

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ПАЛЮХ АНДРІЙ ЯРОСЛАВОВИЧ

УДК621.87

**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ ГВИНТОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ТЕПЛОВИХ
СИСТЕМ**

05.02.08 – технологія машинобудування

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Тернопіль 2010

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Гевко Богдан Матвійович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
завідувач кафедрою технології машинобудування,
Заслужений винахідник України.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Петрина Юрій Дмитрович,
Івано-Франківський національний університет нафти і газу,
завідувач кафедрою технології нафтогазового виробництва;

доктор технічних наук, професор
Пулька Чеслав Вікторович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
професор кафедри технології і обладнання зварювального виробництва.

Захист відбудеться “25” червня 2010 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 58.052.03 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська 56.

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

Автореферат розісланий “24” травня 2010 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Данильченко Л.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Стан розвитку технологічних процесів у машинобудуванні вимагає істотного покращення експлуатаційних і технологічних параметрів машин та технологічного оснащення, які б забезпечили високу конструктивну та технологічну якість виготовлення деталей машин, що дало б змогу підвищити та покращити якість продукції, підвищити надійність і довговічність машин, зменшити собівартість їх виготовлення і відновлення.

Суть проблеми полягає в тому, що гвинтові робочі органи індукційних та інших теплових систем виготовляють з міді і латуні, які мають низьку межу текучості, малу міцність і жорсткість, що часто призводить до пластичних деформацій в процесі експлуатації, що є недопустимим.

Зокрема, важливе місце належить науково-технічній задачі, пов'язаній з розробленням прогресивних технологічних процесів виготовлення вдосконалених конструкцій робочих органів та технологічного оснащення, яке широко використовують не тільки для швидкого нагрівання елементів деталей машин під час гартування, а також при індукційному наплавленні і паянні твердосплавних інструментів, нагріванні різноманітних компонентів в різних технологічних процесах, створенні композитних матеріалів, тощо.

Тому актуальним є питання вдосконалення конструкції гвинтових робочих органів нагрівальних систем підвищеної міцності, жорсткості, експлуатаційної надійності і технологічного забезпечення їх виготовлення, обґрунтування технологічних процесів виготовлення гвинтових робочих органів теплових систем (ГРОТС). Особливо важливим є також питання переведення опалювальних та інших нагрівальних систем з газових на електричні джерела енергії, якої є в надлишку в Україні із значно меншою собівартістю.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.

Роботу виконано відповідно до наукових напрямків кафедри технології машинобудування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (№ держреєстрації 0110 U002264), та є частиною загальної тематики науково-технічної програми "Ресурсозберігаючі та енергоефективні технології машинобудування", що затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 24 грудня 2001 р № 1716, Інд. 28.

Мета і задачі дослідження. *Метою роботи* є підвищення технологічності і експлуатаційних характеристик гвинтових робочих органів теплових, індукційних та інших систем нагрівальних агрегатів технологічними методами.

Для досягнення мети в роботі поставлені наступні задачі:

– провести аналіз на технологічність відомі конструкції гвинтових робочих органів теплових систем, а також аналіз існуючих технологій їх виготовлення з метою вдосконалення шляхом застосування більш жорсткого високопродуктивного і точного технологічного оснащення, інструментів і контрольних пристроїв;

- теоретично обґрунтувати раціональні параметри технологій та технологічного оснащення для виготовлення гвинтових робочих органів теплових систем;

- вивести аналітичні залежності для визначення жорсткості гвинтових робочих органів теплових систем з врахуванням особливостей конструкцій, властивостей матеріалу, з яких вони виготовлені та особливостей умов експлуатації;

- розробити динамічну модель процесу проточування зовнішніх гвинтових канавок корпусів теплових систем багаторіцевою головкою. Встановити характер зміни навантажень на складові системи технологічного оснащення;

- дослідити технологічний процес подачі циліндричних заготовок ділильними барабанами в зону оброблення, вивести систему диференціальних рівнянь, що описує рух заготовки, визначити раціональні параметри подаючого механізму;

- дослідити напружено-деформований стан формоутворення соленоїдів із труб круглого поперечного перерізу, вивести диференціальні рівняння і провести його розв'язок на ЕОМ з використанням MathCAD;

- провести комплекс експериментальних досліджень і виробити практичні рекомендації виробництву щодо вибору технологічних параметрів процесу виготовлення теплових систем з гвинтовими робочими органами із конструктивних параметрів технологічного оснащення;

- розробити інженерну методику проектування технологічного оснащення для виготовлення теплових систем із гвинтовими робочими органами з трубчастих і плоских заготовок.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення гвинтових робочих органів теплових систем.

Предмет дослідження – інструментальне та технологічне забезпечення технологій виготовлення гвинтових робочих органів.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження проведено з використанням фундаментальних засад технології машинобудування, інформатики, теорії пружності та пластичного деформування, теоретичної механіки, інженерної творчості і вибору раціональних технічних рішень. Апробація розроблених алгоритмів, програм і методик проводилась методом комп'ютерного моделювання.

Експериментальні дослідження проводили з використанням теорії експерименту та математичної статистики за допомогою комплексної програми та методики, що полягають у сумісному використанні фізичного, математичного та комп'ютерного моделювання об'єкту досліджень для підтвердження адекватності отриманих результатів за допомогою діючого технологічного обладнання, розробленого та виготовленого технологічного оснащення.

В розрахунках і при обробленні результатів досліджень використовували комп'ютерну техніку та сучасне програмне забезпечення.

Наукова новизна отриманих результатів:

– вперше розкрито вплив технологічних параметрів на жорсткість індукторів при проведенні термічних операцій в машинобудуванні, виведені аналітичні залежності для визначення жорсткості соленоїдів з врахуванням напружень у витках низької жорсткості, властивостей матеріалів, з яких вони виготовлені та умов експлуатації;

– вперше розроблено динамічну модель процесу проточування зовнішніх гвинтових канавок корпусів теплових систем з гвинтовими робочими органами багаторізцевою головкою, що дало можливість встановити характер зміни навантажень на складові системи. На основі диференціальних рівнянь, залежно від параметрів динамічної моделі визначено характер переміщення пристрою для розточування та різців в часі, що дало можливість удосконалити конструкцію 4-х різцевої головки для проточування зовнішніх гвинтових канавок і підвищити точність їх виготовлення і продуктивність праці;

– вперше досліджено напружено-деформований стан оброблюваних поверхонь при вальцюванні гвинтових робочих органів теплових систем із труб круглого поперечного перерізу, виведено диференційне рівняння напруженого стану в процесі деформації;

– розроблено динамічну модель проточування гвинтових плоских робочих органів теплових систем, складено систему диференціальних рівнянь і на основі їх розв’язку встановлено раціональні параметри технологічного процесу оброблення гвинтових елементів.

Практичне значення отриманих результатів.

– розроблено технологічні процеси та конструкції технологічного оснащення для виготовлення теплових систем удосконалених конструкцій з гвинтовими робочими органами;

– експериментально підтверджено теоретичні залежності для визначення впливу конструктивних та технологічних параметрів на процес вальцювання гвинтових робочих органів теплових систем із труб круглого поперечного перерізу;

– спроектовано і виготовлено експериментальний зразок чотирьохрізцевої головки для проточування зовнішніх напівкруглих гвинтових канавок на корпусах теплових систем для встановлення в них гвинтових робочих органів;

– розроблено та виготовлено технологічне оснащення для формування гвинтових робочих органів теплових систем шляхом вальцювання їх на оправу на універсальному обладнанні.

Окремі результати роботи впроваджено на ТОВ “ОСП Корпорація Ватра”, м. Тернопіль, ВАТ “Ковельсьільмаш” і в навчальний процес підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня спеціальності 7.090202 технологія машинобудування для викладання дисциплін “Сучасні технології в машинобудуванні”, “Проектування технологічного оснащення” на кафедрі “Технології машинобудування” Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Технічну новизну розроблень захищено 7 деклараційними патентами України на винаходи.

Особистий внесок здобувача. Основні теоретичні та експериментальні дослідження за темою дисертаційної роботи виконані автором самостійно та

опубліковані в одоносібних роботах [1, 2, 13, 19, 20]. У працях опублікованих у співавторстві [13, 17] здобувачем виведено аналітичні залежності для визначення технологічних, конструктивних параметрів технологічних процесів і технологічного оснащення для виготовлення гвинтових робочих органів теплових агрегатів. Здобувачем також запропоновані основні елементи конструкції індукторів і нагрівальних агрегатів [3-9], технологічного оснащення контрольних пристроїв і стенда [18] для дослідження характеристик технологічних процесів і теплових агрегатів. Технічна новизна розробок по темі дисертації захищена 7 деклараційними патентами України на винаходи [10-16], де частка кожного автора однакова.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати роботи доповідались й обговорювались на: науково-практичних конференціях Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя у (м. Тернопіль, 2007-2010), Донбаській машинобудівній академії “Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем” (Краматорськ, 2005); Міжнародному симпозіумі українських інженерів-механіків “Проблеми енергоощадності при проектуванні виготовленні та експлуатації машинобудівних конструкцій” (Львів 2007); Всеукраїнській конференції докторантів, аспірантів і пошукачів “Проблеми створення та технічної експлуатації машин і обладнання” (Кіровоград, 2007); Міжнародній науково-практичній конференції “Інноваційні технології в АПК” в Луцькому Національному державному технічному університеті (Луцьк, 2009, 2010); Міжнародній науково-практичній конференції “Процеси механічної обробки, верстати і інструмент” (Житомир, 2010); Всеукраїнській молодіжній науково-технічній конференції “Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво” (Луцьк, 2008). Харківському національному технічному університеті сільського господарства ім. П. Василенка (Харків, 2008, 2009). У повному обсязі робота доповідалась й отримала позитивний відгук на розширених науково-технічних семінарах Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Публікації. Результати наукових досліджень викладені у 20 друкованих працях (5 односібних), з яких – 11 статей у фахових виданнях, 7 деклараційних патентів на винаходи і 4 тез наукових конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації - 189 сторінки, в тому числі: 67 рисунків, 15 таблиць, список використаних літературних джерел із 128 найменувань та 4 додатків на 13 сторінках. Обсяг основного тексту дисертації – 176 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

