

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет **Машинобудування, енергетики та хімічних технологій**
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра прикладної механіки
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

С.О. Вірич

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ”

2021 р.

Випускна кваліфікаційна робота

Магістра

(освітній ступінь)

На тему «Обґрунтування раціонального способу підвищення ефективності
механічної обробки деталей типу «муфта» в умовах гнучкого
автоматизованого виробництва»

Виконав: студент 2 курсу, групи МСМм-20
(шифр групи)

спеціальності (напряму підготовки) 131 Прикладна механіка
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Харківський Р.Д.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник професор, д.т.н., професор Калафатова Л.П.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Нормоконтролер доцент, к.т.н., доцент Вірич С.О.

*Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.*

Студент _____
(підпис)

Покровськ – 2021 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет Машинобудування, енергетики та хімічних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра прикладної механіки
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

С.О. Вірич

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ”

2021 р.

Пояснювальна записка

до випускної кваліфікаційної роботи

Магістра

(освітній ступінь)

На тему «Обґрунтування раціонального способу підвищення ефективності механічної обробки деталей типу «муфта» в умовах гнучкого автоматизованого виробництва»

Виконав: студент 2 курсу, групи МСМм-20
(шифр групи)

спеціальності (напряму підготовки) 131 Прикладна механіка
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Харківський Р.Д.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник професор, д.т.н., професор Калафатова Л.П.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Нормоконтролер доцент, к.т.н., доцент Вірич С.О.

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Покровськ – 2021 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет машинобудування, енергетики та хімічних технологій

Кафедра «Прикладна механіка»

Освітній ступінь - Магістр

Спеціальність (напрямок підготовки) _____ 131 «Прикладна механіка» _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Вірич С.О. / /

“ ” 2021 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Харківського Руслана Дмитровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи): «Обґрунтування раціонального способу підвищення ефективності механічної обробки деталей типу «муфта» в умовах гнучкого автоматизованого виробництва»

керівник проекту (роботи): Калафатова Л.П., доктор технічних наук, професор,

затверджені наказом від “ ” 2021 року № _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10.12.2021 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): технічні креслення тонкостінних деталей-представників, у тому числі типу «муфта»; базові технологічні процеси обробки деталей типу «муфта» в умовах серійного виробництва; дані щодо необхідної продуктивності механічної обробки деталі-представника.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Аналіз конструкції деталей, визначення якісних поверхонь та розробка групового технологічного процесу їх механічної обробки.
2. Аналіз існуючих способів отримання якісних поверхонь деталей типу «муфта», вибір та обґрунтування способу їх фінішної обробки.
3. Аналіз варіантів технологічних процесів механічної обробки тонкостінних деталей в умовах гнучкого автоматизованого виробництва.
4. Вибір та обґрунтування варіанту технологічного процесу механічної обробки тонкостінних деталей в умовах гнучкого автоматизованого

виробництва, який забезпечить мінімальну собівартість виготовлення продукції.

5. Перелік графічного матеріалу: креслення комплексної деталі; креслення деталі – представника; креслення заготовки за запропонованим варіантом; технологічні карти налагоджень обробки деталі-представника в розробленому ТП; компоновка технологічної системи обробки деталей в умовах ГАВ.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-4	Калафатова Л.П., професор., д.т.н.	08.09.2021 р	

7. Дата видачі завдання 08.09.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Загальні відомості про оброблювані деталі типу муфта, як елементів вузлів конкретних машин	15.10.2021	
2	Аналіз можливих способів отримання якісних поверхонь у тонкостінних деталях	31.10.2021	
3	Розробка комплексної деталі і групового маршрутного ТП обробки в умовах серійного виробництва	20.11.2021	
4	Обґрунтування способу обробки деталі-представника, який забезпечує її мінімальну технологічну собівартість в умовах ГАВ	25.11.2021	
5	Висновки	30.11.2021	
6	Оформлення магістерської роботи до захисту	10.12.2021	
7	Нормоконтроль роботи та її рецензування	15.12.2021	
8	Захист магістерської роботи	20.12.2021	

Студент

_____ Харківський Р.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ Калафатова Л.П.
(підпис)

АНОТАЦІЯ

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБРОБЛЮВАНІ ДЕТАЛІ, ЯК ЕЛЕМЕНТИ ВУЗЛІВ ТИПУ МУФТА

1.1 Службове призначення машин, вузлів, до яких входять деталі групи, насамперед, деталь представник

Більшість технологічних систем і машин складається з окремих деталей, вузлів, механізмів і агрегатів, які ланцюжком передають енергію від двигуна до виконавчих органів. Для забезпечення силового і кінематичного зв'язку між окремими елементами цього ланцюжка (деталлями, вузлами, механізмами і агрегатами) використовують спеціальні сполучні пристрої – муфти.

Муфтою називають деталь для з'єднання кінців валів, або валів з вільно встановленими на них деталями (зубчастими колесами, шківками, зірочками і т. п.). Муфти, які входять до багатьох механізмів і машин, є відповідальними вузлами, нерідко визначальними надійності і довговічності всієї машини.

Муфти передають обертовий момент без зміни його значення і напрямку. Велика кількість завдань, які вирішуються за допомогою муфт, та вимог, що пред'являються до них відповідно до умов використання машин і агрегатів, до складу яких входять муфти – все це разом узятє створило величезну кількість конструкцій муфт різних видів. При цьому часто зустрічаються складні комбіновані муфти, які поєднують в собі параметри декількох типів найпростіших муфт.

У ряді випадків деякі типи муфт при передачі крутного моменту здатні виконувати додаткові функції – поглинати вібрації, удари і поштовхи, охороняти машину від аварій при перевантаженнях, також компенсувати несоосність і перекоси з'єднуваних валів, в певних режимах автоматично з'єднувати і роз'єднувати окремі механізми та агрегати машини без зупинки двигуна. Різноманітність існуючих конструкцій муфт надзвичайно ускладнює

проведення суворої типізації їх і призводить до створення складних систем класифікації. У цій роботі буде розглянута класифікація муфт, для отримання загальної картини переваг та недоліків тих чи інших типів муфт різного призначення.

1.2 Класифікація муфт

Різноманіття вимог, що пред'являються до самих муфт, і різні умови їх роботи зумовили створення великої кількості конструкцій муфт. Залежно від функціонального призначення та особливостей конструкції муфти класифікуються за керованістю і за ступенем зниження динамічних навантажень, а також за основними конструктивними ознаками.

По ступеню керованості муфти поділяють на некеровані, керовані і самокеровані []:

Некеровані (нерозчіпні) муфти здійснюють постійне з'єднання валів між собою. До цього типу відносять глухі, жорсткі і пружні компенсуючі муфти. Деякі типи некерованих муфт здатні поглинати динамічні навантаження на агрегати і вузли машини при передачі крутного моменту, але роз'єднувати або з'єднувати ці елементи конструкції машини під час її роботи вони не можуть;

Керовані (зчіпні) муфти допускають під час роботи з'єднання (зчеплення) і роз'єднання (розчеплення) валів за допомогою механізму управління. Управління роботою таких муфт здійснюється за участю людини (іноді - спеціалізованої комп'ютерної програми). Процес управління не є автоматичним, а залежить від зовнішнього управляючого фактора, а не від умов, в яких працює муфта, або сполучені елементи машини;

Самоврядні муфти здатні автоматично з'єднувати або роз'єднувати вали при зміні заданого режиму роботи машини. Такі муфти, завдяки своїй конструкції, можуть самостійно (без зовнішнього управління) здійснювати

зчеплення або розчеплення окремих елементів машини в разі перевантаження, або при досягненні певного режиму роботи.

До самоврядних відносять обгонні муфти, відцентрові муфти і запобіжні муфти.

Обгінні муфти служать для передачі крутного моменту тільки в одному напрямку, роз'єднуючи вали, якщо їх відносне обертання змінюється на протилежне;

Відцентрові муфти спрацьовують при досягненні певної частоти обертання з'єднувальних валів;

Запобіжні муфти роз'єднують вали при перевищенні допустимої величини переданого крутного моменту. Самоврядні запобіжні муфти можуть виконуватися з з'єднувальним елементом що руйнується, або з автоматичним роз'єднувачем.

За ступенем зниження динамічних навантажень муфти поділяють на жорсткі і пружні:

- Жорсткі муфти не залагоджують динамічні навантаження, що виникають при передачі крутного моменту – удари, поштовхи, вібрації і т. п. Такі муфти забезпечують постійний кінематичний і динамічний зв'язок між валами.

- Пружні муфти здатні згладжувати вібрації, поштовхи і удари між валами завдяки наявності в їх конструкції пружних елементів - пружин, гумових втулок або прокладок і т. п.

По конструктивним особливостям розрізняють такі основні типи механічних муфт:

Глухі (жорсткі) муфти:

- втулкові;
- фланцеві;
- поздовжньо-зворотні.

Компенсуючі жорсткі муфти (компенсуючі радіальні осьові та кутові зсуви валів):

- шарнірні муфти (компенсують кутове зміщення валів до 45°);
- зубчасті;
- ланцюгові.

Компенсуючі пружні муфти (компенсуючі динамічні навантаження):

- муфти з тороподібною, або пелюстковою оболонкою;
- втулково-пальцеві;
- муфти з зірочкою.

Зчепні муфти (що з'єднують, або роз'єднують вали за допомогою спеціального керованого механізму):

- муфти кулачково-дискові;
- кулачкові муфти;
- фрикційні;
- відцентрові.

Самокеровані (автоматичні) муфти:

- обгонні муфти (що передають обертання тільки в одному напрямку);
- відцентрові (які спрацьовують при досягненні певної частоти обертання);
- запобіжні муфти (що обмежують переданий крутний момент).

Перелічені типи муфт відносяться до механічних пристроїв. Крім механічних муфт в машинах і механізмах найчастіше застосовуються муфти з гідравлічним, магнітним чи електромагнітним управлінням.

Більш детальне дослідження деяких типів муфт – певних властивостей, переваг та недоліків необхідно для досягнення поставленої мети роботи.

Глухими (жорсткими) є муфти, які призначені для постійного жорсткого з'єднання співвісних валів (рис. 1.1).

Це найбільш прості за конструкцією пристрої для з'єднання валів, і, відповідно, найдешевші у виготовленні. Однак глухі муфти мають істотний недолік – вали, що з'єднуються, повинні бути у високій ступені співвісності,

без кутових зсувів і перекосів, інакше ресурс муфти, а також деталей вузлів, що з'єднуються, і механізмів, у тому числі опір, значно зменшується, а з'єднання починає передавати вібрації, поштовхи і удари. Глухі муфти застосовують у тих випадках, коли потрібно забезпечити строгу співвісність валів внаслідок самої конструкції з'єднання, або ретельної вивірки та пригонки елементів, що з'єднуються при складанні на загальній рамі. Також, вони забезпечують високу точність передачі обертання, що є важливим фактором.

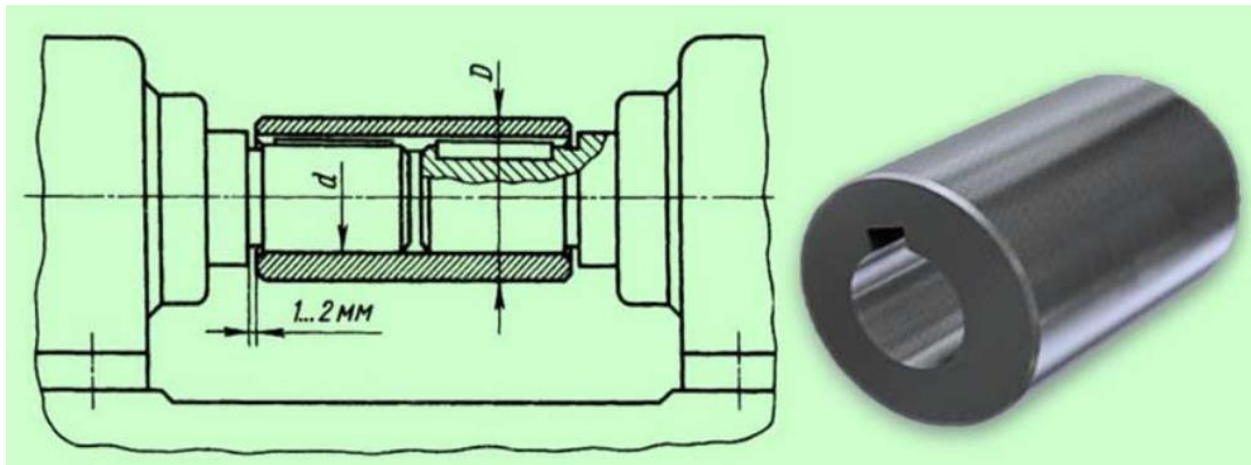


Рисунок 1.1 – Приклад використання глухої втулкової муфти із сегментними шпонками []

Втулкові муфти легкі, дешевші, прості за конструкцією та мають малі габарити. Деталі втулкових муфт виготовляють із сталі 45. За нормами машинобудування виготовляють муфти для діаметрів валів від 4 до 100 мм. Їх виготовляють зі штифтами (рис. 1.2), із сегментними шпонками (див. рис. 1.1), зі шліцами.

