

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Яценко Сергій Михайлович

УДК 621.923

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ
ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ПАР ТЕРТЯ ПОРШНЕВИХ
НАСОСІВ**

Спеціальність 05.02.08- технологія машинобудування

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса - 2006

Дисертація є рукописом.

Робота виконана в ВАТ “Харківський завод Гідропривід” Міністерства промислової політики України (м. Харків).

Науковий керівник: доктор технічних наук
Новіков Федір Васильович,
Харківський національний економічний
університет, професор кафедри “Техніка і
технології” (м. Харків).

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Марчук Віктор Іванович,
Луцький державний технічний університет,
завідуючий кафедрою “Приладобудування”
(м. Луцьк);

кандидат технічних наук, доцент

Наддачин Валерій Борисович,
Одеський національний політехнічний університет,
доцент кафедри “Технологія машинобудування”
(м. Одеса).

Провідна установа: ДП Харківський науково-дослідний інститут технології
машинобудування Міністерства промислової
політики України (м. Харків).

Захист відбудеться “ 26 ” січня 2007 р. о 14.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.052.02 в Одеському національному політехнічному університеті за адресою: 65044, м. Одеса, пр. Шевченка, 1.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Одеського національного політехнічного університету за адресою: 65044, м. Одеса, пр. Шевченка, 1.

Автореферат розісланий “26” грудня 2007 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Оборський Г.О.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Для нагнітання робочої рідини (мінерального масла) у потужні гідрофіковані машини широко застосовуються аксіально- і радіально-поршневі насоси, які за своїми техніко-економічними показниками перевершують шестерінні та інші типи насосів. Як встановлено практикою, їхня працездатність багато в чому залежить від якості виготовлення пар тертя. Тому до шорсткості, точності і параметрів якості оброблюваних поверхонь (плоских, циліндричних і сферичних) відповідальних деталей пар тертя поршневих насосів висуваються високі вимоги, виконання яких викликає значні складності. Особливо це відноситься до операцій шліфування деталей із загартованих сталей у зв'язку з тим, що в зоні обробки виникають високі температури, які приводять до появи припиків і мікротріщин на оброблюваних поверхнях, зниженню фізико-механічних властивостей поверхневого шару (головним чином мікротвердості). Це, у свою чергу, негативно позначається на працездатності пар тертя і виготовлених насосів.

Традиційно, основним шляхом зменшення температури і забезпечення високоякісної обробки є зниження режимів шліфування. Однак, це не завжди ефективно, оскільки призводить до зменшення продуктивності обробки. Тому з метою підвищення ефективності шліфування, вибір оптимальних умов бездефектної обробки необхідно виконувати на основі забезпечення максимально можливої продуктивності, обумовленої температурним фактором і встановленої з урахуванням балансу тепла, що йде в стружки і оброблювану деталь. Це дозволить в максимальній мірі реалізувати потенційні можливості шліфування. Разом з тим, у даному напрямку фактично немає практичних рекомендацій, оскільки в науково-технічній літературі відсутні аналітичні рішення відносно визначення температури при шліфуванні, отримані на основі урахування теплового балансу. Це вимагає проведення комплексу теоретичних і експериментальних досліджень теплових процесів при шліфуванні, що є, по суті, подальшим розвитком фундаментальних наукових праць по теплофізиці механічної обробки. У зв'язку із цим у роботі вирішується актуальне і важливе народногосподарське завдання створення і впровадження ефективної технології фінішної механічної обробки відповідальних деталей пар тертя поршневих насосів за рахунок вибору оптимальних умов високоякісної обробки на основі урахування теплового балансу при шліфуванні.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 516 від 18.04.2006 р. “Державна програма розвитку машинобудування на період 2006-2011 р.р.”: підпрограма “Розвиток верстатострументальної промисловості як основи технологічного забезпечення виробництва в умовах його структурної перебудови”, Постанови Кабінету Міністрів України № 42 р від 4.11.2002 р. “Про підтримку вітчизняного сільгоспмашинобудування” і тематичних планів робіт ВАТ “Харківський завод Гідропривід”.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності технології фінішної механічної обробки відповідальних деталей пар тертя пор-

шневих насосів за рахунок вибору оптимальних умов високоякісної обробки на основі урахування теплового балансу при шліфуванні.

Для досягнення зазначеної мети в роботі поставлені наступні задачі:

- розробити нову математичну модель визначення температури при шліфуванні, засновану на урахуванні балансу тепла, що йде в стружки і оброблювану деталь;
- аналітично описати основні параметри теплового процесу при шліфуванні з використанням розробленої математичної моделі;
- теоретично визначити основні умови зменшення температури при шліфуванні і розробити інженерну методику розрахунку оптимальних параметрів високоякісної обробки з урахуванням обмеження по температурному фактору;
- провести експериментальні дослідження основних технологічних параметрів процесу шліфування і оцінити вірогідність отриманих теоретичних результатів;
- розробити і впровадити у виробництво ефективні технологічні процеси фінішної механічної обробки відповідальних деталей пар тертя поршневих насосів.

Об'єкт дослідження – операції фінішної механічної обробки плоских, циліндричних і сферичних поверхонь відповідальних деталей пар тертя поршневих насосів.

Предмет дослідження – визначення оптимальних умов фінішної механічної обробки відповідальних деталей пар тертя поршневих насосів, що виключають утворення температурних дефектів на оброблюваних поверхнях при одночасному забезпеченні максимально можливої продуктивності та вимог по шорсткості і точності обробки.

Методи дослідження. Застосовувалися теоретичні методи, що базуються на фундаментальних положеннях технології машинобудування, теорії різання матеріалів, математичного аналізу і фізики; математичне моделювання; експериментальні методи із застосуванням профілометра мод. 170621, приладів для виміру твердості ПМТ-3, ТП-2 і ТК-2, мікроскопів ММР-4 і УИМ-21.

Наукова новизна отриманих результатів. 1. Вперше розроблено математичну модель визначення температури при шліфуванні, яка заснована на урахуванні балансу тепла, що йде в стружки і оброблювану деталь, що дозволило виявити, обґрунтувати і реалізувати нові технологічні можливості зменшення температури при шліфуванні і підвищення якості обробки деталей пар тертя поршневих насосів.

2. Одержано принципово нове теоретичне рішення про характер зміни температури при шліфуванні, яке полягає в тому, що із збільшенням часу контакту шліфувального круга з фіксованим перерізом оброблюваної деталі температура збільшується приблизно за експонентним законом, асимптотично наближаючись до значення, рівного відношенню умовного напруження різання до питомої теплоємності і щільності оброблюваного матеріалу, і з фізичної точки зору визначаючого сталий тепловий процес.

3. Теоретично обґрунтовано можливість значного збільшення продуктивності обробки без збільшення температури і погіршення якості оброблюваної поверхні за рахунок реалізації сталого теплового процесу в умовах лезової обробки (точіння) і глибинного шліфування.

4. Вперше встановлена умова значного зменшення товщини дефектного шару оброблюваної деталі, яка полягає в зміні з часом обробки фактичної глибини шліфування по закону нескінченно убутної геометричної прогресії, що реалізується при шліфуванні за схемою виходжування з оптимальною швидкістю деталі і забезпечує рівність товщини дефектного шару і величини пружного переміщення, що виникає в технологічній системі і визначає похибку розміру обробки.

Практична значимість отриманих результатів полягає в тому, що на основі розробленої математичної моделі, теоретичних і експериментальних досліджень створені ефективні технологічні процеси фінішної механічної обробки деталей пар тертя поршневих насосів, що забезпечують підвищення продуктивності і якості обробки за рахунок виключення температурних дефектів на оброблених поверхнях і відповідно підвищення ресурсу роботи виготовлених поршневих насосів. Розроблено нову інженерну методику розрахунку оптимальних умов обробки з урахуванням обмеження по температурному фактору, засновану на рішенні рівняння теплового балансу при шліфуванні. Розроблені технологічні процеси впроваджені в основне виробництво ВАТ “Харківський завод Гідропривід” з економічним ефектом більш як 100 тис. грн. на рік.

Результати роботи використовуються в навчальному процесі на кафедрі “Техніка і технології” Харківського національного економічного університету.

