ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

Лосєв Олексій Васильович

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ ПНЕВМАТИЧНИХ ТА ГІДРОПРИВОДНИХ СИСТЕМ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТЕРМОІМПУЛЬСНОГО МЕТОДУ

05.02.08. - Технологія машинобудування

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Харків 1994

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі технології літакобудування Харківського авіаційного інституту імені М. Є. Жуковського

Науковий керівник - кандидат технічних наук, професор Кушнаренко Сергій Григорович

Офіційні опоненти: академік АНТКУ, доктор технічних наук, професор Тернюк Микола Емануїлович

кандидат технічних наук, доцент Сизий Юрій Анатолійович

Провідна організація - Державне підприємство Харківський машинобудівний завод "ФЕД"

Захист відбудеться "27" июня 1995 р. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 02.09.01 у Харківському державному політехнічному університеті

(310002, м. Харків-2, МСП вул. Фрунзе, 21.)

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського державного політехнічного університету.

Автореферат розісланий "26" мая 1995 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Узунян М. Д.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Ця робота присьячена дослідженню, розробці та впровадженню термоімпульсної технології та устаткування для зачистки деталей пневматичних та гідропаливних систем.

Однією з найбільш актуальних проблем у машинобудуванні не тільки в Україні, але й за кордоном є автоматизація та механізація зачисних операцій. Хоча відомі більш ніж 70 методів зачистки та декілька сотень моделей устаткування для їх реалізації, у виробництві деталей пневматичних та гідропаливних агрегатів і систем на зачисних операціях в основному переважає ручна праця. Трудомісткість зачисних операцій в середньому по машинобудуванню досягає 25% загальної трудомісткості формоутворення, а по окремих галузях складає: в авіаційній промисловості - 36%, приладобудуванні - 38%, ракетобудуванні - 36%, суднобудуванні (арматурне виробництво) - 10 ... 22%, електротехнічній промисловості (мікромашини) - 16%, верстатобудуванні - 8 ...15%, тракторобудуванні - 2 ...8% та ін. Обстеження підприємств показує, що менша частка трудомісткості зачистки характерна для галузей з низькою якістю продукції, яка ними виробляється. При збереженні нинішнього стану технології зачистки, з урахуванням інтенсивсивного удосконалення операцій формоутворення передбачається зростання питомої ваги зачисних операцій до 40...60%. Зараз рівень механізації на операціях зачистки в середньому складає 20%.

Суть термоімпульсного методу полягає в тому, що деталі поміщають у герметичній камері з горючою газовою сумішшю, де інструментом обробки є газ, а задирки усуваються за рахунок миттєвого їх нагрівання при згорянні газу. Але недостатня вивченість процесу, відсутність обгрунтованих рекомендацій вибору технологічних режимів та устаткування обмежують його застосування.

Дослідження виконувались у відповідності з програмою робіт по проблемі 0.16.03 (завдання 03), затвердженою ДКНТ та Держпланом СРСР Постановою за №472/248 від 12.12.1980 р., а також у відповідності з програмою 0.72.06 (завданням 09.04), затвердженою Постановою ДКНТ та Держплану СРСР за № 543/228 від 21.10 1985 р та згідно з Постановою Ради Міністрів СРСР за №700 від 16.08.1986 р. "Про державний план СРСР на 1986-1990 роки", том "Підготовка винаходів до впровадження".

Мета роботи. Створення гнучкої автоматизованої технології та устаткування для зачистки деталей з складною конфігурацією поверхонь.

Для досягнення мети треба було розв'язати такі задачі:

1) розробити математичну модель процесу та виконати теоретичні та експериментальнідослідження;

2) визначити технологічні фактори та їх вплив на вибір оптимальних режимів зачистки;

3) відпрацювати рекомендації для визначення технічних характеристик устаткування, що реалізує розроблені технології;

4) провести промислові випробування технологій та устаткування;

5) виконати техніко-економічний аналіз нових розробок та визначити перспективи розвитку методу.

Наукова новизна. Вперше установлені основні закономірності процесу термоімпульсної зачистки деталей, виявлені групи чинників, які визначають технологічні можливості термоімпульсного методу, розроблені научні основи термоімпульсної технології зачистки деталей, включаючи високоточні, зі складною конфігурацією внутрішніх та зовнішніх поверхонь.

Установлений взаємозв'язок режимів обробки деталей із металів та сплавів з використанням детонуючих газових сумішей, з

формою та розмірами робочих камер устаткування.

Розроблені нові технологічні процеси опоряджувально-зачисної обробки та устаткування для їх реалізації, а також визначені перспективи розвитку.