Особливість конструкції муфт такого типу: за формою і співвідношенням розмірів їх можна віднести до категорії тонкостінних деталей – тіл обертання. Недоліками муфт такого типу є складність монтажу та демонтажу, яка пов'язана з необхідністю переміщення валів, або муфти вздовж валу.

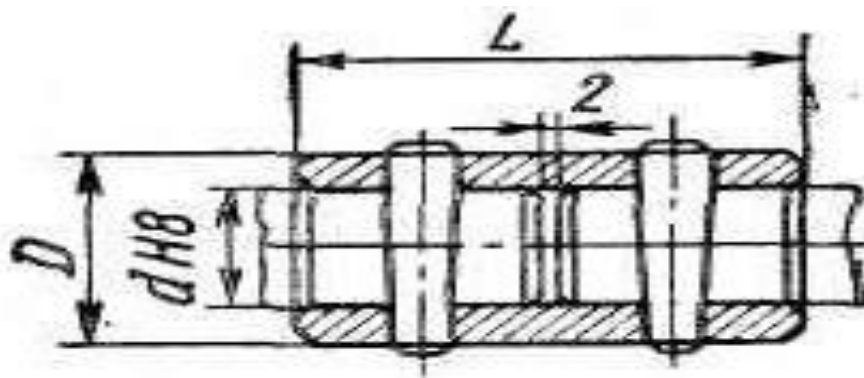


Рисунок 1.2 – Втулкова муфта зі штифтами []

Муфти використовуються в багатьох вузлах різноманітних агрегатів, машин та механізмів. Із них можна виділити найпоширеніше використання в редукторах і мотор-редукторах машин промислового призначення. Як елемент вузла, муфта виконує свою роль в таких машинах, як: бетономішалки (ЗМП-40, ЗМП-50); підйомники (1Ц2У-125, 1Ц2У-160); конвеєри (МЧ-63, МЧ-80), елеватори і т. п.

У подальшому в роботі буде розглянута технологія обробки групи деталей – глухих втулкових муфт і деталі «корпус», які входять до класу тонкостінних деталей. Креслення цих деталей наведені у Додатку А.

На рис. 1.3 наведений приклад конструкції муфти – деталі представника, яка використовується як з'єднувальний елемент у вузлах редукторів та електродвигунів у різноманітних машинах промислового призначення.

1.3 Конструкторський та технологічний аналіз креслення деталей групи «муфти» на прикладі деталі-представника

Матеріалом деталі-представника (див. рис. 1.3), обробка якої буде досліджена в магістерській роботі, є конструкційна сталь марки 45 ГОСТ 1050-88. Хімічний склад і фізико-механічні властивості сталі наведені в табл. 1.1, 1.2.



Таблиця 1.1 - Хімічний склад в % матеріалу Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Середній вміст елементів, %									
Залізо Fe	Вуглець C	Крем- ний Si	Марга- нець Mn	Хром Cr	Нікель Ni	Сірка S	Фосфор P	Мідь Cu	Арсен As
97	0,42-0,5	0,17- 0,37	0,5-0,8	до 0,25	до 0,25	до 0,04	до 0,035	до 0,25	до 0,08

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 45 ГОСТ 1050-88

Твердість по Бринелю HB	Границя текучості, σ_T (МПа)	Границя тимчасового опору, σ_{TO} (МПа)	Відносне подовження, δ %	Відносне звуження, Ψ %
170	355	600	16	40

Сталь 45 характеризується підвищеними характеристиками міцності, витривалості, добре обробляється, доступна за вартістю. Знайшла застосування практично у всіх галузях промисловості, там, де мають місце постійні механічні навантаження, складні температурні умови. Вироби зі сталі 45, наприклад, вкрай затребувані навколо, витримують перепади температур в діапазоні від 200⁰ до 600⁰С.

Деталь-представник є тонкостінна деталь і відноситься до групи деталей типу «муфта». Її поверхні складаються з поверхонь обертання та торцевих поверхонь. Також, вона має 4 радіальні отвори на зовнішній поверхні. Деталь цілком міцна та жорстка (відношення довжини деталі до діаметру $L/D=300/70=4,28$ – менше 5). Маса даної деталі – 6,36 кг.

В залежності від типу виробництва і можливостей конкретного підприємства заготовкою для цієї деталі може бути пруток відповідного діаметру або пустотіла заготовка також відповідних розмірів. Вибір варіанту заготовки суттєво впливає на трудомісткість механічної обробки деталі. В умовах виробництва (базовий варіант) заготовкою був обраний пруток d 75 мм і довжиною 1500 мм.

Так, як деталь має переважно циліндричні поверхні та відповідальні отвори, для їх обробки були реалізовані токарні і свердлильні операції. Для

цих операцій обирався прогресивний різальний інструмент та інтенсивні режими різання.

Зовнішня поверхня деталі не має високих вимог по точності і якості обробки. Найвідповідальнішими поверхнями є внутрішні осьові отвори, які потребують чистових операцій, насамперед це поверхні під різь і сама різь М42х2 Н6. Поверхня під різь повинна бути виконаною з точністю за 6-м квалітетом і шорсткістю $R_a = 0,63$ мкм.

Радіальні отвори d 26 мм є нетехнологічними, вважаючи тонкостінність деталі. Вони виконуються на свердлильній операції, яка може займати значний час обробки. Після завершення механічної обробки деталь підлягає термообробці у виді хімічного оксидування з промаслюванням.

Розглядаючи деталі групи, а саме муфта, як деталь представник (див. рис. 1.3, муфта зі штифтами і деталь корпус (див. Додаток А), можна зробити висновок про те, що вони є тонкостінними порожнинами, мають близькі один до одного характеристики, та є конструктивно схожими за формою та відповідальними якісними поверхнями. Так, як досліджуються тонкостінні деталі, доцільним надалі буде проведення аналізу вибору заготівельних операцій, які відіграють свою роль у подальшій механічній обробці деталей, їх собівартості та трудомісткості.

1.4 Формування мети та завдань досліджень

Метою даної роботи є аналіз та вибір видів найбільш раціонального варіанту механічної обробки деталей, порівняння способів отримання деталі в неавтоматизованому та автоматизованому виробництві з отриманням найбільш точних та якісних поверхонь з мінімальними витратами часу і собівартістю обробки.

Об'єктом дослідження є технологічний процес обробки тонкостінних деталей групи типу «муфта».

Предметом дослідження є визначення раціонального способу підвищення ефективності механічної обробки деталей типу «муфта» в умовах гнучкого автоматизованого виробництва.

1.5 Висновки

1. Розглянуті та проаналізовані класифікація, структура, конструктивні особливості, переваги та недоліки деталей типу «муфта», в тому числі глухих втулкових муфт, їх реалізація в системах, вузлах та агрегатах машин і механізмів.

2. Виконаний конструкторський і технологічний аналіз деталі представника групи деталей типу «муфта».

3. У деталі «муфта» найбільш якісними є внутрішні поверхні, в тому числі поверхні під різь, що передбачає технологічне забезпечення всіх вимог до них при обробці даних поверхонь.

4. Згідно з метою та завданнями дослідження необхідно обґрунтувати найбільш раціональний спосіб обробки найбільш відповідальних поверхонь, який може забезпечити їх задані точність та якість при мінімальних витратах.

2 АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОТРИМАННЯ ЯКІСНИХ ПОВЕРХОНЬ У ТОНКОСТІННИХ ДЕТАЛЯХ ТИПУ ТІЛ ОБЕРТАННЯ

2.1 Особливості механічної обробки отворів підвищеної точності

Надійність роботи вузлів і машин у цілому в значній мірі залежать від точності обробки деталей, якості оброблених поверхонь і точності зборки. До точності обробки поверхонь деталей пред'являються певні технічні вимоги, що пов'язані з умовами експлуатації вузлів, до яких вони входять. Ці вимоги в загальному випадку складаються з наступних елементів: точності розмірів, точності геометричної форми поверхонь, їх взаємного розташування і шорсткості [1].

Аналіз креслень деталей групи (див. Додаток А) свідчить про те, що вони мають перелік поверхонь, які вимагають, виходячи з умов експлуатації виробів, підвищених вимог щодо якості (рівень шорсткості, стан поверхневого шару) і точності обробки. А саме: на деталі Корпус – це зовнішні поверхні під різь М56х1,5 8g, внутрішні поверхні $\varnothing 28H6$, $\varnothing 42H6$; на деталі-представнику і муфті зі штифтами – це внутрішні поверхні під різь М42х2 6H при заданій шорсткості усіх вказаних поверхонь R_a 0,63 мкм. Забезпечення вказаного рівня точності і якості вимагає багатоетапної обробки поверхонь, послідовного оброблення однієї і той же поверхні декілька разів, кожний раз зменшуючи припуск на обробку і допуск на черговий технологічний розмір на 1 – 2 квалітети з виконанням на заключній стадії фінішних операцій, які в значній мірі будуть визначати продуктивність і вартість обробки деталей.

До основних фінішних операцій можна віднести [1]: тонке точіння, шліфування і процеси пластичного деформування (ППД) – обкочування і розкочування поверхонь деталей, вигладжування (в тому числі алмазне вигладжування). Розглянемо варіанти використання різних видів фінішних

операцій на прикладі обробки внутрішньої поверхні під різь М42х2 6Н на деталі-представнику.

Орієнтуючись на те, що для нарізання різі М42х2 6Н різцем необхідно виконати обробку отвору з параметрами $\varnothing 37,5$ 6Н і R_a 0,63 мкм, в табл. 2.1 наведемо дані щодо можливих видів обробки названої поверхні і розглянемо особливості кожного з варіантів фінішної обробки.

Таблиця 2.1 – Призначення видів механічної обробки поверхонь деталі

Позначення розміру	№ операцій/(переходів)	Послідовність обробки	Квалітет точності	Величина допуску, мкм	Параметр шорсткості R_a , мкм
$\varnothing 37,5$ Н6 Заготовка без отвору	1	Свердління отвору $\varnothing 12$	H12	180	15
	2	Розсвердлення отвору до $\varnothing 30$	H12	210	12,5
	3	Розточування чорнове до $\varnothing 34$	H11	160	10,4
	4	Розточування напівчистове до $\varnothing 36$	H9	62	6,3
	5	Розточування чистове до $\varnothing 37$	H8	39	1,25
	6	Варіанти фінішної обробки: - розточування тонке; - шліфування; - розкочування; - вигладжування	H6-H7	16-25	0,32-0,63

2.2 Тонке точіння

Токарна обробка (точіння, розточування) - найбільш поширений метод виготовлення деталей типу тіл обертання (валів, дисків, осей, гільз, фланців, втулок, муфт та ін.) на токарних верстатах. Тонке розточування, особливо кольорових металів, за точністю і чистотою поверхні перевершує розгортання і не поступається шліфуванню [2, 3].

З причини малого перетину стружки, що знімається, невеликих сил різання і незначного нагріву заготовки виключається поява значного деформованого шару на обробленій поверхні. Із-за невеликих пружних деформацій технологічної системи забезпечується точність обробки сталей і чавунів за 6 – 8-м квалітетами при шорсткості обробленої поверхні R_a

2,5...0,63 мкм. В якості різального інструмента для обточування та розточування металів використовують різці з пластинками твердого сплаву марок ВК2, ВК3М (обробка чавунів) і Т30К4, Т60К6 (обробка сталей). Припуски під тонке розточування отворів перерахованих вище розмірів у сталевих заготовках становлять від 0,1 до 0,2 мм. Тонкому розточуванню передують чорнове, напівчистове і чистове розточування.

2.3 Шліфування

Шліфування - один із найпоширеніших видів обробки металів різанням. При шліфуванні припуск на обробку деталей типу тіл обертання знімається абразивними інструментами - шліфувальними кругами. На рис. 2.1 наведена схема внутрішнього шліфування, де 1 – шліфувальний круг, 2 – оброблювана заготовка. Шліфувальний круг являє собою пористе тіло, що складається з великої кількості дрібних різальних зерен з абразивних матеріалів – мікрорізців, занурених у зв'язку.

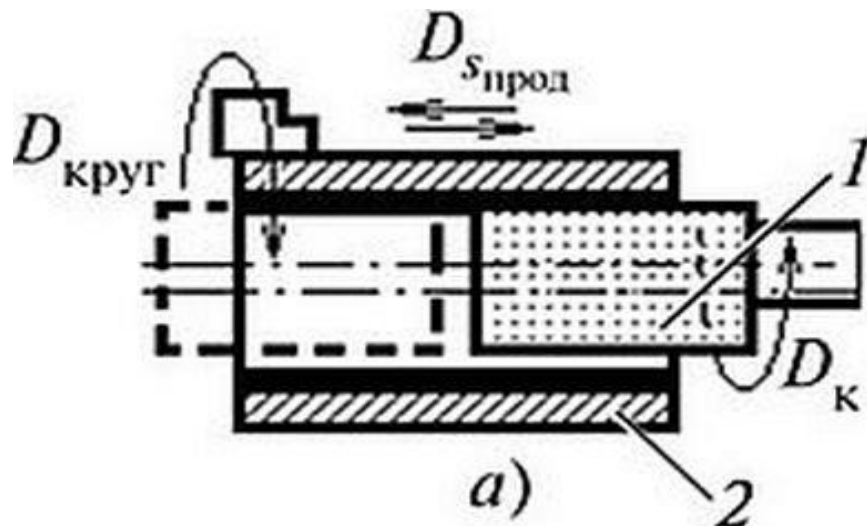


Рисунок 2.1 – Схема внутрішнього шліфування

Процес шліфування полягає в тому, що шліфувальний круг знімає з деталі тонкий шар металу (стружку) гострими гранями своїх абразивних зерен [5]. До властивостей процесу шліфування слід віднести: високу

швидкість різання; високу дисперсність і своєрідний характер стружки, що знімається; нерегулярну геометрію ріжучих зерен круга; високий нагрів поверхні, що обробляється, та стружки.