Особистий внесок здобувача полягає в тому, що їм розроблена математична модель визначення температури і інших параметрів теплового процесу при шліфуванні. Теоретично обґрунтований вплив розподілу тепла між стружками, що утворюються, і оброблюваною деталлю на температуру при шліфуванні, сформульовані основні умови зниження температури при шліфуванні і точінні. Розроблено нову інженерну методику розрахунку оптимальних умов обробки з урахуванням обмеження по температурному фактору на основі теплового балансу при шліфуванні. Проведено експериментальні дослідження параметрів теплового процесу при шліфуванні, що підтвердили вірогідність теоретичних рішень. Створені і впроваджені у виробництво ефективні технологічні процеси фінішної обробки деталей пар тертя поршневих насосів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на XI і XII Міжнародних науково-технічних конференціях “Фізичні і комп'ютерні технології”, м. Харків, 2005-2006 р.р.; XIV Міжнародній науково-практичній конференції “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я”, м. Харків, 2006 р.; XIV Міжнародному науково-технічному семінарі “Високі технології: тенденції розвитку”, Харків-Алушта, 2005 р.; IV Міжнародній науково-технічній конференції “Сучасні інструментальні системи, інформаційні технології і інновації”, м. Курськ, Росія, 2006 р. Роботу в повному обсязі заслухано та схвалено на розширеному науковому семінарі кафедри “Технологія машинобудування” Одеського національного політехнічного університету (2006 р.) та науково-технічному семінарі в ВАТ “Харківський завод Гідропривід” (2006 р.).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 9 наукових працях, у тому числі 6 наукових праць у виданнях, рекомендованих

ВАК України.

Структура й обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків і п'яти додатків. Повний обсяг дисертаційної роботи становить 228 сторінок, з них 86 ілюстрацій на 44 сторінках; 23 таблиці за текстом, 7 таблиць на 7 сторінках; 156 найменувань використаних літературних джерел на 16 сторінках; 5 додатків на 12 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі дана загальна характеристика роботи, у якій обґрунтована актуальність, новизна і практична значимість отриманих результатів, сформульовані мета і задачі досліджень. Показано особистий внесок здобувача у виконану роботу і результати апробації дисертації.

У першому розділі проведено аналіз рівня діючих технологічних процесів фінішної механічної обробки відповідальних деталей пар тертя поршневих насосів, виготовлених із загартованої сталі ШХ15 твердістю *HRC* 61...65. Виявлено їхні основні недоліки, що складаються в нестабільному забезпеченні якості обробки у зв'язку з появою різних температурних дефектів на оброблених поверхнях на операціях шліфування. На основі аналізу існуючих теоретичних рішень про технологічні можливості операцій шліфування показано, що виконання вимог по бездефектній обробці вимагає більш істотного зменшення продуктивності шліфування, чим при виконанні вимог по шорсткості і точності оброблюваних поверхонь. Виходячи із цього, зроблений висновок про необхідність визначення нових резервів шліфування на основі науково обґрунтованого вибору оптимальних умов обробки, що забезпечують максимально можливу продуктивність, обумовлену температурним фактором і отриману з урахуванням балансу тепла, що йде в стружки і оброблювану деталь. Показано, що для рішення даної задачі важливо розробити нову математичну модель визначення температури при шліфуванні, засновану на урахуванні теплового балансу, оскільки у відомих теоретичних рішеннях розглядаються закономірності поширення тепла лише в оброблювану деталь, а тепло, що йде в стружки, пропонується враховувати за допомогою поправочного коефіцієнта, що носить емпіричний характер. Тому, для більш глибокого дослідження теплових процесів при шліфуванні і визначення умов підвищення ефективності обробки необхідно мати у своєму розпорядженні функціональні зв'язки між температурою шліфування і кількістю тепла, що йде відповідно в стружки і оброблювану деталь. На підставі цього сформульована мета і задачі досліджень, які наведені вище.

Основними науковими передумовами роботи стали важливі результати теоретичних і експериментальних досліджень теплових процесів при шліфуванні, отримані проф. Якімовим О.В., проф. Усовим А.В. та іншими вченими.

У другому розділі наведена розроблена математична модель визначення температури при шліфуванні, заснована на урахуванні балансу тепла, що йде в стружки і оброблювану деталь. У розрахунковій схемі, показаній на рис. 1, припуск на обробку (за аналогією з роботами проф. Якімова О.В.) представлений пакетом нескінченно тонких адіабатичних стержнів, які в процесі шліфу-

вання перерізуються зі швидкістю $V_{рез}$. Для виконання розрахунків прийнято, що за час дії теплового джерела τ відбулося перерізання стержня довжиною l_1 , тобто теплове джерело перемістилося уздовж стержня на величину $l_1 = V_{рез} \cdot \tau$, і за цей час у результаті різання виділена кількість тепла Q . Це тепло, по-перше, пішло на нагрівання стружок, що утворюються, тобто ділянки стержня довжиною l_1 (витрачена кількість тепла Q_1), по-друге, на нагрівання ділянки стержня довжиною l_2 за рахунок теплопровідності оброблюваного матеріалу (витрачена кількість тепла Q_2). Виходячи із цього, рівняння балансу тепла $Q = Q_1 + Q_2$ представлено у вигляді диференціального рівняння щодо температури при шліфуванні $\theta = \theta(\tau)$:

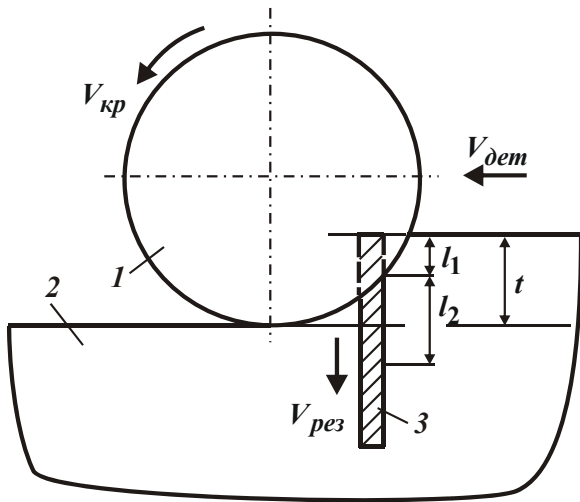


Рис. 1. Розрахункова схема процесу шліфування: 1 – шліфувальний круг; 2 – оброблювана деталь; 3 - адіабатичний стержень.

$$\frac{d\theta}{d\tau} \cdot \theta + A \cdot \theta = B, \quad (1)$$

$$\text{де } A = \frac{V_{рез} \cdot N}{\lambda \cdot S}; \quad B = \frac{N^2}{c \cdot \rho \cdot \lambda \cdot S^2};$$

N – потужність теплового джерела, Вт; λ – коефіцієнт теплопровідності оброблюваного матеріалу, Вт/м·К; c – питома теплоємність оброблюваного матеріалу, Дж/(кг·К); ρ – щільність оброблюваного матеріалу, кг/м³; S – площа поперечного перерізу стержня, м².

Рішення диференціального рівняння для початкової умови $\theta(\tau = 0) = 0$:

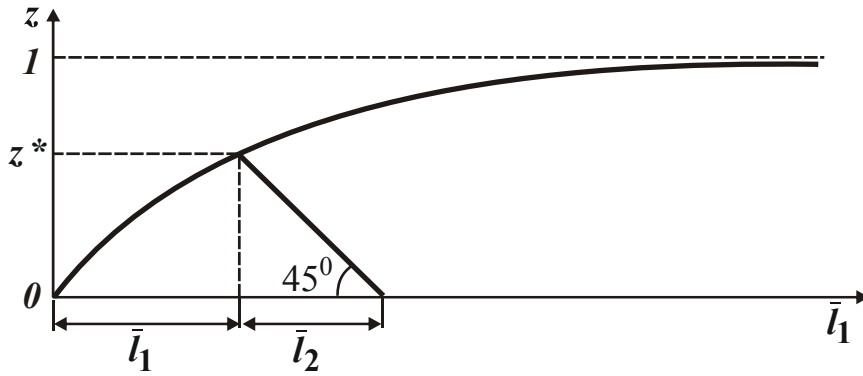
$$\theta = \frac{\sigma}{c \cdot \rho} \cdot \left[1 - e^{-\frac{c \cdot \rho \cdot V_{рез}^2 \cdot \tau}{\lambda}} \cdot e^{-\frac{c \cdot \rho}{\sigma} \cdot \theta} \right] = \frac{\sigma}{c \cdot \rho} \cdot \left[1 - e^{-\frac{c \cdot \rho \cdot V_{рез}}{\lambda} \cdot l_1} \cdot e^{-\frac{c \cdot \rho}{\sigma} \cdot \theta} \right] \quad (2)$$

або у відносних величинах:

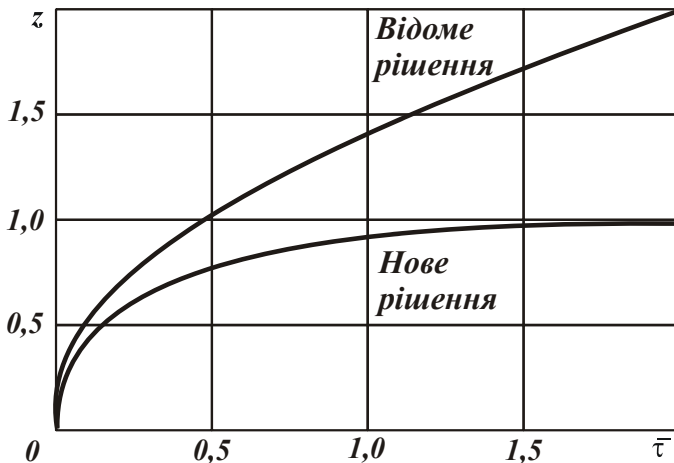
$$l_1 = \frac{\lambda}{c \cdot \rho \cdot V_{рез}} \cdot \bar{l}_1; \quad \bar{l}_1 = -\ln(1 - z) - z; \quad z = \frac{\theta}{\left(\frac{\sigma}{c \cdot \rho} \right)}, \quad (3)$$

де z – відносна величина температури; $\sigma = q / V_{рез}$ – умовна напруга різання, Н/м²; q – щільність теплового потоку, Вт/м².

