

І.С. Афтаназів, А.М. Кук, Я.М. Кусий, В.В. Вівчарик
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра технології машинобудування

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИКІНЧУВАЛЬНОГО ОБРОБЛЕННЯ ВІДПОВІДАЛЬНИХ РІЗЕВИХ ДЕТАЛЕЙ

© Афтаназів І.С., Кук А.М., Кусий Я.М., Вівчарик В.В., 2005

Проведено літературний огляд сучасного стану технологій викінчувального оброблення відповідальних деталей машин із різевими поверхнями. Розроблено комплексну класифікацію різевих виробів та методів їх викінчувального оброблення, проведено аналіз існуючих оздоблювально-викінчувальних технологій виготовлення відповідальних деталей машин із різевими поверхнями. Запропоновано структурну схему розроблення технології виготовлення виробів із виконавчими різевими поверхнями, застосування якої із використанням прикладного програмного забезпечення значно полегшує технологічну підготовку виробництва

In this article modern finish treatment's technologies of responsible screw-thread details are analyzed. The structure diagram of screw-thread wares treatment technologie's development is suggested.

Постановка проблеми. Вироби із різевими поверхнями, що утворюються під час гвинтового переміщення плоского контуру визначеної форми по циліндричній або конічній поверхні, поширені у конструкціях машин і механізмів різних галузей народного господарства (рис. 1). Найбільший відсоток різевих виробів – це складники кріпильних (регулювальних) систем із циліндричним, конічним і круглим метричним профілем витків різі загального призначення. Кріпильні різеві вироби в сучасному машинобудуванні виготовляють на спеціалізованих заводах в умовах великосерійного та масового виробництва із застосуванням продуктивних технологій, зокрема холодно- та гарячевисадних автоматів, різенакатних верстатів, комплексних автоматичних ліній. Тому вартість кріпильних деталей із різі у сучасній машині незначна і становить близько 4 % її вартості [1].

Для відповідальних деталей машин застосовують трапецієподібний, упорний (пилоподібний) вид контуру осьового перерізу різі загального призначення та спеціальну конічну різь. Зокрема, трапецієподібну однозахідну та багатозахідну різь для діаметрів 8–640 мм, яка призначена для передачі руху, використовують у різних гвинтових механізмах: ходових гвинтах верстатів, гвинтах супортів, вантажних гвинтах домкратів тощо. Упорну різь застосовують у гвинтових механізмах із значним односторонньо спрямованим зусиллям: натискних гвинтах прокатних станів, гвинтових домкратах значної вантажопідймальності, гідравлічних пресах тощо. Замкову конічну різь використовують для труб геологорозвідувального обладнання, бурильних колон, обсадних труб, помпо-компресорних труб і перевідників для них [2].

Тенденція до збільшення кількості відповідальних різевих виробів, підвищення вимог до них з огляду конкурентоспроможності, зменшення жорсткості за рахунок зниження металомісткості та маси промислової продукції, що спостерігається у наш час в умовах зростання швидкостей взаємних переміщень та навантажень контактуючих поверхонь, вимагає безперервного вдосконалення технології виготовлення деталей машин із гвинтовими поверхнями з метою підвищення їх довговічності та забезпечення надійності.

Розв'язання завдання підвищення довговічності у виробничих умовах переважно відбувається пошуком нових матеріалів, покращанням конструкції та розробленням нових ефективних і продуктивних технологій виготовлення. Проте, коли вичерпані можливості відпрацювання конструкції відповідальних різевих деталей машин на технологічність, а заміна матеріалу – економічно недоцільна, вдосконалення та розроблення нових прогресивних технологій залишаються єдиними засобами вирішення проблеми забезпечення експлуатаційних характеристик виробів із гвинтовими поверхнями.

Робота стосовно аналізу технологій викінчувального оброблення відповідальних різевих деталей виконувалась відповідно до координаційного плану Комітету з питань науки і техніки та Міністерства освіти України “Ресурсобережливі та ощадні технології” на 1995–2002 роки в межах держбюджетних науково-дослідницьких тем ДБ “Концентратор” “Дослідження технології та розроблення оснащення для забезпечення надійності і довговічності деталей із концентраторами напружень” (№ держреєстрації 0198U002331) та ДБ/39 РЕД “Підвищення надійності важкооброблюваних деталей інтенсивного зношування поверхневим зміцненням з високим рівнем енергії деформування” (№ держреєстрації 0102U001203) у Національному університеті “Львівська політехніка” на кафедрі “Технологія машинобудування” Інституту інженерної механіки та транспорту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення цієї проблеми. Багаточисленними дослідженнями встановлено, що значний вплив на формування експлуатаційних характеристик виробів мають технологічні процеси (ТП) їх виготовлення. Аналіз ТП виготовлення відповідальних різевих деталей машин свідчить про те, що формування їх експлуатаційних характеристик відбувається переважно на викінчувальних технологічних операціях. Тому важливе значення з точки зору формування якісних параметрів, забезпечення надійності та підвищення довговічності виробів має раціональний вибір структури ТП виготовлення зазначених деталей загалом та викінчувальних операцій, зокрема. Класифікація методів викінчувального оброблення ТП виготовлення різевих деталей машин, запропонована авторами, показана на рис. 2.

