

<b>1. ПІБ</b>
Рябенков Ігор Олександрович
<b>2. Назва</b>
Підвищення ефективності фінішної обробки деталей гідроапаратури на основі вибору раціональної структури і параметрів операцій
<b>3. Спеціальність</b>
05.02.08 – технологія машинобудування
<b>4. Місце роботи</b>
ДП ХМЗ “ФЕД” Міністерства промислової політики України
<b>5. Де виконана дисертація</b>
Харківський політехнічний інститут
<b>6. Науковий керівник</b>
Новіков Федір Васильович, доктор технічних наук, професор
<b>7. Опоненти</b>
Ларшин Василь Петрович, , д.т.н., професор Умінський Сергій Михайлович, , к.т.н., доцент
<b>8. Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами</b>
Робота виконана відповідно до наукового напрямку кафедри “Технологія машинобудування й металорізальні верстати” Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”, а також відповідно до Державної комплексної програми розвитку авіаційної промисловості до 2010 року (затвердженої Постановою Кабінету Міністрів 12.12.2001 р.), Закону України “Про державну підтримку літакобудівної промисловості в Україні” (№ 2660-3, 12.07.2002 р.) і програми розвитку Державного Підприємства Харківський машинобудівний завод “ФЕД” на період 2004-2005 р.р. (затвердженої наказом Мінпромполітики України №534 від 13.10.2004 р.). Здобувач брав безпосередню участь у виконанні робіт як відповідальний виконавець.
<b>9. Мета і завдання дослідження</b>
<p>Метою роботи є підвищення якості, точності й продуктивності обробки деталей гідроапаратури на основі аналізу теплової й силової напруженості фінішної механічної обробки й науково обґрунтованого вибору раціональної структури й параметрів операцій.</p> <p>Для досягнення зазначеної мети в роботі поставлені наступні задачі:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обґрунтувати технологічні закономірності формування параметрів якості й точності при лезовій і абразивній обробках з урахуванням температурного й силового факторів;</li> <li>– обґрунтувати умови підвищення якості й продуктивності фінішної механічної обробки на основі аналітичного визначення миттєвої й середньої температур і глибини проникнення тепла в поверхневий шар оброблюваної деталі при шліфуванні;</li> <li>– аналітично визначити похибки фінішної механічної обробки отворів і обґрунтувати умови їхнього зменшення;</li> <li>– виконати науково обґрунтований вибір раціональної структури й параметрів операцій фінішної механічної обробки деталей гідроапаратури за критеріями якості, точності й продуктивності;</li> <li>– виконати експериментальні дослідження основних технологічних параметрів фінішної механічної обробки деталей гідроапаратури;</li> <li>– розробити й впровадити у виробництво ефективні операції фінішної механічної обробки деталей гідроапаратури.</li> </ul> <p><i>Об’єкт дослідження</i> – технологічні процеси механічної обробки деталей</p>

гідроапаратури.

*Предмет дослідження* – теоретичний аналіз технологічних закономірностей формування параметрів точності й якості обробки та умов їхнього підвищення на операціях абразивної й лезової обробок деталей гідроапаратури.

*Методи дослідження.* Методологічною основою роботи є системний підхід до вивчення і опису технологічних закономірностей формування параметрів якості й точності при абразивній і лезовій обробках та вибору раціональної структури й параметрів операцій. Теоретичні дослідження базуються на фундаментальних положеннях технології машинобудування, теорії різання матеріалів, опору матеріалів та фізики. При математичному моделюванні параметрів механічної обробки використані методи математичного аналізу. Експериментальні дослідження виконані із застосуванням профілографа-профілометра моделі 201, контрольно-вимірювальної машини “Wenzel” і ротаметра, твердоміра ПМТ-3, мікроскопа металографічного “МІМ-7”.

### **10. Наукова новизна отриманих результатів**

1. Вперше з єдиних позицій обґрунтовані технологічні закономірності формування параметрів якості й точності при абразивній і лезовій обробках з урахуванням температурного й силового факторів, що дозволило зробити вибір раціональної структури й параметрів операцій.

