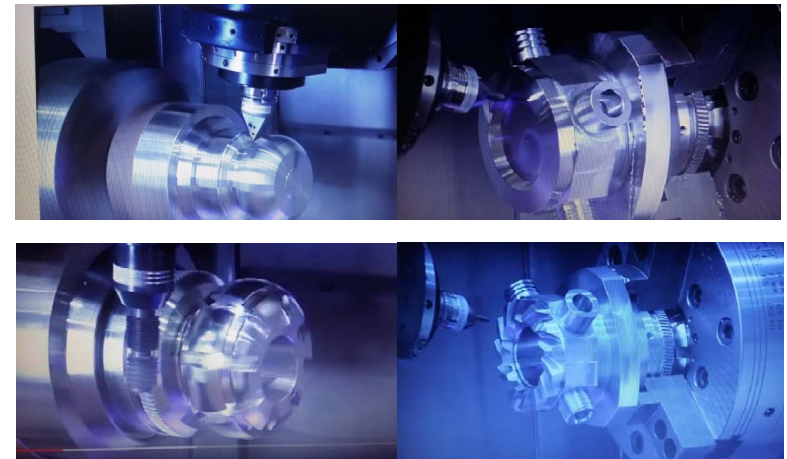


В. П. Пурдик

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

В. П. Пурдик

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Лабораторний практикум

Вінниця
ВНТУ
2018

УДК 621.002(076.5)

П88

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 5 від «19» грудня 2017 р.)

Рецензенти:

Р. Д. Іскович-Лотоцький, доктор технічних наук, професор

М. І. Іванов, кандидат технічних наук, професор

В. І. Савуляк, доктор технічних наук, професор

Пурдик, В. П.

П88 Технологія машинобудування : лабораторний практикум / Пурдик В. П. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 71 с.

В лабораторному практикумі наведені матеріали для проведення лабораторних робіт з дисципліни «Технологія машинобудування». Виконання цієї роботи забезпечує надбання студентами практичних навичок при проектуванні технологічних процесів в серійному виробництві для машинобудівних підприємств різних типів іа форм організації, а також при виконанні дипломних проектів та магістерських дисертацій. Перелік та зміст лабораторних робіт відповідає програмі вищевказаної дисципліни. В кожній роботі передбачається проведення експериментальної частини.

УДК 621.002(076.5)

ПЕРЕДМОВА

У лабораторний практикум увійшли 12 лабораторних робіт, які охоплюють основні розділи дисципліни «Технологія машинобудування». Переважна частина робіт присвячена питанням забезпечення якості деталей в процесі їх обробки як традиційними методами зі зняттям відповідного припуску, так і методами поверхнево-пластичної деформації. В решті робіт розглядається питання порівняльного технічного нормування при обробці деталей на універсальному обладнанні та обладнанні з ЧПК, а також різних видів складальних процесів в машинобудівній галузі.

Порядок розміщення лабораторних робіт в практикумі, в основному, відповідає черговості їх виконання при вивченні дисципліни. Зміст практикуму розбито на чотири тематичних розділи, в межах кожного з яких заплановано виконання по три лабораторні роботи. В кожній лабораторній роботі вказується мета її виконання, наводяться відповідні основні теоретичні положення, наводяться методика та порядок виконання, перелік необхідних для її виконання обладнання, різального та вимірювального інструменту, спеціальних приладів, зміст звіту, питання для самоперевірки, рекомендована література.

Зміст кожної з лабораторних робіт супроводжується необхідними для її виконання нормативними та довідковими матеріалами.

Автор висловлює щиро вдячність завідувачу лабораторій кафедри «Технологій та автоматизації машинобудування» Кубаю О. І. та навчальному майстру Брицькому О. Л. за активну та кваліфіковану роботу з впровадження лабораторних робіт в навчальний процес.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
РОЗДІЛ 1 ТОЧНІСТЬ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	6
<i>Лабораторна робота № 1</i> Визначення показників точності токарного верстата з ЧПК типу 16K20T1	7
<i>Лабораторна робота № 2</i> Дослідження впливу зносу різального інструменту на точність обробки	11
<i>Лабораторна робота № 3</i> Порівняльне експериментальне дослідження точності чистової обробки на токарному верстатів з ЧПК і токарно-гвинторізному верстаті з ручним керуванням	16
РОЗДІЛ 2 ПОСЛІДОВНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В СЕРІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ.....	20
<i>Лабораторна робота № 4</i> Розробка групової технології обробки деталей на токарно-револьверній групі верстатів в серійному виробництві	21
<i>Лабораторна робота № 5</i> Проектування технологічної операції на верстаті типу «оброблювальний центр» в серійному виробництві.....	25
<i>Лабораторна робота № 6</i> Порівняння норми часу на виконання токарної операції на обладнанні з ЧПК та універсальному обладнанні...	27
РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ СКЛАДАННЯ МЕХАНІЗМІВ ТА МАШИН	31
<i>Лабораторна робота № 7</i> Розробка технологічного процесу складання механізмів та машин	32
<i>Лабораторна робота № 8</i> Проектування технології складання вузлів та механізмів по методу групової взаємозамінності	35
<i>Лабораторна робота № 9</i> Технологічне забезпечення надійності складальних операцій в автоматизованому виробництві	39
РОЗДІЛ 4 ОБРОБКА МЕТОДАМИ ПОВЕРХНЕВО-ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В СЕРІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	44
<i>Лабораторна робота № 10</i> Дослідження якості циліндричної поверхні при обкоченні її кульковим інструментом.....	46
<i>Лабораторна робота № 11</i> Дослідження якості плоскої поверхні при накатуванні її кульковим інструментом.....	52
<i>Лабораторна робота № 12</i> Обробка поверхонь деталей машин вібраційним обкоченням	55
Література	59
Додатки.....	61

ВСТУП

Дисципліна «Технологія машинобудування» є однією з основних дисциплін спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Предметом дисципліни є вивчення закономірностей, які мають місце в процесах механічної обробки заготовок та складання механізмів і машин, застосування нових нетрадиційних видів механічної обробки для набуття практичних навиків застосування цих закономірностей при проектуванні технологічних процесів для забезпечення проектної якості виробів при найменшій їх собівартості в межах запланованого типу виробництва.

Дисципліна «Технологія машинобудування» тісно пов'язана з такими дисциплінами, як «Теоретична механіка», «Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство», «Теорія різання», «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання», «Обладнання та транспорт металообробних цехів». Освоєння вищеназваних дисциплін обов'язкове для успішного вирішення проектних технологічних задач.

Дисципліна «Технологія машинобудування» є однією з базових для вивчення таких дисциплін, як «Технологічне оснащення», «Автоматизація машинобудівного виробництва», «Проектування пристосувань», «Програмування верстатів з ЧПК» та інших, а також для курсового та дипломного проектування.

Метою виконання лабораторних робіт є закріплення та поглиблення теоретичних знань з дисципліни, а також опанування основ постановки та проведення експериментальних досліджень в галузі технології машинобудування.

До виконання лабораторних робіт допускаються лише підготовлені студенти, рівень підготовки яких визначається при опитуванні викладачем. Результатом опитування є оцінка, яка визначається відповідно до положень про кредитно-модульну систему навчання з дисципліни.

Працювати в лабораторіях дозволяється лише тим студентам, які пройшли інструктаж з техніки безпеки, склали залік і розписались у відповідному журналі.

Розділ 1 ТОЧНІСТЬ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Якщо порівняти дві деталі – реальну та задану конструктором в робочому кресленнику, – то можна виявити їх неідентичність як за формою, так і за розмірами. Ця різниця виникає у зв'язку з недосконалістю виготовлення реальної деталі, а її ступінь визначається *точністю обробки*.

В цілому конфігурація деталі утворюється комбінацією геометричних тіл, обмежених найпростішими поверхнями: плоскими, циліндричними, конічними і т. п. Тому можна встановити такі основні ознаки відповідності реальної деталі заданій робочим кресленником: точність форми; точність розмірів; точність взаємного розташування окремих поверхонь; шорсткість поверхні, що підлягає обробці.

Форма оброблюваної поверхні є відображенням кінематичних схем руху відносно неї інструмента під час обробки. Форма поверхні, як правило, забезпечується верстатом автоматично, після його налагодження.

Точність розмірів автоматично верстатом не забезпечується, тому для автоматизації отримання точних розмірів необхідне застосування спеціальних методів роботи та виконання ряду умов: наявність пристосувань, якісне попереднє налагодження верстата, розробка оптимальних програм для верстатів з ЧПК та ін.

Точність взаємного розташування поверхонь залежить не тільки від роботи верстата, але і від розташування заготовки, що підлягає обробці, відносно виконавчих органів верстата, тобто від її встановлення, а також від зносу верстата, пристосувань, інструменту та ін.

Шорсткість (клас чистоти) поверхні характеризується розмірними параметрами мікрогеометричних нерівностей, що виникають внаслідок пластичних деформацій матеріалу та інших супутніх факторів, які з'являються в процесі різання під час обробки деталі.

Відхилення значень параметрів реальної деталі від деталі, заданої робочим кресленником, характеризують *величину похибки*.

Причинами виникнення похибок можуть бути: геометрична неточність верстата; похибки при встановленні та закріпленні заготовок; похибки при встановленні інструмента на розмір; пружні деформації системи ВПД (верстат – пристосування – інструмент – деталь), що виникають під впливом сил різання; температурні деформації інструмента, оброблюваної деталі та окремих деталей і вузлів верстата; розмірний знос інструмента.

Поверхня деталі, що виникла в результаті обробки, є відбитком ріжучої вершини інструмента, який виконує свій рух згідно з кінематикою верстата. В результаті деякої невідповідності реального руху заготовки та руху інструмента, передбаченого кінематичною схемою верстата, виникає *похибка обробки*.

При використанні автоматичних подач похибка обробки не залежить від дій робітника, а визначається характеристиками верстата, інструменту, заготовки і визначає, тим самим, *похибку роботи верстата*.

Лабораторна робота № 1

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ТОЧНОСТІ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК ТИПУ 16K20T1

Мета роботи – вивчення методів і набуття практичних навичок вимірювання показників точності виробу на прикладі токарного верстата, визначення відповідності фактичних показників точності технічним нормам (паспорту).

1.1 Загальні положення

Під геометричною точністю верстата прийнято вважати його точність у ненавантаженому стані. Оскільки металорізальний верстат виконує своє службове призначення за допомогою поверхонь, які називають **виконавчими**, то очевидно, що його геометрична точність визначається розмірами, точністю взаємного розташування, точністю форми та показниками мікрогеометрії саме виконавчих поверхонь.

Виконавчими поверхнями токарного верстата є конічний отвір (конус Морзе), опорний борт та конічна центрувальна поверхня під патрон шпинделя, конічний отвір (конус Морзе) та зовнішня циліндрична поверхня пінолі «задньої бабки», повздовжні напрямні станини та напрямні супорта.

Показники геометричної точності верстатів безпосередньо впливають на точність деталей, які отримуються на них за допомогою механічної обробки.

Тому норми точності та способи визначення їх дійсних значень регламентуються державними стандартами. Відповідність нормам точності контролюється під час виготовлення верстатів і періодично – під час їх експлуатації.

При визначенні кількісних значень показників геометричної точності верстата спочатку необхідно виміряти показники макрогеометричних відхилень (відхилення від прямолінійності, площинності, циліндричності, круглості та ін.), які безпосередньо впливають на формоутворювальні рухи інструменту при обробці деталей на даному верстаті.

У разі відповідності цих показників регламентованим нормам (згідно з паспортними значеннями) визначають кількісні значення показників точності відносного розташування (перпендикулярність, паралельність, співісність та ін.) виконавчих органів верстата.

1.2 Прилади, обладнання, інструменти та матеріали

1. Токарний верстат з числовим програмним керуванням 16K20T1.
2. Контрольні оправки.

3. Індикатор годинникового типу з ціною поділки 1 мкм.
4. Стояк магнітний.

1.3 Методика та порядок виконання роботи

Виконати перевірку показників точності верстата 16К20ТІ згідно зі схемою та методикою перевірки, регламентованою паспортом верстата, порівняти отримані результати з допустимими за паспортом, зробити висновок.

1. Відповідно до методики перевірки продумати зміст, форму та обсяг таблиці для занесення результатів обробки експериментальних даних (таблиця протоколу експерименту), підготувати таблицю експерименту для кожної чергової перевірки.

2. Відповідно до схеми перевірки встановити в задане(і) (за схемою) положення індикатор(и).

3. Виконати вимірювання за методикою перевірки: кожне вимірювання повторити не менше трьох раз: значення індикатора при кожному вимірюванні занести в підготовлену таблицю протоколу експерименту.

4. Обробити отримані дані, порівняти отриманий результат з регламентованим допуском, скласти висновок про фактичну точність верстата.

5. Оформити звіт.

Експеримент № 1

Контрольований параметр: торцеве биття опорного бурта шпинделя передньої бабки.

Порядок перевірки

На нерухомій частині верстата закріпити індикатор 1 (рис. 1.1) таким чином, щоб його вимірювальний наконечник торкався опорного бурта 2 на максимально можливій відстані від центра і був перпендикулярний до нього. Обертаючи шпиндель (в робочому напрямку), по чергово виконують вимірювання в двох діаметрально протилежних точках взаємно перпендикулярних площин. При кожному вимірюванні шпиндель повинен зробити не менше двох обертів. Відхилення визначають як найбільшу алгебраїчну різницю показів індикатора в кожному його положенні.

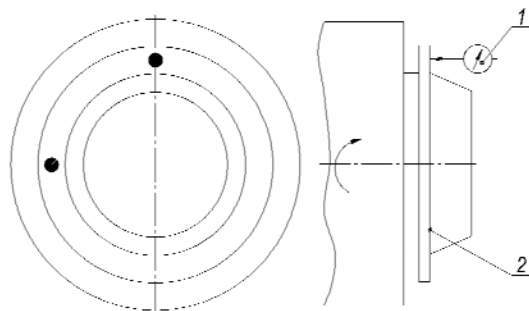


Рисунок 1.1 – Схема перевірки геометричної точності розташування торцевої поверхні шпинделя

Експеримент № 2

Контрольований параметр: радіальне биття конічної центрувальної поверхні шпинделя під патрон передньої бабки.

Порядок перевірки

На нерухомій частині верстата закріплюють індикатор таким чином, щоб його вимірювальний наконечник торкався поверхні 2 (рис. 1.2), що перевіряється, та був направлений до її осі перпендикулярно твірній. Обертаючи шпиндель (в робочому напрямку), виконуються вимірювання у двох взаємно перпендикулярних площинах.

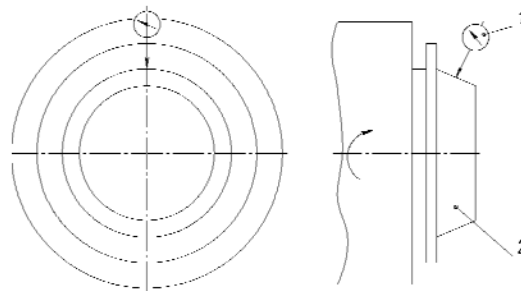


Рисунок 1.2 – Схема перевірки геометричної точності конічної центрувальної поверхні шпинделя

Шпиндель при вимірюванні має зробити не менше двох обертів. Відхилення визначають як найбільшу алгебраїчну різницю показів індикатора в кожному його положенні.

Експеримент № 3

Контрольований параметр: перевіряється паралельність переміщення задньої бабки переміщенню супорта:

- а) у вертикальній площині;
- б) в горизонтальній площині.

Порядок перевірки

Супорт 1 та задню бабку 4 встановлюють у крайнє початкове положення на напрямних станини (праве або ліве), піноль 3 виставляють на 0,8 довжини ходу і затискають. На супорті закріплюють індикатор 2 таким чином, щоб його вимірювальний наконечник торкався пінолі задньої бабки і був направлений до її осі перпендикулярно твірній. Супорт і задню бабку переміщують одночасно (при цьому відстань між супортом і задньою бабкою повинна бути постійною) по всій довжині ходу задньої бабки із зупинками для вимірювання не більше ніж через 0,3 довжини ходу. Відхилення визначають як найбільшу алгебраїчну різницю показів індикатора при початковому та наступних положеннях задньої бабки і супорта. (рис. 1.3)

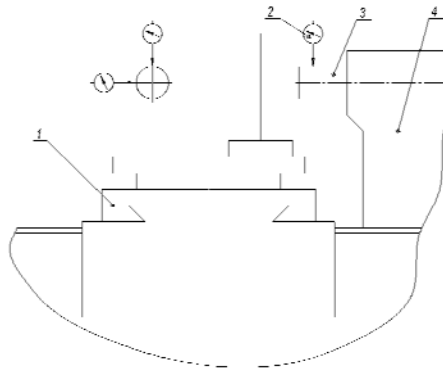


Рисунок 1.3 – Схема перевірки геометричної точності розташування пінолі задньої «бабки»

Основні вказівки з техніки безпеки

1. Знаходження в лабораторії, де розташовані верстати, допускається тільки з дозволу і під наглядом викладача або навчального майстра.
2. Управління верстатом при ввімкненому електроживленні виконує тільки начальний майстер.
3. Робота з верстатом і зняття показів приладів студентами допускається тільки з відключеним електроживленням верстата.

1.4 Зміст звіту

1. Номер і тема роботи.
2. Обладнання і прилади.
3. Схеми і параметри перевірок.
4. Протоколи експериментів і висновки щодо кожного з параметрів, що перевіряються.

Примітка. Протоколи експериментів (вимірювань) можуть оформлятися та окремих аркушах, або в загальному тексті звіту, або може бути оформлений єдиний протокол (таблиця) вимірювань для декількох параметрах, що перевіряються.

1.5 Питання для самоперевірки

1. Яким нормативним документом регламентується точність металорізального верстата?
2. Які поверхні в конструкції токарного верстата вважаються виконавчими?
3. До якого типу машин відносять металорізальний верстат?
4. Як впливає неспіввісність шпинделя та пінолі «задньої бабки» на точність обробки токарного верстата?
5. Сформулюйте службове призначення токарного верстата.
6. Зміст та послідовність експериментів в цій лабораторній роботі.
7. Основні показники точності токарного верстата.

Рекомендована література: [1, 4, 9, 10].

Лабораторна робота № 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗНОСУ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ НА ТОЧНІСТЬ ОБРОБКИ

Мета роботи – дослідження впливу зносу інструменту на точність обробки на токарній операції.

2.1 Загальні положення

Знос ріжучої вершини різця (наприклад, на токарній операції) по нормалі до поверхні, що обробляється, значно впливає на точність обробки.

Відомо, що знос різця відбувається в результаті тертя стружки по його передній поверхні, а також тертя його задньої поверхні по поверхні, що обробляється. Механізм зносу полягає в стиранні та викришуванні на мікрорівні ріжучої крайки різця. Інтенсивність зносу найбільш суттєво залежить від швидкості різання, тому при визначенні режимів різання цю величину необхідно приймати оптимальною, тому що стійкість різця напряду впливає на продуктивність та технологічну собівартість обробки.

Оскільки продуктивність визначається довжиною шляху, а не тривалістю процесу різання, то визначення стійкості (T) різця, залежно від шляху, пройденого його крайкою, найбільш відповідає технологічним задачам дослідження впливу зносу ріжучого інструменту на розміри заготовки, що оброблюється, і, таким чином, характеризує *розмірний знос* та може бути визначено за формулою

$$u = u_0 l_p / 1000 \text{ (мкм)},$$

де u_0 – питомий знос інструменту відповідного матеріалу, мкм/мм;

$l_p = \frac{\pi DL}{1000 s}$ (м) – шлях, пройдений ріжучою крайкою інструмента;

D – діаметр заготовки, мм;

L – довжина циліндричної поверхні, що обробляється, мм;

s – подача, мм/об.

Розмірний знос інструменту завжди проходить нерівномірно. Характерний процес такого явища ілюструє діаграма, що наведена на рис. 2.1.

На першому етапі відбувається підвищений знос. Потім настає відносно тривалий час так званого нормального зносу, а потім – інтенсивний, в результаті якого інструмент руйнується.