При звичайному шліфуванні швидкість різання (лінійна швидкість обертання круга $v_{кр}$) приймається рівною 30 м/с, або 1800 м/хв, а при швидкісному - 50 м/с, або 3000 м/хв, що в 10 - 30 разів перевищує швидкість різання при токарній обробці.

Застосовуються операції чорнового, попереднього, остаточного та тонкого шліфування.

Чорнове шліфування передбачає обробку без попередньої токарної операції зі зніманням збільшеного припуску від 1 мм і більш на діаметр. Цю операцію доцільно виконувати на режимах силового та швидкісного шліфування при $v_{кр} = 50-60$ м/с. У відмінності від токарної обробки чорнове шліфування забезпечує більш високі точність обробки по 8-9-му квалітету і більш низький параметр шорсткості R_a 2,5 – 5,0 мкм, і не потребує наступного попереднього шліфування. Його застосування доцільно за наявності точних заготовок або заготовок, які мають погану оброблюваність лезовим інструментом.

Попереднє шліфування звичайно виконують після токарної обробки з підвищеною швидкістю різання $v_{кр} = 40-60$ м/с. Попереднє шліфування здійснюють до термообробки для створення базових поверхонь або у якості проміжної операції для підготовки поверхні до остаточної обробки. На операціях попереднього шліфування досягається точність за 6-9-м квалітетом та параметр шорсткості поверхні R_a 1,2 -2,5 мкм.

Остаточне (чистове) шліфування дозволяє отримати точність обробки за 5-6-м квалітетами і параметр шорсткості поверхні R_a 0,2-1,2 мкм і забезпечувати задані точність, структуру і якість поверхневого шару. Припуск на обробку становить 0,2 - 0,4 мм на діаметр і потребує відповідної попередньої обробки. Найбільш часто застосовують швидкість різання $v_{кр} = 35-40$ м/с. Циліндричні деталі типу гільз, штоків, муфт, валів, поршнів і

циліндрів піддають шліфуванню в термообробленому і не термообробленому стані.

Тонке шліфування застосовують, головним чином, для отримання параметра шорсткості R_a 0,025-0,1 мкм. Воно потребує дуже доброї попередньої підготовки поверхні, тому що припуск, який знімається при тонкому шліфуванні, не перевищує 0,05-0,1 мм на діаметр. Застосування тонкого шліфування можливе при наявності прецизійного верстата і спеціальних кругів, воно економічно доцільне лише в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва.

2.4 Поверхнєве пластичне деформування

Поверхнєве пластичне деформування засноване на здатності заготовок з металів змінювати свою форму без руйнування під дією зовнішніх сил. Обробкою тиском можуть бути отримані заготовки або деталі з матеріалів, які володіють пластичністю, тобто здатністю не зворотно деформуватися без руйнування під дією зовнішніх сил. Цей спосіб відноситься до категорії обробки пластичним деформуванням і застосовується як один із видів фінішної обробки деталі, відноситься до категорії прогресивних, економічних і високопродуктивних способів оброблення заготовок у машинобудуванні [6].

Розрізняють наступні основні операції ППД: обкочування і розкочування; вигладжування.

2.4.1 Обкочування і розкочування

Операція здійснюється (рис. 2.2) за допомогою різних деформуючих інструментів (роликів, кульок, вигладжувачів, бойків і т.п.), що мають твердість (зазвичай HRC 65) більшу, ніж твердість оброблюваної заготовки. У зоні контакту інструменту і заготовки створюється високий тиск, під дією

якого мікронерівності оброблюваної поверхні пластично деформуються, змінюються повністю або частково. В результаті утворюється новий мікрорельєф, причому в оптимальному діапазоні режимів ППД шорсткість поверхні різко зменшується. В результаті ППД підвищується твердість та міцність поверхневого шару, в якому формується сприятливий залишковий напружений шар, зменшується параметр шорсткості R_a , збільшуються радіуси закруглення вершин нерівностей, відносна опорна довжина профілю і т.п. [6, 7].

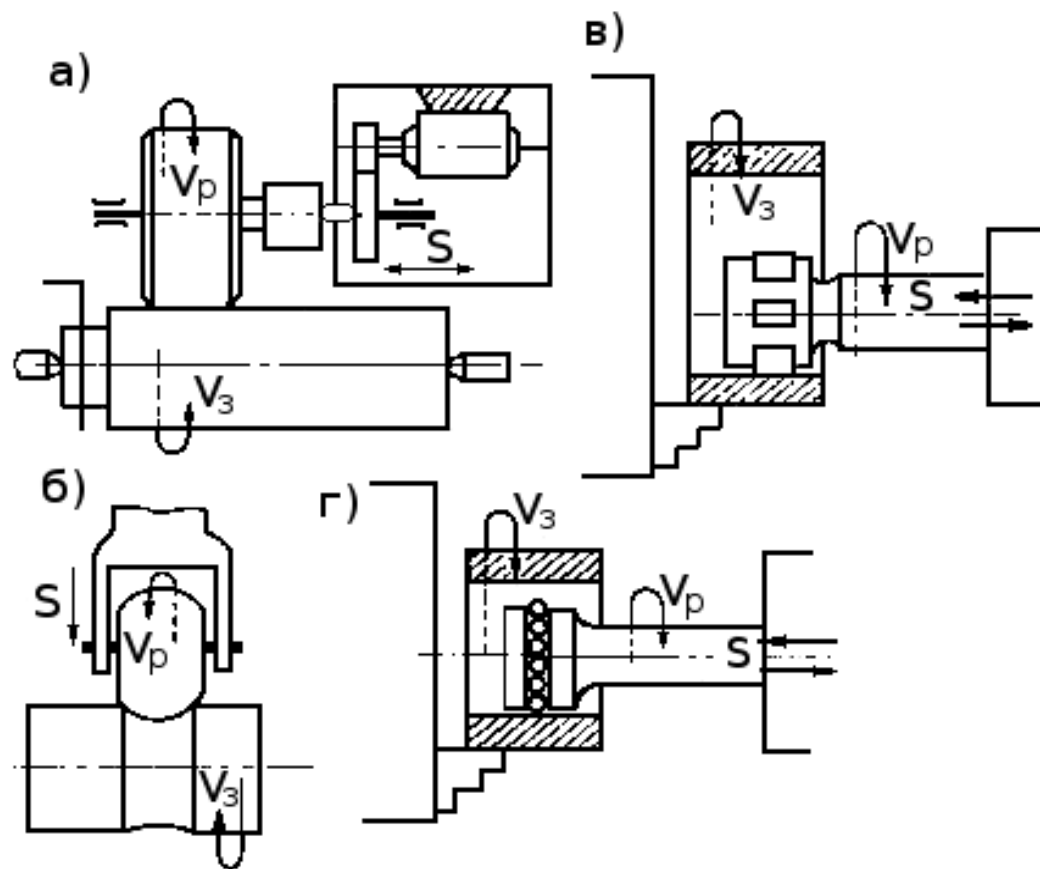


Рисунок 2.2 – Обкочування та розкочування поверхонь деталі: а – обкочування циліндричної поверхні; б – обкочування фасонної поверхні; в – розкочування внутрішньої поверхні роликами; г – розкочування внутрішньої поверхні шариками

Циліндричні зовнішні, внутрішні, фасонні поверхні обробляються, як правило, на токарних, револьверних, свердлильних та інших верстатах. Якість оброблюваної поверхні при обкочуванні і розкочуваннями роликами

та шариками в значній мірі залежить від режимів деформування: сили обкочування (або тиску на ролик і шарик), подачі, швидкості, числа робочих ходів і застосування змащувально-охолоджуючих рідин.

До обкочування та розкочування заготовки обробляють точінням, шліфуванням та іншими способами, які забезпечують точність за 7 – 9-му квалітетам. Припуск на обробку звичайно рекомендується обирати рівним 0,005...0,02 мм.

По закінченню даної обробки отримують такі результати: точність поверхонь збільшується на 15%, а чистота покращується на 2 або 3 класи. Метод обкочування і розкочування дозволяє отримати точність поверхонь від 6 до 9-го квалітету, а шорсткість оброблюваної поверхні зменшується з вихідної R_z 5-12 мкм до R_a 0,04-0,1 мкм. Незвичною є форма мікронерівностей поверхні після ППД. На рис. 2.3 наведені профілі мікронерівностей, що утворюються при різних видах обробки сталі: а) точіння ($S = 0,13$ мм/об); б) шліфування ($S = 0,06$ мм/об); в) накатування ($S = 0,5$ мм/об).

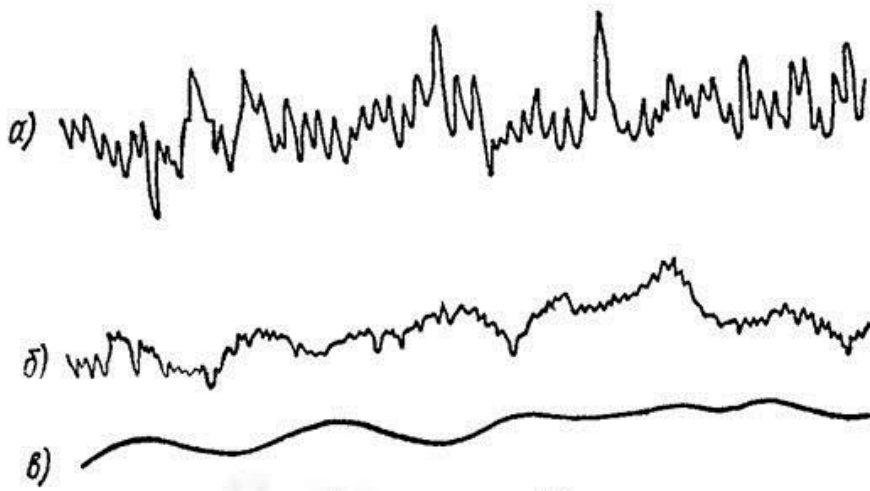


Рисунок 2.3 - Профілі мікронерівностей поверхні, обробленої: а) точінням; б) шліфуванням; в) накатуванням [6]

В табл. 2.2 наведені деякі порівняльні характеристики параметрів шорсткості для різних видів різання і ППД.

Таблиця 2.2 - Порівняльна характеристика параметрів шорсткості для різних видів різання і ППД

Вид обробки	R_a , мкм	r , мкм	r/R_{zmax}
Розточування	0,32–0,63	120	40
Внутрішнє шліфування	0,32–0,63	22	7
Розкочування шариком	0,32–0,63	900	300

З даних видно, що форма мікронерівностей після ППД характеризується незрівнянно більшими величинами радіуса заокруглення вершин нерівностей r , і відносини r/R_{zmax} (R_{zmax} - найбільша висота нерівностей профілю) [6], що позитивно впливає на якість обробки і експлуатаційні характеристики деталі.

2.4.2 Алмазне вигладжування

Вигладжування – один із прогресивних методів фінішної обробки поверхонь методом ППД. Досить широко використаним для отримання високої точності та низької шорсткості поверхні, покращення поверхневого шару та експлуатаційних властивостей деталей з сталей є алмазне вигладжування.

Алмазне вигладжування відбувається при дії на оброблювану поверхню інструментом, оснащеним одиничним алмазом. При чому відбувається вигладжування мікроскопічних нерівностей шляхом заповнення мікровпадин шаром металу під дією на алмаз, встановлений у різець, певних зусиль. У сукупності це впливає на якість оброблюваної поверхні. Завдяки даному виду обробки досягається шорсткість поверхні до $R_a = 0,1$ мкм і відбувається наклеп приповерхневого шару виробу, що збільшує його міцність [8].

В якості елемента, що деформує поверхню деталі, застосовують алмаз – матеріал, який має високу твердість, зносостійкість, високі теплопровідність і термостійкість. Ці властивості інструментального матеріалу позитивно впливають на якість обробки деталі та дають змогу оброблювати поверхні різної твердості [8, 9]. Зазвичай, радіус заокруглення алмазу приймають рівним від 0,5 до 3 мм, завдяки цьому процес обробки вимагає малих сил для деформування оброблюваної поверхні.

На рис. 2.4 наведена схема алмазного інструменту для вигладжування поверхонь деталі. В якості матеріалу деформуючого елемента інструмента обирають природні чи синтетичні алмази. Алмаз припаюється до державки різця. Для різних варіантів обробки існує декілька форм алмаза: сфера, конус, циліндр.