Практична значимість роботи. Розроблені технологічні процеси термоімпульсного усунення задирок з деталей пневматичної та гідропаливної апаратури, а також устаткування для їх здійснення. Це дозволило замінити ручну працю механізованою, підвищити якість та надійність виробів, зменшити трудомісткість зачисних операцій в 10 ...30 разів.

Створено комплекс стендового устаткування та засобів вимірювання для дослідження процесів термоімпульсної обробки деталей та визначені перспективи розвитку технологій, що використовують імпульсне підведення тепла.

Опрацьована інженерна методика визначення термоенергетичних параметрів процесу для широкого діапазону геометричних розмірів деталей та теплофізичних властивостей матеріалів. Метод і устаткування мають патентну чистоту.

Методи дослідження. В роботі використано комплексний метод досліджень. Теоретичні дослідження базуються на розв'язку диференційного рівняння теплопровідності для двохмірного простору методом інтегральних перетворень Фур'є та Лапласа. Одержана аналітична залежність була затим використана для розв'язання задачі визначення температурних полів моделей задирки та деталі з допомогою електронної обчислювальної машини.

Експериментальні дослідження проводились в лабораторних та виробничих умовах з метою визначення вірогідності теоретичної моделі процесу з використанням електричних методів вимірювань швидкоплинних процесів. При цьому застосовувалась оригінальна контрольно-вимірювальна техніка та використовувались спеціальні

стенди. Результати експериментів опрацьовані методами математичної статистики.

На захист виносяться: 1. Принципово новий підхід до побудови робочого технологічного циклу термічної зачистки, що полягає в реалізації принципу імпульсного підведення тепла до оброблюваних деталей при використанні в якості енергоносія детонуючих газових сумішей. 2. Теоретична модель процесу, яка дозволяє виявити вплив різних чинників на вибір режимів обробки. 3. Результати експериментальних досліджень та розроблені гнучкі автоматизовані технологічні процеси й устаткування для зачистки деталей зі складною конфігурацією поверхонь, що задовольняють вимоги виробництва пневматичних та гідропаливних систем.

Реалізація роботи в промисловості. Використання в промисловості технології та оригінального вітчизняного устаткування для термоімпульсної зачистки деталей (після механообробки, лиття під тиском) із цинкових і титанових сплавів, сталей, сплавів на основі міді та неметалічних матеріалів показало їх високу ефективність та перспективність застосування в агрегатному виробництві для обробки деталей складної форми та високої точності в різних галузях машинобудування. Головні зразки установок пройшли міжвідомчі випробування й рекомендовані комісіями до серійного випуску.

Впровадження результатів роботи на підприємствах колишнього СРСР п/с Г-4634, п/с А-1097, п/с М-5590, п/с В-2470 показало річну економічну ефективність 529,8 тис. крб. на одну установку (в цінах 1989 р.).

Технологія та устаткування на основі наказу міністра N°300 від 23.07.1986 р. були внесені в план впровадження для авіаційної промисловості колишнього СРСР. Калузьке моторобудівне виробниче об'єднання освоїло серійне виробництво і випустило сім

установок моделі Т-15. Мелітопольський моторний завод виготовляє дослідно-виробничі установки і веде підготовку до серійного випуску установок моделі Т-15Г.

Апробація роботи. Матеріали, що ввійшли в дисертацію, доповідались і обговорювались на Всесоюзних науково-технічних конференціях "Використання імпульсних джерел енергії в промисловості" (м. Харків, ХАІ, січень 1980 р., вересень 1985 р., жовтень 1990 р.); науково-технічних конференціях молодих спеціалістів ХАВО та НТТ (м. Харків. ХАВО, 1981, 1982 рр.; ХАІ, 198 , 1985, 1987 рр.); науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та аспірантів ХАІ ім. М. С. Жуковського (м. Харків, 1977-1990 рр.); Всесоюзному науково-технічному семінарі "Механізація фінішно-зачисних та оздоблювальних робіт у машинобудуванні" (м. Белгород, травень 1990 р.); регіональному науково-технічному семінарі "Застосування низькочастотних коливань для технологічних потреб" (м. Полтава, вересень 1990 р.) на регіональній науково-технічній конференції "Автоматизація досліджень, проектування та випробування складних технічних систем і проблеми математичного моделювання" (м. Калуга, 1991 р.), на науково-технічному семінарі "Нові високоефективні конструкції ріжучого інструменту та оснастки для механічної обробки деталей" (м. Санкт-Петербург, березень 1992 р.).