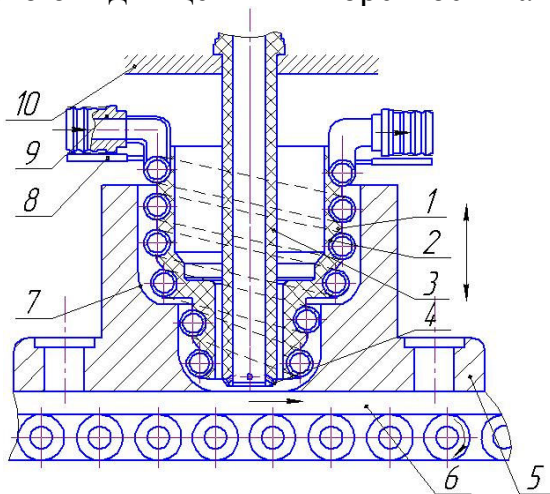
У вступі подано загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми, визначено мету та задачі дослідження, викладено наукову новизну й практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі проведено аналіз та узагальнення відомих наукових напрацювань і проблемних питань з проектування технологічного оснащення для виготовлення теплоагрегатів із гвинтовими робочими органами. Обґрунтовано доцільність проведення досліджень та перспективність використання розробленого технологічного оснащення. Представлено спектр застосування гвинтових робочих органів у вузлах індукційних та інших теплових систем, а також конструкціях ГРОТС машин та устаткування розробленого для їх виготовлення. Основним завданням в роботі є відпрацювання конструкцій ГРОТС на технологічність з розробленням прогресивних технологічних процесів їх виготовлення і відповідного технологічного оснащення, що забезпечить підвищення якості технологічних процесів, надійності і довговічності пристроїв.

Дослідженням процесу виготовлення гвинтових робочих органів займалися В.П. Романовський, Є.М. Мошнін, Є.А. Попов, М.Е. Зубцов, А.З. Журавльов, Ю.О. Аверкієв, А.А. Бочвар, Б.М. Гевко, Н.С. Курнаков, Н.Н. Малінін, А. Надаї, М.І. Пилипець, Д.Л. Радик, Р.М. Рогатинський, Р. Хілл та інші. Питанням розроблення технологічних процесів термічного оброблення деталей машин і проектуванням технологічного оснащення присвячені праці М.Л. Берштейна, В.В. Володіна, А.П. Гуляєва, Г.Ф. Головіна, А.Д. Демічева, А.Г. Прокошкина, В.Д. Садовського, А.Е. Слухоцького, О.І. Шавріна, Ю.Д. Петрини, Ч.В. Пульки, А.Н. Шамова, та інших.

Проведено патентний пошук технологічних процесів і конструкцій обладнання для виготовлення вузлів теплоагрегатів на основі гвинтових робочих органів. На основі проведеного аналізу визначено наукові підходи та напрямки досліджень в якості вихідних даних для вирішення поставлених в роботі технологічних задач.

У другому розділі приведено удосконалену конструкцію індуктора для нагріву внутрішніх ступінчастих отворів (рис. 1), відпрацьовану на технологічність щодо підвищення ресурсу експлуатації. Для цього використовують корпуси індукторів для жорсткого кріплення соленоїдів з метою підвищення їх жорсткості та міцності, які виготовлені із склотекстоліту.



- 1 – корпус індуктора, виготовлений із склотекстоліту;
- 2 – півкругла гвинтова канавка;
- 3 – патрубок для подачі охолоджуючої рідини в зону гартування;
- 4 – радіальні отвори;
- 5 – заготовка;
- 6 – транспортна система;
- 7 – профіль гартованої деталі;
- 8 – клеми для підключення СВЧ;
- 9 – штуцера;
- 10 – плита.

Рис. 1. Удосконалена конструкція індуктора для нагріву внутрішніх ступінчастих отворів

Розроблено теоретичні основи для підвищення жорсткості виготовлення гвинтових робочих органів теплових систем.

Із умови складного згину трубчатої заготовки виведено аналітичну залежність для визначення величини пружної деформації гвинтових робочих органів теплових систем круглого поперечного перетину:

$$\delta = \frac{8MD_1^2 i}{D^4 \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right)} \left(\frac{2 \cos \alpha}{E} + \frac{\cos \alpha}{G} \right), \quad (1)$$

де G – модуль пружності другого роду, МПа; E – модуль пружності першого роду, МПа; D_1 – діаметр соленоїда по середній лінії, м; D – зовнішній діаметр поперечного перетину соленоїда, м; d – внутрішній діаметр поперечного перерізу соленоїда, м; i – кількість витків соленоїда, M – момент згину, Н·м.

Зусилля, що діє на соленоїд, визначено за виразом:

$$P = i \sqrt{\pi^2 D_1^2 + T^2} (g + a) \cdot \left(\gamma_1 \frac{\pi d^2}{4} + \gamma_2 \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \right), \quad (2)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с²; a – прискорення підводу та відводу соленоїда, м/с²; γ_1 – густина води, кг/м³; γ_2 – густина матеріалу соленоїда, кг/м³; T – крок витків соленоїда по середньому діаметру, м.

Побудовано теоретичні графічні залежності прогину соленоїда в поперечному напрямку і вздовж осі (рис. 2, 3) під час експлуатації.

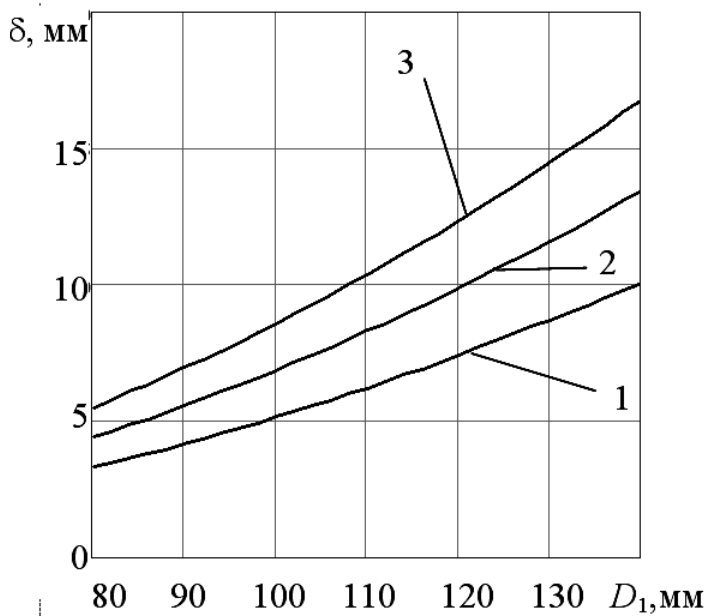


Рис.2. Графік залежності величини прогину соленоїда від його середнього діаметра: 1 – $M=3$ Н·м; 2 – $M=5$ Н·м; 3 – $M=8$ Н·м

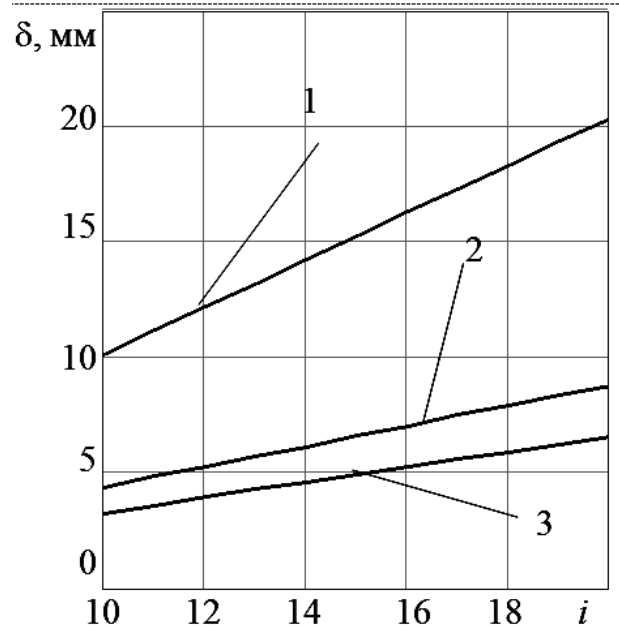


Рис.3. Графік залежності величини деформації соленоїда вздовж осі від кількості витків: 1 – $d=10$ мм, $D=11$ мм; 2 – $d=10$ мм, $D=12$ мм; 3 – $d=10$ мм, $D=12,5$ мм

Розроблено динамічну модель процесу проточування зовнішніх гвинтових канавок в корпусах теплових систем спеціальною багато різцевою різенарізною головкою.

Основними елементами системи є верстат, пристрій, різці, заготовка. Розрахункову схему процесу проточування канавок представлено (рис. 4) у вигляді зосереджених мас, що з'єднані пружними невагомими елементами.

Напруженнями і деформаціями в місцях з'єднання окремих елементів нехтували. До зосереджених мас віднесено M_v – маса станини верстата, M_0 – маса пристрою, m_1, m_2, m_3, m_4 – маси різців. Крім цього, на рисунку показано коефіцієнти жорсткості: k_1 – приведений коефіцієнт жорсткості кріплення пристрою до станини верстата, k_2, k_3, k_4, k_5 – приведені коефіцієнти жорсткості кріплення різців до пристрою.