Аналіз технологій виготовлення виробів із гвинтовими поверхнями свідчить про те, що викінчувальні операції ТП їх виготовлення можуть бути реалізовані різними методами, зокрема, методами механічного оброблення, хіміко-термічного оброблення і нанесення покриттів та методами поверхневого пластичного деформування (ППД).

Для викінчувального оброблення різевих деталей машин із традиційних методів механічного оброблення виробів використовують шліфування для обробки зовнішніх та внутрішніх гвинтових поверхонь, оброблення різенарізними головками для нарізання зовнішньої різі. Хоча цими технологічними методами і досягається задана розмірна та геометрична точність деталей, проте вони майже не поліпшують експлуатаційних характеристик (міцності, мікротвердості, зносостійкості тощо). У той самий час, навіть незначні пошкодження поверхні оброблюваного матеріалу, які стають джерелами зародження втомних тріщин, утворення несприятливих внутрішніх напружень розтягу поверхневих шарів після проведення викінчувальних операцій методами різання спричиняють руйнування виробів в умовах експлуатації.

Дані досліджень про вплив методів хіміко-термічного оброблення та нанесення покриттів (ХТМНП) на експлуатаційні властивості деталей машин загалом та з різевими поверхнями зокрема, досить суперечливі. Одні дослідники вважають, що методи ХТМНП ‘сприяють утворенню у поверхневих шарах сприятливих залишкових напружень стиску, які підвищують втомну міцність, опір ударним навантаженням та зношуванню, інші – схильні до думки про негативний вплив методів хіміко-термічного оброблення та нанесення покриттів на експлуатаційні властивості виробів. Більшість методів ХТМНП вимагають порівняно високих температур, довготривалого оброблення, спеціалізованого обладнання. Методи ХТМНП добре зарекомендували себе при підвищенні довговічності та забезпеченні надійності деталей машин, що працюють в умовах статичних навантажень; за динамічних умов роботи та за знакозмінних навантажень вони не завжди є ефективними. Крім того, потрібно відзначити, що ХТМНП на сьогодні залишається найбільш енергомісткою технологією, споживаючи від 20 до 120 кВт/год на 1 кг зміцнених виробів [3].