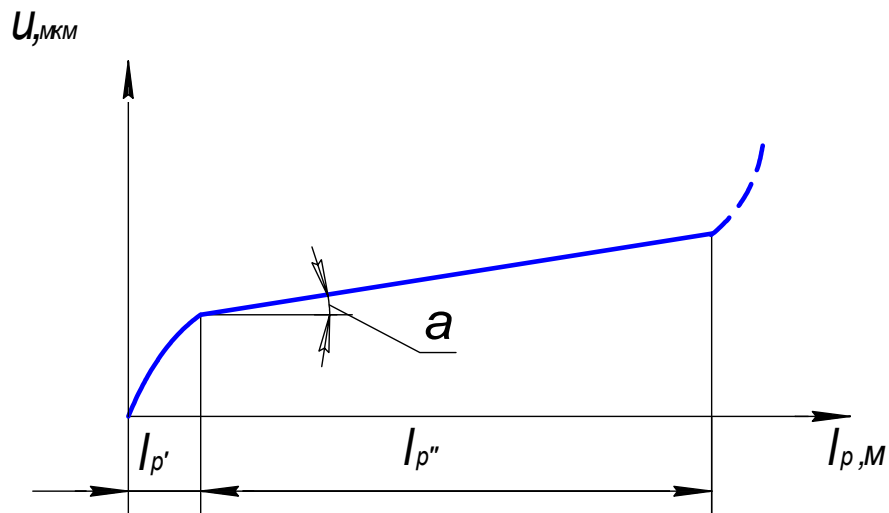


Рисунок 2.1 – Діаграма залежності розмірного зносу інструменту від шляху різання

Згідно з діаграмою на етапі нормального зносу має місце лінійна залежність розмірного зносу від шляху різання, а інтенсивність його характеризується кутом нахилу a кривої діаграми.

Враховуючи прогнозованість величини зносу інструменту на прямолінійній ділянці наведеної діаграми, її, як правило, намагаються використовувати в реальному серійному виробництві. Це пов'язано з тим, що є можливість розрахунку певних параметрів технологічної операції, наприклад, кількість деталей, які можна обробити одним інструментом, періодичність підналагодження інструмента на потрібний розмір, та прогнозування точності обробки деталі в проміжку між підналагодженнями.

Метою даної лабораторної роботи є дослідження експериментальним шляхом впливу зносу інструмента на точність обробки циліндричної деталі на токарній операції.

2.2 Обладнання, пристрої та інструменти

1. Токарно-гвинторізний верстат з ручним керуванням типу 16К20.
2. Еталонна деталь.
3. Заготовка – круг $\varnothing 40 \dots 60$ мм, $l=800 \dots 1000$ мм.
4. Різець прохідний (Т15К6. $\gamma=10-12^\circ$, $\varphi=45-90^\circ$, $\varphi_1=6-30^\circ$, $\lambda=10^\circ$) з перерізом державки 16×24 мм, різець прохідний Р18 ($\gamma=10-12^\circ$, $\varphi=45-90^\circ$, $\varphi_1=6-30^\circ$, $\lambda=10^\circ$).
5. Спеціальний вимірювальний інструмент для активного контролю розмірів деталі.

2.3 Методика та порядок виконання роботи

Відомі методики [2] дослідження впливу зносу інструменту на точність обробки при токарній операції, суть якої полягає в контролюванні вильоту вершини різця в спеціальній оправці з індикаторним вимірювальним інструментом. Недолік такої методики полягає в тому, що різець необхідно

знімати з різцетримача для виконання вимірювальної операції, що не є раціональним, оскільки при повторному експерименті виникає необхідність виконувати налагодження на операцію з самого початку.

Більш оптимальним варіантом проведення експерименту є методика, яка пропонує проведення вимірювальної операції в оперативному порядку, безпосередньо в процесі виконання робочого переходу обробки. Це дозволяє оперативно отримати результати експерименту та визначити характер залежності зносу інструменту від окремих параметрів та режимів проведення операції. Причому методика активного контролю розміру деталі дозволяє визначити найбільш несприятливі зони зносу інструменту протягом робочого переходу.

Для вимірювання розміру деталі, що оброблялась в процесі проведення експерименту, використовувалась спеціальна скоба БВ-3156М, конструктивна схема якої наведена на рис. 2.2.

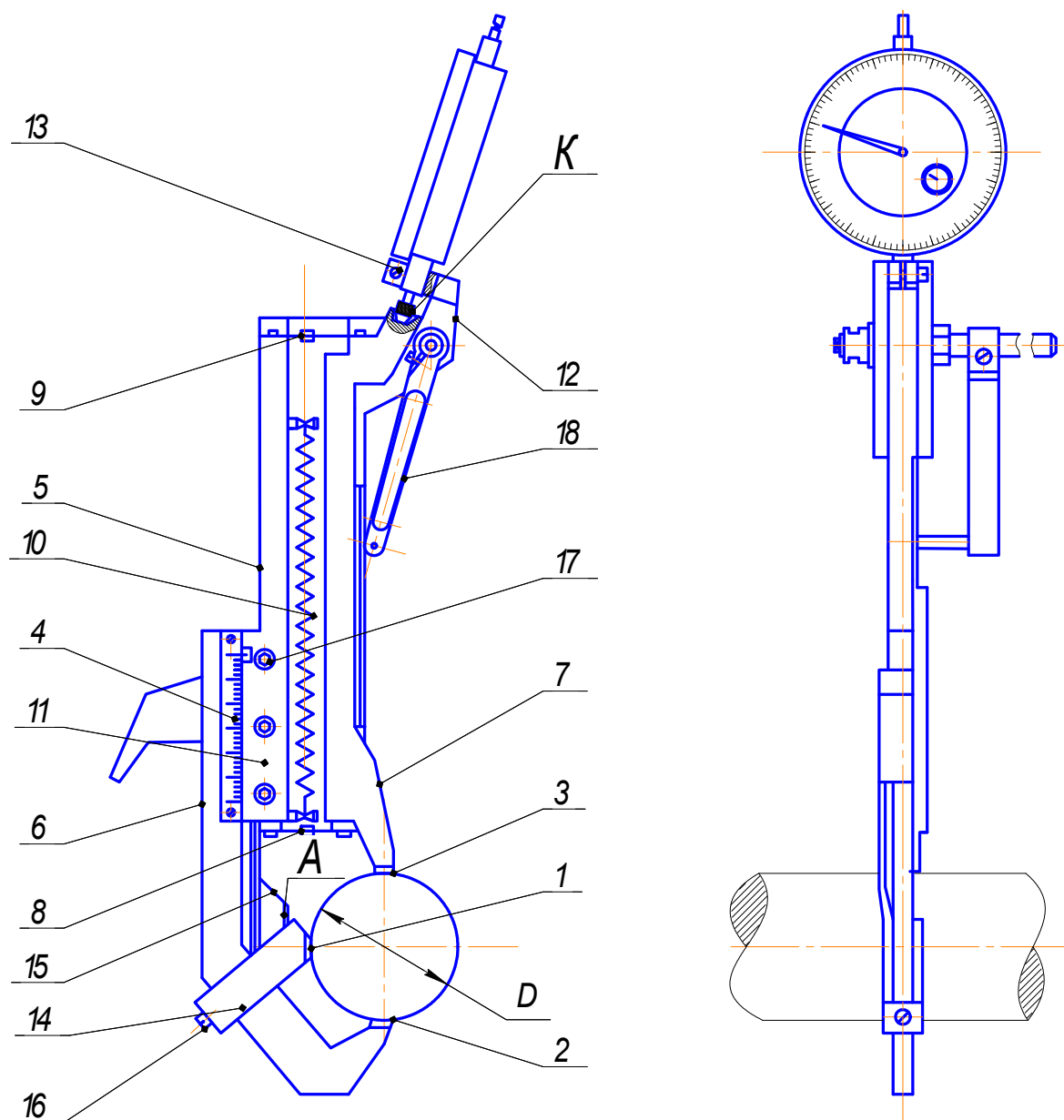


Рисунок 2.2 – Конструктивна схема вимірювального пристрою БВ-3156М

Вимірювальна скоба шарнірно закріплюється на супорті верстата з можливістю вільного встановлення та зняття з деталі, розмір якої контролюється.

В робочому положенні вимірювальні наконечники 1, 2, 3 розташовуються в площині, перпендикулярній до осі деталі, що обробляється.

До корпусу 5 прикріплена губка 6, яка несе на собі боковий 1 та нижній 2 вимірювальні наконечники. Верхній наконечник 3 закріплено на рухомому вимірювальному штоці 7.

До корпусу 5 шток підвісили на плоских пружинах 8 та 9, на яких він має можливість рухатись повздовж своєї осі. Вимірювальне зусилля на штоці забезпечується пружиною 10. Індикатор встановлюється за допомогою клемного затискача в кронштейні 13.

Губка 6 може рухатись в вертикальному напрямку відносно корпусу 5 по напрямних у вигляді трикутної призми та фіксуватись гвинтами 18.

В робочому положенні верхній вимірювальний наконечник скоби разом зі штоком буде зміщуватись по мірі зняття припуску, приводячи, таким чином, до відхилення стрілки індикатора.

Прилад БВ-3156М не надає відомості про абсолютний розмір деталі, а використовується для порівняння з розміром еталона, за яким проводиться його попереднє налагоджування.

Оскільки метою лабораторної роботи є дослідження залежності точності розміру обробки від зносу інструменту, а не вимірювання абсолютного розміру деталі після обробки, то такий вимірювальний прилад задовольняє умови проведення експерименту, тому що оперативно надає відомості про цей розмір у відносних величинах безпосередньо під час виконання робочого переходу.

Методика проведення експериментальної частини лабораторної роботи полягає в нижчевикладеному:

- на токарному верстаті в пристосування в центрах (згідно зі схемою, наведеною на рис. 2.3) встановлюється еталонна деталь – циліндр діаметром 40–60 мм та довжиною 800-1000 мм; в контакт з її зовнішньою поверхнею вводиться вимірювальна скоба, індикатор якої встановлюється в положення, щоб стрілка збігалася з нульовою позначкою;

- виконується імітація робочого ходу обробки без зняття припуску, тобто рух супорта по всій довжині деталі, але з обов'язковим контактом вимірювального приладу з її зовнішньою поверхнею;

- протягом всього переходу слідкують за відхиленням стрілки індикатора, кожне відхилення реєструється, це свідчить про вплив на точність обробки геометричних неточностей верстата та повинно бути враховано при виконанні робочого переходу зі зняттям припуску;

- виконується робочий перехід зі зняттям припуску та реєстрація діаметра деталі по всій її довжині, беручи до уваги ці дані, можна робити висновок про вплив на точність обробки зносу інструменту;

- повторні експерименти за аналогічною схемою потрібно провести при різних режимах обробки, при різному співвідношенні матеріалу деталі та інструменту;
- результати вимірів звести до підсумкової таблиці.

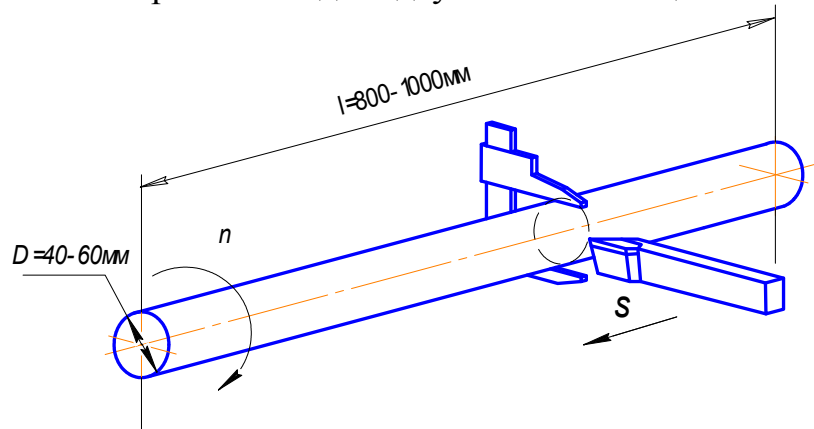


Рисунок 2.2 – Схема проведення експерименту з дослідження впливу зносу інструменту на точність обробки

2.4 Зміст звіту

1. Номер і тема роботи.
2. Обладнання і прилади.
3. Схеми і параметри перевірок.
4. Протоколи експериментів і висновки щодо кожного з параметрів, які перевіряються.

2.5 Питання для самоперевірки

1. Основні фактори, що негативно впливають на стійкість інструменту в процесі обробки.
2. Як впливає геометрія ріжучої частини інструменту на його зносостійкість?
3. До якого виду похибок відносять похибку, що залежить від зносу інструменту?
4. Чи можна запобігти або мінімізувати вплив зносу інструменту на точність обробки?
5. Зробити аналіз діаграми зносу інструменту з поясненням механізму зносу на кожній характерній ділянці.

Рекомендована література: [1, 13, 24, 25].

Лабораторна робота № 3

ПОРІВНЯЛЬНЕ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ЧИСТОВОЇ ОБРОБКИ НА ТОКАРНОМУ ВЕРСТАТІ З ЧПК І ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНОМУ ВЕРСТАТІ З РУЧНИМ КЕРУВАННЯМ

Мета роботи – вивчення технологічних можливостей універсальних токарних верстатів з ручним керуванням і токарних верстатів з ЧПК.

3.1 Загальні положення

Верстати з ЧПК є основним засобом автоматизації серійного виробництва, яке характерне для більшості сучасних машино- і приладобудівних підприємств. Ці верстати суттєво підвищують продуктивність праці за рахунок скорочення допоміжного і підготовчо-завершального часу.

Оскільки більшість сучасних верстатів з ЧПК є багатоінструментальними або багатоопераційними і можуть обробляти багато поверхонь заготовки з одного «установу», то це дозволяє забезпечити вимоги точності на відносно розташування поверхонь завдяки усуненню похибки встановлення.

В токарних верстатах з ЧПК установлення розмірів налагодження для обробки поверхонь деталі здійснюється з високою точністю і стабільністю системою програмного керування. Це дозволяє забезпечувати точність обробки в межах 6...8 квалітетів і суттєво скоротити обсяг шліфувальних операцій.

В цій роботі передбачається в умовах, наближених до реальних виробничих, виконати обробку партії заготовок на універсальному верстаті з ручним керуванням, а потім, за таких же умов, обробити аналогічну партію на токарному верстаті з ЧПК. Після цього за допомогою статистичної обробки отриманих результатів визначити поля розсіювання розмірів, порівняти їх між собою і зробити висновки.

3.2 Обладнання, пристрої та інструменти

1. Різець прохідний (*T15K6*. $\gamma=10-12^\circ$, $\varphi=45-90^\circ$, $\varphi_1=6-30^\circ$, $\lambda=10^\circ$) з перерізом державки 16×24 мм,
2. Заготовка – пруток $a=15...40$ мм, $b=80...100$ мм.
3. Верстатний пристрій – трикулачковий самоцентрувальний патрон.
4. Вимірювальний інструмент – мікрометр (ціна поділки $0,01$ мм).
5. Довідкова література

3.3 Методика та порядок виконання роботи

Роботу пропонується виконувати на токарному верстаті з ЧПК (наприклад, на верстаті *16K20T1*) і на токарно-гвинторізному верстаті з ручним керуванням (наприклад, на верстаті *1K625*), вважаючи, що технологічний перехід – чистове точіння. Рекомендовані режими різання можуть бути такі: подача – $0,1...0,15$ мм/об; швидкість різання – $90...110$ м/хв.

Припускаючи, що крім досліджуваного переходу на даній операції виконується ще декілька переходів, потрібно, імітуючи реальні виробничі умови, після проточування кожної з заготовок відводити різець, повертати револьверну головку або різцетримач на 360° і встановити вершину різця на розмір налагоджування. Цей розмір в межах обробки партії має бути однаковим і таким за величиною, щоб глибина різання відповідала умовам чистового точіння, тобто не перевищувала $0,2...0,3$ мм.

Для отримання коректних результатів, з точки зору статистики, кількість заготовок в досліджуваній партії не повинна бути меншою 10 штук.

Порядок проведення роботи

1. Установити за допомогою органів керування токарно-гвинторізного верстата *16K20* частоту обертання шпинделя та подачу згідно з рекомендаціями.

2. Закріпити заготовку в патроні та встановити різець на розмір налагодження.

3. Проточити заготовку.

4. Відвести різець, повернути різцетримач на 360° і за лімбом знову встановити різець на розмір налагодження.

5. Проточити наступну заготовку з повторенням дій згідно з п.4.

6. У викладеному вище порядку проточити решту заготовок партії.

7. Виміряти всі необхідні параметри оброблених поверхонь n заготовок партії (відповідно до рис. 3.1 та 3.2) – $d_1, d_2, l_1, l_2, l_3, \Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$.

Результати записати до таблиці 3.1.

8. За формулами $\bar{D} = \frac{D_1 + D_2 + \dots + D_n}{n}$, та $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{D} - D_i)^2}{n}}$

визначити середній розмір D та середньоквадратичне відхилення σ і записати їх значення у цю ж таблицю.

9. Вважаючи, що розподіл розмірів деталей партії відповідає закону Гаусса, знайти поле розсіювання за формулою $\delta_{PK} = 6\sigma$.

10. Згідно з пунктами 1–10 обробити партію заготовок на верстаті з ЧПК і знайти поле розсіювання отриманих розмірів діаметра $\delta_{ЧПК}$, використовуючи наведені вище формули.

11. Перевішивши, з використанням нижченаведеної таблиці 3.1, отримані поля допусків в якості точності, зробити висновки.

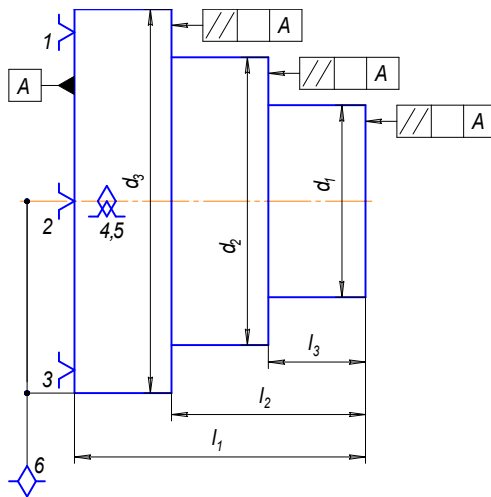


Рисунок 3.1 – Параметри точності, що контролюються

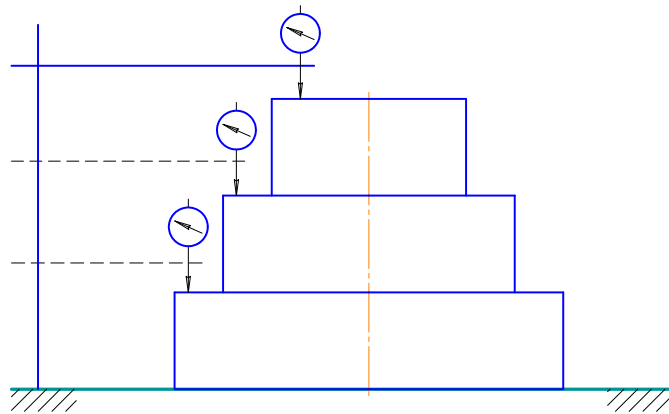


Рисунок 3.2 – Схема вимірювання паралельності торцевих поверхонь

Таблиця 3.1 – Параметри точності виготовлення деталі

Номінальний діаметр, мм	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
	Поля допусків, мкм						
від 10 до 18	11	18	27	43	84	130	180
від 18 до 30	13	21	33	52	100	160	210
від 30 до 50	16	25	29	62	120	190	260

3.4 Зміст звіту

1. Номер і тема роботи.
2. Обладнання і прилади.
3. Схеми і параметри перевірок.
4. Протоколи експериментів і висновки щодо кожного з параметрів, які перевіряються.

3.5 Питання для самоперевірки

1. Чи можна на токарному верстаті з ЧПК реалізувати схему обробки за принципом концентрації операції?
2. Чи доцільно використовувати токарний верстат з ЧПК в масовому виробництві?
3. В чому полягають основні переваги токарного верстата з ЧПК перед універсальним токарно-гвинторізним верстатом?
4. Чи доцільно використовувати верстат з ЧПК в складі поточної автоматичної лінії?
5. Яку складову штучно-калькуляційного часу можна зекономити при використанні верстата з ЧПК?
6. Чи доцільно поєднувати на верстаті з ЧПК чорнові та чистові технологічні переходи?

Рекомендована література: [4, 6, 7, 24, 25, 28].

Розділ 2 ПОСЛІДОВНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В СЕРІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Однією з найважливіших умов ефективного функціонування машинобудівного підприємства є наявність детально розробленої та правильно оформленої технологічної документації, вимоги та вказівки якої будуть виконувати учасники виробничого процесу. Технологічна документація для підприємства виступає в ролі мови закону, від якої залежить успішність роботи в економічному, організаційному та технологічному напрямках.