Публікації. Основний зміст дисертації викладено в 19 статтях та тезисах доповідей, 43 авторських свідоцтвах колишнього СРСР, 12 патентах США, Канади, Німеччини та 3 науково-технічних звітах. Метод та устаткування демонструвались на ВДНГ у Москві в 1985, 1986, 1987, 1990 рр., а також на Всесвітній виставці досягнень молодих винахідників "Болгарія 3", виставці винаходів "ІНВЕКС-86" в ЧССР, м. Брно, національній виставці СРСР у Фінляндії, м. Хельсінкі, в 1987 р.

Автора відзначено золотою медаллю та Дипломом Всесвітньої виставки досягнень молодих винахідників, срібною медаллю ВДНГ СРСР.

Обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, основних висновків, додатків та списку використаних літературних джерел із 187 найменувань. Робота викладена на сторінках машинописного тексту і містить в собі 53 рисунки, 11 таблиць та 9 додатків.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета та задачі дослідження, показана новизна, практична значимість, відображені методи дослідження.

У першому розділі проведено аналіз стану проблеми зачистки задирок у виробництві деталей агрегатів пневматичних та гідропаливних систем. Подано літературний огляд сучасних методів усунення задирок та їх аналіз виходячи з вимог агрегатного виробництва літальних апаратів, як найбільш жорстких. Із більш ніж 70 методів зачистки прийнятні такі: лезовий, електрохімічний локальний, фізичні (ультразвуковий, термічний). Із-за складності конфігурації внутрішніх та зовнішніх поверхонь деталей, малосерійності виробництва, високих вимог до надійності та ресурсу виробів в більшості випадків використовується лезовий ручний метод усунення задирок. Для гнучкої автоматизації процесу зачистки корпусних деталей агрегатів найбільш перспективним є термічний метод. Існуюче у галькування, яке розробила німецька фірма "БОШ", не забезпечує потрібну якість обробки деталей агрегатів із-за забруднення їх поверхонь продуктами згорання та потреби в подальшому хімічному травленні, а також із-за перегрівання деталей, що вироблені з матеріалів з високою теплопровідністю.

Попередні дослідження термічного методу показали, що при детонаційному згорянні газових сумішей існують дві явно виражені фази теплообміну: імпульсна та квазипостійна. Негативні явища, притаманні термічному методу, формуються в квазипостійному режимі теплообміну. В умовах виробництва деталей пневматичних та гідропаливних систем для зачистки деталей прийнятна тільки імпульсна фаза теплообміну. Ця обставина визначила мету та задачі дослідження і послужила основою для розробки технологій та устаткування для термоімпульсної зачистки деталей.

У другому розділі обгрунтовано вибір моделі процесу термоімпульсної зачистки шляхом оплавлення, а також обгрунтовано вибір моделей задирки та теплонапруженого елемента деталі у вигляді пластини. Для вибраних моделей задирки та деталі розв'язано рівняння теплопровідності для двохмірного простору при імпульсному та постійному нагріванні. Для розв'язання рівняння застосовувались інтегральні перетворення Лапласа та Фур'є. Спочатку були знайдені розв'язки для зображень функцій, а потім з допомогою таблиць визначені оригінали функцій. В результаті була одержана аналітична залежність, яка дозволяє визначати температурне поле моделей, що досліджуються, в залежності від координат

$$t(x,y,\tau) = \frac{aqm}{2h\lambda}\left[\operatorname{erf}\frac{1-x}{2\sqrt{a\tau}} + \operatorname{erf}\frac{1+x}{2\sqrt{a\tau}}\right] \times$$

$$\times \left[1 + \sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n \cdot \exp\left(-\frac{a\pi^2 n^2 \tau}{h^2}\right)\cdot\cos\frac{n\pi y}{h}\right] +$$

$$+ \frac{aqp}{1h\lambda}\left[\frac{1}{2}\int_0^{\tau}\left(\operatorname{erf}\frac{1-x}{2\sqrt{a\tau}} + \operatorname{erf}\frac{1+x}{2\sqrt{a}}\right)d\tau +\right.$$

$$\left.+ \sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n \cdot \cos\frac{n\pi y}{h}\cdot\int_0^{\tau}\exp\left(-\frac{a\pi^2 n^2 \tau}{h}\right)\cdot\left(\operatorname{erf}\frac{1-x}{2\sqrt{a\tau}} + \operatorname{erf}\frac{1+x}{2\sqrt{a\tau}}\right)d\tau\right].$$