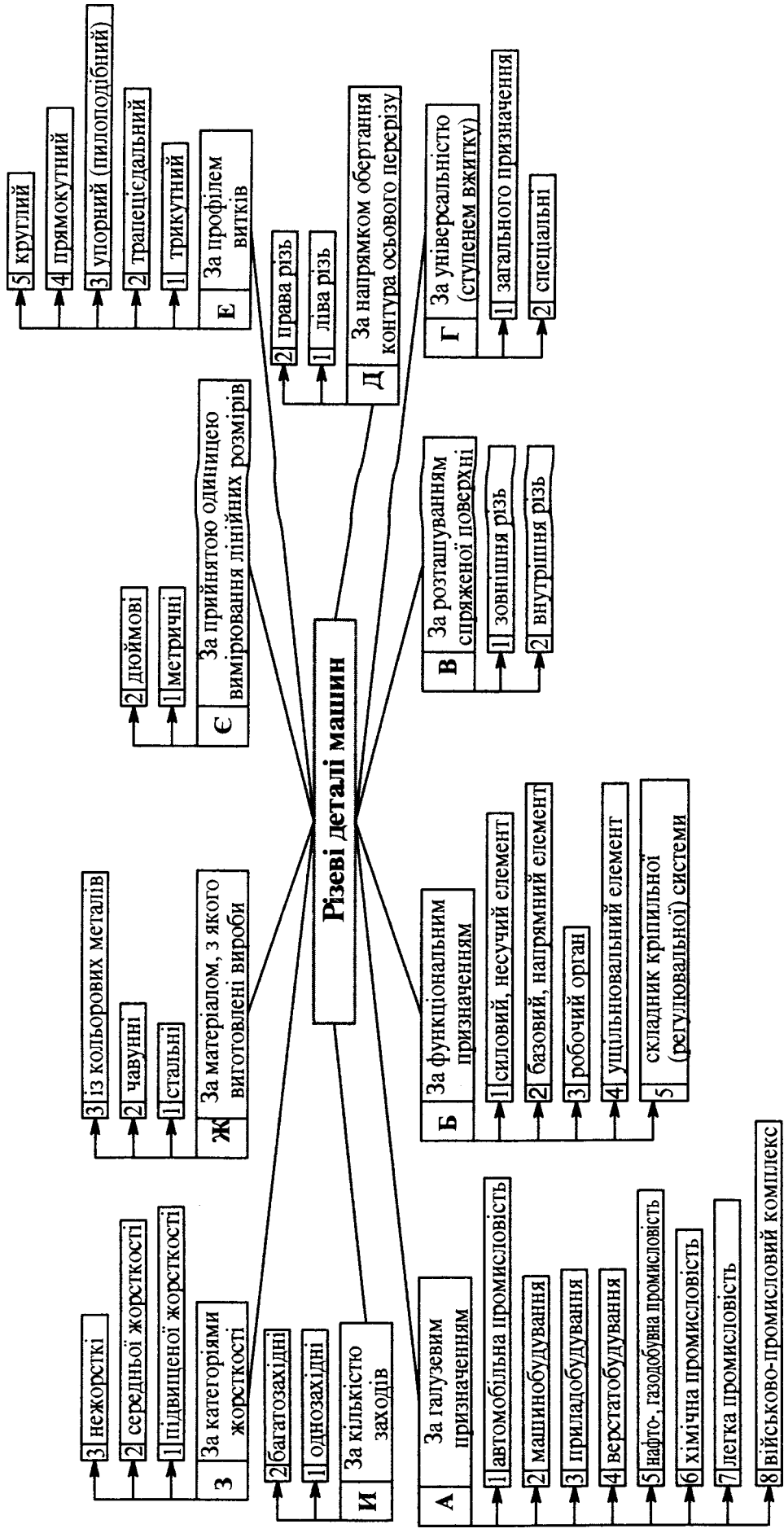


Рис. 1. Класифікація деталей машин із різевими поверхнями

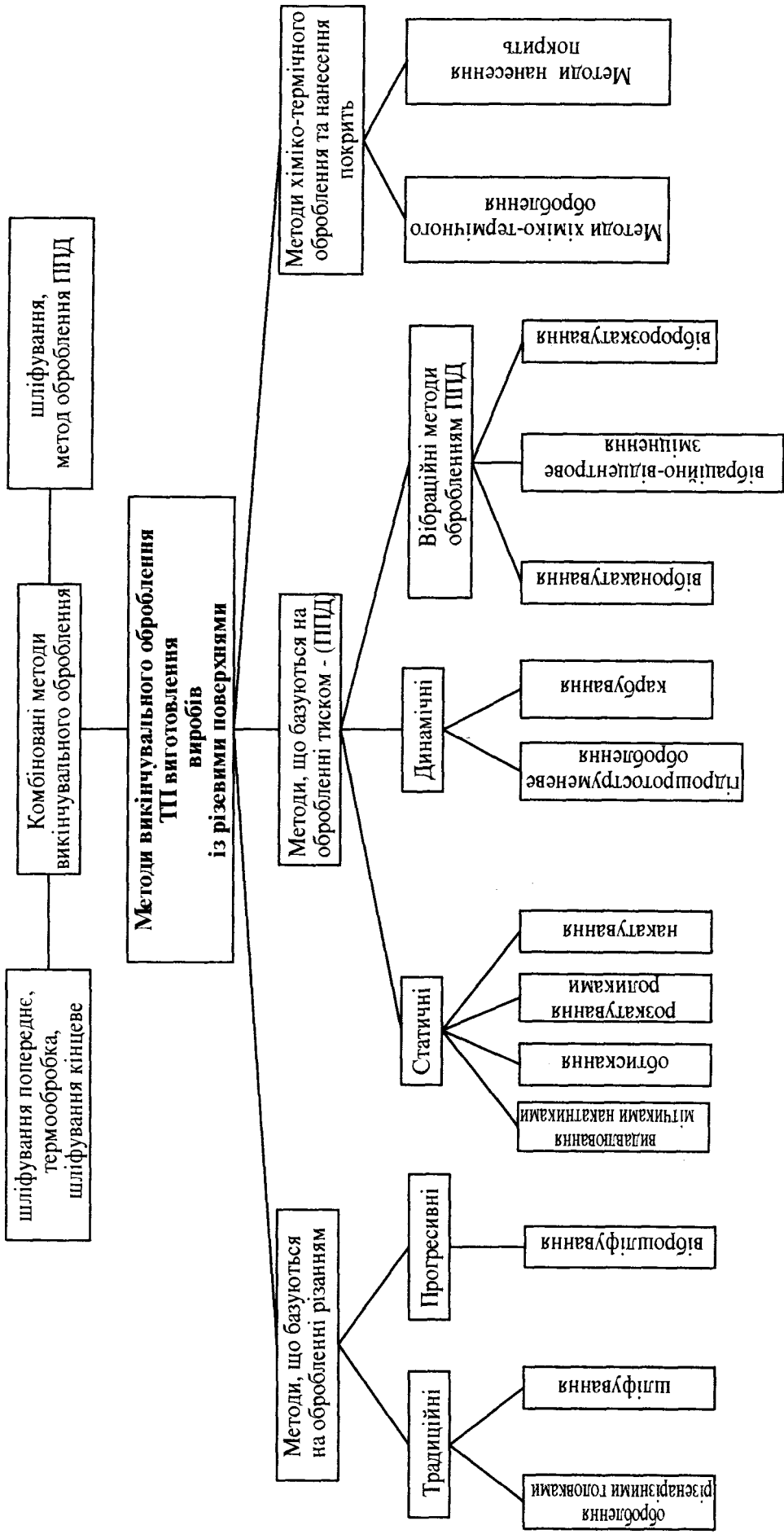


Рис. 2. Класифікація методів викінчувального оброблення деталей машин із різевими поверхнями