На кожен різець діють складові сили різання P_{zn} по дотичній до поверхні різання та складові сили різання P_{yn} у напрямку до центра обертання головки. Внаслідок неточності встановлення та заточування різальних елементів значення цих сил для кожного різця є різними. Приймалось, що величини цих сил пропорційні глибині різання кожного різця та визначали їх за залежностями:

$$P_{zcn} = C_{p_{zn}} \cdot t_n^{x_{p_{zn}}} \cdot h_n^{y_{p_{zn}}} \cdot v_n^b, \quad (3)$$

$$P_{ycn} = C_{p_{yn}} \cdot t_n^{x_{p_{yn}}} \cdot h_n^{y_{p_{yn}}} \cdot v_n^b,$$

де n – порядковий номер різця; t_n – глибина різання, мм; $C_{p_{zn}}, C_{p_{yn}}$ – постійні коефіцієнти різання; $h; V$ – відповідно ширина різця, мм та швидкість різання, м/хв., $x_{p_{zn}}, y_{p_{zn}}, b, x_{p_{yn}}, y_{p_{yn}}$ – значення степенів при відповідних складових.

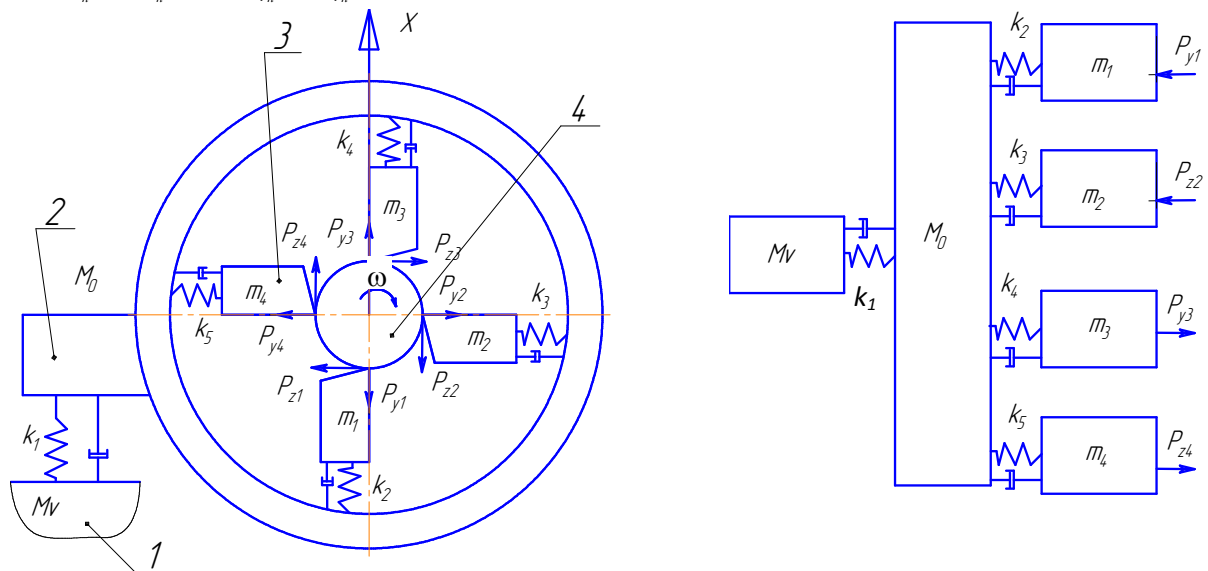


Рис. 4. Розрахункова схема процесу проточування гвинтових канавок:
1 – станина верстата, 2 – пристрій для розточування, 3 – різець, 4 – заготовка

Враховуючи те, що на початку зони різання, коли відбувається врізання різця проходить зміна величини глибини різання t_n на цих ділянках сили

різання P_{zn} та P_{yn} представлені зростаючими лінійними залежностями.

Залежність зростання сили різання в часі під час врізання різця представлені функціями:

$$P_{zn}(t) = \frac{P_{zcn}}{t_b} (t - (n-1)t_1); \quad P_{yn}(t) = \frac{P_{ycn}}{t_b} (t - (n-1)t_1), \quad (4)$$

де t_b – час врізання різця, с; t_1 – час між проміжками врізання попереднього та наступного різців, с.

Із використанням (4), сили різання P_{zn} та P_{yn} апроксимувались залежностями:

$$P_{zn}(t) = \frac{P_{zn}(t) + P_{zcn} - |P_{zn}(t) - P_{zcn}| + |P_{zn}(t) + P_{zcn} - |P_{zn}(t) - P_{zcn}||}{4}, \quad (5)$$

$$P_{yn}(t) = \frac{P_{yn}(t) + P_{ycn} - |P_{yn}(t) - P_{ycn}| + |P_{yn}(t) + P_{ycn} - |P_{yn}(t) - P_{ycn}||}{4},$$

де P_{zn} , P_{yn} – максимальні значення складових сили різання.

Згідно розрахункової схеми на рис. 4 складено диференціальні рівняння руху системи для вимушених коливань, застосовуючи рівняння Лагранжа другого роду:

$$\left. \begin{aligned} M_v \ddot{x}_1 + k_1(x_1 - x_2) + \beta_1 \cdot (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) &= 0; \\ M_0 \ddot{x}_2 - k_1(x_1 - x_2) - \beta_1 \cdot (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + k_2(x_2 - x_3) + \beta_2 \cdot (\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + k_3(x_2 - x_4) + \beta_3 \cdot (\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + \\ + k_4(x_2 - x_5) + \beta_4 \cdot (\dot{x}_2 - \dot{x}_5) + k_5(x_2 - x_6) + \beta_5 \cdot (\dot{x}_2 - \dot{x}_6) &= 0; \\ m_1 \ddot{x}_3 - k_2(x_2 - x_3) - \beta_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) &= P_{y1}(t); \\ m_2 \ddot{x}_4 - k_3(x_2 - x_4) - \beta_3(\dot{x}_2 - \dot{x}_4) &= P_{z2}(t); \\ m_3 \ddot{x}_5 - k_4(x_2 - x_5) - \beta_4(\dot{x}_2 - \dot{x}_5) &= -P_{y3}(t); \\ m_4 \ddot{x}_6 - k_5(x_2 - x_6) - \beta_5(\dot{x}_2 - \dot{x}_6) &= -P_{z4}(t), \end{aligned} \right\} (6)$$

де β_n – коефіцієнти демпфірування, x_n – узагальнені координати.

Розв'язок системи нелінійних диференціальних рівнянь (6) з заданими початковими умовами проведено на комп'ютері із застосуванням стандартної підпрограми чисельного методу Рунге-Кутта.

Результати розрахунків представлено на рис. 5, 6.

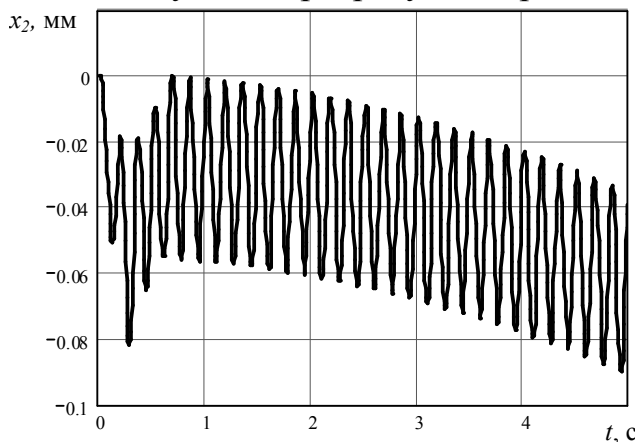


Рис. 5. Графік величини переміщення пристрою для розточування у часі

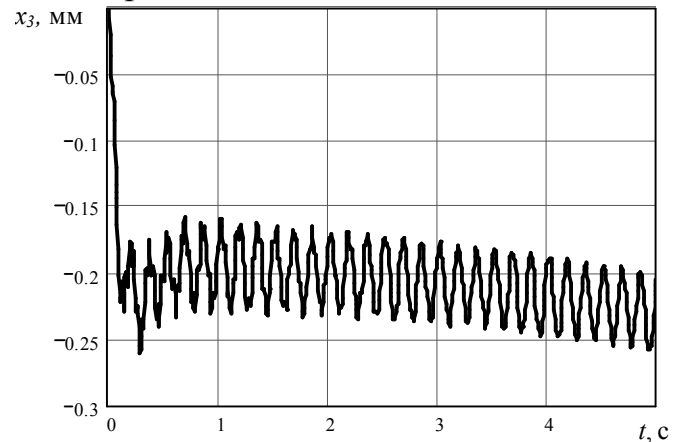


Рис. 6. Графік величини переміщення першого різця у часі при врізанні

Досліджено технологічний процес подачі циліндричних заготовок ділильними барабанами в зону оброблення, складено систему диференціальних рівнянь, що описує рух заготовки, встановлено раціональні параметри подаючого механізму.

Розроблено динамічну модель процесу проточування гвинтових плоских робочих органів теплових систем, на основі схем обробки, що показано на рис. 7. і рис. 8.

Враховуючи те, що на початку і в кінці зони різання проходить зміна величини глибини різання t_p і подачі S , на цих ділянках силу різання P_z представимо відповідно зростаючою і спадаючою лінійними залежностями. На ділянці де глибина різання і подача є постійними величинами, силу різання P_z з достатньою точністю приймалися також постійною, згідно емпіричної залежності:

$$P_{zC} = 10 \cdot C_{PZ} \cdot t_p^x \cdot S^y \cdot V^{n_1} \cdot K_z, \quad (7)$$

де V – швидкість різання, м/хв; C_{Pz} , K_z – коефіцієнти, що враховують особливості процесу різання; x , y , n_1 – степені при складових сили різання.

