тернопіль 2017

Роботу виконано на кафедрі конструювання верстатів, інструментів та машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин
Гагалюк Андрій Валерійович
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування
Паливода Юрій Євгенович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 23 лютого 2017 р. на засіданні екзаменаційної комісії №9 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус №4, ауд. В1

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

а) Актуальність теми роботи.

Шліфування є одним з найбільш застосовуваних методів остаточного оброблення відповідальних поверхонь деталей машин. Можливість швидкого отримання відповідної точності та якості оброблених поверхонь деталей, виготовлених із загартованих сталей, твердих сплавів й інших важкооброблюваних матеріалів, робить процес шліфування незамінним з поміж інших методів обробки.

Як показують патентні дослідження, що за останніх 20 років швидкість оброблення різних матеріалів збільшилася від 30 м/с (1955-1960рр), до 180 м/с (2012р.) й станом на 2017р. складає 300 м/с. Крім того, вченими всього світу розроблені методи шліфування, що дозволяють за один прохід знімати припуск 5 – 10 мм, що дозволяє замінити операції попередньої обробки заготовок. Використання точних шліфувальних верстатів укомплектованих передовими шліфувальними кругами з надтвердих матеріалів (алмазу, ельбору), які забезпечують значне зниження сил різання, контактних температур і розмірного зношення інструменту, дало можливість значно підвищити точність і якість оброблюваних деталей.

Процес шліфування на сучасному рівні розвитку є автоматизованим. Є верстати, які працюють по наперед заданому циклу обробки, верстати з адаптивним та числовим програмним керуванням.

Актуальність роботи визначається необхідністю проведення практичних розрахунків і проектування різноманітних вузлів верстатного обладнання, що дасть змогу оцінити поведінку спроектованого об'єкту ще до виготовлення. Також оцінити вплив рухомих частин коробки швидкостей на точність обертання шпинделя. Це дозволить виявити слабкі місця конструкції загалом а ефективніше використовувати конструкційний матеріал.

б) Мета і завдання.

Метою роботи є розширення технологічних можливостей круглошліфувального верстату шляхом внесення в нього конструктивних змін для реалізації точкового шліфування

Для досягнення цієї мети у роботі вирішено наступні задачі:

- Переглянути схему обробки і визначити шляхи зміни зони контакту деталі та шліфувального круга;
- проаналізувати конструкцію дослідного верстата і можливості внесення конструктивних змін в конструкцію;
- провести розрахунок приводу головного руху;
- розробити або удосконалити конструкцію виконавчих механізмів верстата.

вибрати засоби контролю поверхонь деталей при шліфуванні.

с) Об'єкт, методи та джерела дослідження.

Об'єкт дослідження – шліфувальна бабка верстата.

Предмет дослідження – процес швидкісного шліфування.

Методи дослідження. В основу роботи покладено теоретичні і практичні дослідження точності верстатів з можливістю застосування варіаційного розрахунку математичної моделі точності верстату.

d) Наукова новизна отриманих результатів.

доведено можливість застосування методики варіаційного розрахунку точності верстатів до будь-яких верстатів.

e) Практичне значення отриманих результатів.

Результати проведених теоретичних та практичних досліджень можна використати для аналізу поведінки конструкцій верстату для передбачення похибок

f) Апробація.

Результати досліджень за тематикою магістерської роботи доповідались IX Всеукраїнській студентській науково – технічній конференції (Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 20-21 квітня 2016 р.) і опубліковані в збірнику:

Дідух В.Р. Використання методу оптичної тріангуляції для точності виготовлення деталей / В.Р.Дідух, А. В. Гагалюк // Матеріали IX Всеукраїнської студентської науково - технічної конференції / В 2 т. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 20-21 квітня 2016 р.), 2016.- Т. 1. - 245 с. – С. 155.

2. СТРУКТУРА РОБОТИ.

Робота складається із вступу, 9 розділів, висновків, переліку посилань (36 найменувань), ___ додатків.