Теоретичні дослідження проводились з використанням ЕОМ шля-

хом визначення температурних полів моделей задирки та елемента деталі. Для порівняльного аналізу були проведені розрахунки температурних полів моделей задирки-деталі для алюмінієвого сплаву Ал9, сталей 30Х13 та 12Х18Н10Т. Теплопровідність цих матеріалів умовно можна віднести до високої, середньої та низької. По результатах теоретичних досліджень установлено, що при оптимальному виборі режимів затрат теплової енергії для зачистки деталей з високолегованої сталі 12Х18Н10Т в 1,2 разів менші, ніж у сталі 30Х13. Це відповідає теплофізичним законам і суттєво коректує результати досліджень вітчизняних і закордонних дослідників. Установлено також закономірності зміни затрат теплової енергії від товщини задирки і теплофізичних властивостей матеріалів. Одержана математична залежність дозволяє визначити: оптимальне нагрівання задирки в часі; характеристику джерела теплової енергії, оптимальні режими нагрівання деталі з урахуванням геометрії теплонапружених елементів деталі.

Аналіз розрахункових даних по залежностях часу прогрівання та сталої температури задирки від його товщини виявив, що зміна температури відбувається по лінійному закону, а зміна часу прогрівання по степеневому. З цього випливає, що керування процесом у часі є більш ефективним, ніж по потужності джерела, і що для кожного матеріалу існує діапазон тривалості обробки, в якому теоретично можливе рівномірне округлення кромок.

У третьому розділі представлені експериментальні дослідження, що дозволяють установити правомірність прийнятих допущень при виборі моделі процесу та розв'язанні рівняння теплопровідності, а також визначити умови усталеної роботи камер згоряння. Експериментальні роботи проводились згідно з розробленою методикою на спеціально створених стендах з об'ємом камер згоряння 0,5; 15 і 20 літрів. Стенд на базі промислової установки

моделі Т-15 використовувався для контролю повторюваності результатів, одержаних на стендах типу "бомб", та експериментальної перевірки опрацьованих технологічних процесів в умовах, що максимально наближені до виробничих. Стенди укомплектовані вимірювальним комплексом, що включає в себе: первинні перетворювачі для вимірювання температури газової суміші, стінок камери, зразків, також для вимірювання тиску газової суміші та продуктів згоряння в камері; електронні запам'ятовуючі осцилографи та мікро-ЕОМ для реєстрації та цифрової обробки параметрів, що досліджуються.

Середньоквадратична похибка вимірювальних каналів тиску та температури при їх комплектації електронним запам'ятовуючим осцилографом дорівнює відповідно 10,4% та 10,34%, а при комплектації мікро-ЕОМ - 5,75% та 5,7%. Експериментально установлено, що процеси в робочій камері при забезпеченні сталих початкових умов мають високу повторюваність (параметри продуктів згоряння змінюються в межах 1,5%). Для реєстрації тиску продуктів згоряння були розроблені датчики тиску на базі тензоперетворювачів типу Д16А та Д25А промислового виготовлення, які мають лінійну характеристику і дозволяють реєструвати детонаційні та подальші ударні хвилі в продуктах згоряння.

Експериментальні дослідження дозволили встановити: закономірність протікання процесу в часі; взаємозв'язок між затуханням ударних хвиль та інтенсивністю нагрівання задирок і деталей, вплив геометричних розмірів камери згоряння на тривалість затухання ударних хвиль. На рис. 1 (а,б) представлені типові осцилограми зміни тиску газів і температури досліджуваної моделі задирки у часі в робочих камерах довжиною 100 та 300 мм відповідно. Зіставлення результатів вимірювань температури з результатами, які були одержані в числовому експерименті згідно з розроб-

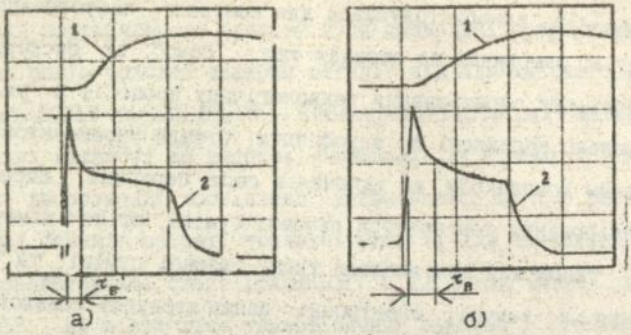

Рис. 1. 1 - $T_{м.}$ = f(τ); 2 - P_z = f(τ).
Масштаб: по горизонтали - в 1 см 0,02 с;
по вертикали - в см - 50°С,
в 1 см - 5,0 МПа.