Величину сили опору переміщенню F_1 від зношення інструменту по задній поверхні прийнято пропорційно силі різання P_z :

$$F_1 = k_6 \cdot P_z, \quad (8)$$

де k_6 – коефіцієнт тертя, що є функцією від часу обробки, швидкості та характеру процесу різання.

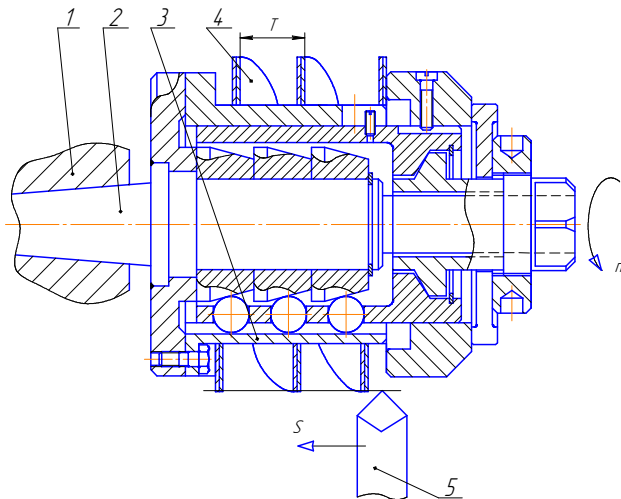


Рис. 7. Схема обробки набору із двох гвинтових заготовок на спеціальній оправі:
1 – шпиндель; 2 – оправка; 3 – розтискна втулка; 4 – набір гвинтових заготовок; 5 – різець

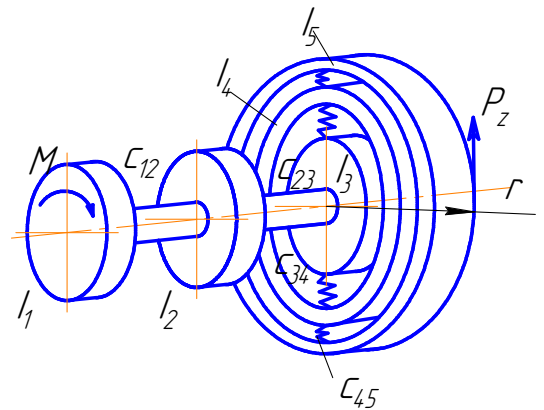


Рис. 8. Розрахункова схема динамічної моделі процесу проточування гвинтових заготовок

Складено диференціальні рівняння руху системи для вимушених коливань при проточуванні плоских гвинтових заготовок, застосовуючи рівняння Лагранжа другого роду:

$$\left. \begin{aligned} I_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 + C_{12} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) + \beta_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) &= -M(t); \\ I_2 \cdot \ddot{\varphi}_2 - C_{12} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) + C_{23} \cdot (\varphi_2 - \varphi_3) - \beta_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + \beta_{23} (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) &= 0; \\ I_3 \cdot \ddot{\varphi}_3 - C_{23} \cdot (\varphi_2 - \varphi_3) + C_{34} \cdot (\varphi_3 - \varphi_4) - \beta_{23} (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) + \beta_{34} (\dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_4) &= 0; \\ I_4 \cdot \ddot{\varphi}_4 - C_{34} \cdot (\varphi_3 - \varphi_4) + C_{45} \cdot (\varphi_4 - \varphi_5) - \beta_{34} (\dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_4) + \beta_{45} (\dot{\varphi}_4 - \dot{\varphi}_5) &= 0; \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

$$I_5 \cdot \ddot{\varphi}_5 - C_{45} \cdot (\varphi_4 - \varphi_5) - \beta_{45} (\dot{\varphi}_4 - \dot{\varphi}_5) = (P_z + F_1) \cdot r,$$

де $\dot{\varphi}_n$ – узагальнені кути повороту інерційних мас, рад; β_{nm} – коефіцієнти демпфірування; r – радіус проточування; C_{nm} – жорсткість елементів системи; I_i – моменти інерції елементів системи; M – обертальний момент на шпинделі; P_z – сила різання.

Систему рівнянь 9 розв’язано числовим методом при нульових початкових умовах.

Проведено аналіз напружено-деформованого стану формоутворення соленоїдів із труб круглого поперечного перерізу. Розрахункову схему процесу навивання соленоїдів на оправу на токарному верстаті представлено на рис. 9.

В процесі навивання соленоїда відбувається нагрівання труби 3 індуктором 4 з використанням струмів високої частоти, тому зміцненням матеріалу можна знехтувати.

Напружений стан деформації труби з достатньою точністю можна прийняти плоским, при цьому виникають напруження σ_θ в коловому напрямку та σ_α – меридіальному напрямку. Верхні шари труби піддаються розтягу, а нижні – стиску.

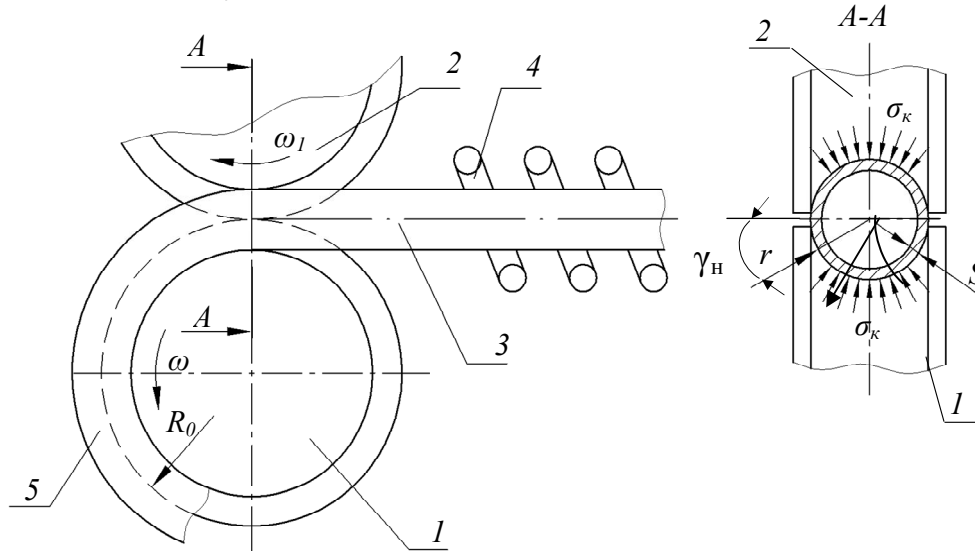


Рис. 9. Технологічна схема навивання соленоїдів на оправу:
1 – оправу; 2 – ролик; 3 – труба; 4 – індуктор; 5 – соленоїд

Одержано диференціальне рівняння напружень труби в зоні розтягу:

$$-\sigma_\theta(1 + \cos \gamma) + \beta \cdot \sigma_s + \frac{d\sigma_\theta(R_0 / r + \sin \gamma)}{d\gamma} = 0, \quad (10)$$

де R_0 – середній радіус гнуття труби, мм; γ – кут що визначає розміщення елементарної частинки в площині поперечного перерізу соленоїда, рад; σ_s – межа текучості матеріалу соленоїда, МПа; β – коефіцієнт, що враховує вплив середнього головного напруження; r – середній радіус поперечного перерізу труби, мм.

Розв’язок рівняння (10) здійснено на ЕОМ з використанням чисельного методу, при наступних граничних умовах: $\gamma = \pi/2$, $\sigma_\theta = \sigma_\kappa$, де σ_κ – контактні

напруження на поверхні соленоїда, МПа.

Аналогічно одержано диференціальне рівняння деформації труби в зоні стиску:

$$\sigma_{\theta}(\cos \gamma - 1) + \frac{d\sigma_{\theta} \left(\frac{R_0}{r} - \sin \gamma \right)}{d\gamma} - \beta \cdot \sigma_s = 0. \quad (11)$$

Розв'язок рівняння (11) проводили на ЕОМ чисельним методом з врахуванням граничних умов: $\gamma = -\pi/2$; $\sigma_{\theta} = \sigma_{\kappa}$.

Нейтральний кут напруження при формоутворенні соленоїдів визначено із рівнянь (10) (11) числовим методом і для дослідженого зразка становив ($\gamma_n = -0,23$ рад).

Тоді нейтральний радіус напружень згідно рис. 9 визначається за виразом:

$$\rho_n = R + r \cdot \sin \gamma_n. \quad (12)$$

В третьому розділі розроблено програму та методику проведення експериментальних досліджень виготовлення корпусів робочих органів теплових систем з гвинтовими канавками із склотекстоліту для індукторів та сталі 45 для нагрівальних систем, а також плоских і трубчастих гвинтових робочих органів теплових систем.

Для виготовлення гвинтових канавок і подальшого встановлення в них гвинтових елементів теплообмінників розроблено та виготовлено конструкцію пристрою для нарізання зовнішніх гвинтових профільних канавок із заданим кроком (рис. 10).

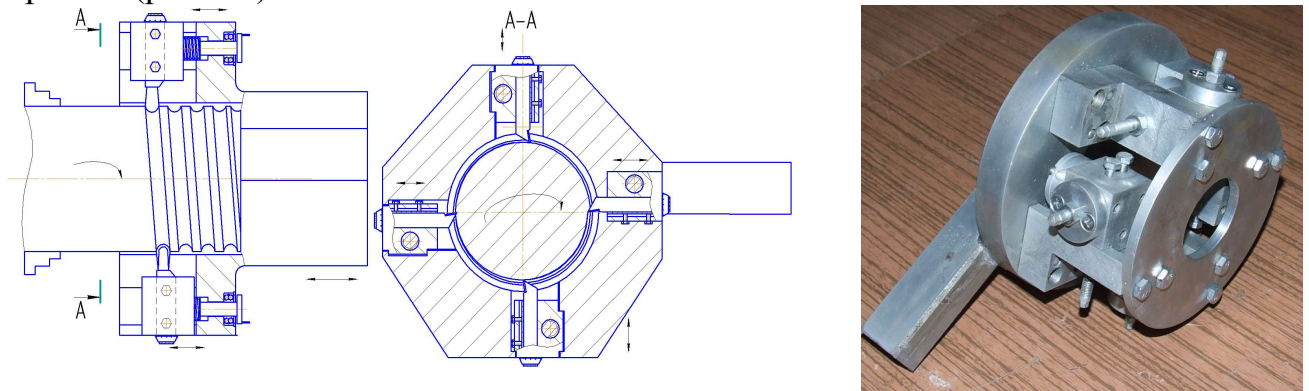


Рис. 10. Пристрій для нарізання зовнішніх профільних гвинтових канавок (Пат. № 40197, Україна)

Спроектовано та виготовлено технологічне оснащення для вальцювання трубчастих гвинтових робочих органів теплоагрегатів у кількості 2–3 витків (рис. 11). Характерною особливістю формувальної оправи та притисного ролика є наявність гвинтових напівкруглих канавок на їх зовнішніх діаметрах.