Загальний обсяг текстової частини – ___ сторінок, ___ таблиць, ___ рисунків.

3. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **Вступі** означено актуальність теми магістерської роботи, визначено мету роботи, а також сформульовано завдання, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети та комплексного наповнення дипломної роботи магістра.

a) Перший "АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ" описує попередньо проведені наукові теоретичні та практичні дослідження за дослідною тематикою магістерської роботи. Проведено дослідження розвитку та формування високошвидкісного шліфування як виду обробки. Огляд та аналіз цих досліджень дозволив зробити наступні висновки: збільшення продуктивності обробки за рахунок збільшення хвилинного знімання матеріалу; меншого зношування ШК при $V_{різ}=80$ м/с, ніж при звичайному шліфуванні (35 м/с), за рахунок зменшення сили різання через зменшення товщини зрізаного шару; інтенсивність зростання температури у зоні різання знижується, а при деяких режимах відбувається охолодження, оскільки значна частина тепла переходить в стружку; збільшення додаткових динамічних навантажень на підшипникові вузли шліфувальної бабки; збільшуються вібрації; при швидкості різання від 150 – 300 м/с ЗОР не встигає потрапити в зону різання, через що не можуть створити належне охолодження зони різання; необхідність контролювати температуру в межах доструктурних перетворень. Враховуючи перелічені пункти ми можемо зробити наступні висновки: використання крупнозернистих кругів при ВШШ у

порівнянні із звичайним шліфуванням забезпечує краще самоочищення круга та формування поверхню з меншою шорсткістю. Це пов'язано із зменшенням товщини зрізаного шару та швидкості проходження групи зерен через поверхню зрізу. Охолодження зони різання при ВШШ можна досягнути за допомогою посиленого охолодженням ЗОР, але при певній зоні режимів різання. При збільшенні швидкості шліфувального круга до 180 м/с охолодження ЗОР малоефективне. Оскільки тепло формується у зоні контакту деталі та інструменту, то її необхідно зменшити і переглянути схему шліфування. Перелік завдань передбачає внесення конструктивних змін у конструкцію верстата. Ці зміни розширяють технологічні можливості верстата за рахунок впровадження процесу високошвидкісного шліфування, що в результаті сприятиме продуктивності та якості обробки.

б) У другому розділі "ОПТИМІЗАЦІЯ СХЕМ ФОРМОУТВОРЕННЯ НА ПРОЕКТОВАНОМУ ВЕРСТАТІ І ОПТИМІЗАЦІЯ ЙОГО КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ" проведено аналіз конструкторсько-технологічних особливостей однієї із деталей, яку обробляють на досліджуваному верстаті, проведені технологічні розрахунки, здійснено аналіз формоутворюючих схем, які реалізуються на цьому верстаті при виготовленні цієї деталі. Сформовано структурно-кінематичну схему досліджуваного верстата. Приділено увагу аналізу компоновок верстатного обладнання подібного типу. Обґрунтовано обрання найбільш раціонального варіанту компоновки верстата для обраного типу верстатного обладнання.

с) У третьому розділі "ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ НА РОЗРОБКУ ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК" здійснено комплекс технологічних розрахунків щодо аналізу точності механічної обробки при раціональному підборі системи базування деталі та оптимального проектування раціонального варіанту технологічного процесу механічної обробки деталі-представника. Розраховано режими різання на різні операції механічної обробки, які є вихідними даними для розробки наступного розділу дипломної роботи.

д) Четвертий розділ "ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ" включає необхідний комплекс проектних розрахунків, які пов'язані із розробкою кінематичного ланцюга приводу головного руху верстата, детальним проектним розрахунком елементів конструкції ШВ верстата.

е) У п'ятому розділі "НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ" проведено математичне моделювання точності круглошліфувального верстату з виведенням аналітичних залежностей для кожної ланки верстата. Значна увага приділена дослідженню характеристик похибок та балансу точності верстата.

ф) Шостий розділ "СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ (комп'ютерні розрахунки та автоматизоване проектування)" містить дані про підбір електричного двигуна приводу інструментального шпинделя за допомогою прикладного ПЗ.