леною методикою, показало їх добру збіжність. В імпульсному режимі розходження не перевищує 7%, а в квазипостійному режимі ц. розходження знаходяться в межах точності вимірювань.

Експерименти підтвердили правильність вибраної моделі процесу і коректність прийнятих припущень. В цьому розділі наведені результати дослідження температури горючої суміші при наповненні робочої камери в режимі аперіодичної роботи, які використані при розробці інженерної методики визначення параметрів продуктів згоряння. На рис. 2 представлена залежність температури суміші від тиску в діапазоні температур стінок камери від 20 до 140°С.

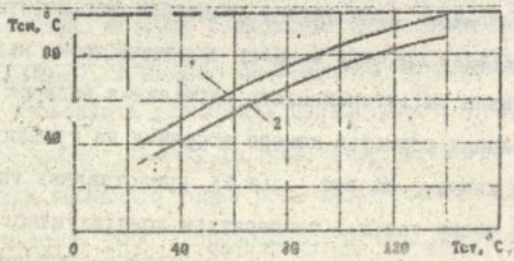

Рис. 2. 1 - $P_{сн}$ = 2,0 МПа; 2 - $P_{см}$ = 0,3 МПа.

В четвертому розділі розглянуті та проаналізовані у взаємозв'язку чинники, що визначають вибір режимів обробки.

Зважаючи на складну природу термоімпульсного усунення задирок в середовищі детонуючих газів, чинники, що впливають на вибір режимів зачистки, було об'єднано в дві групи: 1) такі, що характеризують деталі - температура плавлення, питома теплота плавлення, теплопровідність, тепломісткість та щільність матеріалу, товщина задирок та тонкостінних елементів, наявність різностінності, вимоги до точності та чистоти поверхонь, вимоги до якості зачистки та округлення гострих кромок, маса та площа поверхні; 2) такі, що характеризують устаткування - розміри камери згоряння, хімічний склад горючої суміші, маса газового заряду, точність дозування горючої суміші, швидкодія системи випуску продуктів згоряння, об'єм та площа поверхні пристосування, площа поверхні камери згоряння, щільність завантаження камери, режим горіння газової суміші.

Така кількість чинників не дозволяє експериментальним шляхом оптимізувати режими усунення задирок в агрегатному виробництві, тому згідно з прийнятою моделлю процесу зачистки по характеристиці деталі визначаються оптимальні параметри обробки, які зводяться до визначення тривалості обробки та потужності джерела тепла. У випадку проектування нового устаткування ці дані є вихідними, а при використанні готової установки необхідно зробити її підготовку шляхом підбору складу та маси горючої суміші, точності дозування суміші, завантаження камери та вибору конструкції пристосування.

Параметри обробки визначаються шляхом числового експерименту з використанням аналітичної залежності по температурних полях задирки та тонкостінних елементів деталі. При цьому шляхом визначення потужності та співвідношення імпульсної та квазисталої фаз теплообміну вибирається характеристика джерела тепла.

У результаті обчислень установлені закономірності зміни

усталеної температури та часу прогрівання від товщини задирок (рисунки 3 та 4). До того ж для кожного матеріалу існує своя оптимальна крива для часу та температури. Зменшення часу обробки в порівнянні з оптимальним веде до підвищення потужності джерела в степеневій залежності, а зростання часу - до підвищення темпе-

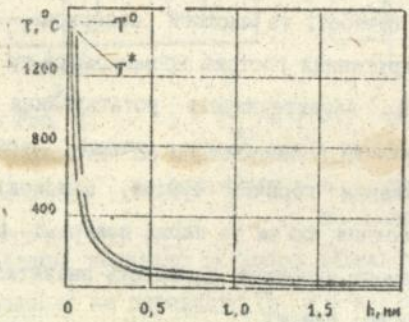

Рис. 3. T° - 30Х13, T* - 12Х18Н10Т.

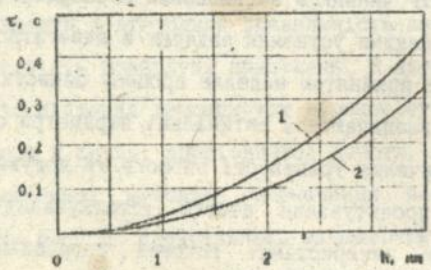

Рис. 4. 1 - 12Х18Н10Т 2 - 30Х13.