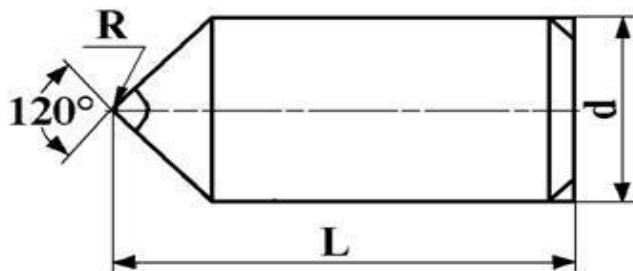


Рисунок 2.4 – Алмазний інструмент для вигладжування поверхонь деталі

В якості універсальної форми звичайно обирають сферичну (див. рис. 2.4) з радіусом сфери у діапазоні від 0,5 до 4 мм. Обрання величини радіусу залежить від матеріалу оброблюваної деталі, збільшуючись для більш м'якших матеріалів деталі [9].

Встановлено [8-10], що на якість обробки поверхні впливають такі чинники: діючі зусилля при обробці, подача, початкова шорсткість оброблюваної поверхні, вид інструменту.

При збільшенні зусилля від 50 до 150 Н відбувається більш точна обробка поверхні.

Подача суттєво впливає на характер обробки та на кінцевий результат виготовлення деталі. Мінімальна шорсткість досягається при подачі від 0,03 до 0,04 мм/об. Збільшення чи зменшення подачі, відхиляючись від даних показників, призведе до погіршення шорсткості поверхні деталі, а швидкість вигладжування (до 1,6 м/с) майже не впливає на структуру поверхневого шару.

Початковий клас чистоти (рівень шорсткості) оброблюваної поверхні наряду впливає на її кінцеву якість, адже чим більша вихідна шорсткість, тим буде більшим клас чистоти після фінішної обробки.

2.4.3 Вигладжування змінними багатогранними пластинами

Вибір певної схеми реалізації метода ППД визначається наступними чинниками: формою та розмірами поверхні, що оброблюється; необхідними параметрами якості поверхневого шару, які залежать від функціонального призначення поверхні; жорсткістю і розмірами деталі; технологічною собівартістю обробки поверхні; типом серійності виробництва [11]. Сьогодні існує багато методів ППД. Серед них можна виділити прогресивний метод вигладжування, який характеризується широкими технологічними можливостями при забезпеченні високої продуктивності процесу оброблення.

Сутність вигладжування полягає в тому, що інструмент із заданими геометричними характеристиками робочої частини і при відповідно встановлених технологічних режимах процесу втискається в поверхневий шар оброблюваної заготовки і ковзає, пластично деформуючи його і змінюючи мікронерівності, що утворені на операціях попередньої обробки [11-13]. За рахунок цього можна здійснювати чистову оздоблювальну, зміцнюючу і калібруючу обробки і досягти точності 6–7 квалітетів і шорсткості $R_a=0,16-0,02$ мкм і позитивно змінити фізико-механічні властивості обробленої поверхні.

Відомі схеми вигладжування можуть бути виконаними при різних варіантах використаних інструментів і технологічного оснащення. Здебільшого ці схеми розроблювалися, реалізовувалися і досліджувалися з використанням спеціального інструменту – вигладжувачів, номенклатура яких у сучасному машинобудуванні значна, а вартість відносно висока. За формою робочої частини цих деформуючих інструментів найбільш поширеними є сферичні і циліндричні вигладжувачі [6, 8]. В умовах мало- і середньо серійного типів виробництва використання великої номенклатури спеціалізованого обладнання та інструменту є невигідним і виникає потреба у застосуванні інших інструментів для реалізації цього процесу.

У роботі [13] були представлені результати досліджень методу вигладжування із застосуванням стандартного різального інструменту з використанням змінних багатограних пластин (ЗБП) з кераміки. Для реалізації операції можливо використовувати токарні верстати. Цей напрямок розвитку методу вигладжування можна вважати відображенням існуючих у металообробній промисловості тенденцій універсалізації використовуваних інструментів, обладнання та оснащення, що сприяє зменшенню витрат на виробництво.

Суть методу вигладжування, який базується на використанні у якості деформуючого інструменту різців, оснащених ЗБП з кераміки, полягає в наступному. Встановлено [13], що спосіб установки ЗБП оказує суттєвий вплив на технологічні можливості процесу вигладжування і рівень параметрів якості оброблюваної поверхні. Зміна способу установки пластинок, яка пов'язана з певною зміною кута повороту ЗБП навколо її осі, рівноцінна зміні її геометрії і умов контакту з оброблюваною поверхнею, що дозволяє використовувати для того чи іншого способу дії на неї різні ділянки поверхні пластини. Так залежно від способу установки пластини одним і тим же різцем при обробці циліндричних поверхонь можна реалізовувати наступні процеси: вигладжування; сумісної обробки різанням (переважно тонким точінням) і ППД; стандартної токарної обробки.

Мікрогеометрія обробленої вигладжуванням поверхні залежить від наступних технологічних параметрів режимів обробки. Найбільш значимими є сила вигладжування P (для схем з пружним закріпленням інструменту) або величина натягу при пластичному деформуванні i (при жорсткому закріпленні інструменту), а також рівень подачі інструмента s . Швидкість оброблення v практично не впливає на шорсткість поверхні і обмежується продуктивністю і стабільністю процесу вигладжування.

Для обробки сталі 45 з метою отримання шорсткості обробленої поверхні $R_a < 0,25$ мкм і заданої точності обробки Н6-Н7 рекомендовані наступні значення параметрів режиму [13]: похідна шорсткість оброблюваної поверхні $R_a = 1,2 - 2,0$ мкм (після попередньої обробки точінням); $s = 0,08$ мм/об; $i = 60$ мкм (сила $P = 400-1000$ Н); $v = 100$ м/хв. В якості вигладжувачого інструменту рекомендовано використовувати ЗБП для токарної обробки фірми *Sandvik Coromant* геометрії SNGN 120712 ($\epsilon = 90^\circ$), $r = 1,2$ мм, із кераміки на основі оксиду алюмінію, технологічне середовище – синтетична МОТС на водній основі. Таким чином, використання в якості фінішної обробки операції вигладжування з ЗБП дозволяє отримати наступні переваги [12]: виключити із технологічного процесу операцію шліфування; використовувати стандартний різальний інструмент – розточувальні різці з механічним кріпленням ЗБП; у разі поломки або зношення ЗБП немає необхідності замінювати весь різець новим інструментом (необхідна заміна тільки його ріжучої частини; можливість досягнення необхідної якості поверхонь за один прохід інструменту, тобто скорочення машинного, а також і штучного часу.

2.5 Висновки

1. Точність і надійність роботи вузлів і машини у багатьом залежать від точності обробки деталей, якості оброблених поверхонь і точності складання.

2. Розглянуті способи фінішної обробки відповідальних поверхонь деталей машин забезпечують їх високі якість та точність обробки, але мають особливості, які накладають певні обмеження на їх використання в конкретних умовах.

3. Складність явищ, супроводжуваних процесом розмірно-чистою обробки лезовим, абразивним або деформуючим інструментами, і різноманіття чинників, що впливають на утворення нерівностей, обумовлюють відхилення їх форм і розмірів від геометрично вірних.

4. При всіх методах механічної обробки деталей машин на ступінь зміцнення їх поверхонь впливають силовий і температурний фактори, рівень яких залежить від геометричних параметрів ріжучих частин інструментів (різців, абразивних зерен, деформуючих кульок, роликів, різальних пластин тощо).

5. Фізико-механічні властивості поверхневого шару деталей машин змінюються під впливом комплексної дії силових і теплових факторів у процесі обробки. При точінні переважаючий вплив оказують силові фактори; при шліфуванні стан поверхневого шару визначається в основному тепловими явищами і в меншій мірі – силовими; при ППД за рахунок силової дії відбувається руйнування структури, повороти і зміщення кристалів і наклеп поверхневого шару, що характеризується підвищенням мікротвердості і зниженням в'язкості металу.

6. Аналіз найбільш розповсюджених фінішних методів обробки показав перспективність використання принципів ППД для чистої обробки виробів із конструкційних сталей, в тому числі способу вигладжування різцями зі ЗБП.

3 РОЗРОБКА ГРУПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «МУФТА» В УМОВАХ СЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Особливості гнучкого автоматизованого виробництва в умовах середньо серійного виробництва

Технологічною основою сучасного гнучкого виробництва є уніфікація і типізація оброблюваних виробів. Технологічна підготовка виробництва в умовах гнучкої автоматизації передбачає аналіз номенклатури продукції що випускається, її типізації і стандартизації [1, 2]. Це дозволяє впорядкувати виробництво з урахуванням принципів уніфікації оброблюваних деталей, виходячи із їх конструктивно-технологічних ознак і, як наслідок, формувати комплект верстатного обладнання ГВС, інструментального забезпечення, визначати способи базування деталей і конструктивні особливості технологічної оснастки, состав і характер функціонування міжверстатних транспортних засобів.

Аналіз технологічних ознак деталей, що включаються в групу для обробки в гнучкій системі, дозволяє виділити ряд факторів, що найбільш повно характеризують технологію обробки групи деталей: належність до певної технологічної операції (точіння, свердління, розточування, фрезерування, нарізання різьблення і т.п.); вид оброблюваного матеріалу; можливість виконання окремого переходу певним інструментом; вимоги якості (точність обробки, шорсткість поверхні, стан поверхневого шару); габаритні розміри обробки; спосіб базування та розміри базових поверхонь; наявність специфічних, наприклад, фінішних операцій тощо.

В основі проектування ГВС покладено принцип групової технології оброблення деталей, що входять до конкретної групи. Деталі вважаються подібними за двома принципами [1, 2, 3]: конструктивними

характеристиками (геометричними формами і розмірами) і технологічними (обладнання, послідовність операцій). Ознаки групи - сукупність деталей, які при обробці об'єднані загальними видами обладнання, оснастки, наладками або для всього технологічного процесу (ТП), або для окремих технологічних операцій (ТО).

Груповий метод - це такий метод уніфікації технології виробництва, при якому для груп однорідної за тими чи іншими конструкторсько-технологічними ознаками продукції встановлюються однотипні методи обробки з використанням однорідного та швидко переналаджуваного обладнання [1-4]. Найбільший ефект дає в галузі дрібносерійного та серійного типів виробництва.

3.2 Створення групи тонкостінних деталей типу «муфта»

Основними завданнями методу групової технології є: класифікація технологічних процесів та видів робіт, що відбуваються в них; класифікація інструментів, пристосувань та їх конструювання; класифікація та групування деталей та заготовок; розробка групових ТП механічної обробки; використання у виробництві групових технологічних систем – окремих модулів, ліній, комплексів; класифікація та групування деталей та заготовок [3].

Групування охоплює реальні деталі певної конструкції. Серед декількох принципів групування деталей найбільш поширеним є принцип групування за комплексною деталлю [4], тобто умовною деталлю, яка має усі основні геометричні елементи деталей даної групи. Основні елементами це поверхні, які визначають конфігурацію деталі і потребують вирішення при їх формоутворенні певних технологічних завдань, за ними кожна з деталей групи може бути віднесена до цього класифікаційного підрозділу [4].

Комплексна деталь служить основою при розробці групового процесу і групового оснащення, що забезпечує обробку усіх деталей даної групи при

незначних підналагодженнях обладнання. Таким чином, розроблений для комплексної деталі технологічний процес має забезпечувати виготовлення усіх деталей даної групи [4]. Принципи групування деталей є основою групової технології, яка широко використовується при механічній обробці в умовах ГАВ.

Сформуємо комплексну деталь відповідно до нашого завдання з деталей типу «муфта». На рис. 3.1 показано групу деталей, на основі яких розроблено комплексну деталь. Креслення деталей групи і комплексної деталі, а також матрицю побудови групового ТП наведено в Додатку Б.