г) **Сьомий розділ "ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ"** містить алгоритм економічних розрахунків, які доводять економічну ефективність прийнятих технічних впроваджень.

h) **Восьмий розділ "ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ"**. Проведено розрахунок віброізолюючих опор для МРВ, запобіжної муфти силової головки, що забезпечує захист ріжучого інструменту від пошкодження, профілактика захворювань, викликаних напруженням органів, систем організму і незручним положенням тіла при роботі, Визначення вогнестійкості будівельних конструкцій будівель цеху.

і) **Дев'ятий розділ "ЕКОЛОГІЯ"** описує актуальність охорони навколишнього середовища, забруднення довкілля, яке виникає внаслідок реалізації дипломного проекту та заходи по зменшенню забруднення.

4. ВИСНОВКИ

1. Крім зовнішніх факторів, які виникають в процесі обробки, є ще й внутрішні, які можуть бути зумовлені недосконалістю конструкції або неточністю виготовлення;
2. очікувані похибки можуть мати випадковий характер і не завжди їх можна передбачити;
3. на даному етапі похибкою встановлення деталі можна знехтувати;
4. оптимальним буде врахування похибок переміщення вузлів верстата;
5. в процесі проектування неможливо врахувати всі фактори;
6. Велика частка верстатів спроектована досить давно, коли твердотіле моделювання було недоступно.
7. Розрахунковий економічний ефект від проведених організаційних та технологічних змін передбачається в розмірі 3794581 грн. на рік

5. ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

1. Технологія обробки на верстатах з ЧПК [Текст]: навч. посіб. для студ. машинобуд. спец. вищ. техн. навч. закл. / Гевко Б. М. [та ін.]; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя, Каф. технології машинобуд. та автомобілів. - Т.: Крок, 2014. - 131 с.
2. Дідух В.Р. Використання методу оптичної триангуляції для точності виготовлення деталей / В.Р.Дідух, А. В. Гагалюк // Матеріали ІХ Всеукраїнської студентської науково - технічної конференції / В 2 т. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 20-21 квітня 2016 р.), 2016.- Т. 1. - 245 с. – С. 55.
3. Луців І.В. Теорія технічних систем / Ю. М. Кузнецов, Ю. К. Новосьолов, І. В. Луців – Севастополь: СевНТУ, 2011. – 246 с.
4. Шанайда В.В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках/ Шанайда В.В. – Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2001. – 163 с.
5. Кривий П.Д. Трудомісткість конструювання та виготовлення металорізальних і деревообробних верстатів: Навчальний посібник/ Кривий П.Д., Шарик М.В., Сотник І.П. – Тернопіль: ТДТУ, 2005. – 128с.
6. Пилипинский В.И, Донец И.П. Производительность, качество и эффективность скоростного шлифования. – М.: Машиностроение, 1986.

– 80с.