Методи ППД, що використовують для забезпечення експлуатаційних характеристик різевих деталей машин, включають методи статичного деформування та методи динамічного деформування. Характерною особливістю методів статичного деформування є наявність точкового контакту деформівних тіл із оброблюваною поверхнею деталі. Для підвищення довговічності та забезпечення надійності виробів із різевими поверхнями найбільше поширення серед статичних методів ППД отримали видавлювання м'ячками-накатниками й розкочування роликками для оброблення внутрішніх гвинтових поверхонь та обтискання й накатування для формування зовнішніх різевих поверхонь (рис. 2). Зокрема, накатування різевим роликом попередньо нарізаних різей забезпечує підвищення втомної міцності та зносостійкості різевих поверхонь, а також збільшує міцність витків різі на зрізання та зминання, що значною мірою підвищує довговічність та забезпечує надійність різевих з'єднань [4]. Методи динамічного зміцнення мають переваги порівняно із методами статичного зміцнення за рахунок ударної дії на оброблювану поверхню робочих тіл або інструментів. Для оброблення довговимірних деталей форми тіл обертання підвищеної та середньої жорсткості (рис. 1) можуть бути використані методи гідрошротоструменевого оброблення, карбування тощо. Зокрема, поверхнєве зміцнення шротоструменевим обробленням деталей гідроагрегатів з різцю М10×1 і М33×1,5, виконаних із сталі 30ХГСНА, зменшило шорсткість різєвої поверхні з 20 до 2,5 мкм, забезпечило в поверхневому шарі формування залишкових напружень стиску завбільшки 600–1000 МПа з глибиною залягання 0,15–0,20 мм, що уможливило значно підвищити зносостійкість та міцність різевих з'єднань [5]. Використання поверхневого нагартування динамічними методами ППД ефективне як для кріпильних, так і для ходових різей, про що свідчить досвід використання зміцнювальної технології на Єкатеринбурзькому заводі важкого машинобудування. Тут широко використовують технологію зміцнення обкочуванням роликом різевих елементів таких деталей, як ходові гвинти (сталь 1Х17Н7, сталь 50, сталь 40) з трапецієподібною різцю (Тг. 70×70, $\ell = 6500$ мм; Тг. 100×12,5, $\ell = 10310$ мм; Тг. 150×16, $\ell = 3200$ мм; труби бурового устаткування, виготовлені із сталі 34ХН1М, натискні гвинти прокатних станів (сталь 34ХН1М) з упорною різцю $S560 \pm 32$ [5].

Ефективність використання вібрацій під час викінчувального оброблення виробів дало змогу сформуванню як новий клас методів ППД – вібраційні методи оброблення, які поєднують в собі як статичні, так і динамічні способи поверхневого пластичного деформування. Вони ж і уможливають розробити нові ефективні методи динамічного деформування ППД. При використанні для викінчувального оброблення різі методів вібронакатування та вібророзкочування, розроблених Ю.Г. Шнейдером, інструменту (алмазному наконечнику) надають осциляційного руху із заданою амплітудою вздовж осі оброблюваної деталі, в результаті чого на оброблюваній поверхні формується сприятливий мікрорельєф у вигляді сітки рівців (“оливних кишень”) [6].

Великих успіхів у розробленні вібраційних технологій досягли дослідники Національного університету “Львівська політехніка” під керівництвом п. Повідайла В.О. та Щігеля В.А. Зокрема, був розроблений метод вібраційно-відцентрового зміцнення (ВВЗ) для технологічного забезпечення показників якості поверхні деталей машин і механізмів. Головною відмінністю методу ВВЗ від інших методів ППД, в яких зусилля деформування обмежене масою одиночного деформівного елемента – кульки чи ролика, – є те, що в кожен проміжок часу контактування оброблюваної деталі із виконавчим органом пристрою відбувається через незначну кількість кульок, розташованих вздовж твірних оброблюваної поверхні деталі, причому тілами, що співударяються, є масивні (порівняно з масою кульки чи ролика) деталь і виконавчий орган зміцнювального пристрою.

Метод ВВЗ добре себе зарекомендував під час викінчувального оброблення внутрішніх і зовнішніх поверхонь циліндричних деталей, фасонних поверхонь, виробів із концентраторами напружень, зубчастих коліс тощо.