ратури деталі та до обмеження номенклатури деталей, що обробляються, по тонкостінних елементах. Потужність джерела тепла залежить від теплофізичних властивостей матеріалу та товщини задирок, що усуваються, і визначається розрахунковим шляхом по заздалегідь побудованому графіку для даного матеріалу. Принцип вибору часового режиму термоімпульсної зачистки деталей полягає в узгодженні тривалості оптимального часу прогрівання задирки ($\tau_з$) з тривалістю затухання ударних хвиль ($\tau_н$) у робочій камері. Для

автоматизації процесу зачистки, особливо високоточних деталей, необхідно виконати умову $т_о \leq т_в$. Вірний вибір часового режиму дозволяє здійснити саморегулюючий процес зачистки за рахунок різкого зниження потужності джерела тепла в квазисталому режимі теплообміну та наступного припинення процесу викидом продуктів згоряння з камери. Вибір режимів обробки проводиться в послідовності: складається характеристика деталі; по теплофізичних властивостях деталі, використовуючи аналітичну залежність, розраховуються на ЕОМ залежності часу прогрівання та усталеної температури від товщини (рисунки 3 та 4) елементів деталі; по найбільшій товщині задирки визначається час прогрівання задирки; проводиться підготовка устаткування по часовому діапазону $т_о \leq т_в$; перевіряється можливість обробки по теплонапружених елементах деталі $т_д \geq т_в$.

У цьому розділі наведена класифікація технологічних процесів та устаткування для їх реалізації, опрацьовані рекомендації для визначення технічних характеристик устаткування, а також методика визначення режимів зачистки. Вперше теоретично доказана можливість, а потім одержані позитивні результати по округленню гострих кромок на деталях із алюмінієвих сплавів, установлені закономірності прогрівання задирок та енерговитрат від теплофізичних властивостей матеріалів, розмірів задирок та часу обробки.

Експериментально установлено, що немає зон деталей, які недоступні для термоімпульсної обробки, якщо не використовуються спеціальні заходи для попередження обробки.

Контроль вірогідності розрахункових режимів проводився з допомогою імітаторів задирок у вигляді наборів інструментальних щупів, а також на деталях масового виробництва (алюмінієві деталі детонаторів), що мають тонкостінні перемички. В лабораторних умовах були одержані сталі режими обробки при співвідношенні

товщин задирок та елемента деталі 1:3. В результаті дослідження термоімпульсного методу опрацьована методика вибору режимів зачистки деталей в умовах виробництва агрегатів гідропаливних систем.

Технологічні процеси, в основу яких покладено імпульсний принцип підводу тепла і які дозволяють гнучко автоматизувати зачисні операції на деталях зі складною конфігурацією внутрішніх і зовнішніх поверхонь, перевірені у виробничих умовах. Типові технологічні процеси для деталей із сплаву АЛ9 та жаростійких сплавів типу ЖСЛ, ЛЖТ, що були прийняті для використання в серійному виробництві, наведені в кінці розділу, а також у додатку до дисертації.

Комплексні випробування деталей після термоімпульсної зачистки виявили, що, на відміну від термічного методу, хімічне травлення оксидів на поверхнях деталей не потрібне, а достатнє тільки звичайне миття водними розчинами.

У п'ятому розділі викладені результати розробки та випробувань устаткування для реалізації термоімпульсної технології зачистки, подана оцінка їх ефективності, показана перспектива застосування термоімпульсної технології, представлені заходи охорони праці та оточуючого середовища.

Створене устаткування моделей ТОК-10, Т-15 та Т-15Г пройшло міжвідомчі випробування, контроль на екологічну чистоту і рекомендовано до серійного виробництва. Модель Т-15 в даний час випускається серійно Калузьким моторобудівним заводом. Дві інші модифікації установок виконані у вигляді дослідно-виробничих зразків. Відмітною особливістю розробленого устаткування є присутність у конструкції елементів, що дозволяють керувати процесом обробки. Один із них - система випуску продуктів згоряння після усунення задирок. У розділі докладно описана конструк-

ція клапана випуску цієї системи.

Лабораторні випробування устаткування по визначенню його технологічних можливостей установили область сталих режимів для обробки деталей точної механіки, для зменшення шорсткості поверхонь та очистки поверхонь і порожнин деталей від технологічних забруднень.

Експертиза установки на рівень техніки та новизну, проведена Всесоюзним центром патентних послуг (ВЦПП), установила патентну чистоту устаткування у відношенні до країн, що є ведучими у цій галузі техніки.