Із залежності (3) витікає, що відносна величина температури z зі збільшенням довжини стержня $l_1 = V_{рез} \cdot \tau$ (або часу τ контакту шліфувального круга зі стержнем) збільшується приблизно за експонентним законом, асимптотично наближаючись до одиниці (рис. 2). Це свідчить про існування сталого в часі теплового процесу при шліфуванні, реалізованого при відносно великих

Рис. 2. Залежність z від \bar{l}_1 .

в стружки ($Q_1=0$), а враховується тільки кількість тепла, що йде в оброблювану деталь, відносна величина z температури необмежено збільшується зі збільшенням часу (відносної величини $\bar{\tau} = z^2 / 2$), рис. 3. При $z < 1$ розбіжність результатів розрахунків, отриманих з використанням нового і відомого рішень, не істотна (до 1,5 разів), а при $z \rightarrow 1$ – досить значна, що вимагає застосування для

Рис. 3. Залежності z від $\bar{\tau}$.

розрахунків більш точного нового рішення. Безрозмірна величина $\bar{l}_1 = -\ln(1-z) - z$ в роботі протабільована, що дозволяє досить просто за відомим значенням \bar{l}_1 установити відносну величину температури z .

Використовуючи отримане рішення, визначені основні параметри теплового процесу при шліфуванні: довжина стержня l_2 , рівна товщині поверхневого шару оброблюваної деталі, у якому

концентрується тепло; миттєва швидкість V_θ поширення тепла вглиб розглянутого адіабатичного стержня; частки тепла Q_1 / Q і Q_2 / Q , що йдуть відповідно в стружки, що утворюються, і оброблювану деталь:

$$l_2 = \frac{\lambda}{c \cdot \rho \cdot V_{рез}} \cdot \bar{l}_2; \quad \bar{l}_2 = z; \quad V_\theta = V_{рез} + \frac{dl_2}{d\tau} = \frac{V_{рез}}{z}, \quad (4)$$

$$\frac{Q_1}{Q} = 1 - \frac{z^2}{2 \cdot \bar{l}_1}; \quad \frac{Q_2}{Q} = \frac{z^2}{2 \cdot \bar{l}_1}. \quad (5)$$

З наведених залежностей витікає, що довжина стержня l_2 змінюється за законом зміни відносної величини температури z (рис. 2, табл. 1). Миттєва швидкість V_θ , навпаки, зі збільшенням z безупинно зменшується, асимптотично наближаючись до значення $V_{рез}$.

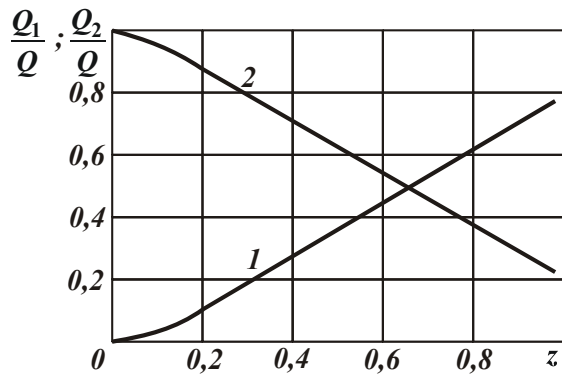
значеннях \bar{l}_1 (або τ), наприклад, при глибинному шліфуванні. Дане рішення є принципово новим, тому що відповідно до відомого теоретичного рішення, в якому не враховується функціонально кількість тепла, що йде

розрахунків більш точного нового рішення. Безрозмірна величина $\bar{l}_1 = -\ln(1-z) - z$ в роботі протабільована, що дозволяє досить просто за відомим значенням \bar{l}_1 установити відносну величину температури z .

Використовуючи отримане рішення, визначені основні параметри теплового процесу при шліфуванні: довжина стержня l_2 , рівна товщині поверхневого шару оброблюваної деталі, у якому

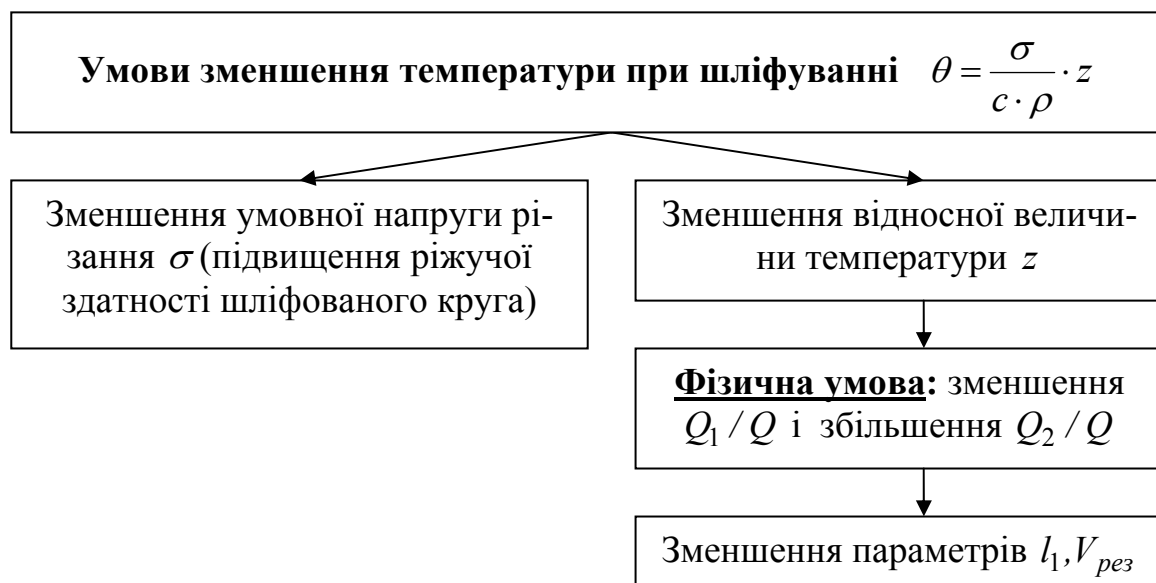
Розрахункові значення безрозмірних величин \bar{l}_1 , \bar{l}_2 і \bar{l}_2/\bar{l}_1

z	0,091	0,167	0,333	0,5	0,632	0,85	0,9	0,99	0,999	0,9999
\bar{l}_1	0,004	0,015	0,072	0,193	0,368	1,047	1,4	2,005	3,6	6,0
\bar{l}_2	0,091	0,167	0,333	0,5	0,632	0,85	0,9	0,99	0,999	0,9999
\bar{l}_2/\bar{l}_1	22,75	11,13	4,625	2,59	1,717	0,818	0,643	0,495	0,278	0,167

Рис. 4. Залежності величин Q_1/Q (1) і Q_2/Q (2) від параметру z .

Відносні величини Q_1/Q і Q_2/Q визначаються лише одним параметром – відносною величиною температури z , рис. 4. Отже, зменшення величини z припускає зменшення Q_1/Q і збільшення Q_2/Q за рахунок зменшення добутку параметрів $l_1 \cdot V_{рез}$ відповідно до залежності (3). Цим показано, що розподіл тепла між стружками, що утворюються, і поверхневим шаром оброблюваної деталі обумовлений температурою шліфування. Це добре погодиться з результатами експериментальних досліджень різних процесів механічної обробки, наведених у науково-технічній літературі.

Наприклад, з відомими експериментальними даними проф. Данієляна А.М., згідно яким зі збільшенням швидкості різання і відповідно температури різання при точінні, частка тепла, що йде в стружку, збільшується, асимптотично наближаючись до значення 80%, а частка тепла, що йде в оброблювану деталь, навпаки, зменшується до значення 20%.