Оброблення ВВЗ ефективне також і для різевих поверхонь деталей машин [6]. Проте відсутність ґрунтовних теоретичних і експериментальних досліджень методу ВВЗ під час оброблення різевих поверхонь відповідальних деталей машин (ходові гвинти, елементи кріплення бурильних колон тощо) і рекомендацій щодо режимів обробки перешкоджають впровадженню прогресивного методу ППД у виробництво.

Постановка завдання. Завдання цієї роботи полягає у розробленні методики аналізу та вибору технологій виготовлення виробів із виконавчими різевими поверхнями.

Виклад основного матеріалу. Як свідчить практика машинобудівного виробництва, кожний метод оброблення, як і спорядження для його реалізації, мають дещо обмежену область раціонального використання стосовно визначеного класу відповідальних виробів, зокрема із різевими поверхнями.

Наукову та практичну значущість проблеми вибору викінчувальних операцій ТП та основного технологічного обладнання під час оброблення відповідальних деталей машин із різевими поверхнями доцільно розглядати в рамках єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ), основною частиною якої є класифікаційна характеристика згідно з Класифікатором єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД). Дані, закладені у Технологічному класифікаторі та Класифікаторі ЄСКД, є відправною інформацією для підприємств на стадії конструкторської та технологічної підготовки виробництва та його керування із використанням персональних електронно-обчислювальних машин (ПЕОМ) [7].

Класифікатор ЄСКД сумісно із Технологічним класифікатором дає змогу розв'язувати весь комплекс виробничих завдань під час розроблення оптимального варіанта технологічного процесу виготовлення виробів, зокрема і деталей машин із виконавчими різевими поверхнями на стадії технологічної підготовки виробництва (рис. 3). Основним завданням під час розроблення технологій оброблення відповідальних різевих деталей є вибір ефективних та високопродуктивних викінчувальних операцій, на яких забезпечуються параметри точності та якості оброблення і формуються експлуатаційні характеристики виробів. Розроблення на основі структурної схеми (рис. 3) прикладних програм із залученням баз даних сприятиме зменшенню працемісткості та громіздкості роботи науковців та інженерно-технічних працівників, автоматизації пошуку альтернативних викінчувальних операцій ТП та проектування ефективних технологій виготовлення деталей машин із виконавчими різевими поверхнями.

Для прикладу розглянемо процес проектування технології виготовлення ходового гвинта, користуючись структурною схемою розроблення технології виготовлення деталей машин із виконавчими різевими поверхнями.

Сучасне верстатобудування використовує ходові гвинти п'яти класів точності: 0; 1; 2; 3; 4. Ходові гвинти класів точності 0 та 1 застосовують у прецизійних різешліфувальних, координатно-розточувальних верстатах і прецизійних приладах. Гвинти класів точності 2 – в токарно-затилувальних, прецизійних гвинторізних верстатах і ділильних механізмах, зубооброблюваних верстатах. Ходові гвинти 3-го класу точності – в токарно-гвинторізних, різєфрезерних та інших верстатах нормальної точності; гвинти 4-го класу точності застосовують для інших верстатів [1].

Проаналізуємо технологію виготовлення ходового гвинта згідно з структурною схемою (рис. 3).

Назва виробу: ходовий гвинт.

Службове призначення деталі: ходовий гвинт використовується для передачі руху до спряжених з ним деталей верстатів.

Геометрична форма: циліндрична довговимірна деталь.

Галузева належність: верстатобудування (рис. 1).

Конструктивна характеристика окремих елементів та їх взаємне розташування: ходовий гвинт складається із опорних цапф, робочої ділянки із різевою поверхнею, кріпильних та базових отворів.

Вид вихідної заготовки: пруток сортового матеріалу, розрізаний в розмір заготовки.

Група матеріалу: вуглецева інструментальна сталь (ГОСТ 1435-74), ресорно-пружинна сталь (ГОСТ 14959-79), калібрована гарячекатана сталь підвищеної та високої оброблюваності різанням (ГОСТ 1414-75).

Розмірна характеристика: деталь відносять до нежорстких деталей класу “круглі стрижні” [1].

Квалітет точності розмірів: зовнішній діаметр ходових гвинтів класів точності 0; 1; 2 виконується по посадці $h6$; класу 3 – по посадці $h7$; класу 4 – по посадці $h8$.

Шорсткість поверхні: шорсткість виконавчої різевої поверхні – $Ra=0,16-0,32$ мкм, шорсткість опорних шийок – $Ra=0,32-0,63$ мкм.