7. John A. Webster. President Cool-Grind Technologies. Высокоскоростное шлифование [Электронный ресурс]. Перевод с англ.: Кузьмин А. В. Режим доступа: <http://masters.donntu.edu.ua/2010/fimm/kuzmin/library/tez7.htm>. - Назва з домашньої сторінки інтернету.
8. Зубарев Ю. «Высокоскоростное шлифование – из прошлого в будущее» [Электронный ресурс]. / Ю. Зубарев, А. Приемышев // Мир металла: интернет - журнал. Режим доступа: http://www.abrasive.ru/lib/articles.php?binn_rubrik_pl_catelems6=219. – Назва з домашньої сторінки інтернету.
9. S J. Kovac, et al., A Feasibility Investigation of High-speed Low Damage Grinding of Advanced Ceramics, Proc. Int. Grinding Conference, SME, 1993, Ohio, pp392-398.
10. J. Webster, and M. Tricard, Innovations in Abrasive Products for Precision Grinding, Keynote paper of CIRP, Vol. 53/2/2004, pp. 597-642.
11. W. B. Rowe, L. Yan, I. Inasaki, S. Malkin, 1994, Applications of Artificial Intelligence in Grinding, CIRP Keynote, Vol. 43/2, pp. 521-531.
12. Высокоскоростная обработка. Режим доступа: <http://www.delcam-ural.ru/cam/tehpodderjka> - Назва з домашньої сторінки інтернету.
13. Бреев Б.Т. Модернизация станков для высокоскоростного шлифования. – М.: Машиностроение, 1982. – 60с.
14. Врагов Ю.Д. Анализ компоновок металлорежущих станков: Основы компонетики. – М.: Машиностроение, 1978. – 208с.
15. Мгеладзе В.Ф. Исследование прочности шлифующей способности и насыпного веса промышленного зерна эльбора. – "Абразивы", 1973, №1, с.1 – 4.
16. Друй М.С. Исследование геометрических параметров зерен эльбора. - "Абразивы", 1970, №6, с.5 – 10.
17. Базров Б. Н. Технологические основы проектирования самоподнастраивающихся станков.– М.: Машиностроение.– 1978.
18. Кривий П.Д., Шарик М.В., Сотник І.П. Трудомісткість конструювання та виготовлення металорізальних і деревообробних верстатів. - Тернопіль: - ТДТУ, 2005.-128с.
19. Авдулов А.Н., Шустер В.Г. Построение среднеквадратической базовой поверхности для оценки погрешности формы поверхности произвольного вида. – В кн.: Автоматическое управление точностью на металлорежущих станках. – Л.: ЛДНТП. – 1981. – С. 19-24.
20. Расчеты точности станков: Методические рекомендации /Сост. Портман В. Т., Шустер В. Г., Ребане Ю. К.– М.: ЭНИМС, 1983.–82с.
21. Авдулов А.Н., Шустер В.Г. Построение системы прилегающих базовых поверхностей для оценки точности формы деталей произвольного вида. – Измерительная техника. – 1983. – № 3. – С. 46-48.
22. Решетов Д. Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.
23. Макаров Р.А. Средства технической диагностики машин. - М.:

- Машиностроение, 1981.–223 с.
24. Измерения в промышленности. Справ. Изд. В 3-х кн. Кн. 1. Теоретические основы. Пер. с нем. /Под ред. Профоса П. - 2-е изд., перераб. И доп. - М.:Металургия, 1990. 492 с.
 25. Диагностика процесса металлообработки /В.А. Остафьев, В.С. Антонюк, Г.С. Тымчик. - К.: Тэхника, 1991.–152 с.
 26. Справочная книга по охране труда в машиностроении / Под. ред. Русака А.А. – Л.: Машиностроение, – 1989 г. – 541 с.
 27. Инженерная экология: Учебник / Под ред. проф. В. Т. Медведева. — М.: Гардарики, 2002. — 687 с.
 28. Желібо Є.П., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності: Підручник. – К.: Каравела, 2007. – 288 с.

6. АНОТАЦІЇ

Дідух В.Р. Дослідження процесу високошвидкісного шліфування для розширення технологічних можливостей круглошліфувальних верстатів. 8.05050301 – Металорізальні верстати та системи; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2017 р.

У дипломній роботі розглянуті питання, які пов'язані з аналізом технологічного процесу механічної обробки деталі, дослідженням формоутворення та розробкою оптимальної компоновальної схеми верстата. Виконано проектний розрахунок та розробку окремих вузлів верстата. Проведено математичне моделювання компоновки круглошліфувального верстату з виведенням аналітичних залежностей.

Ключові слова: математична модель, точність, деформація, шпиндель.

Diduh V.R.; "Investigation of high speed grinding for circular grinder capabilities enhancement." 8.05050301 – metal-cutting machine tools and systems; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2017.

In the thesis work examined issues related to the analysis of the process of machining parts, research of the forming moves and development of optimal layout scheme of the machine. Completed project calculation and design of individual units of the machine. Completed the mathematical modeling of layout grinding machine with output of analytical mathematical expression.

Key words: Mathematical model, accuracy, strain, spindle