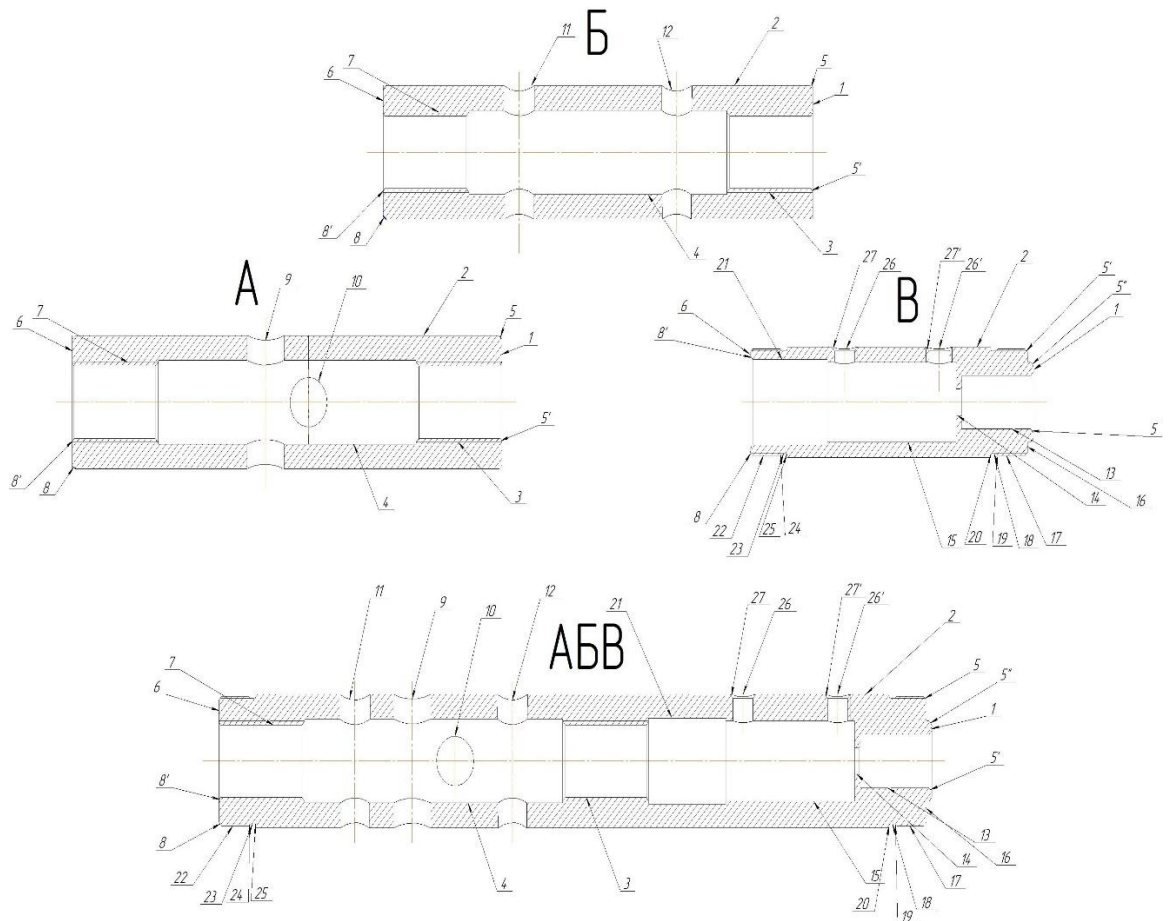


Рисунок 3.1 – Група деталей (А, Б, В) та комплексна деталь (АБВ), створена на їх основі

3.3 Аналіз базового технологічного процесу обробки деталі-представника групи деталей типу «муфта»

У магістерській роботі більш докладно буде розглядатися обробка деталі-представника типу «вал-шестерня» (див. рис. 1.3).

Конструкторський і технологічний аналіз креслення деталі представлений в п. 1.3. Деталь виготовлена зі сталі 45. Хімічний склад матеріалу деталі та його механічні властивості наведено в табл. 1.1 і 1.2.

З метою обґрунтування раціонального обладнання та інструменту, використаного для обробки деталі в умовах ГАВ проаналізуємо технологічний процес, що здійснюється на універсальних верстатах у дрібносерійному виробництві. Оброблювальні поверхні деталі-представника позначимо цифрами відповідно рис. 3.2.

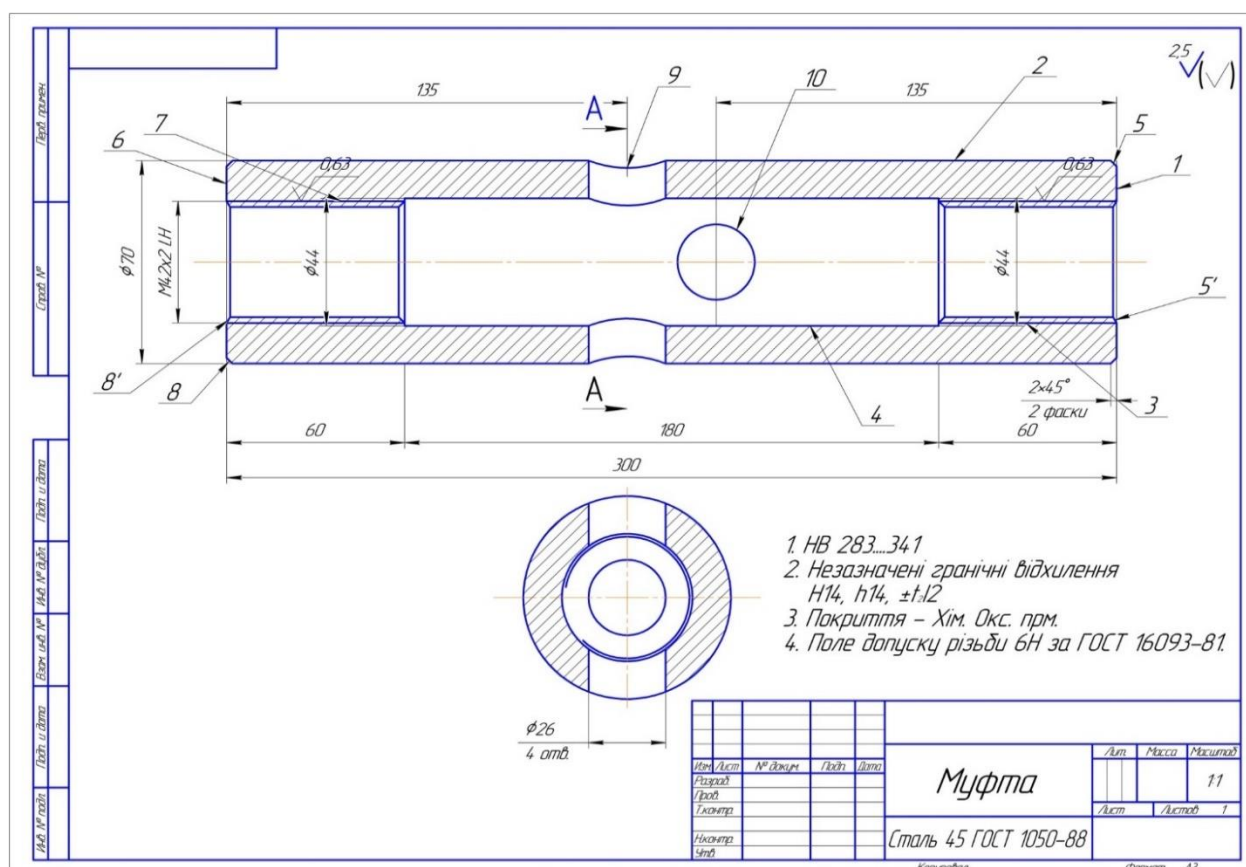


Рисунок 3.2 – Креслення деталі-представника з нумерацією оброблюваних поверхонь

Маршрутний технологічний процес наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Маршрутний ТП неавтоматизованого виробництва

Номер технологічної операції	Найменування технологічної операції
05	Заготівельна – калібрований пруток $\varnothing = 75$ мм, $L = 1500$ мм
10	Токарна
15	Вертикально фрезерно-свердлильна
20	Нанесення покриттів

Базовий маршрутно-операційний технологічний процес механічної обробки у спрощеному варіанті матиме такий вигляд (табл. 3.2). ТП розроблено відповідно до вимог точності і якості оброблюваних поверхонь, орієнтуючись на наявне металорізальне обладнання.

Таблиця 3.2 – Маршрутно-операційний ТП

№ п/п	Найменування робочої операції
1	2
05	Заготівельна: Заготовка калібрований пруток $\varnothing 75$ мм, $L = 1500$ мм
10	Токарна з ЧПК Установ А. Встановити і зняти заготовку 1. Точити торець 1 до $L = 305$ мм начорно 2. Точити поверхню 2 остаточно до $\varnothing 70$ мм на довжину $L=305$ мм 3. Свердлити отвір під поверхню 3 $\varnothing 12$ мм на довжину $L=305$ мм 4. Розсвердлити отвір під поверхню 3 до $\varnothing 30$ мм на довжину $L=305$ мм 5. Розточити отвір під поверхню 3 начорно до $\varnothing 35$ мм на довжину $L=305$ мм 6. Відрізати заготовку на $L=303$ мм Установ Б Встановити і зняти заготовку 7. Точити торець 6 на $L=301$ мм остаточно 8. Розточити поверхню 4 начорно до $\varnothing 40$ мм на $L=180$ мм 9. Розточити поверхню 4 остаточно до $\varnothing 44$ мм на $L=180$ мм 10. Розточити поверхню 7 напівчисто до $36,25$ мм на $L=60$ мм 11. Розточити поверхню 7 начисто до $\varnothing 37$ мм на $L=60$ мм 12. Розточити поверхню 7 тонко до $\varnothing 37,5$, мм на $L=60$ мм!! 13. Точити фаску 8 14. Точити фаску 8`

	15. Нарізати різьбу на поверхні 7 Установ В Встановити і зняти заготовку 16. Точити торець 1 остаточно на L=300 мм 17. Розточити поверхню 3 напівчисто до 36,25 мм на L=60 мм 18. Розточити поверхню 3 начисто до Ø37 мм на L=60 мм. 19. Розточити поверхню 7 тонко Ø37,5 мм на L=60 мм!! 20. Точити фаску 5 21. Точити фаску 5` 22. Нарізати різьбу на поверхні 3
15	Вертикально фрезерно-свердлильна Установ А. Встановити і зняти заготовку 1. Свердлити отвір 9 до Ø12мм наскрізь 2. Розсвердлити отвір 9 остаточно до Ø26мм. Установ Б. Встановити і зняти заготовку 1. Свердлити отвір 10 до Ø12мм наскрізь 2. Розсвердлити отвір 10 остаточно до Ø26м

У табл. 3.3 наведені дані щодо машинного часу виконання операцій в умовах дрібносерійного неавтоматизованого виробництва.

Таблиця 3.3 – Дані щодо машинного часу виконання операцій в умовах неавтоматизованого виробництва

№ операцій	Перелік виконуваних операцій	Витрати машинного часу t_p , хв
10	Токарна з ЧПК	10,46
	Установ А	7,18
	Установ Б	2,14
	Установ В	1,14
15	Вертикально-фрезерно-свердлильна	1,82
	Установ А	0,91
	Установ Б	0,91
		Сума: 12,28

Результат аналізу отриманих даних свідчать про наступне. Токарна операція, виходячи з забезпечення вимог щодо точності і якості обробки, відбувається з трьома установами. При чому можна відміти нерівномірний розподіл машинного часу між цими установами. Переважають витрати часу при обробці деталі на Установі А (див. табл. 3.3). Це пов'язано з необхідністю свердлення і розсвердлення глибокого осевого отвору при використанні в умовах дрібносерійного виробництва заготовки – каліброваного прутка. Витрати часу на переходи свердління і розсвердлювання становлять 60% від всього часу виконання переходу і більше 40% від тривалості всієї токарної операції.

Це дозволяє зробити висновок, що для підвищення продуктивності обробки групи деталей типу «муфта» в умовах гнучкого автоматизованого середньо серійного виробництва необхідно перейти на використання більш ефективних заготівельних технологій.

3.4 Визначення раціонального способу виготовлення заготовки в умовах серійного виробництва

Заготовка у своєму первісному вигляді суттєво впливає на собівартість деталі, її трудомісткість в механічній обробці та в загалом на витрати часу при її виробництві. Для того, щоб розробити заготовку, насамперед необхідно визначитися з методом її виготовлення, орієнтуючись на вимоги щодо її форми і розмірів, а також точності окремих поверхонь. Для отримання заготовки певним способом також потрібне технологічне забезпечення для реалізації цього виготовлення. Для виконання сформульованих у магістерській роботі завдань цей етап – отримання заготовки, є початковим у досягненні раціонального виробництва заданих деталей.

Різні види заготовок при обробці деталей з металевих матеріалів виготовляються в залежності від їх форми та поставлених вимог до точності і якості оброблюваних поверхонь, структури і властивостей оброблюваного

матеріалу, використовуючи, в основному, такі варіанти: прокат, обробка тиском, лиття. Необхідні якість і точність деталі досягається вже подальшою обробкою обраної заготовки, тому спочатку доцільно, щоб заготовка за формою і розмірами була максимально наближеною до самої деталі. Це робиться для отримання мінімального припуску виготовлення тих чи інших поверхонь деталі. Великі припуски на обробку – великі витрати матеріалу заготовки, часу на механічну обробку, додаткові витрати інструменту та енергії. Все це знижує продуктивність та підвищує собівартість обробки виробів.

Найважливішими чинниками визначення способу виготовлення та отримання заготовки є:

- форма, конструкція деталі та технічні вимоги до неї;
- матеріал деталі;
- призначення деталі і умови її експлуатації.
- серійність виробництва;
- технологічне забезпечення реалізації способу виготовлення заготовки.

Отже, для досягнення максимальної вигоди та ефективності обробки заготовки, потрібен серйозний підхід до вибору способу виготовлення.

Розглядаючи креслення деталі-представника «Муфта» (див. рис. 1.3.), можна зробити висновок, що деталь є тілом обертання циліндричної форми, має внутрішні і зовнішні поверхні і відноситься до категорії тонкостінних деталей. Враховуючи форму, розміри та матеріал деталі, можна сказати, що доречним буде дослідження способів виготовлення заготовки шляхом прокату, тиску, або комбінованими способами.

У базовому технологічному процесі було використано заготовку з каліброваного прокату - прутка діаметром $\varnothing = 75$ мм і довжиною $L = 1500$ мм, без внутрішнього отвору. Це додає складнощів у обробці внутрішніх поверхонь внаслідок не технологічності заготовки та відсутності в ній внутрішньої порожнини.