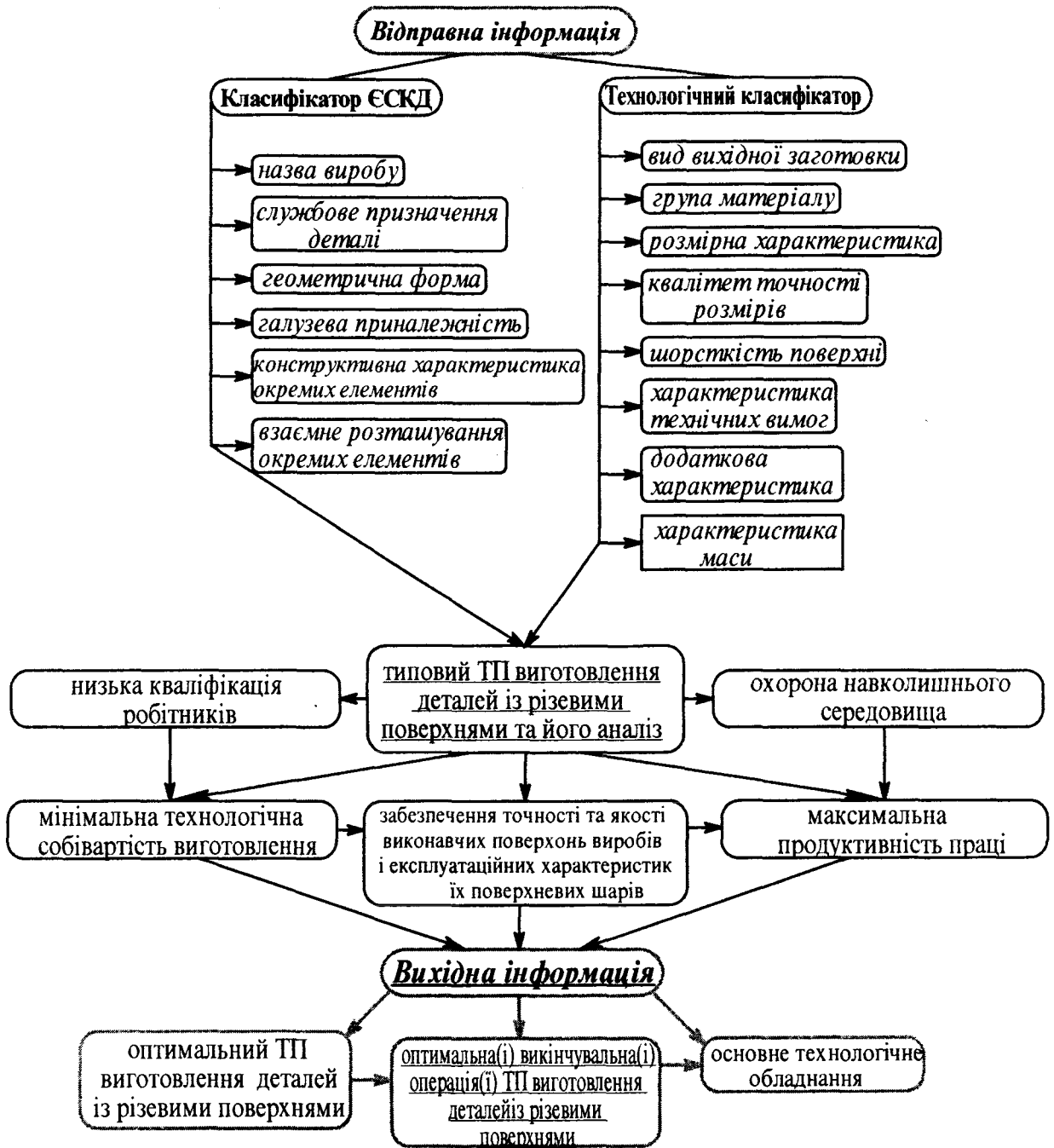


Рис. 3. Структурна схема розроблення технології виготовлення деталей машин із виконавчими різевими поверхнями

Технічні вимоги: нормаль верстатобудування ТУД 22-2.

Додаткова характеристика:

До елементів додаткової характеристики можна віднести програму випуску виробів (тип виробництва), умови експлуатації тощо.

Характеристика маси: згідно з паспортними даними верстата.

Розглянемо типовий технологічний процес виготовлення ходових гвинтів в умовах дрібно-серійного виробництва.

005 Відрізна

Відрізати заготовку в розмір довжини.

010 Токарно-гвинторізна

1. Підрізати, центрувати торці з обох боків із перевстановленням.
2. Точити зовнішні поверхні ходового гвинта із перевстановленням начорно.

Оброблення здійснюється на токарно-гвинторізному верстаті з люнетом під час базування на зовнішню циліндричну поверхню.

015 Термічне оброблення (старіння)

020 Токарно-гвинторізна

1. Перецентрувати торці з обох боків із перевстановленням.
2. Точити зовнішні поверхні ходового гвинта із перевстановленням начисто.

025 Фрезерно-шпонкова

Фрезерувати шпонкові рівці (за наявності).

030 Круглошліфувальна

Шліфувати зовнішню поверхню ходового гвинта із перевстановленням начорно.

Оброблення здійснюється на круглошліфувальному верстаті з люнетамм під час базування на центрові отвори та зовнішню циліндричну поверхню.

035 Токарно-гвинторізна

Нарізати різь попередньо.