Рис. 5. Структурна схема умов зменшення температури при шліфуванні θ .

На основі проведеного теоретичного аналізу сформульовані основні умови зменшення температури при шліфуванні θ (рис. 5), що полягають в зменшенні параметрів σ, l_1 (рівного глибини шліфування) і $V_{рез}$. У роботі також отримана залежність, що дозволяє в явному виді виразити відносну величину температури z через параметри теплового процесу при шліфуванні:

$$z = 1 - e^{-\frac{c \cdot \rho \cdot V_{рез} \cdot (l_1 + l_2)}{\lambda}} = 1 - e^{-(\bar{l}_1 + \bar{l}_2)}. \quad (6)$$

Установлено, що відносна величина температури z цілком однозначно визначається сумарною довжиною ділянки стержня $(l_1 + l_2)$, підданого тепловому впливу. Чим менше дана величина, тим менше відносна величина температури z і відповідно температура при шліфуванні θ .

У третьому розділі наведені результати дослідження умов зменшення температури при механічній обробці. Показано, що найбільша температура при плоскому шліфуванні досягається за умови $l_1 = t$ (рис. 1), тобто в момент виходу шліфувального круга з контакту з розглянутим адіабатичним стержнем. Тоді залежність (3) приймає вид:

$$\frac{c \cdot \rho}{\lambda} \cdot Q_{y\partial} \cdot \sqrt{\frac{t}{2 \cdot R_{кр}}} = \bar{l}_1 \quad (7)$$

де t – глибина шліфування, м; $Q_{y\partial} = t \cdot V_{дет}$ – питома продуктивність обробки, $\text{м}^3/(\text{м} \cdot \text{с})$; $V_{дет}$ – швидкість деталі, м/с; $R_{кр}$ – радіус круга, м.

Виходячи із цього, зроблена кількісна оцінка основних параметрів теплового процесу при плоскому багатопрхідному ($t_1 = 0,01 \cdot 10^{-3}$ м) і глибинному ($t_2 = 10^{-3}$ м) шліфуванні найбільш важкооброблюваного матеріалу – твердого сплаву ВК8, здійснюваного з досить високою питомою продуктивністю обробки $Q_{y\partial} = 600 \text{ мм}^3/(\text{мм} \cdot \text{хв})$, табл. 2.

Таблиця 2

Розрахункові значення параметрів $\tau, V_{рез}, \bar{l}_1, z, \theta, \frac{Q_1}{Q}, \frac{Q_2}{Q}, \frac{Q_2}{Q_1}, \frac{\bar{l}_1}{\bar{l}_2}, V_\theta, \frac{V_\theta}{V_{рез}}$
 $(\lambda = 50 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); c = 175,9 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}); \rho = 15 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3; 2R_{кр} = 0,3 \text{ м})$

Вид шліфування	$\tau \cdot 10^{-2},$ с	$V_{рез} \cdot 10^{-3},$ м/с	$\bar{l}_1 \cdot 10^{-2}$	$z \cdot 10^{-2}$	$\theta, \text{К}$	$\frac{Q_1}{Q}$	$\frac{Q_2}{Q}$	$\frac{Q_2}{Q_1}$	$\frac{\bar{l}_1}{\bar{l}_2}$	$V_\theta \cdot 10^{-3},$ м/с	$\frac{V_\theta}{V_{рез}}$
Багатопрхідне	0,17	5,8	0,3	7,7	466	0,05	0,95	19,0	0,04	75,4	13
Глибинне	173	0,58	3	22,8	1385	0,16	0,84	5,25	0,14	2,55	4,4

Із табл. 2 витікає, що відносна величина температури z приймає невеликі значення, значно менші одиниці. Це свідчить про те, що для даних умов шліфування має місце несталий тепловий процес.

Розрахункові значення параметрів τ, l_2, θ для $\sigma = 16 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$

Вид шліфування	$\tau, \text{с}$	$l_2 \cdot 10^{-3}, \text{м}$	$\theta, \text{К}$
Багатопрохідне	0,28	3,27	6064
Глибинне	28,2	32,67	6064

Параметри сталого теплового процесу ($z \rightarrow 1$), описувані залежностями:

$$\tau = \frac{\lambda}{c \cdot \rho \cdot V_{рез}^2}; \quad l_2 = \frac{\lambda}{c \cdot \rho \cdot V_{рез}}; \quad \theta = \frac{\sigma}{c \cdot \rho}; \quad V_{рез} = V_{дет} \cdot \sqrt{\frac{t}{2 \cdot R_{кр}}}, \quad (8)$$

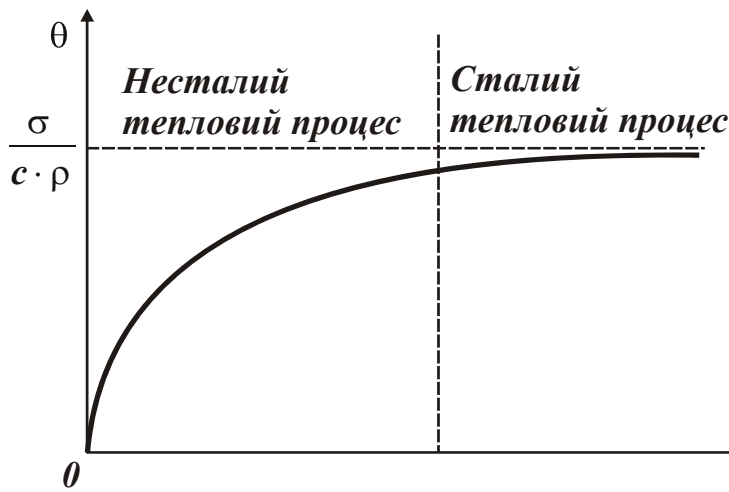


Рис. 6. Залежність θ від t .

для розглянутих умов обробки приймають досить великі значення (табл. 3), не властиві процесу шліфування. Отже, практично неможливо здійснити сталий тепловий процес при шліфуванні важкооброблюваного твердого сплаву. Він може бути реалізований при шліфуванні більш "м'яких" матеріалів, наприклад, сталей. Це підтверджується експериментальними даними проф. Силіна

С.С., отриманими при високопродуктивному плоскому глибинному абразивному шліфуванні сталей і жароміцних сплавів: зі збільшенням глибини шліфування і швидкості деталі температура шліфування спочатку збільшується, потім стабілізується. Такий же характер зміни температури встановлений нами теоретично, рис. 6. Із цього випливає, що реалізація сталого теплового процесу при шліфуванні відкриває нові можливості істотного збільшення продуктивності обробки без збільшення температури і погіршення якості оброблюваних поверхонь. Однак для цього необхідно забезпечити при шліфуванні задану температуру, що виключає утворення температурних дефектів на оброблюваній поверхні. Це досягається, головним чином, за рахунок зменшення умовної напруги різання σ у відповідності із залежністю, отриманою Новіковим Ф.В.:

$$\sigma = \frac{2 \cdot \sigma_{сж}}{K_{рез}}, \quad (9)$$

де $\sigma_{сж}$ - межа міцності оброблюваного матеріалу на стиск, Н/м^2 ; $K_{рез} = P_z / P_y$ - коефіцієнт різання; P_z, P_y - тангенціальна і радіальна складові сили різання, Н.

Із залежності (9) витікає, що умовна напруга різання σ тим менша, чим більше коефіцієнт різання $K_{рез}$. Тому з метою зменшення температури поверх-

невого шару оброблюваної деталі ефективно переходити від шліфування до лезової обробки, наприклад, до тонкого точіння, що характеризується більшими значеннями K_{pez} (тому що при шліфуванні $K_{pez} < 1$, а при лезовій обробці $K_{pez} > 1$). Виходячи із цього, на основі залежності (3) з урахуванням співвідношень $l_1 = a$ і $V_{pez} = V \cdot \operatorname{tg} \beta$ визначена відносна величина температури z при подовжньому точінні:

$$\frac{c \cdot \rho}{\lambda} \cdot a \cdot V \cdot \operatorname{tg} \beta = \bar{l}_1 = -\ln(1-z) - z, \quad (10)$$

де a - товщина зрізу, м; V - швидкість різання, м/с; β - умовний кут сколювання оброблюваного матеріалу.

Як видно, безрозмірна величина \bar{l}_1 і відповідно відносна величина температури z однаковою мірою залежать від товщини зрізу a і швидкості різання V . З їхнім збільшенням відносна величина температури z спочатку збільшується, потім стабілізується, табл. 1. Кількісними розрахунками встановлено, що при точінні, на відміну від процесу шліфування, умова $z \rightarrow 1$ виконується в широкому діапазоні режимів різання, які реалізуються на практиці. Отже, при точінні типовою залежністю, що визначає характер зміни температури різання від швидкості різання V , є залежність, показана на рис. 6. Така ж залежність установлена експериментально проф. Данієлянном А.М. і проф. Лоладзе Т.М. при дослідженні процесу точіння, а також інших видів лезової обробки.