Виходячи з даних умов – серійне виробництво, для деталі типу «муфта» необхідно вибрати той варіант, який буде задовольняти всі перераховані вище умови і вимоги. Тому, розглянемо низку способів виготовлення заготовки на прикладі деталі-представника (див. рис. 1.3), які технологічно відповідають сформульованим вимогам і доберемо найдоцільніший з них.

Варіант 1. Кування, як один із видів обробки металів тиском, за допомогою якого надається необхідна форма вихідної заготовки. При куванні досягаються дві основні цілі: надання заготовці необхідної форми, що наближається до форми готової деталі та покращує механічні властивості матеріалу заготовки при певних операціях. Є одним із економічних способів отримання заготовок.

Кування має ряд переваг у порівнянні з іншими способами отримання заготовок. А саме:

- можливість виготовлення великих поковок (що у разі нашого випадку не є необхідним), отримання яких іншими способами складно або неможливо;
- застосування універсального інструменту та обладнання при обробці, для виготовлення широкої номенклатури поковок;
- у самому процесі кування значно покращуються параметри металу поковок, їх механічні властивості та якість.

Недоліками цього способу є:

- необхідність призначення великих напусків, припусків на обробку та допусків на поковках, великий об'єм подальшої механічної обробки заготовки;
- низька продуктивність порівняно з продуктивністю гарячого об'ємного штампування, що ставить під сумнів серійність виробництва цих заготовок;
- великий відхід металу.

Приклад призначення припусків і допусків для деяких типів поковок показано на рис. 3.3.

Позначення на рис. 3.3: D – діаметр циліндричної заготовки; H – параметри заготовки квадратного перерізу та висота заготовки прямокутного перерізу; B – ширина заготовки прямокутного перерізу; Δ – допуск на розмір; δ – припуск на заготовку; α – кут ухилів, отриманих при ковці.

Шорсткість поверхні поковок не перевищує $Rz = 320 - 80$ мкм.

До основних операцій вільного кування є: осадка, витяжка, закручування, прошивка, згинання, рубка, штампування в підкладних штампах.

В даному випадку нас цікавить тільки прошивка, для отримання необхідної порожнини заготовки.

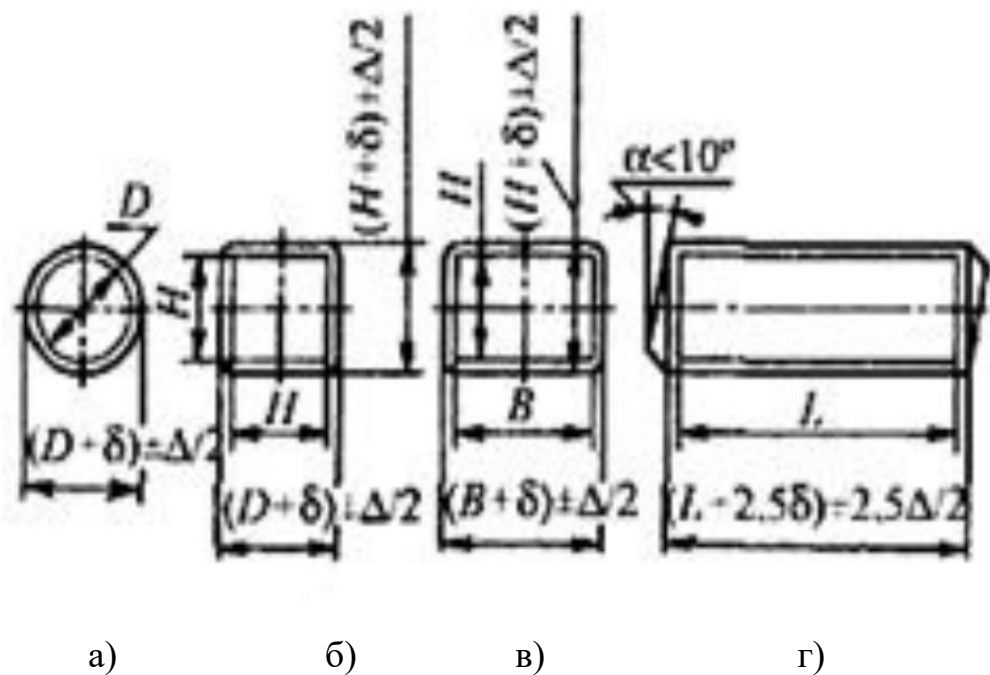


Рисунок 3.3 - Схема призначення припусків і допустимих відхилень розмірів заготовок-поковок для деталей однієї довжини L (г) і різних форм перерізу: а – циліндричної; б – квадратної; в - прямокутної

Прошивка – це операція отримання у заготовці попереднього отвору (рис. 3.4). Інструментом для цієї операції є прошивні, які можуть бути суцільними, або порожнистими. При наскрізній прошивці порівняно

тонкостінних поковок застосовуються підкладні кільця (див. рис. 3.2).
Отвори до 400 – 500 мм у діаметрі прошиваються суцільними прошивнями.
Отвори діаметром 300 - 900 мм - порожнистими.

Виходячи з перерахованого вище, робимо висновок про те, що даний спосіб виготовлення заготовок для деталей, які входять до досліджуваної групи деталей типу «муфта» не є найраціональнішим і має ряд недоліків, найбільш значущим з яких є додаткова обробка поковки на операції прошивки з метою отримання попереднього отвору. Для реалізації таких процесів необхідні певне обладнання та великі витрати за часом.

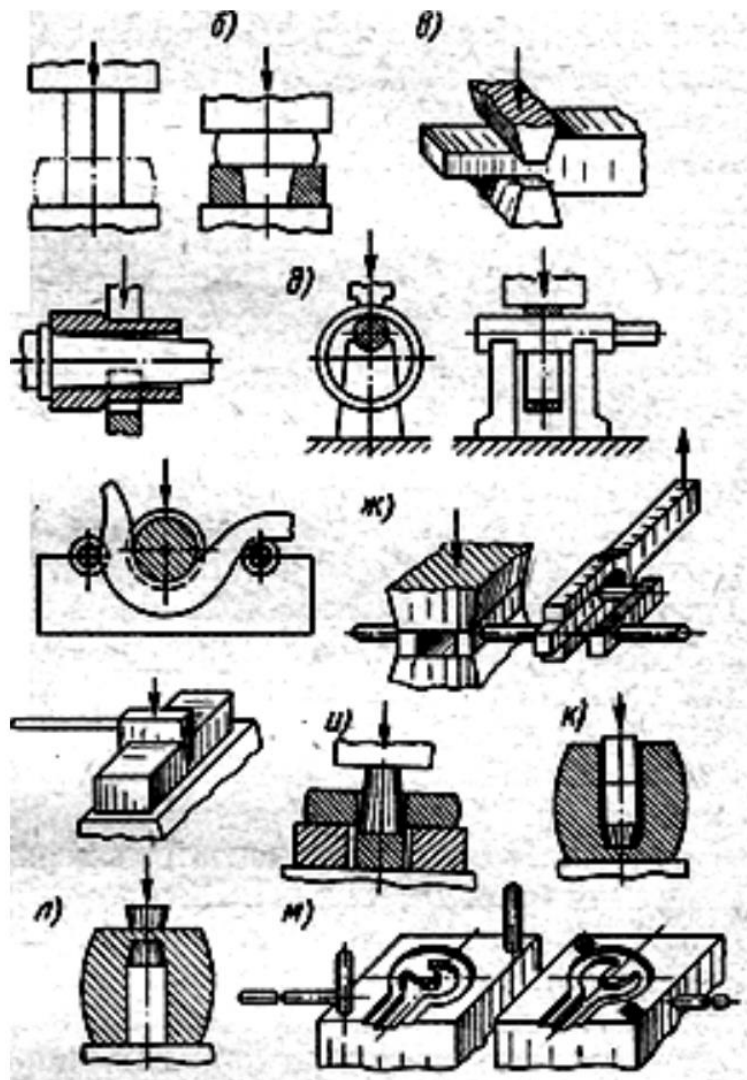


Рисунок 3.4 - Схеми основних операцій вільного кування

Варіант 2. Штампування у закритих штампах (схема представлена на рис. 3.5). Даний метод передбачає виготовлення заготовки з використанням штампа, який у процесі деформування залишається закритим, тобто метал заготовки деформується у закритому просторі. Даний тип штампу застосовується для порівняно простих деталей (до яких можна віднести деталі типу «муфта»), переважно тіл обертання.

Макроструктура заготовок, які виготовляються в закритих штампах, більш якісна, оскільки процес формоутворення штамповок у порожнині штампу протікає без порушення суцільності волокон металу.

Недолік – складність отримання суцільної порожнини заданих розмірів у заготовці.

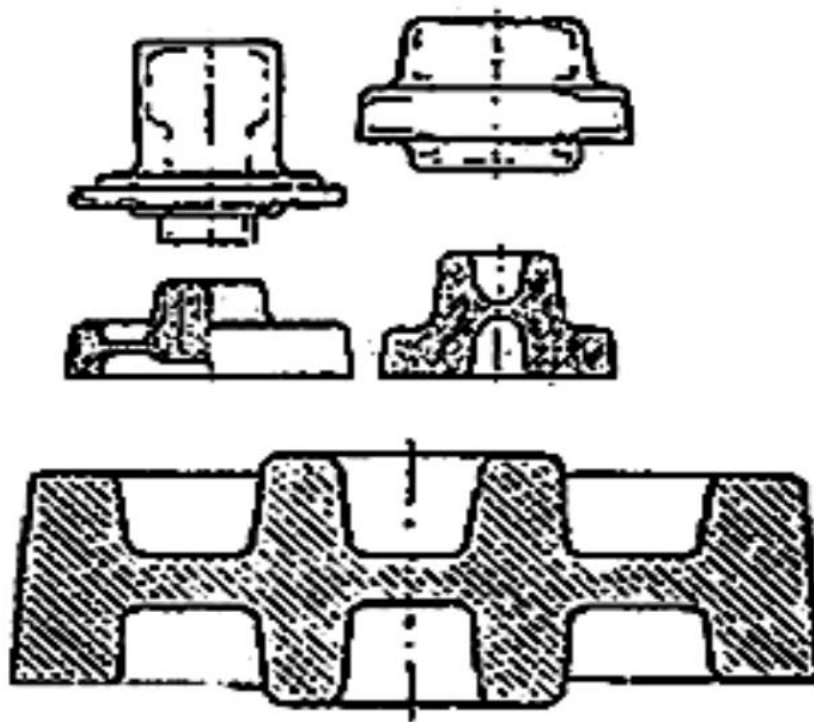


Рисунок 3.5 - Типові штамповки, що виготовлені в закритих штампах

Варіант 3. Штампування у штампах для видавлювання (схема представлена на рис. 3.6).

Цей метод виготовлення є найбільш прогресивним у технологічному процесі гарячого штампування. При використанні штампів для видавлювання

підвищується коефіцієнт використання металу та значно знижується його витрата (до 30%); штамповки максимально наближені до готової деталі за формою та розмірами за рахунок чого збільшується продуктивність процесу подальшої механічної обробки заготовки до 1,5 – 2 рази.

Видавлюванням найбільш доцільно отримувати заготовки для порожнистих деталей - стрижнів, склянок і т.д. Заготовки відповідають за точністю 12-го квалітету, що задовольняє необхідним умовам.

Основними недоліками є великі енерговитрати на реалізацію виготовлення заготовок, низька стійкість штамів та високі питомі зусилля при видавлюванні.

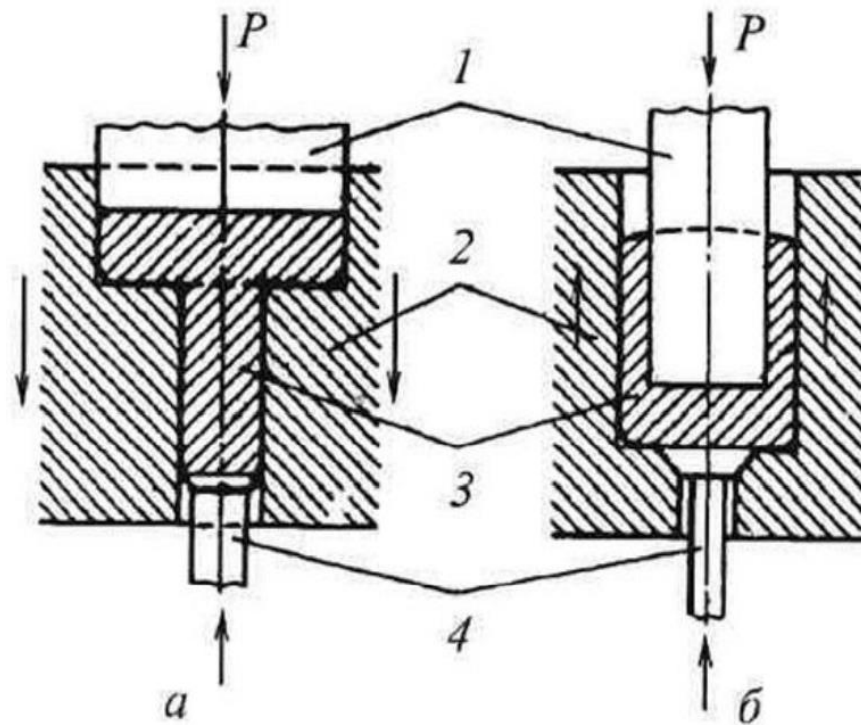


Рисунок 3.6 - Типів штамів: а – відкритий штамп, б – закритий штамп/штамп для видавлювання

Варіант 4. Штампування на гідравлічних пресах (рис. 3.7).