Обробка здійснюється на прецизійному токарно-гвинторізному верстаті з люнетом.

040 Термічне оброблення (старіння)

045 Токарно-гвинторізна

Перецентрувати торці з обох боків із перевстановленням.

050 Круглошліфувальна

Шліфувати зовнішню поверхню ходового гвинта із перевстановленням напівчисто.

055 Різешліфувальна

Шліфувати профіль різі напівчисто.

060 Круглошліфувальна

Шліфувати зовнішню поверхню ходового гвинта із перевстановленням начисто.

065 Різешліфувальна

Шліфувати профіль різі начисто.

070 Термічне оброблення (старіння)

075 Токарно-гвинторізна

Довести опорні шийки.

080 Контрольна

Специфіка геометричної форми ходових гвинтів (значна довжина $l > 30d$ за малої поперечної жорсткості), зміна внутрішніх напружень в матеріалі під час різенарізання та температури під час обробки загалом викликає появу деформацій під час оброблення. Зменшення деформацій можна досягнути правильним вибором матеріалу та термооброблення, створенням простих технологічних конструкцій та раціональними технологічними викінчувальними операціями. Власне, розроблення ефективної викінчувальної технології оброблення відповідальних різевих виробів – першочергове завдання, розв'язання якого, незважаючи на сприятливі передумови, вимагає копіткої праці та ґрунтовних досліджень.

Аналізуючи типовий технологічний процес виготовлення ходових гвинтів, можна відзначити, що лише на термооброблення витрачається близько 80 год [1]. Для реалізації термічних операцій необхідно використовувати габаритні висотні печі та витрачати значні енергоресурси. Застосування операцій шліфування вимагає залучення робітників високої кваліфікації і встановлення пиловідсмоктувачів. Окрім того, частинки абразиву пошкоджують поверхневі шари, що спричиняє зародження тріщин.

Усі перераховані чинники вимагають залучати до типового технологічного процесу виготовлення відповідальних різевих виробів, зокрема ходових гвинтів, прогресивні методи ППД. Універсального методу викінчувального оброблення ППД, здатного задовольнити вимогам точності, якості поверхні, продуктивності праці та енерговитрат, поки що не існує. Кожен із методів оздоблювально-викінчувального оброблення відповідальних різевих поверхонь має свою область застосування.

Зокрема, забезпечення експлуатаційних характеристик та формування заданого мікрорельєфу різеві поверхні у вигляді “оливних кишень” на викінчувальній технологічній операції можна реалізувати за рахунок оброблення накатними (розкочувальними) роликками. Цей метод оброблення ППД відноситься до методів статичного деформування. Особливо відчутний ефект забезпечується під час обкатування (розкочування) вібруючими роликками попередньо нарізаних крупних, важконавантажених різей з кроком понад 5 мм, що піддаються вібраційним та знакозмінним навантаженням. Межа витривалості їх матеріалу під час віброобкочування збільшується у 1,5–2 рази [4]. Проте, забезпечуючи необхідну шорсткість різеві поверхні, яка визначається величиною подачі інструмента, накатування (розкочування) роликком має обмежені можливості щодо створення регулярного мікрорельєфу. У той самий час для різноманітних умов роботи контактуючих виробів, особливо під час роботи їх в умовах тертя та при знакозмінних навантаженнях, для створення оптимального мікрорельєфу, необхідно змінювати в значних межах не лише висоту мікронерівностей та їх форму, але й розташування відносно напрямків тертя. Під час застосування динамічних методів і методів вібраційного оброблення ППД цей недолік частково або повністю усувається. Зокрема, під час використання для оброблення зовнішньої різеві поверхні деталі дебалансних та електромагнітних зміцнювальних пристроїв, що працюють за методом ВВЗ, в поверхневих шарах матеріалу відбувається локальна короточасна взаємодія на мікронерівності в різних напрямках, що згідно з дислокаційною теорією сприяє збільшенню кількості площин ковзання в блоках у різних напрямках і зменшенню тим самим опору розвитку джерел деформації. При цьому сила, необхідна для здійснення процесу поверхневого пластичного деформування матеріалів, зменшується і з’являється можливість керувати процесом формування мікрорельєфу на обробленій поверхні за рахунок вибору оптимальних режимів оброблення [7].

Висновки. Під час розроблення технологічних процесів виготовлення відповідальних деталей машин із різевими поверхнями особливу увагу необхідно звернути на вибір викінчувальних операцій, які формують експлуатаційні показники виробів. Альтернативним розв’язком цього завдання може бути використання на оздоблювально-викінчувальних технологічних операціях оброблення різевих виробів прогресивних вібраційних методів оброблення ППД, зокрема вібронакатування, вібророзкочування та вібраційно-відцентрового зміцнення, проте їх промислове застосування обмежене відсутністю практичних рекомендацій щодо вибору режимів оброблення та конструкцій вібраційного обладнання і відповідного спорядження. Однак без промислового використання сучасних технологій зміцнювального оброблення на стадіях проектування, виготовлення та ремонту економіка України, особливо машинобудування, не вийде з гострого дефіциту металу, запасних частин, електроенергії, палива [8].