Для правильного встановлення різців в головці спроектовано та виготовлено калібр із мікрометричними регулювальними елементами правильного встановлення різців один відносно одного.

Пристрій для вальцювання гвинтових робочих органів теплових систем встановлюється на токарно-гвинторізному верстаті моделі 16К20.

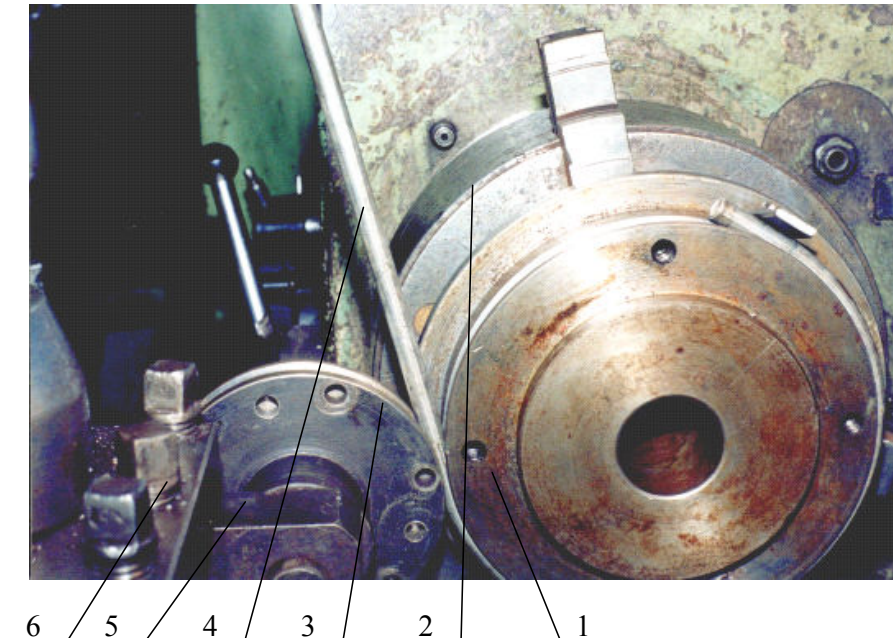


Рис. 11. Пристрій для навивання гвинтових робочих органів теплоагрегатів (Пат. № 36852, Україна):

1 – формувальна оправа; 2 – токарний патрон верстату; 3 – притискний ролик; 4 – трубчаста заготовка; 5 – кронштейн кріплення притискного ролика; 6 – супорт верстату

Спроектовано та виготовлено пристрій для неперервного навивання різнопрофільних гвинтових заготовок на оправу (Пат. №48611, Україна).

За необхідності збільшення кроку гвинтового елемента збільшують величину подачі на оберт, яка дорівнює кроку гвинтової лінії змійовика на формувальному ролику.

Для визначення складової сили різання P_z розроблено методику розрахунку величини коефіцієнтів і показників степенів x і y для оброблення корпусів індукторів і теплових робочих органів. Обґрунтовано конструктивні та технологічні параметри технологічного оснащення.

В четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень виготовлення гвинтових робочих органів теплових систем.

Проведено дослідження зміни шорсткості поверхні гвинтової канавки в процесі проточування розробленим пристроєм (рис. 12).

Виведено емпіричну залежність для визначення шорсткості поверхні під час проточування канавок:

$$Ra = \frac{0,05 \cdot S^{0,65} \cdot (90 + \gamma)^{1,9}}{\rho^{0,3} \cdot V^{0,7}} . \quad (13)$$

В загальному можна зробити висновок, що шорсткість проточеної поверхні суттєво залежить від величини подачі різця S та швидкості різання V і в меншій степені від радіуса заокруглення ρ різця при вершині та переднього кута γ . При цьому для підвищення якості обробленої поверхні необхідно зменшувати подачу різця та збільшувати швидкість різання.

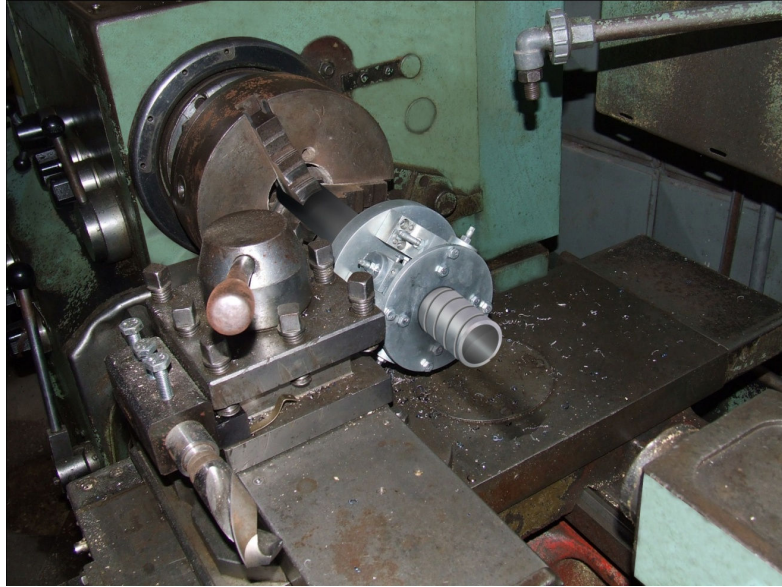


Рис. 12. Проточування профільних гвинтових канавок спеціальним пристроєм

За даними формули (13) побудовано графічні залежності шорсткості поверхні канавки під час проточування (рис. 13) від геометричних параметрів і режимів різання.

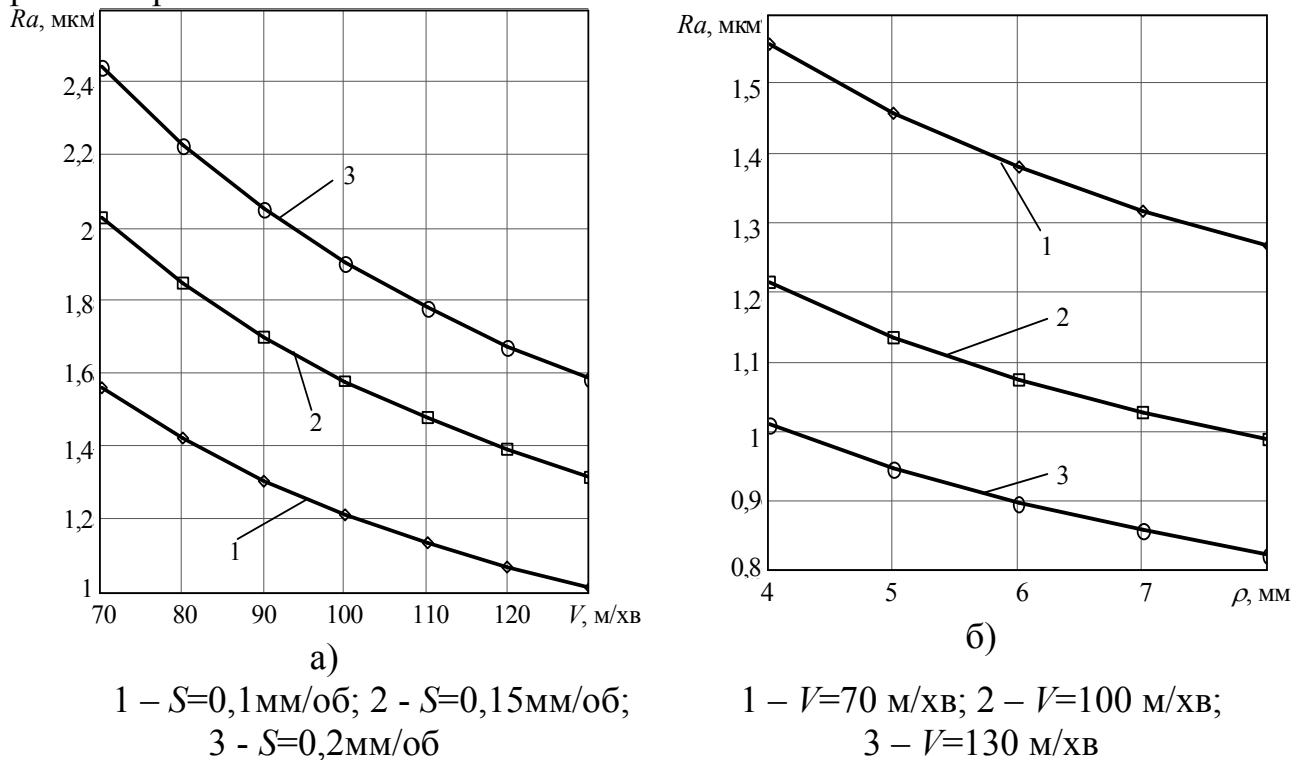
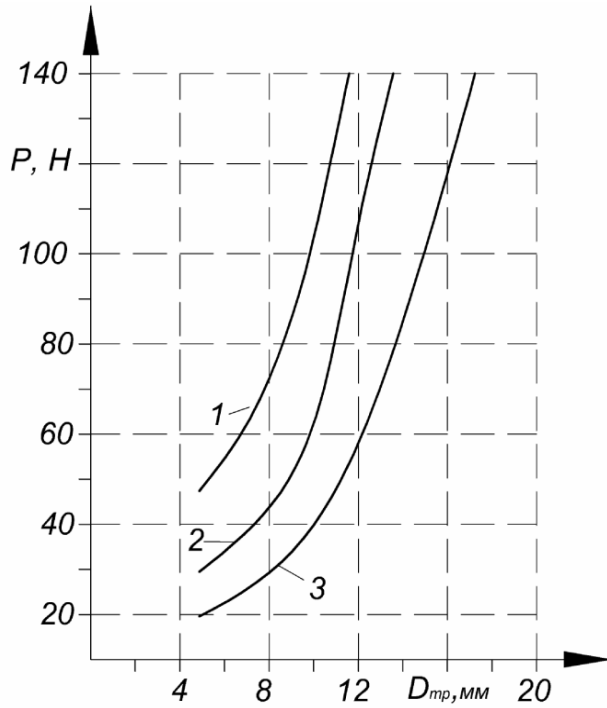