Даний метод забезпечує характер роботи без ударів, є значно більш тиххідним і менш продуктивним у порівнянні з використанням молотів і штампуванням на кривошипних гаряче-штампувальних пресах.

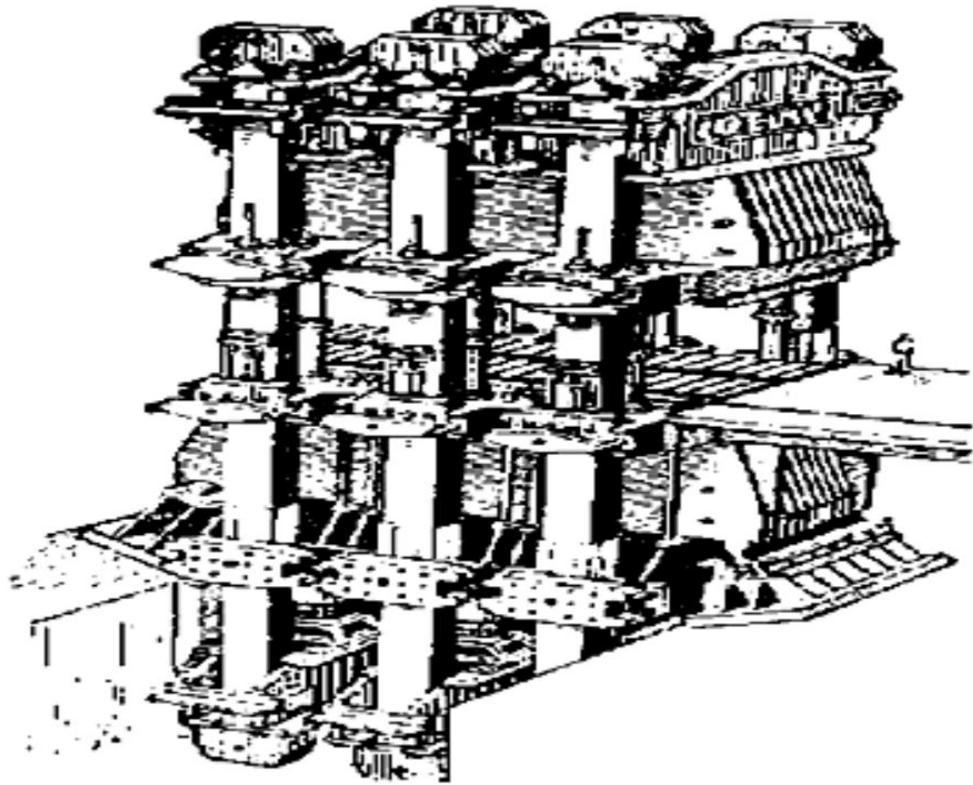


Рисунок 3.7 – Загальний вигляд гідравлічного штампувального пресу

Застосовують при штампуванні:

- великогабаритних заготовок, котрим маса падаючих частин найпотужніших молотів виявляється недостатньою, наприклад, для штампування дисків турбін;
- мало пластичних жароміцних сплавів, що не допускають великих швидкостей деформування;
- видавлюванням, де потрібний великий хід робочого інструменту;
- для штампування заготовок циліндричної форми типу втулок, склянок та дуже складної форми у роз'ємних матрицях.

Застосування роз'ємних матриць дозволяє отримувати заготовки без задирок і штампувальних ухилів. Точність розмірів даних заготовок сягає 11-го, 12-го квалітетів. Коефіцієнт використання матеріалів збільшується з 02 до 06, трудомісткість механічної обробки зменшується на 15 - 20%.

Недоліки: громіздкість конструкції та обладнання, використовуються здебільшого для виготовлення великогабаритних заготовок.

Для деталей, які входять до складу групи деталей типу «муфта», що розглядаються в роботі, цей метод використовувати недоречно. Причиною є відносно невеликі габарити деталей та мала товщина їх стінок (від 9 до 20 мм) при довжині отворів від 300 до 400 мм (див. Додаток А).

Варіант 5. Горизонтально-кувальні машини (ГКМ) (рис. 3.8). Даний метод обробки широко застосовується для гарячого об'ємного штампування за допомогою ГКМ, які є кривошипним пресом, що знаходиться в горизонтальній площині (див. рис. 3.8).

Штампи ГКМ на відміну пресів, які мають схожі завдання та їх реалізації, можуть бути відкритими і закритими, що дає більше можливостей. Наявність двох таких роз'ємів (рис. 3.9) дає можливість отримати штампування заготовок висадкою з мінімальними ухилами або без штампувальних ухилів. На ГКМ також застосовують операції висадки, обрізання заготовок і прошивку, які є необхідними операціями для отримання порожнистих заготовок, що проектується, і їх подальшого обрізання.

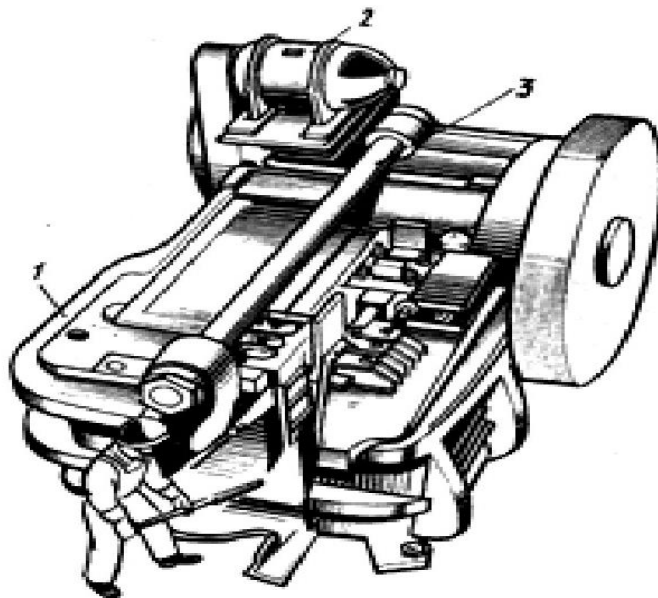


Рисунок 3.8 – Схема загального вигляду ГКМ з вертикальним роз'ємом штампів, як ілюстрація робочого місця

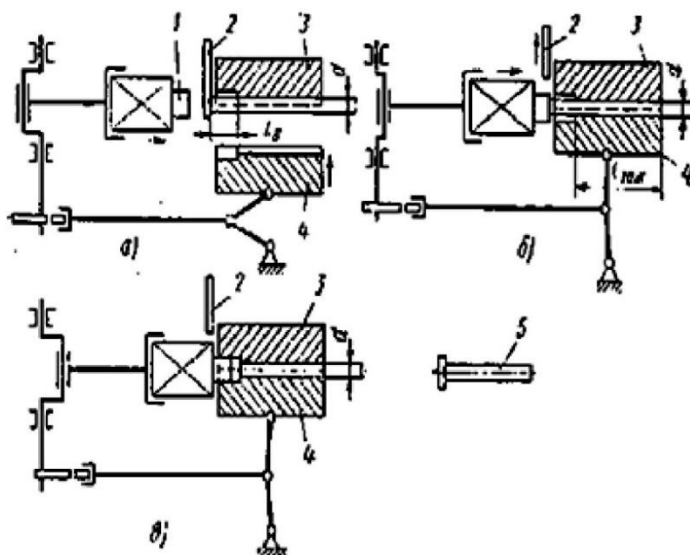


Рисунок 3.9 – Схема штампування заготовок на ГКМ: а) процес завантаження та встановлення; б) процес реалізації штампування; в) отримання та вихід заготовки. 1 – пуансон; 2 – упор; 3 – нерухома матриця; 4 – рухлива матриця; 5 – заготовка

Штампи ГКМ, що виробляють типові заготовки штампуванням (рис. 3.10), дозволяють:

- виробляти заготовки типу стрижня, заготовки трубчастої циліндричної форми, порожнисті заготовки, стрижні з головкою значного об'єму шляхом послідовної висадки;
- отримувати висадку конусів на пруткових (довжиною до 3 м і більше) та трубних заготовках;
- отримувати штампуванням осадкою у торець заготовки складних форм, для виготовлення яких необхідно застосовувати роз'ємні матриці;
- отримувати заготовки з наскрізними та глухими отворами із пруткових заготовок методом прошивки без відходів металу.

Для отримання точних розмірів та підвищення їх якості або окремих ділянок заготовки – застосовується калібрування. Калібрування дозволяє досягти точних заданих розмірів заготовки, поліпшення поверхонь і зниження коливань маси отриманої заготовки. За технологічними ознаками калібрування розділяють на – плоске, об'ємне та комбіноване . Дані процеси

дозволяють усунути конкретні неточності та отримати заготовку за всіма необхідними вимогами.

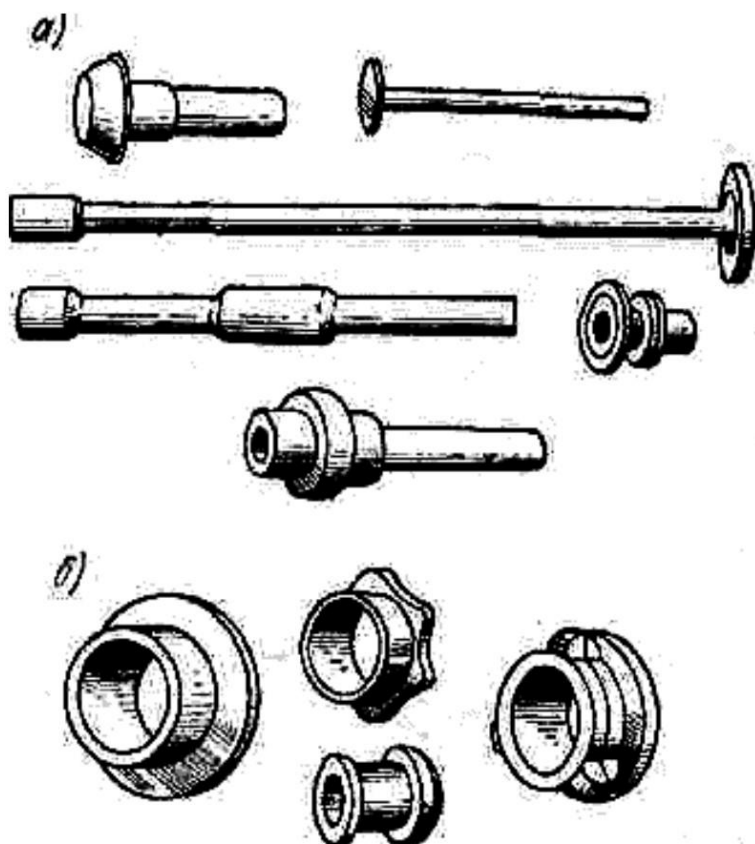


Рисунок 3.10 – Приклади отриманих типових заготовок, що виготовляються на горизонтально-кувальних машинах. Варіант а – без наскрізних отворів; б – з наскрізними отворами

До переваг можна відзначити те, що операції штампування за допомогою ГKM легко піддаються автоматизації процесів, що дає можливість створювати гнучкі виробничі системи з використанням РТК. До недоліків цього методу можна віднести обмеження номенклатури та маси заготовок (до 50 кг), що не є значним недоліком у нашому випадку.

Підбивши підсумки аналізу представлених варіантів виготовлення заготовок та їх формоутворення, отримання необхідних розмірів та якості, можна вважати, що раціональним і доцільним варіантом з наявних – є виготовлення заготовок за допомогою способу штампування на ГKM. Даний спосіб дозволяє досягти мінімальних витрат на подальшу механічну обробку

виробу, забезпечує найвищий коефіцієнт використання металу – близько 0,9. Також ГKM дозволяє виготовляти порожнисті тонкостінні деталі типу «Муфта», застосовуючи при штампуванні процес прошивки, що дає можливість отримати технологічний наскрізний отвір, який необхідний для подальшого чистового та тонкого оброблення відповідальних поверхонь під різь у готових деталях. Процес штампування може бути повністю автоматизованим, що в аспекті середньо серійного виробництва відіграє велику роль у застосуванні в ГАВ.

Надалі буде проведено розрахунок заготовки при її виготовленні за даним методом, її проектування та призначення припусків на подальшу механічну обробку.

3.5 Проектування заготовки для обробки деталі «Матриця» в умовах середньо серійного виробництва

1) Надана деталь – представник групи деталей типу «муфта» (див. рис. ДА.1). Матеріал деталі – Сталь 45.

2) Відноситься до класу тонкостінних деталей.

3) Деталь застосовується у окремих деталях машин і механізмів, вузлах та агрегатах, призначена для забезпечення силового і кінематичного зв'язку між елементами вузла. Використовується для з'єднання кінців валів для передачі обертового моменту.

4) Маса деталі – не визначено.

5) Деталь має поверхні обертання та торцеві поверхні. Габаритні розміри: найбільший діаметр обертових поверхонь – 70 мм, довжина деталі – 300 мм.

Аналіз технічних вимог.