Реалізація сталого теплового процесу при точінні забезпечує істотне збільшення питомої продуктивності обробки $Q_{y\partial} = a \cdot V$ без збільшення температури різання і відповідно погіршення якості оброблюваних поверхонь, що є важливим резервом підвищення ефективності фінішної механічної обробки. Цим теоретично обґрунтована можливість застосування за певних умов процесу точіння замість шліфування з погляду підвищення якості і продуктивності обробки.

У роботі визначені умови зменшення довжини стержня l_2 (рис. 1), у якому концентрується тепло, що виділяється при шліфуванні, і який визначає товщину дефектного поверхневого шару обробленої деталі, обумовленого температурним фактором. Виходячи із залежності (4), при заданій (критичній) температурі шліфування, обумовленій відносною величиною температури z , зменшити параметр l_2 можна лише зменшенням швидкості

$$V_{pez} = V_{\text{дет}} \cdot \sqrt{\frac{t}{2 \cdot R_{кр}}} = \frac{Q_{y\partial}}{\sqrt{2 \cdot t \cdot R_{кр}}}, \text{ тобто зменшенням глибини шліфування } t \text{ і від}$$

повідно збільшенням швидкості деталі $V_{\text{дет}}$ за умови $Q_{y\partial} = V_{\text{дет}} \cdot t = \text{const}$ (застосуванням багатопрохідного шліфування). При глибинному шліфуванні ($z \rightarrow 1$) також можна зменшити параметр l_2 за рахунок збільшення питомої продуктивності обробки $Q_{y\partial}$. У цьому випадку практично все тепло, що утворюється при шліфуванні, як витікає із залежності (5), іде в стружки. В оброблювану деталь іде невелика частка тепла. Цим, властиво, і пояснюється ос-

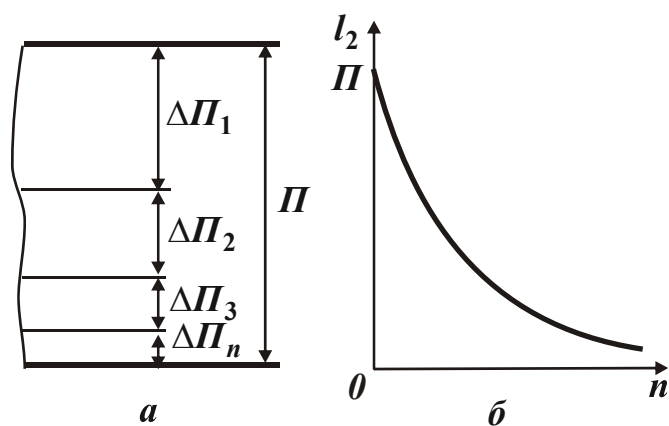


Рис. 7. Розрахункова схема знімання припуску (а) і характер зміни параметра l_2 залежно від кількості проходів круга n (б).

новний фізичний ефект глибинного шліфування, який полягає в можливості високоякісної обробки при одночасному підвищенні продуктивності.

У роботі отримано нове аналітичне рішення, що визначає умову істотного зменшення параметра l_2 . Його суть складається в необхідності обмеження меж зміни параметра l_2 величиною припуску Π , що знімається, тобто в забезпеченні таких умов обробки, при яких параметр l_2 формувався б “усередині” шару припуску Π , рис. 7. Для цього

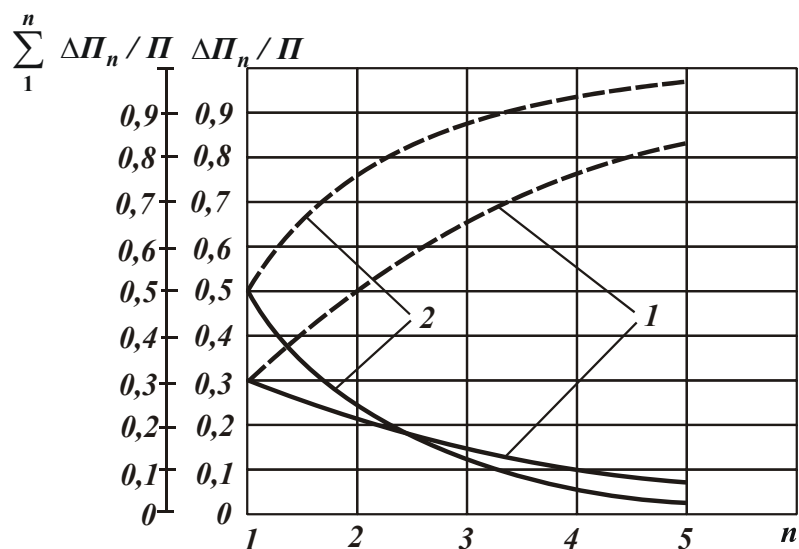


Рис. 8. Характер зміни відношення величини припуску, що знімається на кожному проході круга, до загального припуску $\Delta\Pi_n / \Pi$ (суцільна лінія) і відносного значення знятого припуску $\sum_1^n \Delta\Pi_n / \Pi$ (пунктирна лінія) залежно від кількості проходів круга n для $z_1=0,3$ (1) і $z_1=0,5$ (2).

подачею. Тому з умови рівності знаменників двох прогресій визначена оптимальна швидкість деталі $V_{дет}$, при якій можлива реалізація умови істотного зменшення параметра $l_2 \rightarrow 0$:

$$V_{дет} = \left(\frac{2\theta^*}{\theta} - 1 \right) \cdot \frac{c_1 \cdot K_{ш}}{\sigma} \cdot \frac{V_{кр}}{B}, \quad (11)$$

аналітично описаний характер зміни глибини шліфування із часом обробки (по проходах круга). Показано, що для виконання даної умови глибину шліфування необхідно змінювати за законом нескінченно убутної геометричної прогресії, рис. 8 (де $z_1 = \theta / (2 \cdot \theta^*)$,

$$\theta^* = \frac{\sigma}{c \cdot \rho} \text{ — максимально}$$

можлива температура, К; θ — задана температура, К ($\theta < \theta^*$). Аналітично встановлено, що по такому ж закону зменшується фактична глибина шліфування при виходжуванні, тобто при шліфуванні з відключеною радіальною

де c_1 – жорсткість технологічної системи, Н/м; $K_{ш} = P_z / P_y$ – коефіцієнт шліфування; $V_{кр}$ – швидкість круга, м/с; B – ширина шліфування, м.

Залежність (11) встановлює зв'язок між температурою шліфування θ і умовами обробки. Задаючи необхідне значення θ , по залежності (11) можна визначити відповідну їй швидкість деталі $V_{дет}$. Як видно, чим більше θ , тим менше повинна бути швидкість деталі $V_{дет}$. Збільшенню $V_{дет}$ також сприяють підвищення ріжучої здатності шліфувального круга (збільшення коефіцієнта шліфування $K_{ш}$ і зменшення умовної напруги різання σ), збільшення параметрів c_1 , $V_{кр}$ і зменшення B .

При цьому встановлено, що з фізичної точки зору параметр l_2 дорівнює величині пружного переміщення y_n , що виникає в технологічній системі при виходжуванні (тобто похибці розміру обробки). Зменшення величини y_n до значень 0...10 мкм із часом обробки веде автоматично до зменшення параметра l_2 (товщини дефектного шару обробленої деталі) у таких же межах. Цим показане, що застосування схеми виходжування при шліфуванні дозволяє домогтися зменшення товщини дефектного шару оброблюваної деталі, який потім нескладно усунути на наступній операції доведення.

У четвертому розділі наведені результати створення і впровадження ефективних технологічних процесів фінішної механічної обробки деталей пар тертя поршневих насосів. Для цього проведені експериментальні дослідження твердості (по Віккерсу) поверхні і товщини дефектного шару обробленої деталі (накладного диска із загартованої сталі ШХ15 – відповідальної деталі пари тертя “підп'ятник – накладний диск” аксіально-поршневого насоса) при плоскому шліфуванні абразивним кругом 1А1 450х63х203 24А40СМ1К6, рис. 9,а. Установлено значне зниження твердості поверхні (в 1,63 рази) зі збільшенням глибини шліфування в межах 0,01–0,2 мм, що свідчить про істотне обмеження глибини шліфування у зв'язку з температурним фактором. Показано, що забезпечити твердість обробленої поверхні, близьку до вихідного значення, і одночасно відносно високу продуктивність обробки можна за рахунок виконання операції плоского шліфування в три переходи (попереднє і остаточне шліфування і наступне виходжування), реалізуючи на першому переході максимально можливу продуктивність, а на другому і третьому переходах – домагаючись видалення дефектного шару деталі, що утворився на першому переході.