Тому розробка технологічної документації є дуже важливою складовою в організації машинобудівного виробництва, що підтверджується цілим рядом важливих регламентувальних документів, в першу чергу, Державними стандартами ЄСТД та ЄСТПВ (Єдиної системи технологічної документації та Єдиної системи технологічної підготовки виробництва).

Технологічна документація є важливим первинним джерелом інформації для виконання робіт з планування виробництва, його організації та визначення техніко-економічних показників.

Знайомство майбутніх фахівців машинобудівного виробництва з порядком й особливостями проектування технологічних процесів і оформлення технологічної документації є задачею даного циклу лабораторних робіт. Передбачається аналіз існуючих технологічних процесів, окремих операцій, також самостійне їх проектування для умов серійного виробництва.

Основними видами технологічних документів для інтерпретації технологічного процесу є маршрутна та операційна карти. Маршрутна карта (ГОСТ 3.1118-82, форма 1) – суто текстовий документ, в якому наводиться вид обладнання та пристосування, перелік переходів в порядку їх виконання, вид основного та вимірювального інструментів (додаток А). Операційна карта (ГОСТ 3.1118-82, форми 2 та 3) є комбінацією текстового та графічного документів, де зазначається вид обладнання та пристосування, перелік переходів в порядку їх виконання, вид основного та вимірювального інструментів, режими різання, також, в графічній частині, є технологічний ескіз деталі з конфігурацією, що утворюється на даній операції з позначенням відповідних розмірів та шорсткості оброблюваних поверхонь (додатки Б та В).

Набір технологічних документів, що супроводжують технологічний процес залежить від виду опису самого технологічного процесу, що може бути трьох варіантів: маршрутний, операційний та маршрутно-операційний. Вибір виду опису технологічного процесу залежить, в першу чергу, від типу виробництва, тобто від рівня його деталізації, та конструктивної складності деталі, що підлягає обробці. Виходячи з цього на практиці можливі варіанти, коли для простої деталі, що виробляється в масовому виробництві, розробляється менш детальний опис технологічного процесу, ніж для складної деталі, що виробляється невеликою партією.

Лабораторна робота № 4

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ГРУПОВОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНІЙ ГРУПІ ВЕРСТАТІВ В СЕРІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Мета роботи – знайомство з основними питаннями, що вирішуються при проектуванні технологічного процесу механічної обробки деталі, з основними видами технологічних документів, що використовуються для опису технологічних процесів та з основними правилами їх оформлення.

4.1 Загальні положення

Серійний технологічний процес в машинобудівному виробництві неможливий без супроводу відповідною технологічною документацією, в першу чергу це пов'язано з тим, що він розбивається на декілька операцій, які виконуються на різних робочих місцях, на різноплановому обладнанні, в якому задіяно багато виконавців і взаємодію яких необхідно узгоджувати в часі та продуктивності.

Суттєвим є те, що технологічна документація (ТД) виступає комунікативним та зобов'язувальним фактором для всіх учасників виробничого процесу, який розбито на окремі операції. Тому на початку кожної операції в ТД формується конкретне завдання (на обробку, складання і т. п.), а після її завершення обумовлюється алгоритм технічного контролю на дотримку вимог (розмірів, взаємного положення і т. п.). У разі невідповідності результатів проведеної операції (наприклад, обробки деталі) вимогам ТД виробничий процес повинен бути призупинений, а його об'єкт не передається на наступну операцію (з метою недопущення невиправного браку) до моменту виправлення недоліків, допущених на попередній операції.

Забезпечення технологічної дисципліни будь-якого виробничого процесу, тобто дотримання вимог ТД, є гарантією випуску якісної продукції.

Технологічна операція як елементарна складова технологічного процесу є предметом, відносно якого розраховуються норми часу (економічний показник), кількість матеріалу, інструменту, а також виступає як завдання на проектування пристосування і, в цілому, є базою для розрахунку собівартості продукції, що випускається конкретним підприємством.

Набуття навичок проектування технологічної операції є запорукою здобуття високої кваліфікації інженером-технологом.

Для виконання токарних операцій в серійному виробництві дуже часто застосовується токарно-револьверне обладнання, ефективність якого найбільш наочно проявляється при побудові групової технології механічної

обробки деталей, тому предметом даної лабораторної роботи буде проектування токарно-револьверної операції в серійному виробництві при реалізації групової технології.

Загальний порядок побудови групової обробки деталей можна розглянути на прикладі схеми (рис. 4.1) і полягає він в нижчевикладеному.

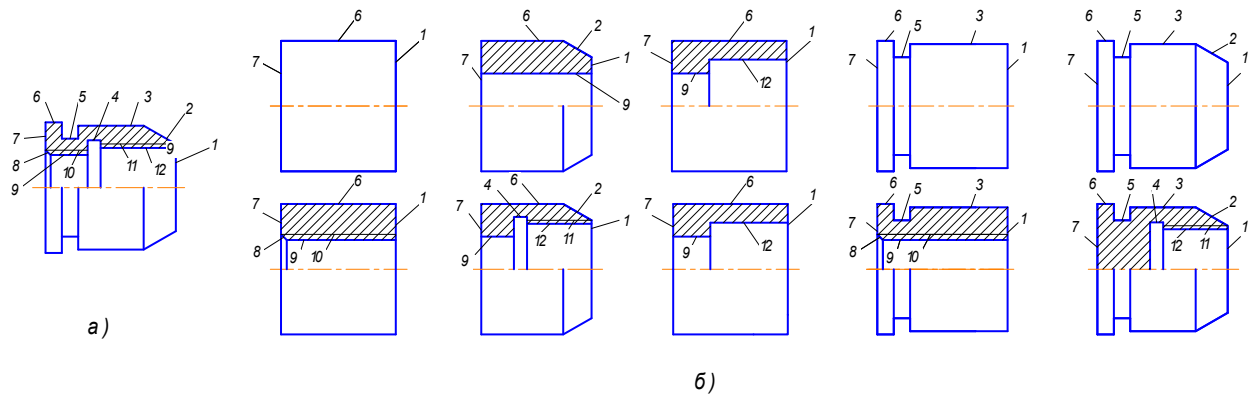


Рисунок 4.1 – Схема формування групи при побудові групової технології механічної обробки деталей: а) – представник групи; б) – склад групи

На першому етапі з переліку номенклатури деталей, що виготовляються на конкретному підприємстві, відбираються однотипні, за конструктивними та технологічними ознаками, деталі і формується група, з якої відбирається представник, що є найбільш складним за конструкцією, і для нього проектується технологічний процес механічної обробки. В подальшому для реалізації технологічного процесу розробляється карта налагодження для токарно-револьверного верстата для обробки представника групи, враховуючи те, що його обробка потребує найбільшу кількість інструментів, а менш складні деталі групи обробляються методом вилучення з налагодження верстата окремих технологічних переходів.

Аналіз прикладу групової технології, схема якого показана на рис.4.1, показує те, що деталь за формою – тіло обертання, а найбільш складний варіант деталі (так званий представник групи) має дванадцять поверхонь, які необхідно сформувати, тобто вони підлягають обробці. Ця обставина вимагає мати в револьверній головці токарно-револьверного верстата не менше дванадцяти позицій для відповідних інструментів. А враховуючи, що деякі поверхні можуть оброблятися як чорновим, так і чистовим інструментом, кількість позицій потрібно вибирати з певним резервом, наприклад, шістнадцять і більше. Також необхідно враховувати те, що конструкція токарно-револьверного верстата, крім револьверної головки для закріплення інструментів, має декілька (залежно від моделі верстата) додаткових поперечних супортів, за допомогою яких можна обробляти торцеві поверхні та виконувати операцію відрізання.

Для виготовлення деталі, що розглядається в прикладі, найбільш оптимальним варіантом заготовки є сортовий прокат, який, у разі застосування

пневматичного цангового патрона, дозволяє автоматизувати процес закріплення деталі та суттєво зменшити додатковий час, що витрачається на такий перехід, а в підсумку – підвищити продуктивність обробки.

З наведеного прикладу можна зробити висновок про високу ефективність групової технології механічної обробки деталей, яка дозволяє при використанні однієї моделі верстата виготовляти дуже широку номенклатуру деталей.

До речі, в прикладі (див. рис. 4.1, б) наведено не більше десятої частки можливих варіантів деталей, що можуть бути оброблені при налагоджуванні верстата на представника групи.

4.2 Обладнання, прилади та інструменти

1. Креслення деталей.
2. Нормативна довідкова література.
3. Паспорт на технологічне обладнання з детальними технічними характеристиками.

4.3 Порядок виконання роботи

1. Із отриманого від викладача переліку робочих креслень деталей вибрати, за конструктивними та технологічними ознаками подібні деталі і сформулювати з них групу.

2. Зі складу групи вибрати найбільш складну деталь, яка буде представляти групу при подальшому проектуванні технологічного процесу.

3. Виконати конструкторський та технологічний аналіз деталі-представника.

4. Для деталі-представника розробити маршрут механічної обробки з детальним висвітленням змісту операцій та розробкою технологічних ескізів.

5. Оформити текстову технологічну документацію у вигляді маршрутної та операційної карт на розроблений маршрут механічної обробки деталі-представника.

6. Для найбільш характерної, за насиченістю, операції маршруту розробити карту налагодження для використовуваного верстата.

4.4 Зміст звіту

1. Номер і тема роботи.
2. Обладнання і прилади.
3. Технологічний маршрут обробки представника групи деталей, виконаний за нормами ЕСТД.
4. Карта налагодження на одну з операцій маршруту.
5. Висновки.

4.5 Питання для самоперевірки

1. Які види технологічної документації використовуються при описі маршруту механічної обробки деталі?
2. Чим відрізняється зміст маршрутної та операційної карт?
3. Який вид опису технологічного процесу використовується в багатосерійному та масовому виробництвах?
4. Які вимоги висуваються до графічної частини операційної карти?
5. Чи розробляється технологічна документація для умов одиничного виробництва?
6. В чому полягає зміст карти налагоджень та яка основна мета такого технологічного документа?

Рекомендована література: [1, 2, 3, 5, 13, 19, 20, 26, 27]

Лабораторна робота № 5

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕРСТАТІ ТИПУ «ОБРОБЛЮВАЛЬНИЙ ЦЕНТР» В СЕРІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Мета роботи – знайомство з особливостями розробки технологічних процесів при механічній обробці деталей на високотехнологічному обладнанні типу «оброблювальний центр».

5.1 Загальні положення

В технології машинобудування при побудові технологічної процесу використовуються два основних принципи: концентрації та диференціації операцій.

Технологічний процес, побудований за принципом концентрації операцій, складається з невеликої кількості складних, насичених великою кількістю переходів, операцій. На відміну від нього, технологічний процес, побудований за принципом диференціації операцій, складається з великої кількості простих, часто одноперехідних, операцій.

При обробці складних, в першу чергу корпусних, деталей, до яких висуваються підвищені вимоги, наприклад, стосовно точності окремих поверхонь та їх взаємного розташування, застосовується високотехнологічне обладнання типу «оброблювальний центр», яке найбільш вигідно використовувати при формуванні технологічного процесу за принципом концентрації операцій. В такому випадку оптимальним є варіант технологічного процесу, коли на першій операції виконується обробка основних конструкторських баз, які на наступних операціях будуть використовуватися як чистові технологічні бази.

При використанні в цих технологічних процесах високотехнологічного обладнання типу «оброблювальний центр» вони, досить часто, можуть складатися всього з двох операцій.

5.2 Обладнання, прилади та інструменти

1. Робоче креслення деталі типу «корпус».
2. Зразок деталі.
3. Електронний штангенциркуль (ціна поділки – 0,01 мм).
4. Типовий маршрут механічної обробки деталі типу «корпус».
5. Довідкова література.

5.3 Порядок виконання роботи

1. Отримати від викладача завдання у вигляді робочого креслення деталі типу «корпус».

2. Виконати аналіз конструкції та технологічності деталі. У разі необхідності запропонувати зміни в робочому кресленні деталі стосовно конструкції з метою покращення її технологічності за умови збереження службового призначення.

3. На основі аналізу, згідно з п. 2, матеріала деталі та враховуючи масштаб виробництва запропонувати найбільш оптимальний спосіб отримання заготовки.

4. На основі аналізу точнісних параметрів найбільш відповідальних поверхонь деталі та їх взаємного розташування, а також враховуючи якість цих поверхонь, вибрати схему чистових та чорнових технологічних баз.

5. Розробити маршрут механічної обробки деталі з детальною інтерпретацією змісту кожної операції, з розробкою технологічних ескізів і вибором типу та марки обладнання.

6. За вказівкою викладача на одну з операцій оформити маршрутну та операційну карти, а також карту налагоджень.

7. Виконати техніко-економічний аналіз розробленого маршруту механічної обробки заданої деталі на предмет забезпечення точнісних параметрів та продуктивності. Зробити висновки.

5.4 Зміст звіту

1. Номер і тема роботи.
2. Обладнання і прилади.
3. Розроблений технологічний маршрут обробки деталі типу «корпус», виконаний за нормами ЕСТД.
4. Карта налагодження на одну з операцій маршруту.
5. Висновки.

5.5 Питання для самоперевірки

1. Назвати основні конструкційні та технологічні ознаки деталі типу «корпус».
2. Які основні технічні характеристики характерні для верстата типу «оброблювальний центр»?
3. Який принцип побудови технологічних операцій характерний для верстата типу «оброблювальний центр» – концентрації чи диференціації?
4. Який тип системи ЧПК характерний для верстата типу «оброблювальний центр»?
5. В умовах якого типу виробництва найбільш доцільно використовувати верстат типу «оброблювальний центр»?

Рекомендована література: [1, 2, 3, 5, 13, 19, 20, 26, 27].

Лабораторна робота № 6

ПОРІВНЯННЯ НОРМИ ЧАСУ НА ВИКОНАННЯ ТОКАРНОЇ ОПЕРАЦІЇ НА ОБЛАДНАННІ З ЧПК ТА УНІВЕРСАЛЬНОМУ ОБЛАДНАННІ

Мета роботи – оволодіння методикою розрахункового та експериментального визначення норми часу на виконання токарної операції.

6.1 Загальні положення

В машинобудівному виробництві при обробці деталей на металорізальних верстатах визначається норма часу на окремі операції (комплекс операцій) в хвилинах або норма випуску деталей (виробів) в штуках за одиницю часу (година, зміна).

Технічна норма часу, що визначає затрати на механічну обробку (складання чи інші роботи) є основною для оплати праці, калькуляції собівартості деталі і виробу.

Для визначення загальної норми часу механічну обробку однієї деталі попередньо визначають окремо по кожній операції норму штучного часу. Норма штучного часу на операцію $T_{шт}$ розраховується за формулою:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{доп} + T_{обсл} + T_{відп} \quad (6.1)$$

де $T_{осн}$ – основний технологічний час, хв.;

$T_{доп}$ – допоміжний час, хв.;

$T_{обсл}$ – час на технічне обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{відп}$ – час на відпочинок і фізичні потреби робітника, хв.

Основний час буде машинно-автоматичним, якщо процес обробки здійснюється лише верстатом без безпосередньої участі робітника; він буде машинно-ручним, якщо процес зняття стружки здійснюється верстатом при безпосередньому керуванні інструментом або переміщенні деталі рукою робітника.

Допоміжний час може бути ручним, машинним, або машинно-ручним (наприклад, автоматичне переміщення супорта верстата, встановлення та зняття обробленої деталі за допомогою підйомно-транспортних пристосувань і т. п.). Сума основного та допоміжного часу є оперативним часом

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{доп} \quad (6.2)$$

Оперативний час визначається шляхом теоретичного розрахунку.

Основна формула основного (технологічного) часу така:

$$T_{осн} = \frac{L \cdot i}{n_{ум} \cdot S} = \frac{l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}}{n_{ум} \cdot S}, \quad (6.3)$$

де $T_{осн}$ – основний технологічний час, хв.;

L – розрахункова довжина обробки в напрямку подачі, мм, що дорівнює сумі ($l_{обр}$, $l_{вр}$, $l_{пер}$);

$l_{обр}$ – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$l_{вр}$ – довжина врізання інструменту, мм;

$l_{пер}$ – довжина перебігу інструменту, мм;

$n_{ум}$ – кількість обертів шпинделя для верстатів з обертальним рухом, або число подвійних ходів за хвилину для верстатів з прямолінійним рухом;

S – подача за один оберт або один подвійний хід головного руху, мм;

i – кількість проходів.

В розрахунковий розмір довжини входять: довжина оброблюваної поверхні $l_{обр}$, що визначається за креслеником оброблюваної деталі; довжина врізання, що визначається за відповідними формулами, залежно від виду обробки [1, с. 96–113, т. 6], [2, с. 609–619, т. 1], або за головними таблицями нормативів, що складені на основі формул [2, с. 620–625, т. 2–12]; довжина перебігу $l_{пер}$ приймається за практичними даними в межах 1–5 мм [2, с. 620–625, т. 2–12].

Допоміжний час $T_{дон}$ визначається за нормативами [3, 4] і охоплює: час на встановлення та зняття деталі; час, пов'язаний з переходом; час на зміну режиму роботи верстата й на заміну інструмента; час на контрольні вимірювання оброблюваної поверхні. В тому випадку, коли час на встановлення та зняття деталі перекривається основним (машинним) часом частково чи повністю, він, з відповідними змінами, враховується в загальній нормі часу або зовсім вилучається з неї.

Час технологічного обслуговування $T_{обсл}$ і час на відпочинок та фізичні потреби робітника $T_{відп}$ приймається в процентах від оперативного часу $T_{оп}$, α , β , γ – коефіцієнти, що враховують, відповідно, час технічного, організаційного обслуговування і час на відпочинок та фізичні потреби робітника в %.

α – 1...3,5% від $T_{оп}$;

β – 0,8...2,5% (для шліфувальних верстатів 3,5...7%) від $T_{оп}$;

γ – 4...6% в одиничному, серійному виробництвах, (5...8% при великосерійному, масовому виробництвах) від $T_{оп}$.

В серійному виробництві приймають $\alpha + \beta$ – 2...4% від $T_{оп}$. Крім вищезгаданих елементів часу при серійному та одиничному виробництвах в норму часу виконання операцій входить підготовчо-завершальний час. Тоді час виконання операцій називається штучно-калькуляційним і визначається за формулою

$$T_{um-k} = T_{um} + \frac{T_{n-3}}{n}, \quad (6.4)$$

де T_{um} – штучний час, *хв.*, формула (6.1);

T_{n-3} – підготовчо-завершальний, *хв.*;

n – кількість деталей в партії, *шт.*

Кількість деталей в партії визначається за формулою

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi}, \quad \text{шт.} \quad (6.5)$$

де N – річна програма випуску деталей, *шт.*;

t – денний запас деталей на складі (0,5; 1; 1,5; 2; 3; 6; 12; 18 і 24).

Більші значення t приймаються для умов одиничного дрібносерійного виробництва, менші – для великосерійного, масового виробництв;

Φ – кількість робочих днів в році;

T_{n-3} – підготовчо-завершальний час витрачається на знайомство з креслеником, налагодження обладнання та пристроїв, одержання їх зі складу і здавання після завершення роботи. Він визначається за нормами [3, 5].

6.2 Обладнання, прилади та інструменти

1. Токарно-гвинторізні верстати *1К625* та *16К20Т1*.
2. Набір ріжучого інструменту.
3. Штангенциркуль *ШЦ-1-125-0,1*; *ГОСТ 166-80*.
4. Заготовки.
5. Секундомір.

6.3 Порядок виконання роботи

1. Одержати вихідні дані: кресленик оброблюваної деталі, режими різання, верстат, його характеристики, ріжучий інструмент, його характеристики.

2. Визначити норму штучного (штучно-калькуляційного) часу виконання операції шляхом поелементного нормування (табл. А.1, А.2, А.3, А.4, А.5, А.6, А.7, А.8).

3. Визначити норму штучного (штучно-калькуляційного) часу експериментальним шляхом (хронометраж операції).

4. Порівняти одержані дані і зробити висновок.

6.4 Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.