Реальне впровадження результатів досліджень термоімпульсного методу зачистки здійснено на Калузькому моторному заводі (КМЗ) у вигляді технологій для обробки деталей гідропаливних агрегатів газотурбінних двигунів. В Харківському НВО ФЕД створено ділянку термоімпульсної зачистки та очистки деталей гідропаливних агрегатів. На Дергачівському заводі турбокомпресорів у Харківській області проведено комплекс робіт по створенню ділянки термоімпульсної зачистки валів роторів турбін. Технологічний процес та устаткування моделі Т-15 пройшли комплексні випробування та приймання у виготовлювача.

Результати досліджень використані при модернізації устаткування фірми "БСЛ" на Пермському агрегатному заводі та на Мелітопольському моторному заводі при розробці устаткування та технології для термоімпульсної зачистки.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання комплексу теоретичних та експериментальних досліджень опрацьовані наукові основи прогресивної технології зачистки термоімпульсним методом, які дозволяють здійснити гнучку автоматизацію обробки деталей зі складною конфігу

рацією внутрішніх та зовнішніх поверхонь в умовах виробництва деталей пневматичних та гідропаливних систем літальних апаратів.

1. Виявлені особливості виробництва деталей пневматичних та гідропаливних агрегатів і виконано аналіз існуючих методів усунення задирок з урахуванням умов виробництва.

2. Установлена закономірність теплообміну в імпульсному режимі при використанні в якості енергоносія детонуючих горючих сумішей у камерах постійного об'єму і на базі цієї закономірності опрацьовані технологія та устаткування, що задовольняють вимоги виробництва агрегатів пневмо- та гідропаливних систем.

3. Розроблена теоретична модель процесу зачистки оплавленням, яка дозволяє моделювати температурні поля задирок та теплонапружених елементів деталі.

4. Теоретичні дослідження дозволили установити закономірності зміни усталеної температури та часу нагрівання деталі від їх товщини при термоімпульсній обробці, згідно з якими визначена можливість округлення кромок на деталях із матеріалів з високою теплопровідністю.

5. Створені експериментальні стенди з вимірювальним комплексом для дослідження процесів термоімпульсної обробки деталей та устаткування й опрацьована методика експериментальних досліджень процесу зачистки.

6. Виконано комплекс експериментальних робіт по визначенню закономірностей термоімпульсної зачистки та підтвердженню вірогідності теоретичної моделі процесу.

7. Технологія та устаткування для термоімпульсної обробки деталей гідропаливних систем пройшла комплексну перевірку у виробничих умовах за участі галузевих інститутів авіаційної промисловості й рекомендовані міжвідомчими приймальними комісіями до серійного використання в авіаційній промисловості а інших

галузях промисловості.

8. Створені устаткування та технологія для термоімпульсної обробки патентно чисті по відношенню до країн, які є ведучими в цій галузі техніки, і захищені більш ніж 40 авторськими свідоцтвами СРСР та патентами США Канади, Німеччини.

9. Опрацьовані рекомендації по визначенню технічних характеристик устаткування та окреслені перспективи розвитку цієї техніки.

10. Визначені перспективи поширення області застосовування термоімпульсного методу.

11. Результати досліджень реалізовані на підприємствах п/с Г-4634, п/с А-1097, п/с М-5590, п/с В-2470 з сумарним річним економічним ефектом 529,8 тис. крб. у цінах 1989 року.

Основний зміст дисертації опубліковано в таких працях:

1. Колоколов Б. А., Саранча В. Н., Лосев А. В. Термовзрывной метод удаления заусенцев. - В кн.: Высокоскоростная обработка материалов давлением. Харьков, 1977, вып. 6, с. 98-104.

2. Колоколов Б. А., Лосев А. В., Мещеряков С. Ф. Расчет температурного поля пластины при ее местном нагреве. - В кн.: Обработка металлов давлением в машиностроении. Харьков, 1981, вып. 17, с. 49-54.

3. Лосев А. В. Удаление заусенцев с деталей сложной формы методом термического взрыва. - В кн.: Использование импульсных источников энергии в промышленности: (Тез. докл.). Харьков, 1980, с. 152-153. - ДСП.

4. Расчет температурного поля детали типа монолитной панели при ее местном нагреве / Б. А. Колоколов, А. В. Лосев, С. Ф. Мещеряков, В. И. Плешков. - В кн.: Высокоскоростная обработка материалов давлением. Харьков, 1982, вып. 8, с. 72-77.

5. Лосев А. В., Кушнаренко С. Г. К вопросу термоимпульсной зачистки деталей пневматических и гидравлических агрегатов самолетов и двигателей. - В кн.: Использование импульсных источников энергии в промышленности: (Тез. докл.). Харьков, 1985, с. 105-106. - ДСП.