Рис. 13. Графік залежності шорсткості поверхні канавки після проточування від а) швидкості різання ($\rho=5$ мм); б) радіуса при вершині різця ($S=0,1$ мм/об)

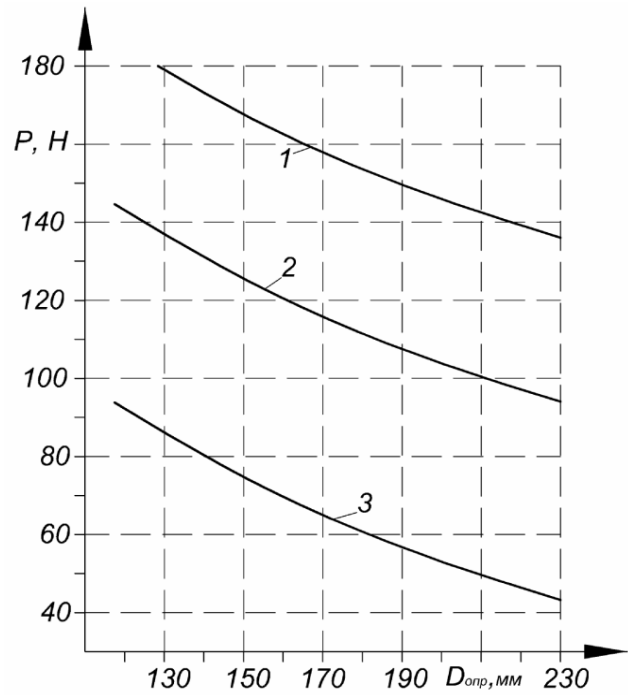
Для проведення експериментальних досліджень спроектовано та виготовлено низку технологічного обладнання.

На рис. 14 представлено результати експериментальних досліджень технологічного процесу вальцювання гвинтових робочих органів теплових систем різних типорозмірів із матеріалу: алюміній, мідь, сталь 40X13.



а)

$D_{\text{оправки}}=190$ мм і $S_{\text{стінки}}=1,3$ мм
(1 – Сталь 40X13; 2 – мідь; 3 –
алюміній)



б)

$D_{\text{тр}}=12$ мм, $S_{\text{стінки}}=1,5$ мм.
(1 – Сталь 40X13; 2 – мідь; 3 –
алюміній)

Рис. 14. Залежність зусилля вальцювання соленоїдів від а) діаметра соленоїда;
б) діаметра формувальної оправки

Проведено дослідження процесу проточування гвинтових канавок з визначенням сили різання за допомогою спеціального пристрою.

Загальний вигляд рівняння регресії для визначення сили різання має вигляд:

- для заготовок із сталі 45:

$$P_{(S,V,r)}^{\text{сталь}45} = -177,68 + 3050,93S - 1,23V + 146,65 \cdot 2r - 15,08SV +$$

$$+ 1911,2S2r - 0,73V2r - 6236S^2 + 0,02V^2 + 0,4r^2; \quad (14)$$

- для заготовок із склотекстоліту:

$$P_{(S,V,r)}^m = -18,55 + 499,2S - 0,092V + 13,82 \cdot 2r - 3,88SV +$$

$$303,8S2r - 0,12V \cdot 2r - 1492S^2 + 0,004V^2 + 0,28r^2. \quad (15)$$

Проведено графоаналітичний аналіз результатів експериментальних досліджень. Побудовано поверхні відгуку та їх двомірні перерізи залежності сили проточування гвинтової канавки на заготовці із сталі 45 та склотекстоліту (рис. 15, 16).

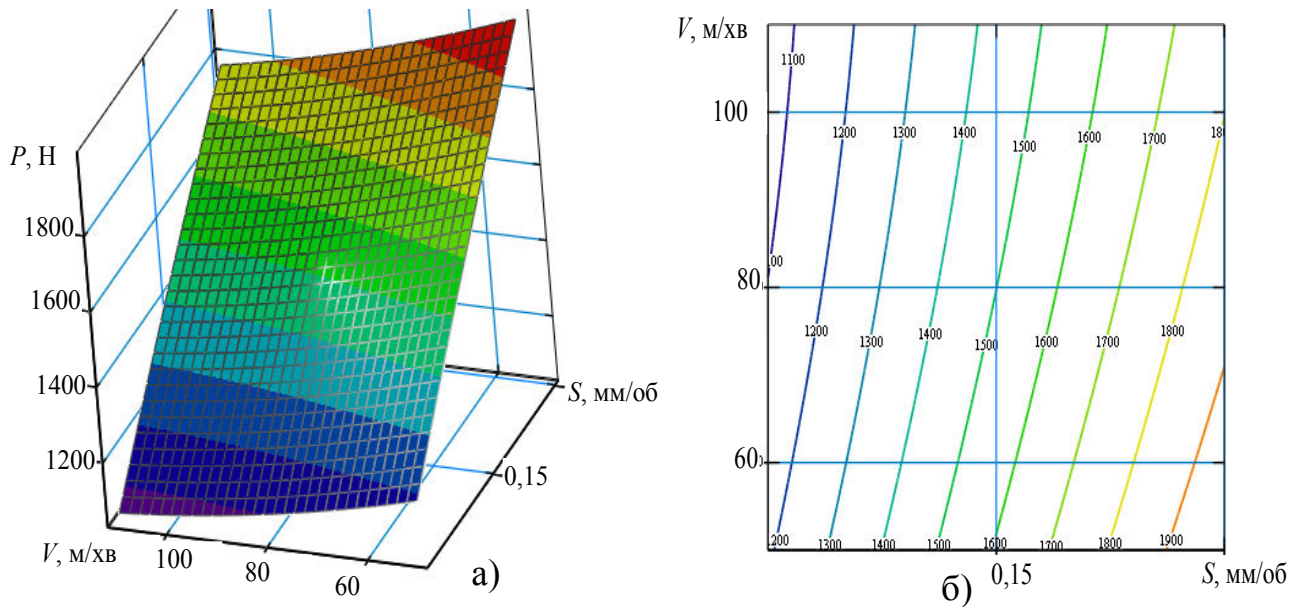


Рис. 15. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили проточування гвинтової канавки $P_{(S,V)}^{сталь^{45}}$ на заготовці із сталі 45 ($r=2\text{мм}$)

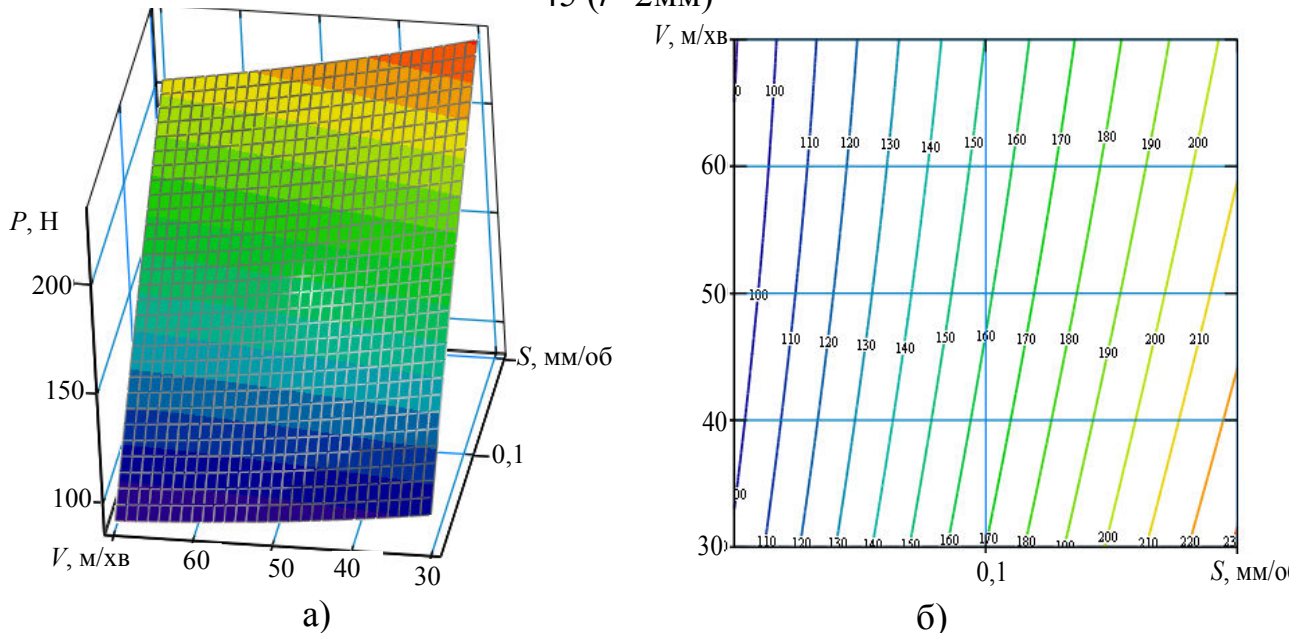


Рис. 16. Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності сили проточування гвинтової канавки $P_{(S,V)}^m$ на заготовці із склотекстоліту ($r=2\text{мм}$)

В п'ятому розділі наведено результати розрахунку гвинтових робочих органів на жорсткість. Проведено проектування технологій і технологічного оснащення виготовлення плоских і трубчастих гвинтових робочих органів теплоагрегатів. Спроековано ряд технологічних пристроїв для перервного та неперервного навивання гвинтових елементів теплоагрегатів різних форм та типорозмірів для різного службового призначення з метою розширення їх технологічних можливостей. Як показала практика їх використовували у проектуванні гвинтових затискних елементів технологічного обладнання і оснащення, гвинтових деталей у світлотехнічній та інших галузях машинобудування, а також для індукційного наплавлення твердосплавних

інструментів та інше. Розроблено конструкцію стенду для дослідження характеристик гвинтових теплових систем.