2. Короткі відомості про МРВ:
найменування – токарно-гвинторізний;
модель – *1K625*;
висота центрів – *250 мм*;
відстань між центрами – *1500 мм*;
потужність – *10кВт*.
3. Відомості про матеріал заготовки:
марка матеріалу – *Сталь20*;
розміри – *Ø20 мм, l = 25 мм*.
4. Відомості про різальний інструмент: матеріал – *T15K20*
геометричні параметри – $\gamma=10-12^{\circ}$, $\varphi=45-60^{\circ}$, $\varphi_1=6-30^{\circ}$; $\lambda=10^{\circ}$;
різець з перерізом державки *16x24 мм*;
5. Ескіз оброблюваної деталі.
6. Поелементний розрахунок норми часу на виконання операцій.
7. Дані хронометражу норми часу на виконання операцій.
8. Підсумкова таблиця даних розрахунків і хронометражу (*таблиця 6.1*).
9. Висновки

Таблиця 6.1 – Результати проведення роботи

Зміст операції	T _{осн.} , хв.		T _{доп.} , хв.						T _{обс.} , хв.		T _{відп.} , хв.		T _{п.з.} , хв.		T _{шт-к.} , хв.	
	Розрахунок	Хронометраж	Розрахунок			Хронометраж			Розрахунок	Хронометраж	Розрахунок	Хронометраж	Розрахунок	Хронометраж	Розрахунок	Хронометраж
			t _{уст}	t _{контр}	t _{пер}	t _{уст}	t _{контр}	t _{пер}								

6.5 Питання для самоперевірки

1. Що таке норма штучного часу на виконання операції?
2. Що таке норма штучно-калькуляційного часу на виконання операції?
3. Чим відрізняється норма штучного часу від норми штучно-калькуляційного часу на виконання операції?
4. В яких випадках нормуються штучний і штучно-калькуляційний час на виконання операції?
5. Складові частини норми штучного часу, їх визначення.
6. Складові частини норми штучно-калькуляційного часу, їх визначення.
7. Що таке хронометраж операції?
8. Мета визначення штучного (штучно-калькуляційного) часу виконання операції.

Рекомендована література: [1, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 24, 25]

Розділ 3

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ СКЛАДАННЯ МЕХАНІЗМІВ ТА МАШИН

Технологічний процес складання механізмів і машин є частиною виробничого процесу, в середньому складає до 40% його загальної трудомісткості, характеризується послідовним з'єднанням деталей в вузли, що формують підгрупи, групи та готовий виріб. Ця частина виробничого процесу є сукупністю операцій зі з'єднання готових деталей в певній послідовності з метою отримання машини чи механізму, що відповідає встановленим для них технічним характеристикам.

Первинним елементом будь-якої машини, що складається, та її основою є *деталь*. Деталлю називають частину машини, в якій немає жодних з'єднань.

Декілька деталей, що з'єднані між собою тим чи іншим способом, є *вузлом*.

Вузлом називають таку частину машини, яка може бути складена автономно, окремо від інших елементів машини. Він може складатись з декількох деталей або декількох простих підвузлів, з'єднаних між собою за допомогою кріпильних деталей. Якщо частини машини чи механізму не можуть бути складеними окремо, а утворюються в процесі складання разом з іншими елементами виробу, то вони не можуть розглядатись з технологічних позицій як вузли.

Вузол, що безпосередньо входить до складу виробу, називається *групою*; вузол, що входить в виріб не безпосередньо, а через групу – *підгрупою*.

Базовою деталлю або *базовим вузлом* називають основний елемент виробу, з якого починається процес його складання.

В сучасному машинобудуванні *процес складання* поділяється на *вузлову* стадію та *остаточну*. Під вузловим складанням розуміють послідовне складання підгруп та груп, а під остаточною – складання готових виробів.

Залежно від масштабності виробу, що складається, та підпорядкованості в групі між підгрупами технологічно підгрупи поділяють за порядками (підгрупа першого порядку, підгрупа другого порядку і т. д.).

Деталі при з'єднанні в вузли та механізми повинні зберігати певне взаємне розташування в межах заданої точності. Залежно від службового призначення це може бути гарантований зазор для забезпечення взаємного вільного руху деталей, або натяг для забезпечення міцності з'єднання і т. п.

Залежно від типу виробництва застосовують п'ять основних видів складання: з повною взаємозамінністю деталей (вузлів); з сортуванням деталей за групами (метод групового підбору); з підбором деталей (неповна взаємозамінність); з застосуванням компенсаторів; з індивідуальним припасовуванням деталей.

Лабораторна робота № 7

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ МЕХАНІЗМІВ ТА МАШИН

Мета роботи – освоїти методику проектування технологічних процесів складання механізмів та машин.

7.1 Загальні положення

Для розробки технологічної схеми складання необхідно визначити конструктивні та складальні елементи виробу, а також їх взаємозв'язок.

Схематичне зображення взаємозв'язків конструктивних або складальних елементів виробу називають відповідно схемами конструктивного та складального виду виробів.

Вибір та визначення послідовності складальних операцій залежить, в першу чергу, від конструкції виробу та необхідного ступеня диференціації складальних робіт. Послідовність введення деталей та вузлів в процес складання виробу визначає і порядок їх попередньої комплектації.

При проектуванні технологічного процесу складання необхідно виробити, що підлягають складанню, розділити таким чином, щоб забезпечити можливість складання якомога більшої кількості їх окремих елементів автономно, незалежно один від одного. Виріб розділяють на складальні елементи шляхом побудови відповідної схеми.

В зв'язку з тим, що технологічна схема в обов'язковому порядку вказує на послідовність складального процесу, в ній потрібно виділити базовий елемент. Це може бути деталь, поверхні якої будуть використані для приєднання окремих вузлів, підвузлів та інших деталей. Приклад такої схеми наведено на рис. 7.1.

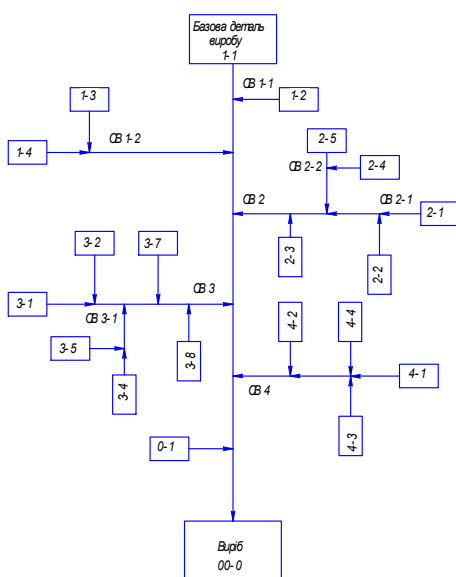


Рисунок 7.1 – Схема складання з базовою деталлю

В приладобудуванні більш широке розповсюдження отримала схема складання «віяльного» типу (рис. 7.2), яка, на відміну від наведеної вище, є більш простою та не вимагає жорстких умов до послідовності складальних операцій.

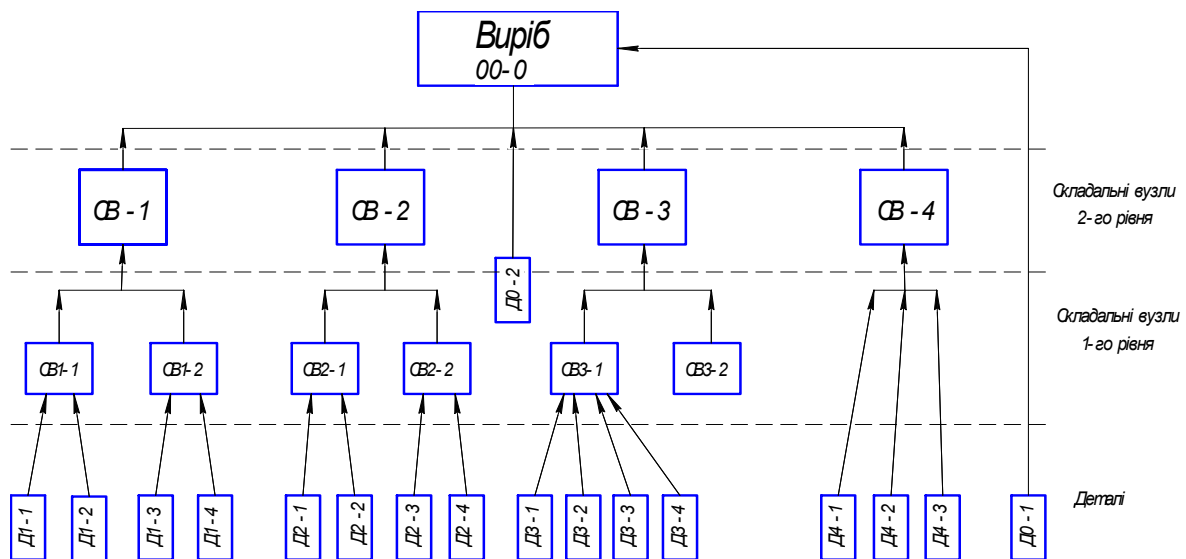


Рисунок 7.2 – Схема складання за «віяльною» методикою

7.2 Обладнання, пристрої та інструменти

1. Конструкторська документація механізму або вузла.
2. Натуральний зразок виробу.
3. Набір інструментів для виконання пробного розбирання та складання виробу.
4. Базовий технологічний маршрут.
5. Довідкова література.

7.3 Методика та порядок виконання роботи

1. Виконати аналіз отриманих даних у вигляді складального кресленника та фізичного об'єкта в такій послідовності:
 - найменування об'єкта складання та його службове призначення;
 - стислий опис його конструкції, визначення основних складових елементів та принципу роботи;
 - визначення маси, габаритних розмірів, характеру технічних вимог, що висуваються до об'єкта, та типу виробництва (річна програма випуску);
2. Встановити повний склад об'єкта (на основі специфікацій) з розчленуванням його на вузли різних порядків та, за наявності натурального зразка, провести пробні процеси розбирання та складання.

3. Визначити складальну одиницю, яка при складанні буде прийнята за базову (яка деталь буде базовою в базовій складальній одиниці). Аналогічну операцію провести для всіх складальних одиниць.

4. Виконати графічне зображення складальних одиниць за рекомендаціями ГОСТ 23887-82.

5. Скласти технологічну схему процесу складання з технологічними вказівками щодо методів складання, контролю та випробування.

6. Розробити технологічні операції складання (за вказівкою викладача) з інтерпретацією її в маршрутній карті за ГОСТ 3.1118-82, форма 2.

7.4 Зміст звіту

1. Найменування роботи.
2. Вихідні дані та результат їх аналізу.
3. Розроблена технологічна схема складання з графічним її зображенням.
4. Технологічний процес складання з оформленням маршрутної та операційної карт.
5. Висновки та пропозиції.

7.5 Питання для самоперевірки

1. За якими критеріями визначається базова деталь в складальному вузлі?
2. Чи є відмінності в технологічних процесах складання в одиничному та багатосерійному виробництвах?
3. Чим відрізняються складальні вузли першого та другого порядків?
4. Які фактори впливають на вибір методу забезпечення точності при складальних операціях?
5. Які техніко-організаційні засоби використовуються при підвищенні продуктивності складальних технологічних процесів?
6. Як організувати поточну форму технологічного процесу складання для великогабаритних об'єктів?

Рекомендована література: [1, 6, 13, 26].

Лабораторна робота № 8

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СКЛАДАННЯ ВУЗЛІВ І МЕХАНІЗМІВ ЗА МЕТОДОМ ГРУПОВОЇ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ

Мета роботи – освоєння методики розрахунку полів допусків спряжених поверхонь для забезпечення процесу складання деталей по методу групової взаємозамінності

8.1 Загальні положення

При виготовленні деталей як складових певних механізмів і машин, що є елементами відповідальних з'єднань та мають дуже жорсткі допуски на величини зазорів і натягів, виникають значні технологічні труднощі щодо забезпечення точності їх розмірів. В першу чергу це пов'язано з необхідністю застосування дорогого високоточного, часто прецезійного, обладнання та висококваліфікованого обслуговувального персоналу, що у підсумку призводить до суттєвого збільшення трудомісткості та собівартості виробів. В таких випадках для підвищення ефективності виробництва, особливо в межах багатосерійного та масового типів, використовують метод складання за принципом групової взаємозамінності, при якому деталі сортують на окремі допускові групи. Цей метод дозволяє розширити допуски в процесі обробки прецезійних пар і, як наслідок, зменшити її трудомісткість, але дещо ускладнює процес складання та збільшує розміри незавершеного виробництва.

Одним із прикладів прецезійного з'єднання може бути гідравлічний розподільник, у якого, згідно зі службовим призначенням, для забезпечення герметичності зазор між корпусом та золотником (валом) не повинен перевищувати 10–15 мкм. Умовно таке з'єднання зображено на рис. 8.1.

Для забезпечення прецезійного з'єднання «корпус-вал» необхідно виконати обробку пари з полем допуску в 5 мкм, що відповідає 4-му квалітету точності і є для машинобудівної галузі занадто високим.

Покращити ситуацію, в плані технологічності процесу виготовлення вищенаведеної прецезійної пари, може варіант із застосуванням селективного методу складання. В такому випадку призначається розширена посадка з'єднання, наприклад $\text{Ø } 40 \text{ H7/j7}$ (рис. 8.2), що є більш прийнятним варіантом з точки зору технологічності процесу виготовлення, оскільки поле допуску розмірів збільшується в п'ять разів. Але для забезпечення потрібного, згідно зі службовим призначенням, зазору в з'єднанні перед складанням необхідно розбити деталі, отримані після обробки, на декілька розмірних груп (в даному випадку може бути п'ять груп з допуском в 5 мкм). Це дещо збільшує трудомісткість виробничого процесу, але, порівняно з необ-

хідністю забезпечення жорстких розмірних полів допусків за першим варіантом. воно не визначальне.

Застосування групового (селективного) методу складання абсолютно виправдано в межах багатосерійного та масового виробництва.

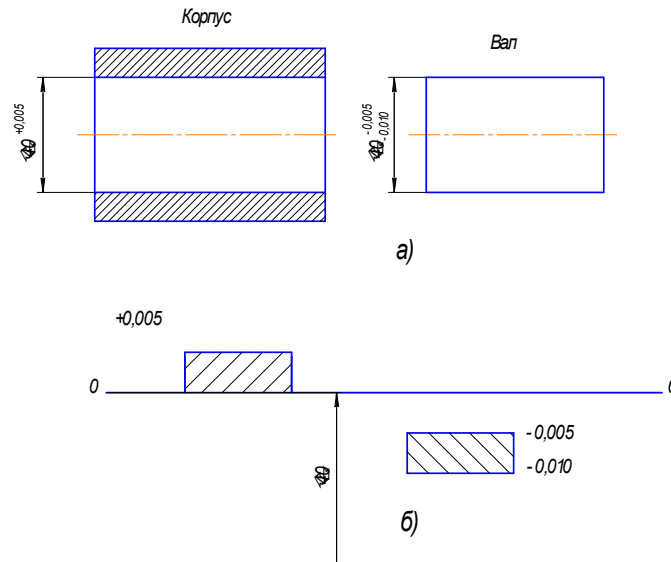


Рисунок 8.1 – Схема складання (а) та розташування полів допусків прецизійної пари з'єднання $\varnothing 40$ (б)

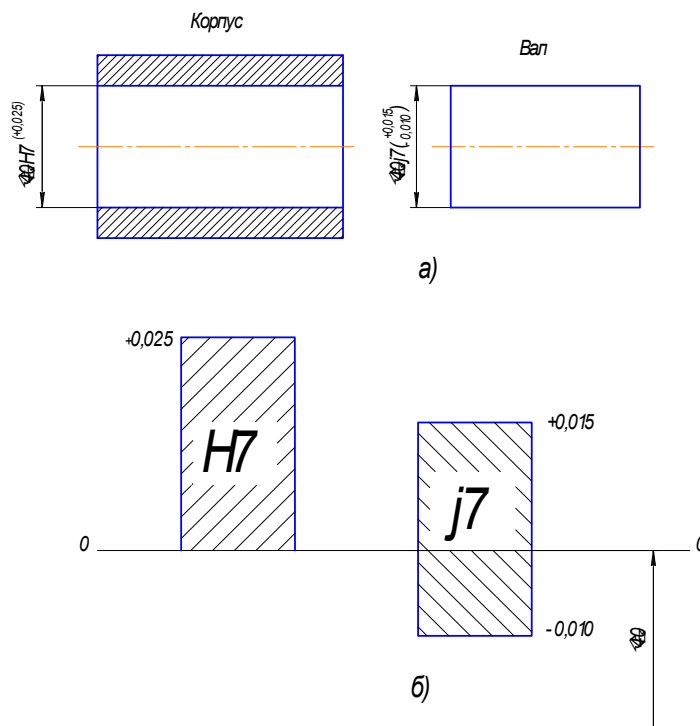


Рисунок 8.2 – Схема складання (а) та розташування полів допусків пари з'єднання $\varnothing 40$ H7/j7 (б)

8.2 Обладнання, пристрої та інструменти

1. Складальне креслення вузла.
2. Натурний зразок вузла.
3. Вимірювальний інструмент високої точності.
4. Довідкова література.

8.3 Методика та порядок виконання роботи

1. Ознайомлення з натурними зразками деталей та характером їх з'єднання між собою при різних розмірних варіантах з метою з'ясування суті групового методу взаємозамінності.

2. Аналіз конструкторського розмірного ланцюга спряження деталей з метою визначення допуску зазору виконується в такій послідовності:

- визначення граничних зазорів S_{max} і S_{min} ;
- визначення допуску зазору Ts ;
- визначення середньої величини зазору Ts_{cp} .

3. Аналіз розмірів з'єднаних деталей, які виготовлені з більш широкими полями допусків, спряженого розміру, виходячи з техніко-економічних обґрунтувань, виконується в такій послідовності:

- визначення граничних зазорів $S_{max_{ек.}}$ та $S_{min_{ек.}}$;
- визначення допуску зазору Ts ;
- визначення середньої величини зазору $Ts_{ек. cp}$.

4. Визначення кількості розмірних груп за формулою

$$n = Ts_{ек. cp} / Ts_{cp},$$

результат округляють до найближчого цілого числа.

5. Визначення розмірів отворів і валів з їх граничними відхиленнями для кожної розмірної групи виконується шляхом зменшення широких допусків деталей в n раз. Ці розміри вносять в два верхніх рядки табл. 8.1.

6. Результати розрахунків зазорів з'єднання для кожної розмірної групи вносять в три нижніх рядки табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Результати розрахунків зазорів з'єднання розмірних груп

Розмір	Група				
	А	Б	В	Г	Д
Отвір					
Вал					
Зазор $S_{max_{гр}}$					
Зазор $S_{min_{гр}}$					
Допуск зазору $Ts_{cp_{гр}}$					

7. Висновок про забезпечення потрібного допуску зазору з'єднання в усіх розмірних групах.

8.4 Зміст звіту

1. Найменування роботи.
2. Результати аналізу розмірів натуральних зразків деталей.
3. Результати аналізу конструкторських характеристик деталей.
4. Результати аналізу розмірів деталей, які виготовлені з урахуванням техніко-економічної доцільності.
5. Визначення кількості розмірних груп.
6. Визначення зазорів з'єднання в кожній розмірній групі.
7. Ілюстративний матеріал, що містить ескізи з'єднання деталей, ескізи розташування полів допусків вихідного з'єднання та з'єднань, що виготовлені з техніко-економічної доцільності.
8. Результати роботи, висновки та пропозиції.

8. Питання для самоперевірки

1. Надати обґрунтування техніко-економічних факторів при застосуванні групової форми складальних операцій.
2. При якому типі виробництва виправдане застосування групової форми складальних операцій?
3. В чому особливості побудови групової форми складального процесу?
4. Чи можливе застосування засобів автоматизації при груповій формі складальних операцій?
5. Як впливає на собівартість продукції, що випускається, застосування групової форми складального процесу?
6. Чи доцільно застосовувати груповий метод складання при виробництві великогабаритних об'єктів?

Рекомендована література: [1, 6, 13, 26].

Лабораторна робота № 9

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СКЛАДАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ В АВТОМАТИЗОВАНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Мета роботи – ознайомлення з технологічними методами забезпечення автоматизованого процесу складання.

9.1 Загальні положення

Трудомісткість технологічного процесу складання займає значний відсоток в загальній трудомісткості виробничого процесу кожної машини, механізму чи приладу. Тому підвищення продуктивності процесів складання є актуальною задачею всієї галузі машинобудування. Визначальним напрямком вирішення цієї задачі є автоматизація процесів складання, особливо в багатосерійному та масовому виробництві. Для здійснення автоматизованого процесу складання застосовують декілька основних методів: складання за допомогою спеціальних машин-автоматів або використання універсальних роботів-маніпуляторів. Перший метод досить дорогий, тому що потребує спеціального проектування та виготовлення машини-автомата для конкретних умов, однак може бути виправданим в масштабному виробництві. Другий метод більш універсальний, оскільки робот-маніпулятор може бути налагоджений на роботу в різних умовах та для різних об'єктів виробництва.