6. Методика выбора начальных параметров горючих смесей в установках для термоимпульсного удаления заусенцев / В.П. Божко, В.М. Бей, И.А. Левитянский, А.В. Лосев. - Судостроительная промышленность. Сер. "Технология и организация производства судового машиностроения", 1987, вып. 5, с. 3-5. - ДСП.

7. Термоимпульсное удаление заусенцев с регулируемым нагревом деталей / В.П. Божко, А.В. Лосев, С.А. Родзин, С.А. Суров. - Авиационная промышленность, 1987, N 12, с. 15-17. - ДСП.

8. Лосев А. В., Ладухина Н. С. Влияние прогрева камеры сгорания импульсных машин на температуру горючей смеси. - В кн.: Обработка металлов давлением в машиностроении: (Тез. докл.). Харьков, 1989, вып. 25, с. 90-92.

9. Лосев А. В. Анализ и систематизация факторов, влияющих на оптимизацию режимов термоимпульсной зачистки. - В кн.: Импульсная обработка металлов: (Тез. докл.). Харьков, 1990, с. 126. - ДСП.

10. Кушнаренко С. Г., Сломинская Г. Н., Лосев А. В. Исследование влияния термоимпульсной обработки на качество поверхностей деталей. - В кн.: Импульсная обработка металлов: (Тез. докл.). Харьков, 1990, с. 124. - ДСП.

11. Лосев А. В. Особенности применения и перспективы развития термоимпульсной зачистки. - Механизация и автоматизация производства, 1991, N 12, с 28-30.

12. Лосев А. В., Мещеряков С. А., Сломинская Е.Н. Импульсный нагрев монолитной детали и расчет ее температурного поля

при тепловом удалении заусенцев. - Авиационная промышленность, 1991, N 9, с. 32-34.

13. Лосев А. В., Сломинская Е. Н. К вопросу об экономической эффективности отделочно-зачистной обработки деталей. - В кн.: Автоматизация исследования, проектирования и испытаний сложных технических систем и проблема математического моделирования: (Тез. докл.). Калуга, 1991, с. 124.

По темі дисертації в області разробки „статкування одержані: авторські свідоцтва СРСР 627936, 795825, 818790, 956199, 988499, 1103647, 1133792, 1297350, 1337222, 1375424, 1382627, 1389967, 1517234, 1563058, 1584389, 1608981 та ін.; патенти США 4796868, 4796867, 4802654, 4826541; патенти Канади 1260272, 1263024, 1263529 та ін.

Losev A.V. Increase of the efficiency of the smoothing out of the pneumatic and hydraulic fuel systems by thermopulse method using.

The thesis for the Candidate degree of 05.02.08 speciality - the mechanical engineering technology. The Kharkov state polytechical university. Kharkov. 1995.

22 research works, 43 author's certificates, 12 patents wich contain theoretical and experimental research of the thermopulse smoothing and finishing of complicated configuration surfaces mashine parts are defended. The conformity of the detonate combusion and heat exchange in the constant volume chambers have been establised experimentaly. The conformity of the warming up of the burrs and the part elements depending on their dimentions and the thermal physics property of the materials and the scurse heat description have been establised theoreticaly. The science basics of the conditions smoothing selection have been worked up

and the equipment for a techology realization have been created. The industrial introdaction of new techniques and equipment have been realized. The envisaging further development for a thermopulse treatment have been defined.

Досев А.В. Повышение эффективности зачистки деталей пневматических и гидротопливных систем при использовании термоимпульсного метода.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 - технология машиностроения, Харьковский государственный политехнический университет, Харьков, 1990.

Защищаются 22 научные работы, 43 авторских свидетельства, 12 патентов, которые содержат теоретические и экспериментальные исследования термоимпульсной зачистки и отделки деталей со сложной конфигурацией поверхностей. Экспериментально установлены закономерности детонационного сгорания и теплообмена в камерах постоянного объема. Теоретически установлены закономерности прогрева заусенцев и элементов детали в зависимости от их размеров и теплофизических свойств материалов и характеристики источника тепла. Разработаны научные основы выбора режимов зачистки и создано оборудование для реализации технологий. Осуществлено промышленное внедрение новых технологий и оборудования. Определены перспективы развития техники и технологий для термоимпульсной обработки.

Ключові слова.

термоімпульсний метод, зачистка, детонація, температурне поле, час прогрівання, джерело тепла.

Відповідальний за випуск
Плешков В. І.

Підписано до друку 11.07.1994 р.
Тир. 90 прим.

Віддруковано на ротапринті ХАІ
310070, м. Харків, 70, вул. Чкалова, 17