Розроблено технологічне оснащення для виготовлення складних профільних бочкоподібних соленоїдів для нагріву та гартування відповідних профілів технологічного оснащення. Розроблено пристрій для заміру силових параметрів при обробленні поверхонь обертання і проведено техніко-економічне обґрунтування запропонованої технології виготовлення теплових систем із гвинтовими робочими органами. Результати досліджень частково впроваджені на ВАТ «Ковельсьільмаш» з річним економічним ефектом 2400 грн. і ТОВ «ОСП Корпорація Ватра» м. Тернопіль з річним економічним ефектом 1,5 тис. грн. Особливо важливим є також питання переведення опалювальних та інших нагрівальних систем з газових на електричні джерела енергії, якої є в надлишку в Україні із значно меншою собівартістю

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової задачі, що полягає у відпрацюванні конструкції ГРОСТ на технологічність з розробленням прогресивних технологічних процесів їх виготовлення і відповідного технологічного оснащення, що забезпечить підвищення якості технологічних процесів, надійності і довговічності ГРОТС при виготовленні композиційних деталей та проведенні інших теплових операцій при індукційному наплавленні, паянні тврдосплавних інструментів. Суть проблеми полягає в тому, що гвинтові трубчасті соленоїди виготовляють з міді та латуні, які володіють низькою межею текучості, що призводить до великих пластичних деформацій, так, в індукторах середніх типорозмірів з кількості витків 3 – 5 в межах 3 – 15 мм і більше, що є недопустимим. Задачу вирішено шляхом відпрацювання конструкції на технологічність і розроблення прогресивної технології виготовлення індукторів підвищеної жорсткості та міцності з відповідним технологічним оснащенням. Це дало можливість значно підвищити точність, жорсткість і міцність гвинтових робочих органів теплових систем, їх експлуатаційну надійність і довговічність, покращити техніко-економічні показники термічно оброблених деталей та інших процесів.

2. На основі проведених теоретичних досліджень жорсткості соленоїдів індукторів та інших ГРОТС, які виготовляють з матеріалів з низькою межею текучості, виведено аналітичні залежності для визначення величини їх деформації при проведенні термічних та інших теплових операцій з врахуванням напружень у витках низької жорсткості, властивостей матеріалу з яких вони виготовлені і умов експлуатації. Дані практичні рекомендації для їх проектування і виготовлення, граничні значення відхилень від номінальних становлять 1 – 2 мм, що є допустимим.

3. Вперше розроблено динамічну модель процесу проточування зовнішніх гвинтових канавок корпусних деталей теплових систем багаторізевою головкою, що дало можливість встановити характер зміни навантажень на складові системи. На основі диференціальних рівнянь залежно від параметрів динамічної моделі визначено характер переміщення пристрою для розточування, переміщення різців в часі, що дало можливість удосконалити

конструкцію 4-х різцевої головки для проточування зовнішніх гвинтових канавок. При цьому величину подачі різців доцільно вибирати в межах 0,1 – 0,2 мм/об.

4. Вперше досліджено напружено-деформований стан вальцювання гвинтових робочих органів теплових систем із труб круглого та прямокутного поперечного перерізу, виведено диференційне рівняння і його розв'язок проведено на ЕОМ з використанням програми Math CAD. Встановлено величину кута деформації при формоутворенні соленоїдів, який для дослідних взірців становив $\gamma_n = 0,23$ рад;

5. Розроблено та виготовлено 4-х різцеву головку для виготовлення зовнішніх гвинтових канавок в корпусах робочих органів теплових систем з зовнішніми діаметрами в межах $D = 60 - 120$ мм, а також калібр для встановлення всіх різців на задані розміри, профільні бочкоподібні соленоїди для нагріву складних профілів деталей штампів, прес-форм, копирів тощо. Розроблено і виготовлено оправи та пристрої для виготовлення соленоїдів в неперервному і перервному режимах технологічного процесу.

6. Досліджено вплив режимів різання на шорсткість поверхні при нарізанні гвинтових канавок 4-х різцевою головкою. Змінними параметрами були: подача $S = 0,1 - 0,2$ мм/об, швидкість різання $V = 70 - 130$ м/хв., радіус при вершині різця $r = 4 - 8$ мм. При цьому шорсткість поверхні змінювалась в межах $R_a = 0,85 - 2,4$ мкм. Виведено емпіричну залежність для визначення шорсткості поверхні в залежності від режимів різання. Підтверджено, що для підвищення якості поверхні необхідно зменшувати подачу і підвищувати швидкість різання.

7. Проведено комплекс експериментальних досліджень виготовлення гвинтових канавок в корпусах теплових систем з середнім і підвищеними габаритними розмірами в кількості 5 більше витків з використанням 4-х різцевої головки. При проведенні повнофакторного експерименту типу ПФЕ 3^3 виведено рівняння регресії з побудови поверхонь відгуку та двохмірних їх перерізів для визначення зусилля нарізання гвинтових канавок залежно від режимів різання. При цьому режими різання для сталі 45 наступні: подача $S = 0,1 - 0,15$ мм/об, швидкість різання $V = 50 - 110$ м/хв; для склотекстоліту подача $S = 0,05 - 0,15$ мм/об, швидкість різання $V = 30 - 70$ м/хв.

8. Проведено комплекс експериментальних досліджень з виготовлення ГРОТС із сталі 40, міді і латуні діаметрами 12 – 16 мм і товщиною стінки 1 – 2 мм з побудовою графічних залежностей, з кутовою швидкістю $\omega = 1,3$ с⁻¹. Розроблено пакет прикладних програм для проведення машинного експерименту зміни основних параметрів ТП виготовлення гвинтових канавок на корпусах індукторів і соленоїдів залежно від параметрів технологічних процесів. Встановлено раціональні параметри технологічних процесів і технологічного оснащення при виготовленні гвинтових канавок в корпусах теплових систем в межах зовнішніх діаметрів 80 – 125 мм і довжиною 3 – 5 витків з міді і латуні.

9. Розроблено інженерну методику проектування технологічних процесів виготовлення гвинтових канавок в корпусах теплових систем і соленоїдів різних параметрів. Проведено техніко-економічне обґрунтування запропонованих технологій виготовлення індукторів термічних операцій

порівняно з базовими. Технічну новизну розробок захищено 7 деклараційними патентами України на винаходи. Результати досліджень частково впроваджено на ВАТ «Ковельсьільмаш» із річним економічним ефектом 2400 грн і ТОВ «ОСП Корпорація Ватра» м. Тернопіль з річним економічним ефектом 1,5 тис. грн.

СПИСОК ОСНОВНИХ ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Палюх А.Я. Технологічні передумови навивання соленоїдів круглого поперечного січення на оправку / А.Я. Палюх // Наукові нотатки. зб. наук. праць. – Луцьк: ЛНТУ, 2008. – Вип.23. – С.227-235.

2. Палюх А.Я. Обґрунтування параметрів гвинтових соленоїдів теплообмінників / А.Я. Палюх // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка: зб. наук. праць. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – Вип.75. – С.268-273.

3. Палюх А.Я. Технологічні особливості виготовлення гвинтових елементів затискних пристроїв / І.Б. Гевко, А.Я. Палюх // Вісник ТДТУ. – 2008. – №4, Т13. – С.78-83.

4. Палюх А.Я. Технологічні передумови формоутворення селеноїдів з круглим поперечним січенням / Б.М. Гевко, А.Я. Палюх // Вісник ТДТУ. – 2008. – №2, Т.14. – С.88-93.

5. Палюх А.Я. Обґрунтування параметрів пристрою для встановлення навивання деталей у машинах сільського господарства / О.Л. Ляшук, А.Я. Палюх // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка: зб. наук. праць. – Харків: ХНТУСГ, 2009. – Вип.77. – С.109-114.

6. Палюх А.Я. Підвищення міцності і довговічності гвинтових профільних деталей / А.Я. Палюх, О.Л. Ляшук, І.Б. Гевко І.Б. // Наукові нотатки. зб. наук. праць. – Луцьк: ЛНТУ, 2009. – Вип.24. – С.432-438.

7. Палюх А.Я. Технологічне забезпечення механічної обробки затискних гвинтових елементів / Б.М. Гевко, А.Я. Палюх // Процеси механічної обробки в машинобудуванні: зб. наук. праць. – Житомир ЖДТУ, 2010. – Вип.8:– С.32–40.