Але при організації автоматизованого процесу складання виникає ряд проблем, які необхідно вирішувати, тому що не всі об'єкти виробництва легко піддаються автоматизації при їх складанні. Основними причинами можуть бути: точність спряжених поверхонь, складність форми, маса та габарити об'єкта складання.

Якщо в процесі складання використовується людська праця, то людина (яку можна в такому випадку умовно класифікувати як високоорганізовану машину-автомат з багаторівневою системою адаптивного керування), внаслідок використання всіх своїх органів чуття та здатності відтворювати в просторі рухи практично в шестиступеневій системі координат, може забезпечити досить широкий спектр складальних операцій, особливо що стосується точності, але має суттєвий недолік – вона втомлюється.

Створювати машини-автомати з такою адаптивною системою керування, як у людини, надто складно, а головне – не завжди економічно виправдано. Тому в реальному виробництві для складальних операцій застосовують машини набагато простіші за конструкцією та системою керування, вид яких визначається конкретними умовами та видом об'єкта складання.

Суттєву допомогу в успішному здійсненні автоматизованого процесу складання надають спеціальні технологічні елементи в конструкціях окремих деталей, схема базування та орієнтації, які розширюють діапазон позиціонування робочих органів складальних машин або роботів-маніпуляторів. Приклад одного з можливих варіантів зображено на рис. 9.1.

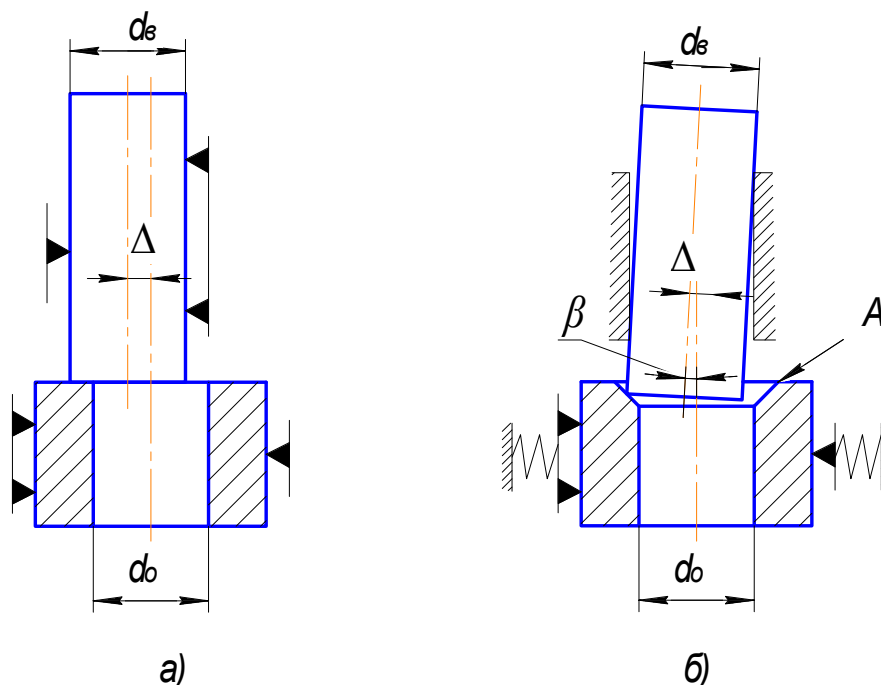


Рисунок 9.1 – Схема автоматизованого складання:

- а) з жорстким базуванням деталей; б) з плаваючим базуванням деталей та наявністю на одній з них технологічної фаски

За умови жорсткого базування (рис. 9.1, а) деталей, що підлягають складанню, точність їх позиціонування не повинна перевищувати половини максимально допустимого зазору в спряженні цих деталей, що для точних механізмів є занадто малою величиною. Так, наприклад, для надійної роботи високоякісного гідравлічного розподільника зазор між золотником та корпусом не повинен перевищувати 3–4 мкм. Це означає, що при організації автоматизованого процесу складання таких деталей, точність позиціонування виконавчих органів складального автомата не повинна перевищувати 1–1,5 мкм, і це є дуже високим рівнем точності.

Спростити та, одночасно, підвищити надійність процесу складання з'єднань з високою точністю посадки дозволяє введення в конструкцію складових деталей деяких технологічних елементів, які, однак, не впливають негативно на їх службове призначення, наприклад фасок (рис. 9.1, б) а також плаваючої схеми базування та орієнтації.

Предметом лабораторної роботи є ознайомлення з методами технологічного забезпечення надійності автоматизованого процесу складання деталей і вузлів з точними з'єднаннями, а також застосування їх на практиці.

Розглянемо ослідовність процесу з'єднання двох деталей з циліндричними спряженими поверхнями поверхнями, на кромках яких

є заходні фаски. Схеми початкового періоду спряження деталей показані на рисунку 9.2.

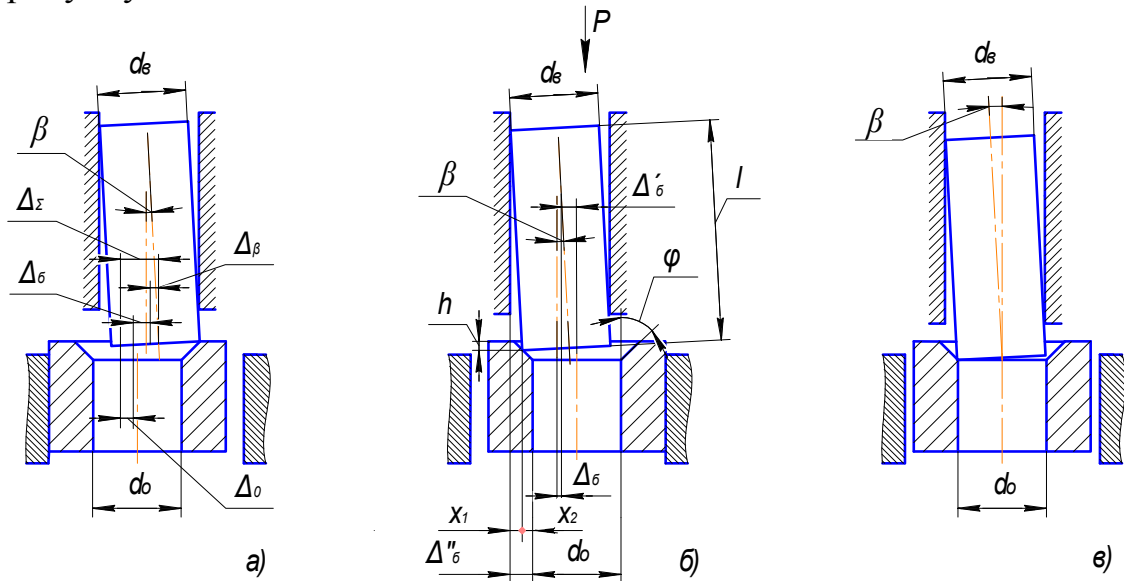


Рисунок 9.2 – Схема початкового періоду спряження деталей з фаскою на втулці: а) момент первинного контактування торцевих поверхонь деталей, що складаються; б) момент «сталого» положення; в) спряження контурів

Точка первинного контакту з'єднаних деталей (рис. 9.2, а) визначається шляхом розрахунку сумарної похибки відносної орієнтації деталей і може бути визначена з аналізу цих похибок:

$$\Delta_\Sigma = \Delta_6 + \Delta_0 + \Delta_\beta, \quad (9.1)$$

де Δ_6 – похибка відносного розташування базувальних поверхонь складального пристрою;

Δ_0 – похибка розташування осі отвору втулки при базуванні;

Δ_β – похибка від зміщення валика у базовому отворі.

В момент надання зусилля P складана деталь почне рухатись по базовій поверхні і займе стає положення (рис. 9.2, б). Потім, за наявності зазору між втулкою та базовою поверхнею пристосування вона буде відтискатись валиком до тих пір, поки контури валика та отвору не збіжаться. Суміщення контурів визначає початок наступного етапу – безпосереднього спряження деталей.

На рис. 9.2, в показано положення деталей при їх відносному перекосі. Кут перекосу β_n в початковий момент з'єднання, який визначається зі співвідношення діаметрів поверхонь, які спрягаються, не повинен перевищувати кут тертя ρ :

$$\beta_n = \arccos \frac{d_B}{d_0} = \arccos \frac{1}{1-f} < \rho, \quad (9.2)$$

де d_v , d_o – відповідно, діаметри валика та отвору;
 f – відносний зазор в спряженні валика з отвором з причини похибок їх виготовлення;
 ρ – кут тертя.

Подальший осьовий рух валика веде до поперечного переміщення втулки в процесі з'єднання. Якщо ж поперечне переміщення обмежено, то може виникнути заклинювання складаваних деталей і навіть їх поломка. Таким чином, визначення величини поперечних переміщень деталей в процесі спряження має вирішальне значення при конструюванні складальних механізмів і є однією з важливих задач теорії автоматизованого складання.

Зі схеми (див. рис. 9.2, б) очевидно, що поперечне переміщення охоплюваної деталі дорівнює нулю, при цьому кут переносу осі валика β_0 визначається з геометричних розмірів пристрою та базових розмірів валика й базового отвору:

$$\beta_0 = \arccos \frac{s'}{f\sqrt{s'(\frac{1}{f}+1)^2 + y_0^2}} - \arctg \frac{y_0}{s'(\frac{1}{f}+1)}, \quad (9.3)$$

де S' – величина зазору між базувальним отвором і валиком;
 y_0 – базова довжина валика.

Похибка Δ_6'' розташування осі отвору втулки відносно осі валика дорівнює:

$$\Delta_6'' = x_1 + x_2 = l \sin \beta_0 (h - h_1) \operatorname{tg} \psi, \quad (9.4)$$

Якщо на валику є фаска з кутом нахилу ψ , то значення x_2 визначається за формулою

$$x_2 = h_1 \operatorname{tg}(\psi - \beta), \quad (9.5)$$

де β – миттєве значення кута перекоосу валика в базовому отворі;
 h_1 – миттєве значення висоти фаски.

9.2 Обладнання, пристрої та інструменти

1. Складальне креслення вузла.
2. Натурний зразок вузла.
3. Інструменти для пробного розбирання та складання вузла.
4. Вимірвальні інструменти.
5. Довідкова література.

9.3 Методика та порядок виконання роботи

1. Згідно з отриманим як завдання складальним креслеником виконати аналіз точнісних параметрів окремих складових елементів та спряжень вузла на предмет їх відповідності службовому призначенню.

2. Виконати пробне розбирання та складання вузла з контрольним вимірюванням найбільш відповідальних елементів та спряжень.

3. Визначити найбільш точно спряження складових елементів вузла та запропонувати варіанти методики їх складання у випадку автоматизації складального процесу.

4. За методикою, наведеною в підрозділі 9.1, виконати розрахунок точності параметрів виконавчих органів автоматизованих складальних пристроїв і зробити висновок щодо можливості та доцільності використання існуючих серійних конструкцій таких пристроїв.

5. У разі негативного висновку стосовно п. 4 запропонувати внесення в конструкцію деталей виділеного спряження вузла технологічних елементів, які будуть сприяти покращенню процесу складання в плані його спрощення щодо точнісних параметрів позиціонування виконавчих органів автоматизованих складальних пристроїв. При цьому необхідно забезпечити, щоб внесені зміни в конструкцію деталей спряження у вигляді технологічних елементів не привели до погіршення службового призначення технічних параметрів вузла.

6. Висновки.

9.4 Зміст звіту

1. Найменування роботи.

2. Результати аналізу розмірів найбільш відповідальних спряжень натуральних зразків деталей вузла.

3. Результати аналізу конструкторських характеристик деталей.

4. Визначення зазорів з'єднання.

5. Ілюстративний матеріал, що містить ескізи з'єднання деталей, ескізи розташування полів допусків вихідного з'єднання та з'єднань, що виготовлені з техніко-економічної доцільності.

6. Результати роботи, висновки та пропозиції.

9.5 Питання для самоперевірки

1. В умовах якого типу виробництва економічно доцільно використовувати автоматизацію складальних процесів?

2. Як впливає точність спряжень деталей, що підлягають процесу складання, на його автоматизацію?

3. Навести приклади пристроїв, механізмів та машин, які можуть бути використані для реалізації автоматизованого процесу складання в машинобудівній галузі?

4. В чому полягають основні труднощі автоматизації складальних операцій на конвеєрних лініях?

5. Принцип дії роторно-конвеєрних складальних комплексів та галузі їх застосування.

Рекомендована література: [1, 12, 22]

Розділ 4

ОБРОБКА МЕТОДАМИ ПОВЕРХНЕВО-ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В СЕРІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Під час виготовлення та експлуатації деталей машин на їх поверхнях утворюються нерівності та мікронерівності, а шар металу, який безпосередньо прилягає до поверхні, змінює структуру, фазовий та хімічний склад, в ньому виникають залишкові напруження. Цей шар металу прийнято називати *поверхневим шаром*.

Фізико-механічні властивості поверхневого шару змінюються при виготовленні деталі, а потім – під час експлуатації – під дією силових, температурних й інших факторів.

Поверхня твердого тіла порівняно з його внутрішньою частиною має ряд особливостей. Будь-який атом, що знаходиться всередині тіла з ідеальною решіткою, перебуває в стані рухомої стійкої рівноваги, оскільки для нього в усіх напрямках інтенсивність силового поля однакова. В іншому положенні знаходяться атоми, що розташовані на поверхні: вони мають тільки односторонні зв'язки – з металом, тому їх стан неврівноважений та нестійкий; вони більш активні, мають надлишкову або вільну енергію порівняно з атомами, що знаходяться всередині. Поверхня металів в реальних умовах адсорбує атоми елементів навколишнього середовища, покриваючись при цьому шарами адсорбованих газів, парів води, жирів і утворює різні окисли. В результаті дифузії в поверхневому шарі виникають хімічні та інші з'єднання металу з речовинами, що проникли ззовні. Дифузійна рухомість атомів може привести до перерозподілу концентрації складових елементів металу, в результаті чого в поверхневому шарі може зменшуватись вміст легуючих та інших елементів, що покращують його фізико-механічні властивості.

В умовах експлуатації деталей в реальних машинах їх поверхневий шар зазнає найбільш серйозних фізико-хімічних впливів: механічних, теплових, магнітоелектричних, світлових, хімічних та інших. В більшості випадків у деталі починають погіршуватись службові характеристики якраз через поверхневий шар, з якого в першу чергу поширюються такі пошкодження, як знос, ерозія, кавітація, корозія, тріщини втомлюваності та інші. Тому до поверхневого шару висуваються, як правило, більш підвищені вимоги, ніж до основної маси деталі.

В технології обробки деталей якість поверхневого шару традиційно забезпечують на фінішних операціях методами абразивної обробки – шліфуванням, поліруванням, доведенням та іншими. При наявності очевидних позитивних характеристик цих методів (точність, високий клас шорсткості), присутні суттєві недоліки (потреба в спеціальному обладнанні, невисока продуктивність обробки, пошкодження поверхневого шару залишками абразиву тощо).

До нетрадиційних методів обробки, які в першу чергу направлені на покращення якості поверхневого шару як за шорсткістю, так і за твердістю, відносять методи поверхнево-пластичної деформації (ППД).

Необхідно відзначити, що обробка, яка ґрунтується на пластичному деформуванні тонкого поверхневого шару, має, порівняно з обробкою точінням, шліфуванням, поліруванням, доведенням, ряд переваг, в тому числі:

- зберігається цілісність волокон металу та створюється дрібнозерниста структура-текстура в поверхневому шарі;
- відсутнє шаржування оброблюваної поверхні частинками шліфувального інструменту та полірувальних паст;
- відсутні термічні дефекти;
- стабільні процеси обробки з гарантованою якістю поверхні;
- можливість досягнення мінімальних параметрів шорсткості поверхні ($Ra=0,1 \dots 0,05$ мкм і менше) як на термічно необроблених сталях, кольорових сплавах, так і на високоміцних матеріалах, зі збереженням вихідної форми заготовки;
- можливість зменшення шорсткості поверхні в декілька разів за один робочий перехід;
- створюється оптимальна форма мікронерівностей з більшою часткою опорної площини;
- можливість створення регулярних мікрорельєфів із заданою площею заглиблень для затримки змащувального матеріалу;
- створення сприятливих залишкових напруг стиснення в поверхневому шарі;
- плавно та стабільно підвищується мікротвердість поверхні;
- висока продуктивність методів ППД.

Зазначені та інші переваги методів ППД забезпечують підвищення зносостійкості, опору втомлюваності, контактної витривалості та інших експлуатаційних характеристик оброблюваної деталі на 20–50%, а в деяких випадках – в 2–3 рази (за умови вибору в кожному конкретному випадку найбільш раціонального методу та призначення оптимальних режимів обробки).

Особливо необхідно відмітити важливість обробки методами ППД поверхонь деталей машин, які сприймають в процесі роботи знакозмінні навантаження. Як правило, неякісна поверхня (щодо шорсткості та твердості) є причиною зародження тріщин втомлюваності, які приводять до передчасного виходу з ладу таких деталей і, як наслідок, значно скорочують ресурс машини в цілому. Обробка деталей методами ППД дозволяє вирішити цю проблему та суттєво збільшує довговічність роботи механізмів та машин.

Методи ППД, нарівні із забезпеченням високої якості поверхні, майже в усіх випадках дозволяють підвищити механізацію та продуктивність ручної праці на фінішних операціях.

Поверхневий шар при обробці методами ППД формується в результаті складних взаємопов'язаних явищ, що відбуваються в зоні деформації та на прилеглих до неї ділянках: багатократних пружних і пластичних деформацій, зміни міцнісних та пластичних властивостей металу, тертя та теплових процесів, зміни мікро- та макроструктури, мікроегеометрії самої поверхні та ін.

Основні параметри ППД: пружна та пластична деформації в зоні деформування, площа контакту інструменту з оброблюваною поверхнею, сила дії на інструмент, напруження, що виникають під дією цієї сили, та кратність прикладення сили.

Лабораторна робота № 10

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ОБКОЧЕННІ ЇЇ КУЛЬКОВИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Мета роботи – знайомство з методами поверхнево-пластичної деформації та їх ефективністю в реальному виробництві при обробці зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь

10.1 Загальні положення

Для здійснення операцій обкочення та розкочення методом ППД найчастіше використовують кульковий інструмент. Характер взаємодії кулькового інструменту з оброблюваною поверхнею можна подати схемою, зображеною на рис.10.1, а.

Залежно від характеру оброблюваної поверхні утворюється певна форма плями контакту, як правило, це правильна геометрична фігура (еліпс або коло), дещо змінена внаслідок пружної та пластичної деформації металу.

Для зовнішньої циліндричної поверхні (рис. 10.1, б) необроблена поверхня знаходиться зліва від лінії $M_1KK_1K_2M_2$, а оброблена – справа. При статичному вдавненні форма контакту є еліпсом з півосями a , b . Під час обкочення зі швидкістю v і подачею S перед кулею (інструмент обкочення) створюється стояча хвиля деформованого металу, а за кулею залишається пластично деформована поверхня. Тому передня частина плями контакту обмежена лінією KK_1K_2 та наближена до дуги еліпса, але частково виходить за її межі внаслідок створення стоячої хвилі, яка охоплює сферичну поверхню кулі. Задня частина плями контакту обмежена лінією KK_3MK_2 , при цьому ділянки KK_3 , K_3M , MK_2 являють собою криві, що наближені до дуг відповідних еліпсів. Тому сумарну площу плями контакту можна, з достатньою точністю, визначити з геометричних співвідношень, яка в підсумку на 30–50% менша площі еліпса з півосями a , b . Площу контакту більш точно можливо визначити за формулою

$$F_k = 8/3R \sqrt{(R_d/(R_d \pm R))} \left(\sqrt{((h_1 + \omega)\omega)} + 1/4\sqrt{\omega h_1} \right),$$

де R – радіус кулі;

R_d – радіус деталі;

h_1 – остаточна деформація;

ω – місцева пружна деформація деталі та інструменту.

Співвідношення сил, що діють при обкоченні (рис. 10.1, в), таке:

$$P_z/P_y = 0,07...0,12; P_x/P_y = 0,05...0,1.$$

Параметр шорсткості P_z , що отримується після обкочення інструментом з кулею радіусом 1,5–2,0 мм і подачею $S = 0,04...0,4$ мм/об, можна розраховувати за формулами (згідно з рис. 10.1, з):

$$P_z = R - \sqrt{R^2 - S^2/4}; \quad P_z = S^2/(8R).$$

З урахуванням пружної деформації остання формула буде мати вигляд

$$P_z = [S^2/(8R) - (\omega c - \omega b)],$$

де ωc та ωb – пружна деформація відповідно в точках С і В.