Експериментально встановлений зв'язок (рис. 9,б) фактичної глибини шліфування t_ϕ (обумовленої пружними переміщеннями в технологічній системі) і товщини дефектного шару деталі після її шліфування (величини y , при якій твердість HV дорівнює вихідній твердості деталі до обробки) і обґрунтована умова істотного зменшення товщини дефектного шару при виходжуванні: $l_2 / t = t / t_\phi$. Цим підтверджене отримане в роботі теоретичне рішення про ефективність застосування процесу виходжування для видалення дефектного шару деталі, що утворюється при шліфуванні.

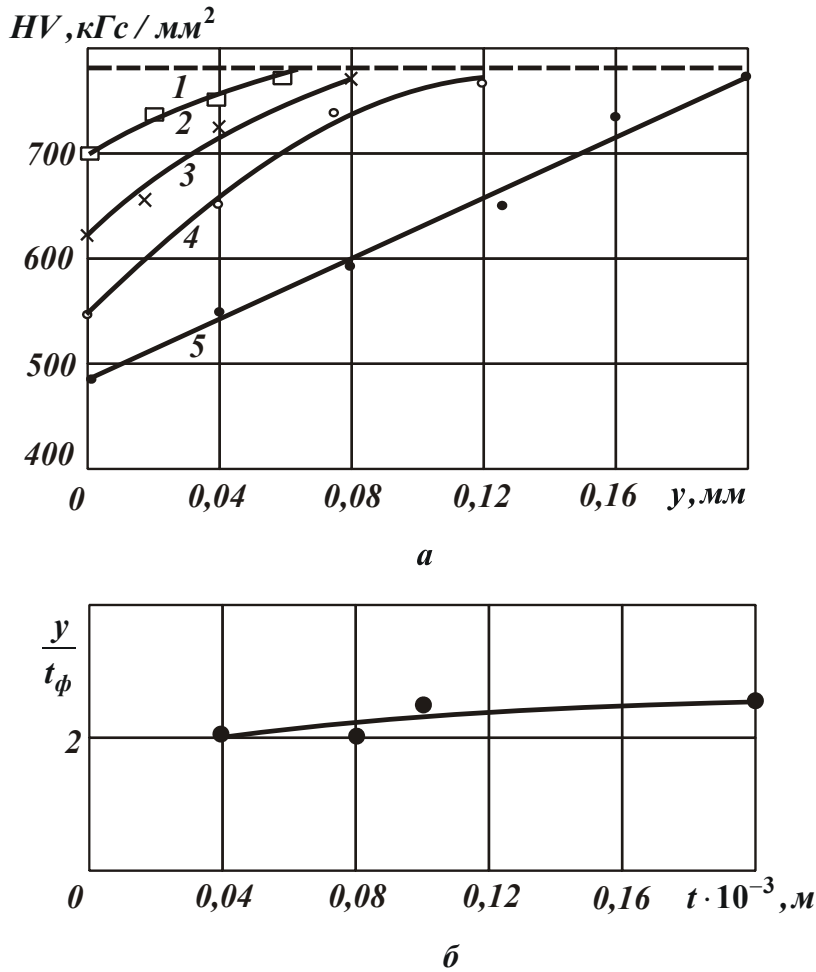


Рис. 9. Зміна твердості HV (а) по глибині дефектного шару деталі після її шліфування з різними глибинами t (1 – вихідна твердість до шліфування; 2 – $t = 0,04$ мм; 3 – $t = 0,08$ мм; 4 – $t = 0,1$ мм; 5 – $t = 0,2$ мм) і залежність y/t_ϕ від глибини шліфування t (б).

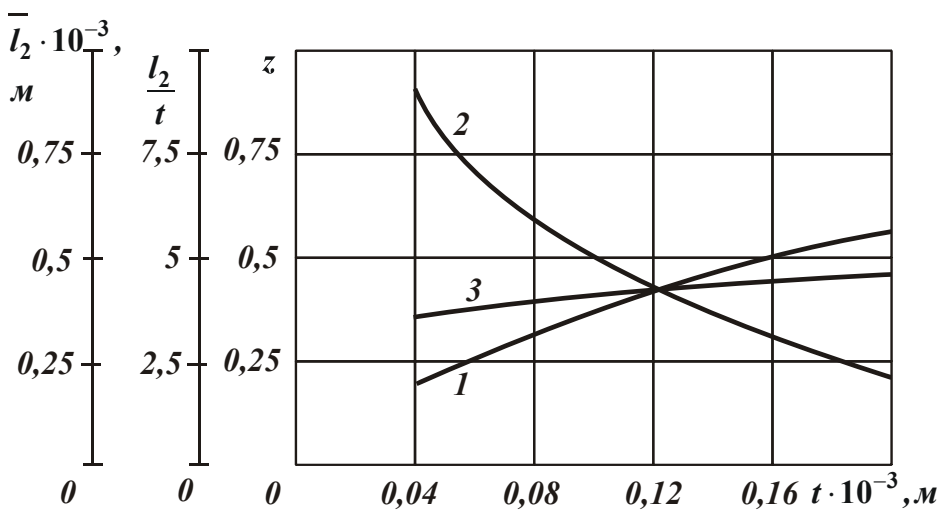


Рис. 10. Характер зміни розрахункових значень z (1), відносини l_2/t (2) і параметра l_2 (3) залежно від глибини шліфування t .

На основі аналітичних залежностей (7) і $l_2 = t \cdot z / \bar{l}_1$ визначені параметри z , l_2/t і l_2 (рис. 10) для плоского шліфування деталі із загартованої сталі ШХ15 (коефіцієнт температуропровідності сталі

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} = 8,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с};$$

$$\lambda = 42 \text{ Вт/м} \cdot \text{°С};$$

$$R_{кр} = 0,225 \text{ м}; V_{дет} = 30 \text{ м/хв}.$$

Теоретичні результати погодяться з експериментальними даними, наведеними на рис. 9,б, які вказують на те, що відношення y/t_ϕ (відповідне відношенню l_2/t) завжди більше одиниці. Отже, для даних умов шліфування відносна величина температури z буде менше значення

0,8. Спостережуване розходження

експериментальних значень товщини дефектного шару y і розрахункових значень товщини шару l_2 , у якому концентрується тепло, що утворюється при шліфуванні, свідчить про те, що умови формування дефектного шару деталі при

шліфуванні підкоряються більш складним фізичним законам і не можуть бути однозначно описані параметром l_2 .

Експериментально встановлені значення потужності і продуктивності шліфування, що дозволило розрахунково-експериментальним методом визначити (табл. 4) умовну напругу різання σ і температуру θ при плоскому шліфуванні загартованої сталі ШХ15 з урахуванням значень z , наведених на рис. 10.

Таблиця 4

Значення z , σ і θ ($V_{det} = 30$ м/хв)

t , мм	0,04	0,08	0,12	0,2
z	0,19	0,3	0,4	0,55
σ , кГс/мм ²	1333	1000	889	800
θ °С	506	600	711	880

Установлено, що в момент появи припіку на оброблюваній поверхні ($t = 0,2$ мм) температура θ приймає значення 880°C , а найбільше значення θ (при $z=1$) дорівнює 1600°C , що приблизно відповідає температурі плавлення сталі ШХ15. Отже, при плоскому шліфуванні загартованої сталі ШХ15, на відміну від шліфування твердого сплаву (як це показано в третьому розділі роботи), може бути реалізований сталий тепловий процес (відносна величина температури $z \rightarrow 1$). Це добре погодиться з основними положеннями розробленої математичної моделі визначення температури при шліфуванні.

Проведено експериментальні дослідження при плоскому шліфуванні шорсткості і параметрів точності обробки: відхилення від площинності і відхилення від паралельності. Установлено, що забезпечити необхідні значення відхилення від площинності – $0,005$ мм і відхилення від паралельності – $0,01$ мм можна в процесі виходжування, а шорсткість обробки на рівні $R_a = 0,16$ мкм за рахунок застосування додаткової операції доведення абразивними пастами М16 – М20.

Запропонована методика вибору оптимальних режимів шліфування за критерієм бездефектної обробки була використана для вдосконалювання безцентрового шліфування циліндричної частини поршня із загартованої сталі ШХ15. Із цією метою була розроблена технологія безцентрового шліфування в три переходи, що дозволило підвищити твердість обробленої поверхні і експлуатаційні властивості пари тертя “поршень – циліндр (втулка корпусу)”. Технологія забезпечує шорсткість поверхні $R_a = 0,32$ мкм і відхилення від циліндричності $0,005$ мм. Наступним доведенням вільним абразивом досягається необхідна шорсткість $R_a = 0,16$ мкм.