2. Вперше на основі аналітичного визначення миттєвої й середньої температури й глибини проникнення тепла в поверхневий шар оброблюваної деталі при шліфуванні обґрунтовані умови підвищення якості й продуктивності обробки, які складаються в істотному зниженні інтенсивності тертя зв'язки круга з оброблюваним матеріалом і збільшенні швидкості круга.

3. Вперше теоретично узагальнені результати досліджень температури при шліфуванні й показана визначальна роль у формуванні параметрів якості обробки середньої температури, обумовленої тертям зв'язки круга з оброблюваним матеріалом.

4. Дістало подальшого розвитку обґрунтування умов істотного підвищення якості, точності й продуктивності обробки отворів за рахунок застосування технології високошвидкісного фрезерування кінцевими фрезами, що є перспективним напрямком у механічній обробці.

5. Вперше аналітично обґрунтовані принципові відмінності у формуванні величини пружного переміщення в технологічній системі при внутрішньому поздовжньому і врізному шліфуванні, що дозволило виявити нові умови зменшення похибок обробки отворів, які складаються у встановленні безперервної в часі радіальної подачі й максимально досяжної на верстаті (на переході виходжування) швидкості деталі.

### **11. Апробація результатів дисертації**

Основні положення дисертації доповідалися й обговорювалися на X, XIII і XIV Міжнародних науково-технічних конференціях “Фізичні та комп'ютерні технології”, м. Харків, 2005, 2007, 2008 р.р.; XIV Міжнародному науково-технічному семінарі “Високі технології: тенденції розвитку”, м. Харків - м. Алушта, 2008 р.; XV і XVI Міжнародних науково-практичних конференціях “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я”, м. Харків, 2007, 2008 р.р.; V Міжнародній науково-технічній конференції “Сучасні інструментальні системи, інформаційні технології та інновації”, м. Курськ, Росія, 2007 р.; Міжнародній науково-технічній конференції “Наукові дослідження, автоматика й міцність машин, інноваційні й середозахистні технології в техносфері”, м. Курськ, Росія, 2007 р. Роботу в повному обсязі заслухано та схвалено на розширених наукових семінарах кафедри “Технологія машинобудування й металорізальні верстати” Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” (2008 р.), кафедри “Технологія машинобудування” Одеського національного політехнічного університету (2008 р.) та науково-технічному семінарі технічної ради ДП Харківський машинобудівний завод “ФЕД”

(2008 р.).

## 12. Список опублікованих праць за темою дисертації

1. Рябенков И.А. Теоретический анализ условий повышения качества обработки по температурному критерию / Ф.В. Новиков, И.А. Рябенков // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ. – 2007. – Вип. 61. – С. 164-171.
2. Рябенков И.А. Расчет температуры шлифования и глубины ее проникновения в поверхностный слой обрабатываемой детали / Ф.В. Новиков, И.А. Рябенков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – №1/2 (31). – С. 9-12.
3. Рябенков И.А. Исследование теплонапряженности процессов шлифования / Ф.В. Новиков, И.А. Рябенков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – №2/4 (32). – С. 41-44.
4. Рябенков И.А. Определение условий образования погрешностей обработки при шлифовании / И.А. Рябенков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – №3/5 (33). – С. 6-9.
5. Рябенков И.А. Исследование погрешностей механической обработки отверстий / И.А. Рябенков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – №4/4 (34). – С. 55-59.
6. Рябенков И.А. Определение путей уменьшения температуры и повышения производительности при механической обработке / Ф.В. Новиков, И.А. Рябенков // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: машинобудування, машинознавство. – Донецьк: ДонНТУ. – 2008. – Вип. 5 – С. 56-60.
7. Рябенков И.А. Условия снижения силовой напряженности процесса механической обработки / Ф.В. Новиков, С.А. Дитиненко, И.А. Рябенков // Резание и инструмент в технологических системах: междунар. науч.-техн. сб. – Харьков: НТУ “ХПИ”. – 2008. – Вып. 74. – С. 220-226.
8. Рябенков И.А. Расчет и анализ закономерностей изменения величины упругого перемещения при шлифовании с течением времени обработки / Ф.В. Новиков, И.А. Рябенков // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков: НТУ “ХПИ”. – 2008. – Вып. 75. – С. 299-305.
9. Рябенков И.А. Определение условий уменьшения температуры шлифования и глубины ее проникновения в поверхностный слой обрабатываемой детали / И.А. Рябенков // Вісник НТУ “ХП”. Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ “ХП”. – 2008. – № 23. – С. 16-21.
10. Рябенков И.А. Теоретический анализ формирования погрешностей при обработке отверстия с начальной значительной некруглостью / Ф.В. Новиков, И.Е. Иванов, И.А. Рябенков // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ. – 2008. – Вип. 68. – С. 119-135.
11. Рябенков И.А. Глубинное алмазное шлифование быстрорежущей стали / Ф.В. Новиков, И.А. Рябенков, О.С. Кленов // Физические и компьютерные технологии: междунар. научн.-техн. конф., 19-20 апреля 2007 г.: труды – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2007. – С. 232-236.
12. Рябенков И.А. Разработка эффективных технологий финишной абразивной и лезвийной обработки с учетом температурного фактора / И.А. Рябенков // Физические и компьютерные технологии: междунар. научн.-техн. конф., 24-25 сентября 2008 г.: труды – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2008. – С. 125-132.
13. Рябенков И.А. Снижение силовой напряженности процессов механической обработки / Ф.В. Новиков, С.А. Дитиненко, И.А. Рябенков // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: міжнар. наук.-практ. конф., 4-6 червня 2008 р.: тези докладів у 2 ч. – Ч.1 – Харків: НТУ “ХП”, 2008. – С. 121.
14. Рябенков И.А. Физические условия осуществления процессов высокоскоростного