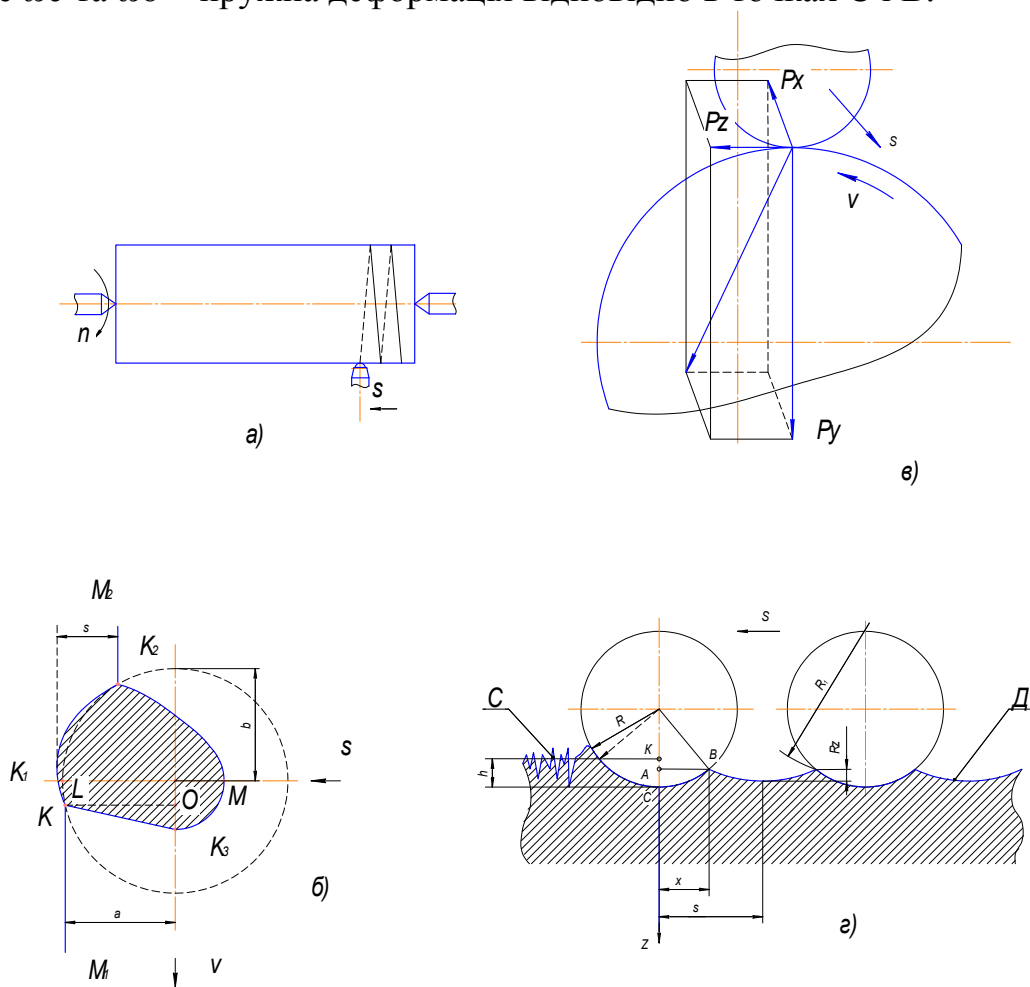


Рисунок 10.1 – Схема обробки методом обкочення кульковим інструментом

- а) – схема ППД; б) – пляма контакту інструменту з поверхнею;
- в) – схема сил, що діють в зоні контакту поверхні з інструментом;
- г) – схема контакту для розрахунку значення R_z ; К – рівень вихідної поверхні; АБ – рівень мікронерівностей обкоченої поверхні; R_1 – радіус впадин обкоченої поверхні; h – величина заглиблення інструмента

Для вибору параметрів режимів обточення та розточення кульковим інструментом можуть бути використані діаграми, наведені на рис. 10.2.

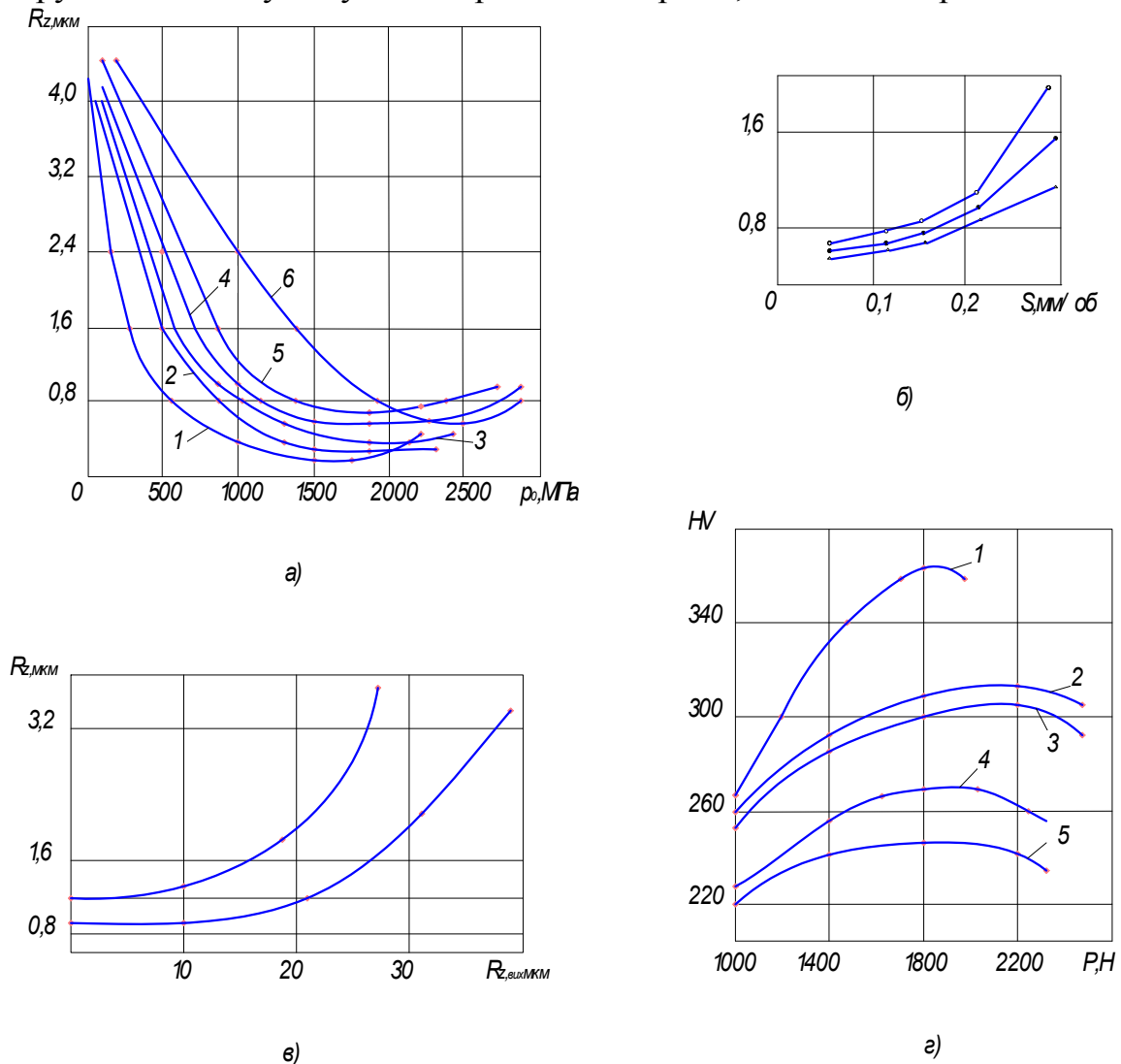


Рисунок 10.2 – Діаграми параметрів якості поверхні при обточенні кульковим інструментом

- а) – Залежність параметра шорсткості поверхні Rz від тиску обточення p при $D_{\text{ш}} = 10 \text{ мм}$, $S = 0,1 \text{ мм/об}$, $v = 80 \text{ м/хв.}$:
 1 – сталь 20; 2 – ШХ15; 3 – сталь 45; 4 – 20ХН3А; 5 – У8; 6 – 18ХГТ;
- б) – Залежність параметра шорсткості Rz від подачі S при обточенні сталі ШХ15 ($p=1500 \text{ МПа}$; $v=80 \text{ м/хв.}$) різними кульками: 1 – $D_{\text{ш}}=40 \text{ мм}$; 2 – $D_{\text{ш}}=20 \text{ мм}$; 3 – $D_{\text{ш}}=9,4 \text{ мм}$;
- в) Залежність параметра шорсткості Rz обточеної поверхні від вихідного параметра шорсткості $Rz_{\text{вих}}$: 1 – сталь 45 при $p=1200 \text{ МПа}$; 2 – сталь 45 при $p=1700 \text{ МПа}$;
- г) Залежність твердості поверхні після її обточення від сили притиску інструменту:
 1 – сталь 20; 2 – 14Х2Н3МА; 3 – ШХ15; 4 – 20ХН3А; 5 – 40Х

Одним із найбільш впливових факторів процесу обточення, що безпосередньо впливає на параметр шорсткості оброблюваної поверхні, є подача S (табл.10.1)

Таблиця 10.1 – Залежність шорсткості оброблюваної поверхні від подачі

Параметр шорсткості R_a , мкм		Кількість куль в інструменті	Подача S (мм/об) при діаметрі кулі, мм		
Потрібний	Вихідний		6	10	22
0,4	3,2	1	0,20	0,25	0,35
		2	0,40	0,50	0,70
		3	0,60	0,75	1,10
0,2	1,6	1	0,14	0,20	0,25
		2	0,30	0,40	0,50
		3	0,35	0,60	0,75
0,1	1,6	1	0,10	0,15	0,20
		2	0,20	0,30	0,40
		3	0,30	0,45	0,60
0,05	0,8	1	0,07	0,10	0,12
		2	0,15	0,20	0,25
		3	0,20	0,30	0,40

Інструмент для виконання операції обкочення зображено на рис.10.3. Конструкція являє собою корпус 1 у вигляді державки, в розточці якого розміщено шток 2, що має на своїй вершині вертикальний паз із зафіксованим в ньому, за допомогою пальця 3, підшипником кочення 4. До останнього накидною гайкою 5 притиснуто кульковий елемент 6, який контактує з поверхнею деталі А, що підлягає обробці. Необхідну силу притиску кулькового елемента 6 до поверхні деталі А забезпечує пружина 7, деформація якої і, відповідно, сила притиску регулюються гайкою 8. Для забезпечення правильної орієнтації штока передбачено штифт 9.

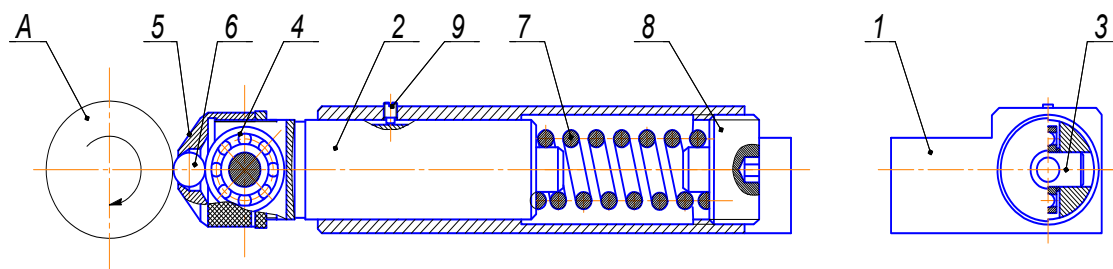


Рисунок 10.3 – Конструкція кулькового інструмента для обкочення зовнішніх циліндричних поверхонь

Інструмент для виконання операції розкочення зображено на рис.10.4. Він складається з циліндричної оправки 1, яка для зручності встановлення у відповідний верстат має хвостовик у формі конуса Морзе. На вершині оправки встановлено багатокульковий робочий елемент 2, який зафіксовано з обох сторін упорними підшипниками 3 та 4, призначеними для сприйняття осьових навантажень, що виникають в процесі розкочення отвору А.

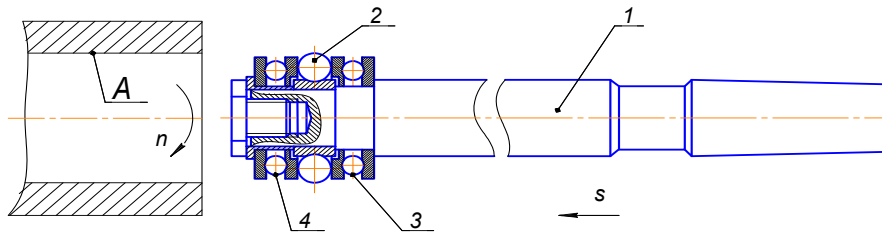


Рисунок 10.4 – Конструкція кулькового інструмента для розкочення внутрішніх циліндричних поверхонь

10.2 Прилади, обладнання, інструменти та матеріали

1. Зразок циліндричної деталі діаметром $\text{Ø}40 \dots 60$ мм.
2. Зразок деталі з циліндричним отвором діаметром $\text{Ø}36$ мм.
3. Інструмент для виконання попередньої обробки деталі, що бере участь в експерименті: прохідний різець T15K6; прохідний розточний різець T15K6.
4. Інструмент для виконання операції обкочення на токарно-гвинторізному верстаті 16К20.
5. Інструмент для виконання операції розкочення на вертикально-свердлильному верстаті 2Н135.
6. Вимірювальний інструмент – електронний штангенциркуль з ціною поділки 0,01 мм.
7. Набір еталонних зразків поверхонь з різною шорсткістю.
8. Інструмент для вимірювання твердості поверхні.
9. Довідкова література.

10.3 Методика та порядок виконання роботи

Експеримент № 1 – Операція обкочення

1. Циліндричну деталь діаметром $\text{Ø} 40 \dots 60$ мм закріпити в трикулачковому патроні токарно-гвинторізного верстата 16К20 з вильотом не менше 200 мм, а правий торець зафіксувати обертовим центром за допомогою пінолі «задньої бабки» для підвищення жорсткості системи ВПД.
2. Сформувати на циліндричній поверхні деталі методом повздовжнього обточування з різною подачею не менше чотирьох ділянок однакового діаметра, але з різною шорсткістю.
3. Виконати операцію обкочення кожної з ділянок деталі спеціальним інструментом (див. рис. 10.3), попередньо закріпленим в різцетримачі верстата, користуючись при виборі подачі рекомендаціями, наведеними в таблиці 10.1. Силу притиску інструмента до поверхні деталі задає викладач.
4. Виміряти діаметр кожної ділянки обкоченої поверхні деталі та порівняти між собою.

5. Порівняти якість кожної обкоченої ділянки поверхні деталі з еталонними зразками на предмет визначення величини мікронерівностей Rz .
6. Зробити висновки.

Експеримент № 2 – Операція розкочення

1. Зразок циліндричної деталі з внутрішнім отвором $\varnothing 36$ мм закріпити в трикулачковому патроні токарно-гвинторізного верстата 16К20 і виконати операцію розточування внутрішнього отвору, забезпечивши розмір $\varnothing 37,9$ мм.

2. Попередньо розточену на токарно-гвинторізному верстаті деталь перезакріпити в трикулачковий патрон на столі вертикально-свердлильного верстата 2Н135.

3. Закріпити в пінолі вертикально-свердлильного верстата інструмент для розкочення.

4. На вертикально-свердлильному верстаті за вказівкою викладача встановити потрібну частоту та подачу.

5. Виконати технологічний перехід розкочення за допомогою вертикальної подачі, при цьому попередньо нанести на оброблювану поверхню змащувальну рідину (мінеральне мастило).

6. Виміряти діаметр розкоченої поверхні деталі та порівняти його з заданим.

5. Порівняти якість кожної обкоченої ділянки поверхні деталі з еталонними зразками на предмет визначення величини мікронерівностей Rz .

6. Зробити висновки.

10.4 Зміст звіту

1. Назва роботи.
2. Дані про обладнання та вимірювальні засоби.
3. Операційний ескіз схеми обробки.
4. Результати вимірювань.
5. Висновки.

10.5 Питання для самоперевірки

1. Основні переваги методів ППД перед фінішною обробкою абразивним інструментом.

2. Чи можна обробляти методами ППД деталі з алюмінієвих сплавів?

3. Чи можна обробляти методами ППД деталі з високоякісної конструкційної сталі, загартованої до твердості 50...55 HRC?

4. Як змінюється твердість поверхні деталі після обробки її методом ППД?

5. Як впливає обробка поверхні деталі методом ППД на її шорсткість?

Рекомендована література: [10, 18].

Лабораторна робота № 11

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПЛОСКОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ НАКАТУВАННІ ЇЇ КУЛЬКОВИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Мета роботи – ознайомлення з методами поверхнево-пластичної деформації та їх ефективністю в реальному виробництві при обробці плоских зовнішніх поверхонь.

11.1 Загальні положення

Процес накатування плоских поверхонь як різновид методів ППД за фізичній суті мало чим відрізняється від методів обкочення і забезпечує аналогічні показники якості поверхні після проведення самої обробки.

Для обробки плоских поверхонь використовують жорсткі та пружні накатні оправки, які забезпечують, крім покращення шорсткості оброблюваної поверхні та підвищення її твердості, також покращення геометричних параметрів. Так, при використанні жорстких оправок забезпечується менші відхилення від площинності поверхні, але застосовувати їх можна тільки у випадку, коли використовуване обладнання має достатню жорсткість, а відхилення від площинності та паралельності на попередній операції не перевищує заданий натяг. У разі незабезпечення такої вимоги порушується рівномірність пластичного деформування, а на деяких ділянках відбувається перенаклеп поверхні. Пружні оправки не мають такого недоліку, тому отримали в промисловості більше розповсюдження. Одна з конструкцій пружних оправок наведена на рис. 11.1.

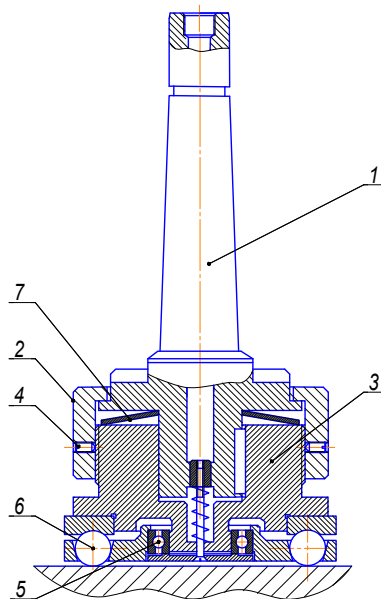


Рисунок 11.1 – Інструмент для виконання операції накатування

До складу такого інструмента входять циліндрична оправка 1 з конічним (за конусом Морзе) хвостовиком, до якої за допомогою накидної гайки 2 приєднано циліндричний корпус 3, нерухомість цього з'єднання забезпечується спеціальними гвинтами 4. В нижній частині корпусу 3 за допомогою радіального підшипника 5 встановлено багатокульковий робочий елемент 6, що контактує з поверхнею, яка підлягає процесу накатування. Для створення сили притиску робочого елемента 6 до оброблюваної поверхні призначена тарільчаста пружина 7.

11.2 Прилади, обладнання, інструменти та матеріали

1. Зразки деталей з плоскими поверхнями із різних матеріалів.
2. Інструмент для виконання операції накатування.
3. Набір еталонних зразків деталей з різною шорсткістю.
4. Твердомір.
5. Вертикально-фрезерний верстат.
6. Довідкова література

11.3 Методика та порядок виконання роботи

1. Отримати від викладача деталь для проведення експерименту (матеріал – конструкційна сталь).
2. Виконати аналіз її конструкції та розробити технологічну схему обробки поверхні (заданої викладачем).
3. Виконати візуальний аналіз якості поверхні перед проведенням операції фрезерування, використовуючи набір еталонних зразків поверхонь, а за допомогою твердоміра визначити твердість поверхні.
4. Встановити деталь в пристосування на столі вертикально-фрезерного верстата та виконати за допомогою торцевої фрези обробку плоскої поверхні за один перехід.
5. Після проведення операції фрезерування виконати візуальний аналіз якості поверхні, використовуючи набір еталонних зразків поверхонь, а за допомогою твердоміра визначити твердість поверхні після її обробки.
6. Замінити торцеву фрезу на накатну оправку і після попереднього встановлення на розмір, для забезпечення, згідно з рекомендаціями, необхідного натягу та режимів обробки, виконати операцію накатування профрезерованої поверхні.
7. Після проведення операції накатування виконати візуальний аналіз якості поверхні, використовуючи набір еталонних зразків поверхонь, а за допомогою твердоміра визначити твердість поверхні після її обробки накатуванням.
8. Повторити операції п. 1, 2, 3 при встановленні інших режимів обробки як при фрезеруванні, так і при накатуванні.