Експериментально встановлено, що заміна операції шліфування, здійснюваної на профіле-шліфувальному верстаті мод. ЛЗ190, на операцію тонкого точіння, здійснюваної на сферо-токарному верстаті мод. 16М25, сферичної поверхні поршня із загартованої сталі ШХ15 дозволяє забезпечити твердість обробленої поверхні, близьку до вихідного значення, у широких межах зміни режимів різання. Це свідчить про зниження інтенсивності теплової напруженості

обробки при точінні в порівнянні зі шліфуванням і підтверджує отримані в роботі в даному напрямку теоретичні рішення.

На основі проведених експериментальних досліджень розроблені науково обґрунтовані рекомендації з вибору оптимальних умов високоякісної фінішної механічної обробки, створені і впроваджені в основне виробництво ВАТ “Харківський завод Гідропривід” ефективні технологічні процеси плоского і безцентрового шліфування, тонкого точіння (у тому числі різцями із синтетичних надтвердих матеріалів) і доведення абразивними пастами відповідальних деталей пар тертя поршневих насосів. Це дозволило виключити температурні дефекти обробки і забезпечити твердість обробленої поверхні, близьку до вихідного значення, при одночасному збільшенні на 30-50% продуктивності обробки, скороченні витрат по різальному інструменту (шліфувальних кругах) і зниженні трудомісткості наступних операцій доведення вільним абразивом. Підвищення якості обробки деталей пар тертя дозволило підвищити ресурс роботи поршневих насосів більш ніж у два рази і досягти рівня світових виробників подібної продукції (наприклад, закордонних фірм “Parker Hydraulics” і “Bosch Rexroth”). Економічний ефект від впровадження розроблених технологічних процесів фінішної абразивної і лезової обробки деталей пар тертя поршневих насосів у ВАТ “Харківський завод Гідропривід” склав 101882 гривень на рік.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі отриманих нових науково обґрунтованих результатів вирішена важлива і актуальна науково-практична задача створення ефективної технології фінішної механічної обробки відповідальних деталей пар тертя поршневих насосів за рахунок вибору оптимальних умов високоякісної обробки на основі урахування теплового балансу при шліфуванні.

1. Розроблено нову математичну модель визначення температури при шліфуванні на основі урахування балансу тепла, що йде в стружки і оброблювану деталь, і встановлено принципово нову закономірність зміни температури від параметрів обробки. Її суть полягає в тому, що зі збільшенням часу контакту шліфувального круга з фіксованим перерізом оброблюваної деталі температура збільшується приблизно за експонентним законом, асимптотично наближаючись до значення, рівного відношенню умовної напруги різання до питомої теплоємності і щільності оброблюваного матеріалу, і з фізичної точки зору визначаючого сталий тепловий процес. Це вказує на те, що формування температури та інших параметрів теплового процесу при шліфуванні підкоряється більш складним фізичним закономірностям і вимагає застосування уточнених розрахункових схем, що враховують тепловий баланс.

2. Теоретично встановлено, що характер зміни температури при шліфуванні відповідає характеру зміни частки тепла, що йде в стружки, і протилежний характеру зміни частки тепла, що йде в оброблювану деталь. Це добре погодиться з відомими експериментальними даними про взаємозв'язок температури з розподілом тепла при механічній обробці і свідчить про вірогідність розробленої математичної моделі.

3. Зроблено кількісну оцінку балансу тепла і температури при шліфуванні

на основі розробленої математичної моделі й встановлено, що при звичайному багатопрохідному шліфуванні частка тепла, що йде в стружки, значно менше частки тепла, що йде в оброблювану деталь. Відповідно температура приймає відносно невеликі значення. При глибинному шліфуванні, навпаки, практично все тепло йде в стружки, а температура приймає максимально можливе значення, що дозволяє реалізувати сталий тепловий процес.

4. Визначено основні умови зменшення температури і підвищення якості обробки, які полягають в зменшенні частки тепла, що йде в стружки, і збільшенні частки тепла, що йде в оброблювану деталь, за рахунок зменшення глибини шліфування і швидкості переміщення теплового джерела вглиб поверхневого шару оброблюваної деталі.

5. Обґрунтовано можливість істотного збільшення продуктивності обробки без збільшення температури і погіршення якості оброблюваної поверхні за рахунок реалізації сталого теплового процесу в умовах лезової обробки (точіння) і глибинного шліфування. Доведено, що при точінні, яке характеризується більш низькою силовою напруженістю різання в порівнянні зі шліфуванням, можна реалізувати сталий тепловий процес із більшою продуктивністю обробки і меншою температурою поверхневого шару оброблюваної деталі. Це свідчить про значні технологічні можливості фінішної лезової обробки.

6. Теоретично і експериментально обґрунтована умова зменшення товщини дефектного шару оброблюваної деталі, яка полягає в зменшенні із часом обробки фактичної глибини шліфування за законом нескінченно убутної геометричної прогресії, що, як доведено, реалізується при шліфуванні за схемою виходжування з оптимальною швидкістю деталі і забезпечує рівність товщини дефектного шару і величини пружного переміщення, що виникає в технологічній системі і визначає похибку розміру обробки.

7. Експериментально встановлено значний вплив температурного фактору при плоскому шліфуванні на зменшення твердості поверхні і збільшення товщини дефектного шару обробленої деталі із загартованої сталі ШХ15. Виходячи із цього, розроблений оптимальний за структурою технологічний процес плоского шліфування (який включає переходи попереднього і остаточного шліфування і виходжування), що забезпечує твердість поверхні, близьку до вихідного значення (до обробки), і високі показники точності оброблених поверхонь. Необхідні значення відхилення від площинності 0,005 мм і відхилення від паралельності 0,01 мм забезпечуються на операції плоского шліфування, а необхідна шорсткість поверхні $R_a = 0,16$ мкм – на наступній операції доведення абразивними пастами М16 – М20.

8. Розроблено інженерну методику розрахунку оптимальних параметрів режиму шліфування з урахуванням обмежень по температурі шліфування і товщині поверхневого шару обробленої деталі, у якому концентрується тепло, що утворюється при шліфуванні. На її основі розроблена технологія безцентрового шліфування циліндричної частини поршня із загартованої сталі ШХ15 у три переходи, що дозволило підвищити якість обробки і експлуатаційні властивості пари тертя “поршень – циліндр (втулка корпусу)”. Технологія забезпечує шорс-

ткість поверхні $R_a=0,32$ мкм і відхилення від циліндричності 0,005 мм. Наступним доведенням вільним абразивом досягається необхідна шорсткість $R_a=0,16$ мкм.

9. Експериментально встановлено, що перехід від шліфування, здійснюваного на профіле-шліфувальному верстаті мод. ЛЗ190, до тонкого точіння, здійснюваного на сферо-токарному верстаті мод. 16М25, сферичної поверхні поршня із загартованої сталі ШХ15 дозволяє забезпечити твердість обробленої поверхні, близьку до вихідного значення, у широких межах зміни режимів різання. Це свідчить про зниження інтенсивності теплової напруженості обробки при точінні в порівнянні зі шліфуванням і підтверджує отримані в роботі в даному напрямку теоретичні рішення.

10. Розроблені ефективні технологічні процеси фінішної механічної обробки (шліфування, тонкого точіння і доведення) плоских, циліндричних і сферичних поверхонь відповідальних деталей пар тертя поршневих насосів впроваджені в основне виробництво ВАТ "Харківський завод Гідропривід". Вони дозволяють підвищити продуктивність і якість обробки (за рахунок зниження температурного впливу на оброблювану деталь) і відповідно збільшити у два рази ресурс роботи виготовлених поршневих насосів. Економічний ефект від впровадження технологічних процесів склав більш як 100 тис. гривень на рік.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Яценко С.М. Условия снижения температуры поверхностного слоя детали при механической обработке // Високі технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПІ", 2005. – Вип. 2 (11). – С. 471-475.

2. Новиков Ф.В., Яценко С.М. Расчет теплового баланса и температуры резания при шлифовании // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. – Харків: ХНТУСГ, 2005. – Вип. 33. – С. 125-129.

3. Новиков Ф.В., Яценко С.М. Обоснование структуры и параметров технологического процесса механической обработки с учетом температурного фактора // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПІ". – 2005. – № 28. – С. 117-125.

4. Новиков Ф.В., Яценко С.М. Формирование температуры поверхностного слоя обрабатываемой детали при резании и шлифовании // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПІ". – 2005. – № 29. – С. 115-122.