резания и глубинного шлифования / И.А. Рябенков // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: межд. научн.-техн. конф., 23-25 мая 2007 г.: тезисы докладов в 2 ч. – Ч. 2. – Курск: КГТУ, 2007. – С. 179-185.

Дисертація присвячена розробці ефективних операцій фінішної механічної обробки деталей гідроапаратури. Для цього обґрунтовано технологічні закономірності формування параметрів якості й точності при абразивній і лезовій обробках з урахуванням температурного й силового факторів, що дозволило зробити вибір раціональної структури й параметрів операцій. На основі аналітичного визначення миттєвої й середньої температури й глибини проникнення тепла в поверхневий шар оброблюваної деталі при шліфуванні обґрунтовані умови підвищення якості й продуктивності обробки, які складаються в істотному зниженні інтенсивності тертя зв'язки круга з оброблюваним матеріалом і збільшенні швидкості круга. Теоретично узагальнені результати досліджень температури при шліфуванні й показана визначальна роль у формуванні параметрів якості обробки середньої температури при шліфуванні, обумовленої тертям зв'язки круга з оброблюваним матеріалом. Теоретично доведена можливість істотного підвищення якості, точності й продуктивності обробки отворів за рахунок застосування технології високошвидкісного фрезерування кінцевими фрезами. Проведено експериментальну перевірку теоретичних рішень. Розроблені і впроваджені ефективні операції високошвидкісного фрезерування глухих і наскрізних отворів і дугових пазів шириною 2,5...5 мм у деталях із загартованих сталей на сучасних верстатах із ЧПУ типу "Ricomaх 60"; операції внутрішнього і плоского шліфування відповідальних деталей із загартованих сталей, що вилучають припіки і мікротріщини на оброблюваних поверхнях.

Ключові слова: якість обробки, процес шліфування, абразивний круг, високошвидкісне фрезерування, математичне моделювання

Диссертация посвящена разработке эффективных операций финишной механической обработки деталей гидроаппаратуры. Для этого обоснованы технологические закономерности формирования параметров качества и точности при абразивной и лезвийной обработках с учетом температурного и силового факторов, что позволило произвести выбор рациональной структуры и параметров операций. На основе аналитического определения мгновенной и средней температуры и глубины проникновения тепла в поверхностный слой обрабатываемой детали при шлифовании обоснованы необходимые и достаточные условия повышения качества и производительности обработки, которые состоят в существенном снижении интенсивности трения связки круга с обрабатываемым материалом и увеличении скорости круга. Теоретически обобщены результаты исследований температуры при шлифовании и показана определяющая роль в формировании параметров качества обработки средней температуры при шлифовании, обусловленной трением связки круга с обрабатываемым материалом. Теоретически доказана возможность существенного повышения качества, точности и производительности обработки отверстий за счет применения технологии высокоскоростного фрезерования концевыми фрезами, что является перспективным направлением в механической обработке.