1. Картавов С.А. *Технология машиностроения (специальная часть)*. – К.: Вища шк., 1984. – 272 с.
2. Допуски и посадки: *Справочник*. В 2 ч. Ч. 2 / Под ред. В.Д. Мягкова. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1978. – С. 545–1032.
3. Афтаназів І.С., Кусий Я.М. *Аналіз та вибір оптимальних фінішних операцій технологічного процесу виготовлення довгомірних циліндричних деталей* // Вісн. Держ. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2000. – № 412. – С. 3–11.
4. Афтаназів І.С., Гавриш А.П., Киричок П.П., Попов Є.С., Третьюк В.В. *Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням: Навч. посібник для студентів спеціальностей 7.090202 “Технологія машинобудування”, 7.090203 “Металорізальні верстати та системи”*. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 516 с.
5. Афтаназів І.С., Берник П.С., Сивак Р.И., Клименко А.Д. *Вибрационно-центробежная упрочняющая обработка деталей машин*. – Винница: ВГАУ, 2002. – 235 с.
6. Кук А.М. *Зміцнення локальних ділянок поверхонь деталей вібраційно-відцентровою обробкою: Дис. ...канд. техн. наук:*

05.02.08. – Львів, 1998. – 207 с. 7. Яцерицын П.И., Минаков А.П. Упрочняющая обработка нежестких деталей в машиностроении. – Минск.: Наука и техника, 1986. – 215 с. 8. Ляшенко Б.А., Клименко С.А. Тенденции развития упрочняющей поверхностной обработки и положение в Украине // Сучасне машинобудування. – 1999. – № 1. – С. 94–104.

УДК 539.373

І.М. Голиборода, І.В. Кузьо
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теоретичної механіки

ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ З ПАМ'ЯТТЮ ФОРМИ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЦИХ МАТЕРІАЛІВ

© Голиборода І.М., Кузьо І.В., 2005

Досліджуються мікроструктурні процеси, які проходять у полікристалічних матеріалах з пам'яттю форми під час оборотних мартенситних перетворень; розглядаються фізико-механічні властивості цих матеріалів.

Microstructural processes in Shape Memory materials under reversible martensitic transformations are discussed, physical and mechanical features of named materials are investigated.

Основні види матеріалів з пам'яттю форми. Сучасні технології передбачають два основні типи приладів, що застосовують ефект пам'яті форми (ПФ). До першого типу належать маломасштабні прилади – порядку 1 мм та менше. У таких механізмах застосовуються тонкі плівки (до 1 мм), виготовлені із матеріалу з ПФ. Другий тип – це порівняно великі прилади (від 10 см і більше), здатні витримувати значні термомеханічні навантаження. У першому випадку, як правило, застосовуються сплави на основі міді та нікеліду титану. Вони характеризуються високим рівнем оборотної мартенситної деформації (МД), яка наводиться під час механомартенситного перетворення, та експлуатаційною витривалістю. Їх недоліком є низький рівень витримуваних навантажень та висока вартість. Для застосувань другого типу найбільш перспективними є матеріали з ПФ на основі заліза (МПФЗ). Їм притаманна порівняно низька вартість, технологічність отримання та простота і ефективність обробки (звичайними методами механічної обробки), висока міцність та здатність витримувати великі навантаження (до 100 кГ/мм^2) та генерувати за мартенситного перетворення (МП) реактивні напруження (до 1 ГПа), корозійна стійкість та стійкість до окиснення, ефективний (з точки зору реалізації ПФ) діапазон робочих температур ($60\text{--}600 \text{ K}$) [1–3].

Фізико-механічні властивості матеріалів з ПФ. Ефект пам'яті форми спостерігається у таких сплавах заліза, як нержавіюча сталь (SOS 304), залізні високомарганцеві сплави, залізо-кобальто-нікелево-титанові сплави (Fe-Ni-Co-Ti), залізо-марганцево-кремнієві сплави (Fe-Mn-Si) тощо [2, 3]. Варто виділити два основних види матеріалів з ПФ на основі заліза (залізнікелевих сталей), які мають широке практичне застосування – із високим ($50\text{--}200 \text{ K}$) та вузьким ($15\text{--}50 \text{ K}$) гістерезисом МП [1]. Перші застосовуються як матеріал під час виготовлення термомеханічних з'єднань (фітінгів) для трубопроводів великого тиску, другі – як силовий елемент в теплових машинах, які утилізують енергію низькотемпературних джерел, термокомпенсаторів неперервного усунення теплових змін розмірів конструкцій.

МПФЗ з широким гістерезисом мають широкі температурні проміжки прямого та оберненого МП, відповідно – $M_s - M_f$ та $A_f - A_s$ (M_s, M_f – температури початку та завершення прямого