9. Повторити операції п. 1, 2, 3, використовуючи заготовку деталі з іншого матеріалу (наприклад, алюмінієвого сплаву).

10. Зробити висновки та оформити звіт.

11.4 Зміст звіту

1. Назва роботи.
2. Дані про обладнання та вимірювальні засоби.
3. Операційний ескіз схеми обробки.
4. Результати вимірювань.
5. Висновки.

11.5 Питання для самоперевірки

1. Пояснити суть методу накатування.
2. Як змінюються показники якості поверхні після обробки її методом накатування?
3. Пояснити конструкцію та принцип дії пристосування для виконання обробки методом накатування.
4. На якому типі обладнання можна реалізувати схему накатування плоских поверхонь?
5. Який вид змащувальної рідини використовується при обробці методом накатування? Її вплив на якість обробки.

Рекомендована література: [10, 18]

Лабораторна робота № 12

ОБРОБКА ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ВІБРАЦІЙНИМ ОБКОЧЕННЯМ

Мета роботи – знайомство з методами вібраційного обкочення циліндричних зовнішніх поверхонь та їх ефективністю в реальному виробництві.

12.1 Загальні положення

Важливість якісного поверхневого шару (високий клас шорсткості та підвищена твердість) для деталей, що працюють в механізмі з відносним рухом, досить очевидна (див. вступну частину до розділу 5), але не завжди однозначна. Наприклад, забезпечення надмірно високого класу шорсткості також шкідливе, як і наявність низького класу шорсткості. Це пов'язано з тим, що ідеально гладка поверхня не здатна утримувати змащувальну речовину, яку вводять в зазори між деталями з відносним рухом, що сприяє суттєвому зменшенню сил тертя, які виникають. Виходячи з цього, оптимальна поверхня, з точки зору працездатності механізму, має мати як гладкі ділянки, так і впадини для вмісту змащувальної речовини. Причому, співвідношення гладких ділянок та впадин розраховується залежно від конкретних умов функціонування поверхонь деталей в механізмі. Оскільки гладкі ділянки виконують роль опорних, то їх кількість залежить від величини навантаження між контактувальними поверхнями деталей, а наявність впадин визначається динамікою їх взаємодії. Тобто, для забезпечення тривалого ресурсу роботи деталей в механізмі їх поверхні повинні мати відповідний рельєф – комбінацію гладких ділянок та впадин.

Одним із авторів теорії взаємодії поверхонь деталей з різним рельєфом, технології нанесення потрібного рельєфу на поверхню деталі та апробацією її в реальному виробництві є професор Ю. Г. Шнейдер [29]. В результаті проведених під його керівництвом досліджень доведено, що деталі, оброблені вібраційним обкоченням з нанесенням відповідного рельєфу для конкретних умов експлуатації, підвищують ресурс машини в 2–5разів.

Основним методом нанесення потрібного рельєфу на поверхню деталі є метод вібраційного обкочення, який відносять до одного з різновидів методу ППД.

Технологічна операція вібраційного обкочення відрізняється від звичайного методу обкочення тим, що інструменту, який використовується при такій обробці, надається не тільки постійна осьова подача S , але й зворотно-поступальний, так званий осцилюючий, рух відносно його номінального положення в осьовому напрямку деталі амплітудою A та частотою Ω . При цьому деталь обертається з частотою n .

Схема технологічної операції вібраційного обкочення циліндричної поверхні зображена на рис. 12.1 (а), а можливі варіанти рельєфу – на рис. 12.2 (б).

У випадку використання за інструмент загартованої кульки відповідного діаметра процес називають вібраційним обкоченням, а при використанні сферичного наконечника з алмазу (або іншого твердосплавного матеріалу) його називають вібраційним виглажуванням.

За винятком осцилювального руху інструменту вібраційне обкочення, за особливостями взаємодії інструменту та деталі, що оброблюється, повністю відповідає звичайному методу обкочення. При обкоченні (вигладжуванні) інструмент в результаті деформації поверхні деталі утворює неперервний гвинтовий слід, а при вібраційному обкоченні (вигладжуванні) – синусоїдальний.

Мікрорельєф, який утворюється при віброобкоченні, за характером та щільністю синусоїдальних канавок поділяється на чотири основних види. Варіації форми, розмірів та розташування мікронерівностей на оброблюваній поверхні досягається зміною режимів обробки:

S – осьова подача інструменту (мм/об);

P – сила притиску інструменту до оброблюваної поверхні (Н);

A – амплітуда осцилювального руху інструменту (мм);

n – частота обертання деталі (об/хв);

Ω – частота коливання осцилювального руху інструменту (Гц);

$D_{ш}$ – діаметр кулькового елемента інструмента (мм).

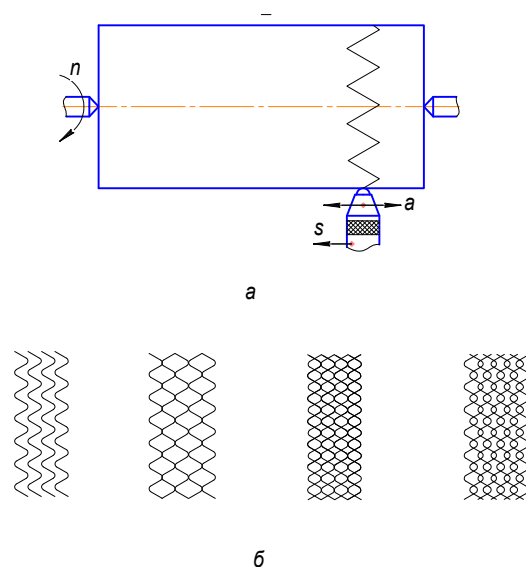


Рисунок 12.1 – Схема операції вібраційного обкочення (а), різновиди рельєфу поверхні після обкочення (б)

Знайомство з технологією вібраційного обкочення є предметом даної лабораторної роботи.

Конструкція пристрою для здійснення технологічної операції вібраційного обкочення наведена на рисунку 12.2. До складу конструкції входять:

електродвигун 1 постійного струму, ексцентриковий механізм 2, виконавчий механізм 3 зворотно-поступального руху оправки для інструменту, інструмент обкочення 4, регулювальний механізм 5 для притиску інструменту до оброблюваної деталі та скоба 6 для закріплення пристрою в різцетримачі токарного верстата.

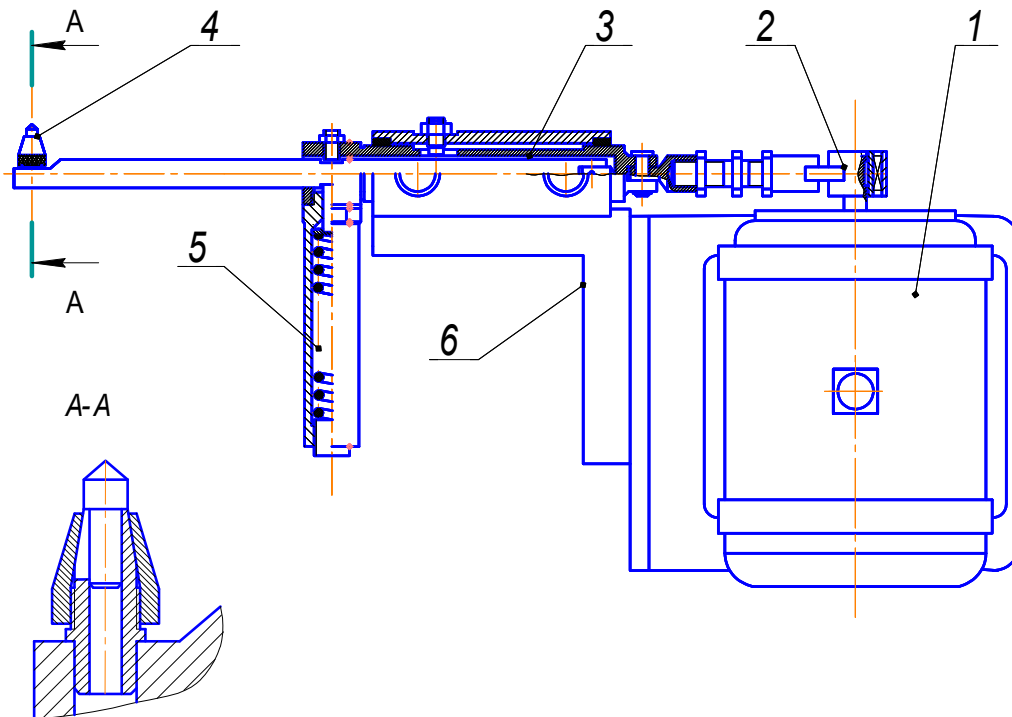


Рисунок 12.2 – Конструктивна схема обладнання для вібраційного обкочення

12.2 Прилади, обладнання, інструменти та матеріали

1. Деталь – циліндричний гладкий вал.
2. Обладнання для вібраційного обкочення.
3. Вимірювальний інструмент.
4. Токарно-гвинторізний верстат типу 16К20.
5. Довідкова література.

12.3 Методика та порядок виконання роботи

1. Закріпити деталь в патроні токарно-гвинторізного верстата.
2. Закріпити в різцетримачі верстата обладнання для вібраційного обкочення та приєднати його до джерела постійного струму.
3. За вказівкою викладача встановити на токарному верстаті потрібну частоту n обертання шпинделя та подачу S супорта.
4. Також за вказівкою викладача встановити на обладнанні для вібраційного обкочення, за допомогою ексцентрикового механізму та джерела

постійного струму, потрібну амплітуду A та частоту Ω коливання інструменту.

5. Підвести інструмент для обкочення до контакту з поверхнею деталі та виконати пробний перехід для визначення сили P притиску інструменту. В разі, коли інструмент не залишає потрібного сліду на поверхні деталі, необхідно збільшити силу P притиску за допомогою регулювального механізму 5.

6. Почергово змінюючи параметри S , P , A , n , Ω , отримати декілька видів рельєфу поверхні, що піддається процесу обкочення.

7. Визначити залежність виду рельєфу від зміни параметрів S , P , A , n , Ω .

8. Зробити висновки.

12.4 Зміст звіту

1. Назва роботи.
2. Дані про обладнання та вимірювальні засоби.
3. Операційний ескіз схеми обробки.
4. Результати вимірювань.
5. Висновки.

12.5 Питання для самоперевірки

1. Як впливає вид регулярного мікрорельєфу на експлуатаційні характеристики поверхні деталі?

2. Як змінюється шорсткість поверхні після обробки її методом вібраційного обкочення?

3. Пояснити суть методу вібраційного обкочення та схему роботи пристосування для його здійснення.

4. Чи змінюється твердість поверхні після обробки її методом вібраційного обкочення?

5. На якому типі обладнання можна реалізувати обробку методом вібраційного обкочення?

Рекомендована література: [10, 18, 29]

ЛІТЕРАТУРА

1. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения : учебник для машиностроительных специальностей вузов / Балакшин Б. С. – М. : Машиностроение, 1969. – 358 с.
2. ГОСТ 3.1702-79 Записи операций и переходов. Обработка резанием. – М. : Издательство стандартов, 1980. – 32 с.
3. ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 35 с.
4. ГОСТ 22267-76. Станки металлорежущие. Схемы и способы измерения геометрических параметров. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 25 с.
5. ГОСТ 3.1106-81. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 5 с.
6. Данилевский В. В. Лабораторные работы по технологии машиностроения / Данилевский В. В. – М. : Высшая школа, 1971. – 240 с.
7. Данилевский В. В. Лабораторные работы и практические занятия по технологии машиностроения / В. В. Данилевский, Ю. И. Гельфгат. – М.: Высшая школа. 1988. – 222 с.
8. Дерібо О. В. Курсове проектування з технології машинобудування : навч. посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 228 с.
9. Допуски и посадки : справочник в 2-х ч. / В. Д. Мягков и др. – Л. : Машиностроение, Ленинградское отд-ние, 1983. – 448 с.
10. Егоров М. Е. Технология машиностроения : учебник для машиностроительных специальностей вузов / Егоров М. Е. и др. – М. : Высшая школа, 1976. – 534 с.
11. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / под ред. А. Ф. Горбачевича. – Минск : Вышейшая школа, 1983. – 288 с.
12. Лебедевский М. О. Автоматизация сборочных работ / М. О. Лебедевский, А. И. Федотов – Л. : Лениздат, 1970. – 448 с.
13. Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник для машиностроительных специальностей вузов / Маталин А. А. – Л., 1985. – 496 с.
14. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. 1. – М. : Машиностроение, 1974. – 416 с.
15. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. 2. – М. : Машиностроение, 1974. – 200 с.
16. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. 3. – М. : Машиностроение, 1974. – 416 с.
17. Одинцов Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием : справочник / Одинцов Л. Г. – М. : Машиностроение, 1987. – 328 с.

18. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / под ред. В. В. Бабука. – Минск : Высшая школа, 1987. – 255 с.
19. Методичні вказівки до оформлення конструкторських та технологічних документів в навчальних завданнях для студентів бакалаврату спец. Б-33 і інженерії спеціальностей 1201, 1202 триступеневої підготовки спеціалістів з вищою інженерною освітою. – Вінниця : ВПІ, 1993. – 81 с.
20. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування : навч. посібник / Рудь В. Д. – К. : ІСДО, 1996. – 300 с.
21. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні : навч. посібник / Руденко П. О. – К. : Вища школа, 1993. – 414 с.
22. Расчеты экономической эффективности новой техники : справочник / под ред. К. М. Великанова. – Л. : Машиностроение, 1990. – 488 с.
23. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 656 с.
24. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.
25. Технология машиностроения (спец. часть) / [А. А. Гусев, Е. Р. Ковальчук, И. М. Колесов и др.]. – М. : Машиностроение, 1986. – 480 с.
26. Руденко П. А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / Руденко П. А., Харламов Ю. А., Плескач В. М. – Киев : Выща школа, 1991. – 247 с.
27. Технология конструкционных материалов / под ред. Т. А. Прейса. – Киев : Выща школа, 1991. – 391 с.
28. Шнейдер Ю. Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом / Шнейдер Ю. Г. – М. : Машиностроение, 1982. – 248 с.

Додаток А

Нормативи часу для нормування операцій механічної обробки

Таблиця А.1 – Допоміжний час на встановлення та зняття деталі під час виконання токарних робіт

Допоміжний час на встановлення і зняття деталі								
Установлення в самоцентрувальному патроні								
	Спосіб установлення деталі		Маса деталі, кг до					
			0,25	1,0	3,0	5,0	8,0	12
			Час, хв					
1	В патроні	без вивіряння	0,11	0,13	0,17	0,21	0,25	0,30
2		з вивірянням на биття крейдою	0,25	0,35	0,40	0,47	0,55	0,65
Установлення в центрах								
	Спосіб установлення деталі	Спосіб підведення пінолі задньої бабки	Маса деталі, кг до					
			0,25	1,0	3,0	5,0	8,0	12
			Час, хв					
3	з встановленням хомутика	поворотом маховичка	0,22	0,26	0,32	0,38	0,46	0,55
4	в центрах з самозатискним хомутиком	пневматичним пристроєм	–	0,22	0,25	0,28	0,31	0,37
Установлення в центровій оправці								
5	при вільному встановленні деталі	за допомогою пневматичного пристрою	–	0,23	0,27	0,34	0,41	0,50

Примітка. При перевстановленні деталі застосовувати коефіцієнт 0,8.

Таблиця А.2 – Допоміжний час (в хв), пов'язаний з переходом, для робіт, що виконуються на токарних верстатах

Допоміжний час, пов'язаний з переходом								
Характер обробки, спосіб встановлення інструменту на розмір обробки		Вимірний розмір	Обробка в операції					
			одним інструментом			декількома інструментами		
			Найбільший діаметр виробу встановленого над станиною, мм до					
			300	400	300	400		
1	Різцем, попередньо встановленим на розмір (чорновий або чистовий прохід) на одноперехідних операціях	25	0,08	0,11	–	–		
2		100	0,09	0,12	–	–		
3		>100	0,10	0,13	–	–		
4	З встановленням різця на розмір за допомогою лімба або упора (чорновий або чистовий прохід) грубіше 8-го квалітету точності	25	0,13	0,17	0,16	0,21		
5		100	0,14	0,19	0,17	0,23		
6		>100	0,16	0,21	0,19	0,25		
7	Поздовжнє точіння та розточування з використанням способу пробних проходів та вимірів	Чорнова обробка	25	0,27	0,30	0,30	0,36	
8			100	0,33	0,36	0,38	0,42	
9		Квалітет	9...10	25	0,24	0,29	0,27	0,33
10				100	0,35	0,43	0,38	0,47
11			8	25	0,38	0,43	0,41	0,47
12				100	0,60	0,70	0,65	0,75
13	Поперечне точіння	З установленням різця за лімбом або за упором (чорновий або чистовий прохід грубіше 0,3 мм)		–	0,17	0,23	0,27	0,3
14		З попереднім промірюванням (чорновий прохід)		100	0,31	0,35	0,38	0,34
15				300	0,43	0,49	0,55	0,46
16		Із зняттям пробних стружок (чистовий прохід грубіше 0,3 мм)		100	0,27	0,33	0,37	0,30
17				300	0,50	0,60	0,65	0,55

Таблиця А.3 – Допоміжний час зв'язаний з переходом на прийоми, що не увійшли в комплекси

№ позиції	Найменування прийомів		Найбільший діаметр виробу, встановлений над станиною, мм		
			300	400	
			Час, хв.		
1	Зміна частоти обертання шпинделя		0,07	0,08	
2	Зміна величини або напрямку подачі		0,06	0,07	
3	Зміна різця поворотом різцевої головки		0,07	0,07	
4	Встановити і зняти інструмент	Різець	прохідний, підрізний, розточний	0,5	0,6
5			нарізний, підрізний, фасонний	0,6	0,8
6		Свердло, зенкер, розвертка		0,1	0,12

Таблиця А.4 – Час на обслуговування робочого місця й перерви на відпочинок та особисті потреби під час виконання токарних робіт

Час	Найбільший діаметр виробу встановлення над станиною, мм до	
	300	400
Час на обслуговування робочого місця в % від оперативного часу	3,5	4,0
Час перерви на відпочинок та особисті потреби в % від оперативного часу	4,0	4,0

Таблиця А.5 = Підготовчо-завершальний час на партію деталей на токарних операціях

А. На налагодження верстата, інструментів та пристроїв			
Спосіб установлення	Кількість ріжучих інструментів в налагоджуванні, до	Найбільший діаметр виробу, встановлюваного над станиною, мм до	
		300	400
		Час, хв.	
В універсальному приспосованні (патрон, центри, оправка)	2	14	16
	4	17	20
	6	22	26
Б. На додаткові прийоми			
Встановити і зняти копір чи конусну лінійку		4	4
Встановити люнет з регулюванням кулачків		3	4
В. На одержання інструменту і пристосувань і здачу їх після закінчення роботи			
одержання інструменту і пристосувань виконавцем роботи до початку і здача їх після закінчення обробки партії деталей		7 – 10	

Таблиця А.6 – Допоміжний час на проведення контрольних вимірювань

№ поз иці	Вимірюва- льний інструмент	Точність вимірю- вання	Вимірюва- ний розмір, <i>мм</i> до	Довжина вимірювальної поверхні, <i>мм</i>			
				50	100	200	500
				Час, <i>хв</i>			
1	Штанген циркуль	0,1	50	0,10	0,13	0,16	0,21
2			100	0,13	0,16	0,19	0,24
3			200	0,16	0,17	0,21	0,25
4	Скоба одно- стороння гранична	4–5 класи	50	0,05	0,06	0,08	0,10
5			100	0,07	0,08	0,10	0,11
6		2–3 класи	50	0,09	0,10	0,13	0,16
7			100	0,12	0,13	0,16	0,19
8	Калібрівка гладка дво- стороння	4–5 класи	25	0,07	0,09	0,13	–
9			50	0,09	0,11	0,15	–
10		2–3 класи	25	0,11	0,14	0,20	–
11			50	0,13	0,16	0,22	–
№ поз иці	Вимірювальний інструмент	Точність вимірювання	Вимірюваний розмір, <i>мм</i> до				
			100	300	500		
12	Лінійка масштабна	0,2 – 0,5	0,07	0,08	0,10		
13	Шаблон або скоба лінійна одностороння	0,2	0,10	0,13	0,16		