Аналитически обоснованы принципиальные отличия в формировании величины упругого перемещения в технологической системе при внутреннем продольном и врезном шлифовании, что позволило выявить новые условия уменьшения погрешностей обработки отверстий, состоящие в установлении непрерывной во времени радиальной подачи и максимально достижимой на станке (на переходе выхаживания) скорости детали.

Проведены экспериментальные исследования параметров качества и производительности обработки, позволившие проверить и уточнить полученные теоретические решения. Так, экспериментально установлено, что глубины проникновения

тепла в поверхностный слой обрабатываемой детали при шлифовании значительно превышают глубины шлифования. А это свидетельствует о наличии интенсивного трения связки круга с обрабатываемым материалом и преобладании средней температуры при шлифовании в формировании параметров качества обработки. Показано также, что при лезвийной обработке, вследствие более низкой силовой напряженности процесса, глубины проникновения тепла в поверхностный слой обрабатываемой детали меньше, чем при шлифовании.

Экспериментально установлено, что при высокоскоростном фрезеровании в отличие от процессов шлифования на обработанных поверхностях отсутствуют температурные дефекты, а микротвердость обработанной детали соответствует исходной микротвердости. Обеспечивается высокая точность обработки отверстий – отклонение от цилиндричности в пределах 0,01 мм, чего, например, не достигалось ранее при растачивании и последующем хонинговании глухих отверстий  $\varnothing 10,6$  мм и длиной 26 мм в блоке цилиндров, изготовленном из стали 7ХГ2ВМФ твердостью HRC 51...56. Обеспечивается также увеличение в 2,5 раза производительности обработки и до 4 раз стойкости твердосплавных концевых фрез. На этой основе разработаны эффективные операции высокоскоростного фрезерования твердосплавными концевыми фрезами глухих и сквозных отверстий и дуговых пазов шириной 2,5...5 мм в деталях из закаленных сталей на современных высокооборотных станках с ЧПУ типа "Picomax 60".

Экспериментально установлено, что основным путем устранения прижогов и микротрещин на обрабатываемых поверхностях при шлифовании является снижение интенсивности трения в зоне резания за счет применения более мягких и импрегнированных абразивных кругов. На этой основе разработаны эффективные операции внутреннего и плоского шлифования деталей "кожух" и "рычаг" из закаленных сталей. Теоретически и экспериментально определены также условия повышения эффективности глубинного алмазного шлифования по температурному критерию на операции вышлифовки канавок при изготовлении концевых фрез и сверл из твердых сплавов и быстрорежущих сталей. Внедрение в производство разработанных финишных операций абразивной и лезвийной обработки позволило повысить точность, качество и производительность.

Ключевые слова: качество обработки, процесс шлифования, абразивный круг, высокоскоростное фрезерование, математическое моделирование.

The thesis is devoted to the hydraulic equipment parts finishing effective operations development. To this purpose technological characteristics of the quality and accuracy formation in grinding and cutting are grounded, taking into account the temperature and force factors, which make a rational choice of the operation structure and parameters. Necessary and sufficient conditions of machining quality and productivity improvement are proved on the basis of analytical definition of instant and average temperature and heat penetration depth to the surface layer in grinding. These conditions are determined by essential decreasing in wheel bond and processed material friction intensity and wheel speed increasing. Results of grinding temperature researches are theoretically generalized and the average grinding temperature defining role in formation of processing quality parameters is shown, while the temperature caused by the friction. Possibility of essential improvement of quality, accuracy and productivity of processing of apertures at the expense of application of technology of high speed milling by spiral-end mills that is a perspective direction in machining is theoretically proved. The machining quality and productivity experimental research confirm the accuracy of the theoretical solutions. On the basis mentioned above effective operations of apertures and arc 2,5 ... 5 mm grooves high speed milling by hard alloy spiral-end mills in parts made from the hardened steels are developed while on modern high speed CNC machine tools, for example "Picomax 60" type. Besides internal and flat grinding operations components to machine works made from responsible hardened steels are

also introduced.

Key words: quality of machining, grinding process, abrasive wheel, high speed milling, mathematical modeling.