8. Палюх А.Я. Технологічне оснащення для виготовлення гвинтових елементів тепло агрегатів / Гевко Б.М., Пономаренко С.В., Палюх А.Я. // Вісник ТДТУ. – 2010. – №1, Т15. – С. 52-61.

9. Палюх А.Я. Динамічна модель процесу проточування зовнішніх гвинтових канавок / Дзюра В.О., Палюх А.Я. // Вісник ТДТУ. – 2010. – №1, Т15. – С.147-157.

10. Пат. 40331 Україна, МПК F28F 5/00. Даховий осьовий гвинтовий теплообмінник [Текст] / Палюх А.Я., Стефанів С.В., Гевко І.Б., Гевко О.В.; заявник і власник патенту Палюх А.Я., Стефанів С.В., Гевко І.Б., Гевко О.В. – №u200806168; заявл. 12.05.2008; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 7. – 3 с.

11. Пат. 40197 Україна, МПК B23G 5/00. Пристрій для нарізання зовнішніх гвинтових профільних канавок [Текст] / Івасечко Р.Р., Пономаренко С.В., Палюх А.Я., Гевко І.Б.; заявник і власник патенту ТДТУ. – №u200813180;

заявл. 13.11.2008; опубл. 25.03.2009, Бюл. № 6. – 3 с.

12. Пат. 48611 Україна, МПК В12D 11/06. Пристрій для неперервного навивання різнопрофільних гвинтових заготовок на оправку [Текст] / Пономаренко С.В., Палюх А.Я., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Івасечко Р.Р.; заявник і власник патенту ТДТУ. – №u200910218; заявл. 08.10.2009; опубл. 25.03.2010, Бюл. № 3. – 4 с.

13. Пат. 44231 Україна, МПК В24D 5/00. Пристрій для полірування довгомірних циліндричних заготовок [Текст] / Палюх А.Я.; заявник і власник патенту Палюх А.Я. – №u200903864; заявл. 21.04.2009; опубл. 25.09.2009, Бюл. № 18. – 3 с.

14. Пат. 46140 Україна, МПК G12L 5/00. Пристрій для заміру силових параметрів при обробленні поверхонь обертання [Текст] / Кочубинська О.П., Палюх А.Я., Гагалюк А. В., Ляшук О.Л., Брошак І.І., Вовк Ю.Я., Гевко І.Б.; заявник і власник патенту ТДТУ. – №u200906209; заявл. 15.06.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 23. – 4 с.

15. Пат. 38736 Україна, МПК G01B 3/20. Пристрій для заміру гвинтових гофрованих профілів [Текст] / Дячун А.С., Палюх А.Я., Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Клендій О.М.; заявник і власник патенту Дячун А.С., Палюх А.Я., Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Клендій О.М. – №u200806166; заявл. 12.05.2008; опубл. 12.01.2009, Бюл. № 1. – 3 с.

16. Пат. 42555 Україна, МПК F28F 27/00. Стенд для дослідження характеристик гвинтових теплообмінників [Текст] / Пономаренко С.В., Палюх А.Я., Гевко І.Б., Ляшук О.Л.; заявник і власник патенту ТДТУ. – № u200901298; заявл. 16.02.2008; опубл. 10.07.2009, Бюл. № 13. – 3 с.

17. Палюх А.Я. Аналіз технологічних процесів формоутворення пустотілих гвинтових елементів / А.Я. Палюх // IV-а Міжнародна конференція молодих учених і аспірантів: Матеріали IV-ої Міжнародної наук.-практ. конф. МДАУ 24-26 вересня 2008р. – Миколаїв, 2008. – С.112-115.

18. Палюх А.Я. До питання виготовлення соленоїдів сільськогосподарських машин / В.О. Дзюра, А.Я. Палюх // IV-а Міжнародна конференція молодих учених і аспірантів: Матеріали IV-ої Міжнародної наук.-практ. конф. МДАУ 24-26 вересня 2008р. – Миколаїв, 2008. – С.123-125.

19. Палюх А.Я. Пристрій для неперервного навивання соленоїдів // Перша Всеукраїнська наук. конф. ТДТУ 14–15 травня 2009р.: матеріали. – Тернопіль, 2009 – С.63.

20. Палюх А.Я. Результати експериментальних досліджень сили проточування напівкруглих гвинтових канавок // Міжнародна науково-технічна конф. “Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій” 19–21 травня 2010р.: матеріали. – Тернопіль, 2010 – С.81.

Анотація

Палюх А.Я. Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення гвинтових робочих органів теплових систем. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 - технологія машинобудування. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Тернопіль, 2010.

Робота присвячена обґрунтуванню технологічних параметрів виготовлення

гвинтових робочих органів теплових систем (ГРОТС) удосконалених конструкцій і технологічного оснащення. Суть проблеми полягає в тому, що гвинтові робочі органи індукційних та інших систем виготовляють з міді і латуні, які мають низьку межу текучості, малу міцність і жорсткість, що призводить до великих пластичних деформацій в процесі експлуатації, що є недопустимим.

Досліджено жорсткість індукторів при проведенні термічних операцій в машинобудуванні, виведено аналітичні залежності для визначення жорсткості соленоїдів з врахуванням напружень у витках низької жорсткості, властивостей матеріалу з яких вони виготовлені та умов експлуатації.

Розроблено динамічну модель процесів проточування зовнішніх гвинтових канавок корпусів гвинтових теплових систем (ГТС), які виготовляють з склотекстоліту і сталі багаторізцевою головкою, що дало можливість встановити характер зміни навантаження на складові системи та інше.

Розроблено технологічні процеси виготовлення ГРОТС із склотекстоліту та сталі та конструкції технологічного оснащення. Виведено рівняння регресії для визначення зусилля сили різання при нарізанні гвинтових канавок в корпусних деталях ГТС з склотекстоліту і сталі 45. Проведено техніко-економічне обґрунтування ТП виготовлення корпусів індукторів.

Ключові слова: технологічний процес, гвинтові робочі органи теплових систем, індуктори, соленоїди.

Аннотація

Палюх А.Я. Обоснование параметров технологического процесса изготовления винтовых рабочих органов тепловых систем. - Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 - технология машиностроения. Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя. - Тернополь, 2010. Работа посвящена обоснованию технологических параметров изготовления винтовых рабочих органов тепловых систем (ГРОТС) усовершенствованных конструкций и технологической оснастки. Суть проблемы заключается в том, что винтовые рабочие органы индукционных и других систем изготавливают из меди и латуни, имеют низкую границу текучести, малую прочность и жесткость, что приводит к большим пластическим деформациям в процессе эксплуатации, что является недопустимым.

Исследована жесткость индукторов при проведении термических операций в машиностроении, выведены аналитические зависимости для определения жесткости соленоидов с учетом напряжений в витках низкой жесткости, свойств материала из которых они изготовлены и условий эксплуатации.

Разработана динамическая модель процессов протачивания внешних винтовых канавок корпусов винтовых тепловых систем (ГТС), изготавливаемых из склотекстолит и стали много резцовой головкой позволило установить характер изменения нагрузки на составляющие системы.

Разработаны также динамическую модель протачивания винтовых плоских рабочих органов тепловых систем, составленная система дифференциальных уравнений и на их основе установлены рациональные параметры технологического процесса.

Разработаны технологические процессы изготовления ГРОТС и

конструкций технологическая оснастка. Спроектировано и изготовлено технологическое оснащение для нарезки винтовых канавок на корпусах индукторов изготовленных из стеклотекстолита, стали для других тепловых систем, а также оснащение для изготовления ГРОТС из трубчатых и плоских заготовок. Спроектирован стенд для исследования характеристик ГРОТС с определением различных параметров. Выведены уравнения регрессии для определения усилия силы резания при нарезке винтовых канавок в корпусных деталях ГТС с стеклотекстолит и стали 45. Приведены технико-экономическое обоснование ТП изготовления корпусов индукторов.

Ключевые слова: технологический процесс, винтовые рабочие органы тепловых систем, индукторы, соленоиды.

Annotation

Paliukh A.Y. The substantiation of parameters of a technological process of manufacturing the screw working organs of thermal systems. – Manuscript.

A thesis for the scholarly degree of a Candidate of Science (Engineering) in speciality 05.02.08 – mechanical engineering technology. Ternopil Ivan Pul'uy National Technical University. Ternopil, 2010.

The thesis is dedicated to the substantiation of technological parameters of manufacturing the screw working organs of thermal systems (SWOTS) of the improved constructions and technological supply. The sense of problem is that the screw working organs of inductive and other systems are manufactured using copper and brass with a low limit of fluidity, low durability and hardness that leads to great plastic deformations during exploitation. And this fact is inadmissible.

The hardness of inductors were investigated during the thermal operations; the analytical dependences for determining the hardness of solenoids taking into consideration the stresses in loops of low hardness are developed, as well as the properties of material they are made of and the terms of exploitation.

The dynamic model of boring the external screw grooves of screw thermal system bodies (STS) manufactured from glass fiber laminate and steel, using the multi-cutter head that makes it possible to define the character of loading change of the constitutive systems is worked out.

The dynamic model of boring the screw plain working bodies of thermal systems is worked out as well; the system of differentiate equations is developed; on the basis of these equations the rational parameters of technological process are determined.

The technological processes of manufacturing the SWOTS and the structures of technological equipment are worked out. The technological equipment to cut the screw grooves on the inductor bodies manufactured from glass fiber laminate and steel for different thermal systems is designed and manufactured, as well as the equipment for manufacturing SWOTS from tubular and plain bullets. The poster to investigate the characteristics of SWOTS with the determining of different parameters is designed. The equations of regression to determine the effort of cutting power while cutting the screw grooves in body details STS from glass fiber laminate and steel 45 are developed. The technological process of manufacturing the inductor bodies is economically and technically substantiated.

Key words: technological process, screw working organs of thermal systems, inductors, solenoids.