5. Новиков Г.В., Ковальчук А.Н., Яценко С.М. Исследование структуры и параметров рабочей поверхности алмазно-абразивных инструментов // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПІ". – 2005. – № 12. – С. 110-118.

6. Яценко С.М. Расчет и количественная оценка параметров теплового процесса при шлифовании // Вісник Харківського національного технічного уні-

верситету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУС, 2006. – Вип. 42. – С. 215-223.

7. Яценко С.М. Теоретические исследования температуры поверхностного слоя детали при ее механической обработке // В кн.: Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения. В десяти томах. – Т.10. “Концепция развития технологии машиностроения”. – Одеса: ОНПУ, 2005. – С. 124-159.

8. Новиков Ф.В., Яценко С.М. Новый упрощенный подход к расчету температуры поверхностного слоя детали при ее механической обработке // Труды 11-й Международной научно-технической конференции. Физические и компьютерные технологии. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2005. – С. 137-146.

9. Новиков Ф.В., Яценко С.М. Расчет температуры шлифования с учетом движения теплового источника вглубь поверхностного слоя обрабатываемой детали // Труды 12-й Международной научно-технической конференции. Физические и компьютерные технологии. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2006. – С. 105-111.

Яценко С.М. Підвищення ефективності технології фінішної обробки деталей пар тертя поршневих насосів. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування. – Одеський національний політехнічний університет, Одеса, 2006.

Дисертація присвячена розробці ефективної технології фінішної механічної обробки відповідальних деталей пар тертя поршневих насосів за рахунок вибору оптимальних умов високоякісної обробки на основі урахування балансу тепла при шліфуванні, що йде в стружки і оброблювану деталь. Для цього розроблена математична модель визначення температури при шліфуванні. На її основі отримано принципово нове теоретичне рішення про характер зміни температури при шліфуванні. Теоретично визначені основні умови зменшення температури і підвищення якості обробки, які полягають в зменшенні частки тепла, що йде в стружки, і збільшенні частки тепла, що йде в оброблювану деталь, за рахунок зменшення глибини шліфування і швидкості переміщення теплового джерела вглиб поверхневого шару оброблюваної деталі. Обґрунтовано можливості істотного збільшення продуктивності обробки без збільшення температури і погіршення якості оброблюваної поверхні за рахунок реалізації сталого теплового процесу в умовах лезової обробки (точіння) і глибинного шліфування.

Проведено експериментальні дослідження твердості поверхні обробленої деталі і товщини дефектного шару, що дозволили перевірити і уточнити отримані теоретичні рішення. Розроблено інженерну методику розрахунку оптимальних параметрів режиму шліфування з урахуванням обмеження по температурному фактору. На її основі створені і впроваджені в виробництво ефективні технологічні процеси фінішної механічної обробки (шліфування, тонкого точіння і доведення) плоских, циліндричних і сферичних поверхонь відповідальних деталей пар тертя поршневих насосів.

Ключові слова: температура при шліфуванні, якість обробки, операція шліфування, технологічний процес.

Яценко С.М. Повышение эффективности технологии финишной обработки деталей пар трения поршневых насосов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения. – Одесский национальный политехнический университет, Одесса, 2006.

Диссертация посвящена разработке эффективной технологии финишной механической обработки ответственных деталей пар трения поршневых насосов за счет выбора оптимальных условий высококачественной обработки на основе учета теплового баланса при шлифовании. Для этого разработана математическая модель определения температуры при шлифовании, основанная на учете баланса тепла, уходящего в образующиеся стружки и обрабатываемую деталь. Она позволила аналитически определить доли тепла, уходящего в образующиеся стружки и обрабатываемую деталь, и установить их связь с температурой при шлифовании и толщиной поверхностного слоя обработанной детали, в котором концентрируется образующееся при шлифовании тепло.

На основе разработанной математической модели получено принципиально новое теоретическое решение о характере изменения температуры при шлифовании, выражающееся в том, что с увеличением времени контакта шлифовального круга с фиксированным сечением обрабатываемой детали температура увеличивается примерно по экспоненциальному закону, асимптотически приближаясь к значению, равному отношению условного напряжения резания к удельной теплоемкости и плотности обрабатываемого материала, и с физической точки зрения определяющему установившийся тепловой процесс.

Теоретически определены и экспериментально подтверждены основные условия уменьшения температуры и повышения качества обработки, состоящие в уменьшении доли тепла, уходящего в образующиеся стружки, и увеличении доли тепла, уходящего в обрабатываемую деталь, за счет уменьшения глубины шлифования и скорости перемещения теплового источника вглубь поверхностного слоя обрабатываемой детали.

Обоснованы возможности существенного увеличения производительности обработки без увеличения температуры и ухудшения качества обрабатываемой поверхности за счет реализации установившегося теплового процесса в условиях глубинного шлифования и лезвийной обработки (точения).

Определено условие уменьшения толщины дефектного слоя обрабатываемой детали, состоящее в уменьшении с течением времени обработки фактической глубины шлифования по закону бесконечно убывающей геометрической прогрессии, который, как доказано, реализуется при шлифовании по схеме выхаживания с оптимальной скоростью детали и обеспечивает равенство толщины дефектного слоя и величины упругого перемещения, возникающего в технологической системе.

Проведены экспериментальные исследования твердости поверхности об-

работанной детали и толщины образующегося дефектного слоя, позволившие проверить и уточнить полученные теоретические решения. Экспериментально установлено значительное снижение твердости поверхности (в 1,63 раза) с увеличением глубины шлифования в пределах 0,01–0,2 мм, что свидетельствует о существенных ограничениях по температурному фактору при выборе оптимальных условий высококачественной обработки.

Разработана инженерная методика расчета оптимальных параметров режима шлифования с учетом ограничений по температуре шлифования и толщине поверхностного слоя обработанной детали, в котором концентрируется образующееся при шлифовании тепло. На ее основе разработан оптимальный по структуре технологический процесс плоского шлифования деталей из закаленной стали ШХ15 (включающий переходы предварительного и окончательного шлифования и выхаживания), обеспечивающий твердость поверхности, близкую к исходной (до обработки), и высокие показатели точности обрабатываемых поверхностей. Разработаны также эффективные технологические процессы бесцентрового шлифования цилиндрической части поршня из закаленной стали ШХ15 и тонкого точения сферической поверхности поршня взамен применявшегося технологического процесса шлифования на профильно-шлифовальном станке. Внедрение в производство разработанных технологических процессов финишной абразивной и лезвийной обработки деталей пар трения поршневых насосов обеспечивает повышение производительности и качества обработки за счет исключения температурных дефектов на обработанных поверхностях и соответственно повышение ресурса работы изготовленных поршневых насосов.

Ключевые слова: температура при шлифовании, качество обработки, операция шлифования, технологический процесс.

Yatsenko S. M. Increase of efficiency of technology of finish treatment of details of pair of friction of pistons pumps. – Manuscript.

Dissertation on competition of graduate degree of candidate of engineering sciences on speciality 05.02.08 – technology of mashinebuilding. – Odessa national polytechnic university, Odessa, 2006.

Dissertation is devoted to development of effective technology of the finish tooling of responsible details of pair of friction of pistons pumps due to the choice of optimum terms of high-quality treatment on the basis of account of balance of heat at polishing, going away to the appearing shavings and processed work piece. For this purpose the mathematical model of forming of temperature is developed at grinding. On its basis the new theoretical decision is got on principle about character of change of temperature at grinding. The basic terms of diminishing of temperature and upgrading treatment are certain in theory. Possibilities of substantial increase of productivity of treatment are grounded without the increase of temperature and worsening of quality of the processed surface due to realization of the set thermal process in the conditions of blade treatment (turning) and deep grinding.

Experimental researches of hardness of surface of the treated detail and thick-

ness of appearing imperfect layer, allowing to check and specify the got theoretical decisions, are conducted. The engineering method of calculation of optimum parameters of the grinding mode is developed taking into account limitation on a temperature factor. On its basis created and applied in industry effective technological processes of the finish tooling (grinding, thin turning and polishing) of flat, cylindrical and spherical surfaces of responsible details of pair of friction of pistons pumps.

Keywords: temperature at grinding, quality of treatment, operation of grinding, technological process.

Підписано до друку 20.12.2006 р. Формат 60x90 1/16.
Папір офсетн. Друк – ризографія. Ум. -друк. арк. 0,9
Гарнітура Times New Roman. Наклад 100 прим. Зам. № 695334

Надруковано у СПД ФО Ізрайлев Є.М.
Свідоцтво №04058841Ф0050331 від 21. 03. 2001 р.

61024, м. Харків, вул. Гуданова, 4/10