Таблиця А.7 – Поправкові коефіцієнти до часу на контрольні вимірювання (враховують періодичність вимірювань під час механічної обробки деталей)

Види оброблюваних поверхонь	Характер Обробки	Точність вимірювання	Вимірювальний розмір, мм до	Спосіб досягнення розмірів обробки		
				Забезпечується конструктивними розмірами інструменту	Робота інструментом, встановленим на розмір	Робота з пробними стружками або за лімбом
				Періодичність промірів – коефіцієнти до часу на контрольні вимірювання деталей		
Циліндричні	Точіння, розточування, розвертування, зовнішнє шліфування, внутрішнє протягування	4–5 класи	50	0,3	0,4	0,8
			200	0,4	0,5	1,0
		2–3 класи	50	0,4	0,5	1,0
			200	0,5	0,5	1,0
площинні	Шліфування	0,01	200	–	–	1,0
		0,05	50	–	–	0,8
		0,1 мм	50	–	–	0,7
			200	–	–	0,8
	Фрезерування, стругання	0,1 мм	50	–	0,3	0,8
			200	–	0,4	0,9
		0,2 мм	50	–	0,2	0,7
			200	–	0,3	0,8

Таблиця А.8 – Поправкові коефіцієнти до допоміжного часу залежно від розміру партії оброблюваних деталей

Оперативний час, хв	Кількість деталей в партії, шт.								
	16	25	40	63	100	160	250	400	630
	Коефіцієнт								
1	–	–	1,23	1,15	1,07	1,0	0,93	0,87	0,81
4	1,23	1,15	1,07	1,0	0,93	0,87	0,81	0,76	–
8	1,15	1,07	1,0	0,93	0,87	0,81	0,76	–	–
30 і більше	1,0	0,93	0,87	0,81	0,76	0,71	–	–	–

Додаток Б

ГОСТ 3.1118-82 форма 1

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
Разраб.	Кочержук				08-26.ДП.015.00.000 ПЗ					1	1				
Н.контр.	Пурдик	ВИЛКА													
M01	ЧАВУН СІРІЙ С18 ГОСТ 1412-85														
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КІМ	Код загот.	Профіль та розміри		КД	МЗ				
		кг			0	0					0				
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код найменування операції				Позначення документа						
B	Код найменування обладнання				СМ	Проф.	P	УТ	КР	КОІД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
A03	3			005	4167 Комбінована										
B04	2252ВМФ4				19479										
05															
A06	3			010	4167 Комбінована										
B07	2252ВМФ4				19479										
08															
A09	3			015	4167 Фрезерна										
B10	2252ВМФ4				19479										
11															
A12	3			020	4261 Розрізна				№ ИОТ 666						
B13	6P12				19479										
МК	Маршрутная карта														

ГОСТ 3.1105-84 форма 7

Дубл.											
Взам.											
Подл.										0	1
Разраб.	Кочержук				АО "АСКОН"	08-26.ДП.015.00.000 ПЗ					
Н.контр.	Пурдик	ВИЛКА									

$\sqrt{Ra\ 6,3 (\sqrt)}$

Невказані граничні відхилення розмірів: отвору Н14, валу h14, інших IT14/2

КЗ	Карта эскизов
-----------	---------------

Дубл.																									
Взам.																									
Подл.																									
																2	1								
Разраб.	Кочержук																								
ВИЛКА																									
Н.контр.																	3	005							
Найменування операції				Матеріал				Твердість		ЕВ		МД		Профіль та розміри				МЗ	КОИД						
Комбінована				ЧАВУН СІРИЙ С18						кз								0							
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы				То		Тв		Тпз.		Тшт.		СОЖ									
2252ВМФ4																									
Р	ПИ																Д	или	В	L	t	i	S	n	V
001	1. Встановити і зекріпити деталь.																								
002	2. Фрезерувати дві поверхні 1 та пверхню 2 в розмір згідно ескізу.																								
T03	50-27-201.8 Оправка ОСТ П14-6-84 Морзе3; d=16; 2214-0153 Фреза ГОСТ 1092-80																								
P04																	100	254	1,5	0,02	1000	214			
005	3. Розточити дві поверхні 2 попередньо.																								
T06	50-40-286.8 Оправка ОСТ П14-7-84; 2142-0019 Резец ГОСТ 9795-84																								
P07																	55	95	1,0	0,5	789	136			
008	4. Розточити дві поверхні 2 попередньо.																								
T09	50-40-286.8 Оправка ОСТ П14-7-84; 2142-0019 Резец ГОСТ 9795-84																								
P10																	55	95	0,15	0,5	789	136			
011	5. Розточити дві поверхні 2 в розмір згідно ескізу.																								
T12	50-40-286.8 Оправка ОСТ П14-11-84; 2142-0019 Резец ГОСТ 9795-84																								
P13																	55	95	0,07	0,1	1584	273			
OK Операционная карта																									

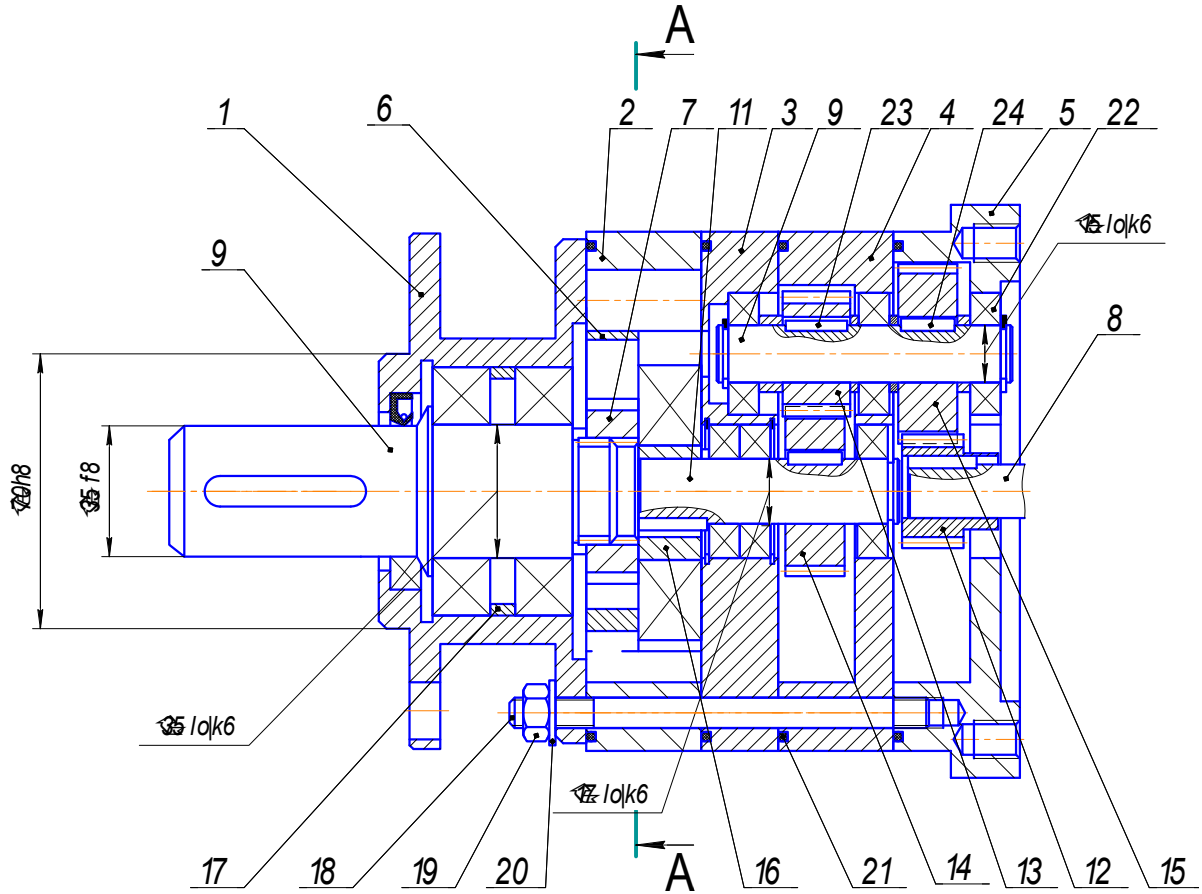
ГОСТ 3.1404-86 форма 3

Дубл.																									
Взам.																									
Подл.																									
																2									
Вилка																									
Р	ПИ																Д	или	В	L	t	i	S	n	V
P01	5																								
002	6. Фрезерувати чотири канавки 4 в розмір згідно ескізу.																								
T03	50-4 Втулка ОСТ П14-7-84 Кон.7:24=40; Мо; 6220-0001 Оправка ГОСТ 13787-68 Морзе2; d=16; 2254-0668 Фреза																								
04	ГОСТ 2679-73																								
P05																	57	175	1,5	0,06	630	99			
006	7. Зенкувати дві фаски 5 в розмір згідно ескізу.																								
T07	50-4 Втулка ОСТ П12-7-84 Кон.7:24=40; Мо; 2353-0139 Зенковка ГОСТ 14953-80																								
P08																	55	1,5	1,5	0,3	450	80			
009	8. Зняти деталь.																								
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
OK Операционная карта																									

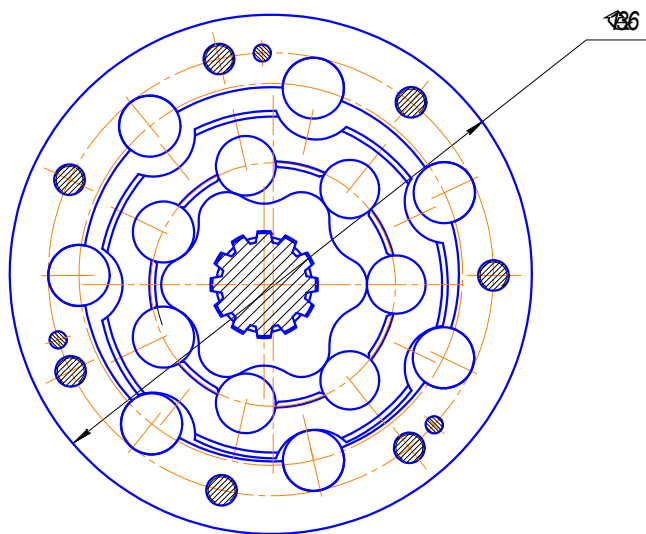
Додаток В

Складальні креслення вузлів

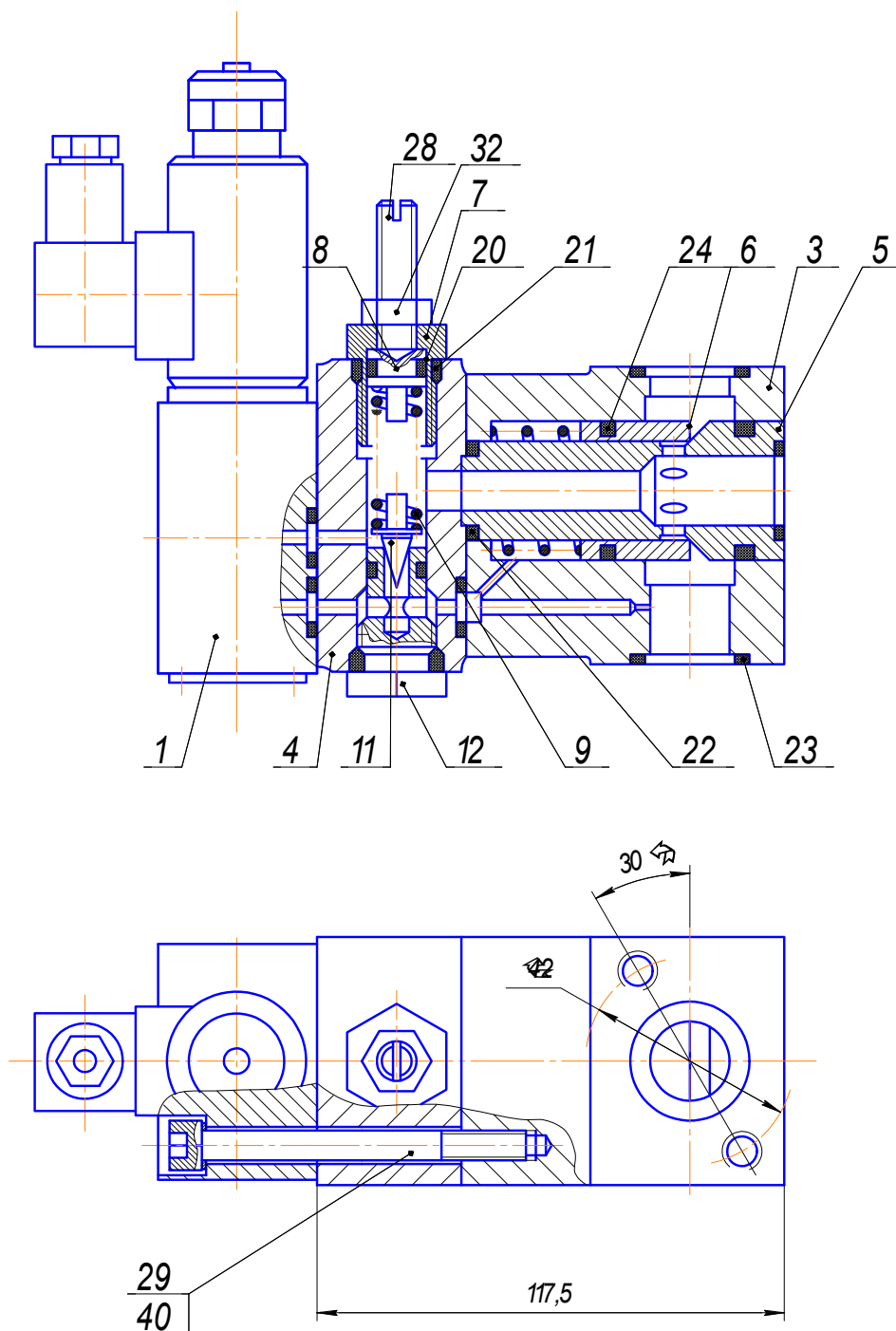
Вузол №1 – Редуктор з орбітально-роторним зачепленням РОЗ-35



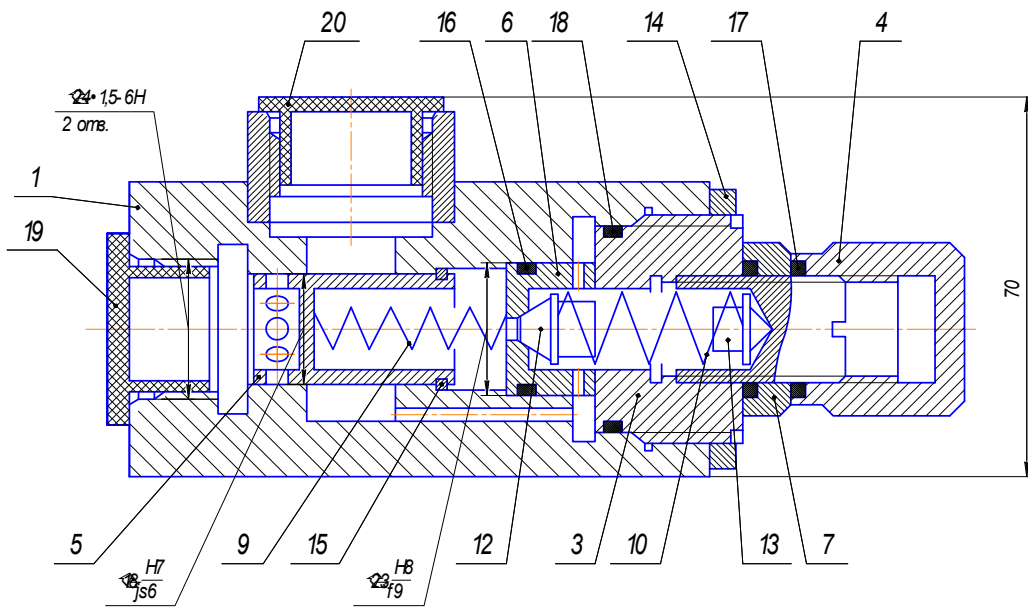
A-A



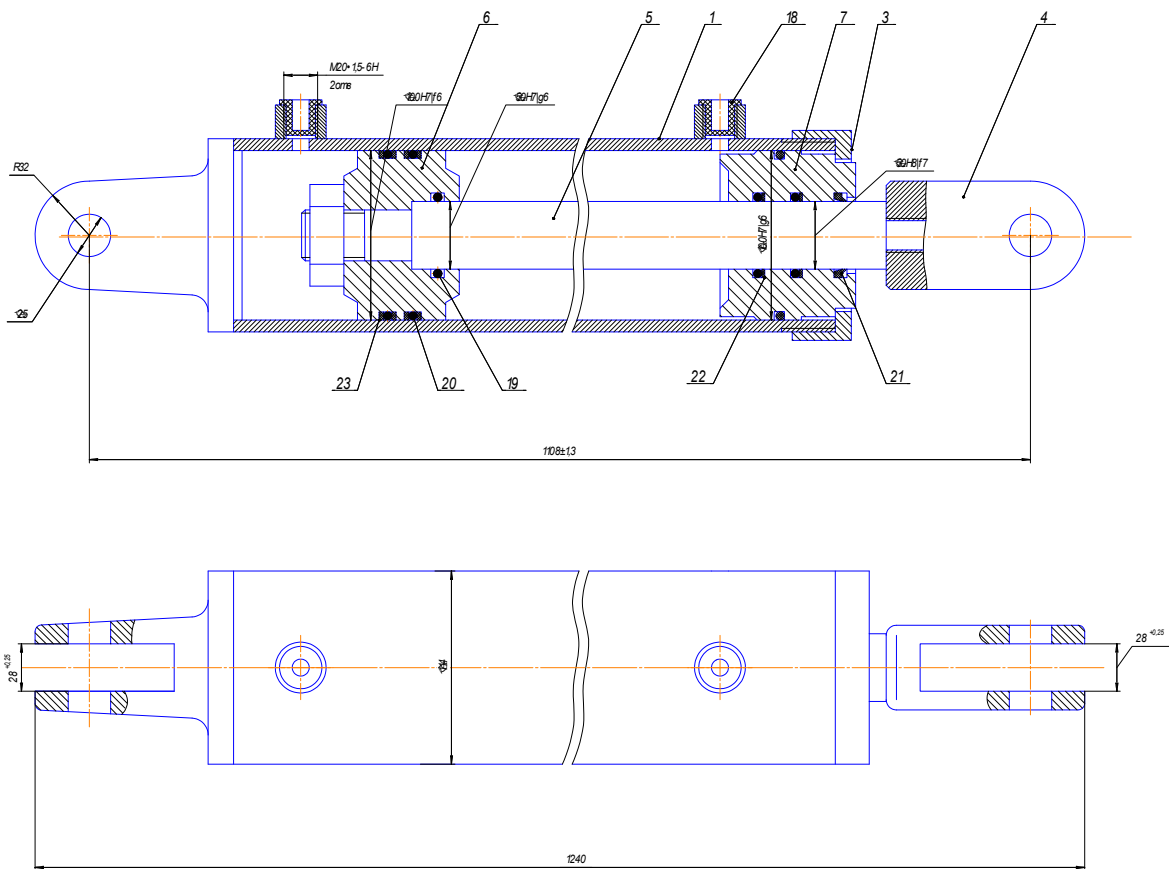
Вузол № 2 – Запобіжний клапан непрямої дії КП 16-20 з дистанційним електромагнітним керуванням



Вузол № 3 – Запобіжний клапан КП-16-16



Вузол № 4 Гідроциліндр поршневий



Навчальне видання

Пурдик Віктор Петрович

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Лабораторний практикум

Рукопис оформлено В. Пурдиком

Редактор В. Дружиніна

Оригінал-макет виготовлено О. Ткачуком

Підписано до друку 21.06.2018.

Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman.

Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 4,26.

Наклад 50 (1-й запуск 1-20) пр. Зам. № 2018-125.

Видавець та виготовлювач

Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Хмельницьке шосе, 95,

м. Вінниця, 21021.

Тел. (0432) 65-18-06.

press.vntu.edu.ua;

E-mail: kivc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.