1) Твердість поверхонь деталі, яка вимагається – $283 \div 341$ МПа, досягається нанесенням покриття – хімічним оксидуванням з промаслюванням.

2) Вимоги щодо точності взаємного розташування поверхонь: допуски на перпендикулярність та співвісність поверхонь не перевищують 0,05 мм, допуск на циліндричність поверхонь – не перевищує 0,04 мм.

3) Вимоги стосовно точності розмірів та шорсткості поверхонь деталі вказані у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Точність розмірів та шорсткість поверхонь деталі «Муфта»

Назва поверхні деталі, розміри	Точність (квалітет)	Допуски (відхилення) мм	Шорсткість R_a мкм
1	2	3	4
<i>Різьбова поверхня М 42Н 6 х 60</i>			
М 42х2Н 6	6	+0,006 +0,00	R_a 0,63
Довжина 60	$\pm \frac{t_2}{2}$	Вільний розмір	R_a 2,5
<i>Торцева поверхня Ø 70h12 х 14</i>			
Ø 70h12	12	+0,00 -0,30	R_a 2,5
Довжина 14	$\pm \frac{t_2}{2}$	Вільний розмір	R_a 2,5
<i>Поверхня проміжного отвору Ø 44Н12х180</i>			
Ø 44Н12	12	+0,25 +0,00	R_a 2,5
Довжина 180	$\pm \frac{t_2}{2}$	Вільний розмір	R_a 2,5
<i>Наскрізні отвори Ø 26Н12 (4 отвори) х13</i>			
Ø 26Н12	12	+0,21 +0,00	R_a 2,5
Довжина 13	$\pm \frac{t_2}{2}$	Вільний розмір	R_a 2,5

Масу деталі (M_D) не вказано, тому її треба розрахувати за формулою:

$$M_D = V_D \cdot \gamma, \quad (3.1)$$

де V_D – об'єм деталі, см³;

γ – питома вага матеріалу деталі Сталі 45 (згідно з джерелом [5] табличних значень питомої ваги металів, приймаємо – 7,85), г/см³.

Для розрахунку об'єму назначаємо умовні позначення об'ємів складових частин деталі (рис. 3.11).

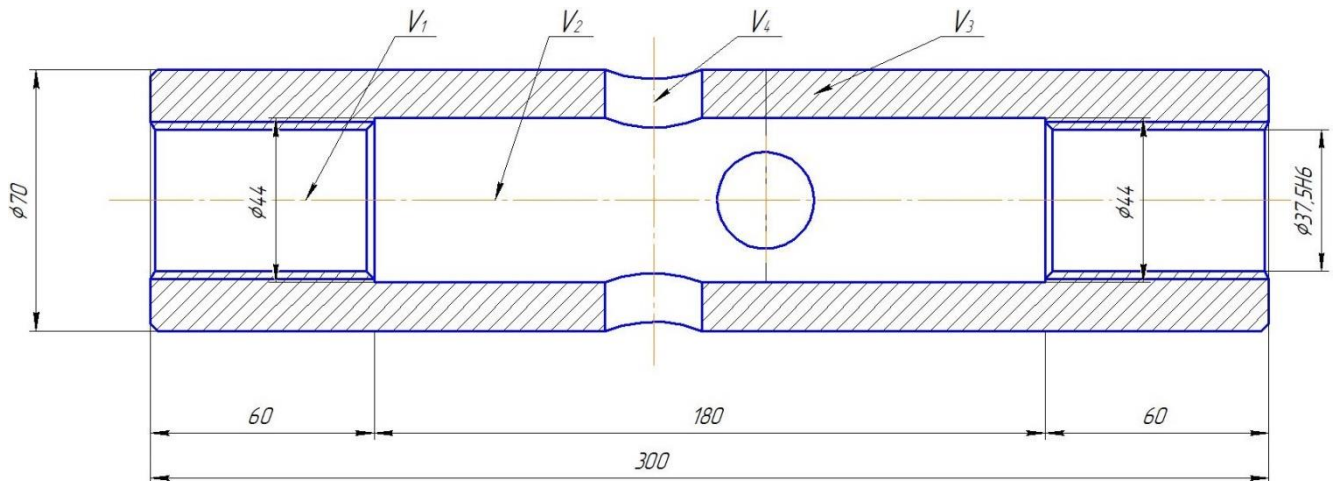


Рисунок 3.11 – Представлення умовних позначень об'ємів деталі для розрахунку її об'єму

Об'єм деталі знайдемо різницею повного об'єму деталі і на суми об'ємів порожнин попередньо розрахованих об'ємів складових частин:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 37,5^2}{4} \cdot 60 = 66267,97 \text{ мм}^3 \text{ (помножуємо на 2, за наявністю двох}$$

однакових частин об'ємів) = 132 535,94 мм³;

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 44^2}{4} \cdot 180 = 273695,55 \text{ мм}^3;$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 70^2}{4} \cdot 300 = 1154535,3 \text{ мм}^3;$$

$$V_4 = \frac{\pi \cdot 26^2}{4} \cdot 70 = 37165,04 \text{ мм}^3 \text{ (помножуємо на 2, за наявністю двох}$$

однакових частин об'ємів) = 74 330,08 мм³.

$$V_d = V_3 - (V_1 + V_2 + V_4) = 1154535,3 - 480561,57 = 673973,73 \text{ мм}^3 = 673,973 \text{ см}^3 = 674$$

см³.

Розрахуємо масу деталі:

$$M_{\text{д}} = 7,85 \cdot 673,97 = 5290,66 \text{ г} = 5,29 \text{ кг}.$$

Для проектування штампованої поковки скористаємось ДЕСТ 7505-89. Прийmemo точність поковки – Т4. Розрахункову масу поковки визначимо з урахуванням розрахункового коефіцієнту, в залежності з таблицею 20 ГОСТ 7505-84, приймаємо $K=1,65$: $M_{\text{п}}=M_{\text{д}} \cdot 1,65$, де $M_{\text{п}}$ – маса поковки; $M_{\text{д}}$ – маса деталі.

Орієнтовна маса заготовки:

$$M_{\text{п.о.}} = M_{\text{д}} \cdot K_{\text{р}}. \quad (3.2)$$

$$M_{\text{п.о.}} = 5,3 \cdot 1,65 = 8,7 \text{ кг}.$$

Об'єм заготовки знайдемо різницею повного об'єму заготовки на об'єм полої частини попередньо розрахованих об'ємів складових частин за формулою:

$$M_{\text{п}} = V_{\text{п}} \cdot \gamma, \quad (3.3)$$

де $V_{\text{п}}$ – об'єм заготовки, см^3

γ – питома вага матеріалу заготовки (згідно з джерелом [5] табличних значень питомої ваги металів, приймаємо – 7,85), г/см^3

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 74^2}{4} \cdot 305 = 1311756 \text{ мм}^3;$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 30^2}{4} \cdot 305 = 215591 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{заг}} = V_1 - V_2 = 1311756 - 215591 = 1096165 \text{ мм}^3 = 1096,165 \text{ см}^3.$$

Маса штампованої заготівки буде дорівнювати:

$$M_{\text{заг}} = 1096,165 \cdot 7,85 = 8604,9 \text{ г} = 8,6 \text{ кг}.$$

Так, як обраний метод виготовлення поковки є за допомогою ГKM, допускається прийняти ступінь складності форми в залежності від кількості переходів, а саме при трьох, приймаємо – С2. Група сталі – М2. Конфігурація поверхні розтину штампу П (плоска); вихідний індекс за ДЕСТ 7505-89: 14.

Розрахунок розмірів заготовки занесений у табл. 3.5. Прийнято, що мінімальний радіус округлень – 3,0 мм; штампувальні ухили: 5°.

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку розмірів штампованої поковки за варіантом

Розмір деталі	Основний припуск	Додатковий припуск	Допуск	Розрахунковий розмір	Дійсний розмір
Ø70	1,7	0,3	+1,8 -1,0	Ø 75 ^{+1,8} _{-1,0}	Ø 75 ^{+1,8} _{-1,0}
Ø37,5	2,0	0,3+0,2	+1,6 -0,9	Ø 30,5 ^{+1,6} _{-0,9}	Ø 30 ^{+1,6} _{-0,9}
300	2,2	0,3	+2,7 -1,3	305 ^{+2,7} _{-1,3}	305 ^{+2,7} _{-1,3}

Ескіз штампованої заготовки надано на рис. 3.12.

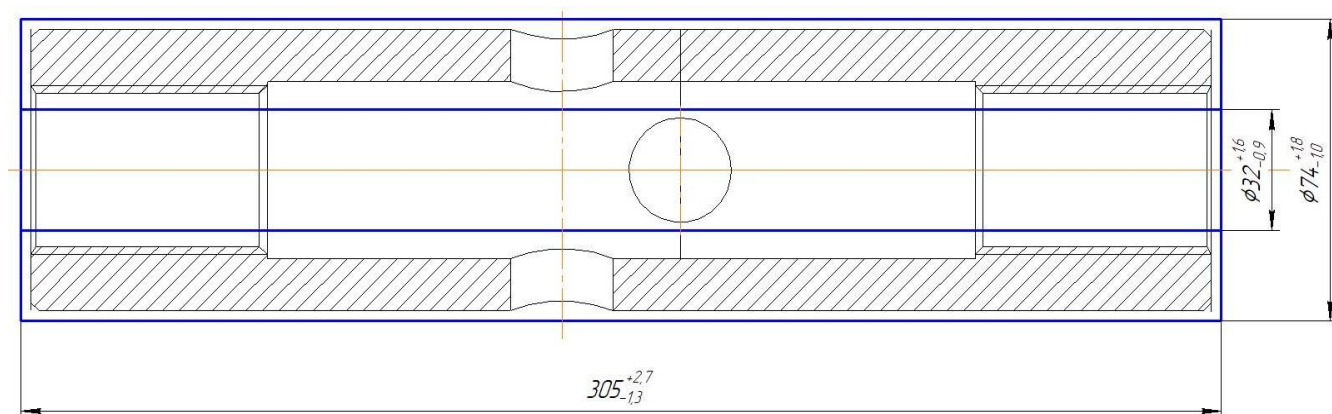


Рисунок 3.12 – Ескіз заготовки-штамповки

Беручи до уваги неминучі при гарячому об'ємному штампуванні технологічні втрати (угар, облой та ін.) $\Pi_{n.o} = 10\%$, визначимо витрати матеріалу на одну деталь:

$$M_{\text{заг2}} = M_{\text{Пл}} (100 + \Pi_{n.o}) / 100; \quad (3.4)$$

$$M_{\text{заг2}} = 8,6 \cdot (100 + 10) / 100 = 9,46 \text{ кг.}$$

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{BM} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{31}} = \frac{5,29}{9,46} = 0,56.$$

Визначимо вартість заготовки-штамповки за формулою [??]:

$$C_{\text{заг}} = \frac{C_{1m}}{1000} \cdot M_{\text{заг}} \cdot K_C - (M_{\text{заг}} - M_{\text{д}}) \frac{C_B}{1000}, \text{ грн}, \quad (3.5)$$

де C_{1m} - ??

K_C –

C_B -

Приймаємо $C_{1m} = 35000 \text{ грн.}$

$$C_{\text{заг1}} = \frac{35000}{1000} \cdot 9,46 \cdot 1,15 - (9,46 - 5,29) \cdot \frac{5000}{1000} = 360 \text{ грн.}$$

3.6 Визначення машинного часу механічної обробки деталі в умовах автоматизованого виробництва

Машинний час механічної обробки деталі t_p може бути використаним при оцінці ефективності ТП на перших етапах його проектування. Для визначення t_p призначаються [1, 2] або розраховуються режими оброблення, а саме глибина різання t , мм; подача обертова S_o , мм/об або хвилинна $S_{хв}$, мм/хв; швидкість різання v , м/хв. Також обираються прогресивні способи оброблення, інструментальні матеріали і конструкції інструментів.

Особливу увагу необхідно приділити способу оброблення високоточної поверхні - отвору під різьбу М42х2 Н6, яка повинна становити $\varnothing 37,5$ Н6. Згідно з висновками до Розділу 2, пропонується у якості фінішної операції обробки цього отвору використовувати операцію вигладжування, яка реалізується на токарному верстаті стандартним різальним інструментом (розточувальним різцем), оснащеним змінними багатограними пластинами

(ЗБП) з кераміки. В якості вигладжуючого інструменту рекомендовано використовувати ЗБП для токарної обробки фірми *Sandvik Coromant* геометрії SNGN 120712 ($\varepsilon = 90^\circ$), $r = 1,2$ мм, із кераміки на основі оксиду алюмінію, технологічне середовище – синтетична MOTS на водній основі.

В табл. 3.6 наведена послідовність обробки отвору $\varnothing 37,5$ Н6 в запропонованому варіанті.

Таблиця 3.6 – Послідовність обробки отвору $\varnothing 37,5$ Н6 при використанні операції вигладжування із ЗБП на токарному верстаті

Позначення розміру	№ операцій/(переходів)	Послідовність обробки	Квалітет точності	Величина допуску, мкм	Параметр шорсткості R_a , мкм
$\varnothing 37,5$ Н6 Заготовка з отвором $\varnothing 30$ Н14	1	Розточування чорнове до $\varnothing 34$	Н11	160	10,4
	2	Розточування напівчистове до $\varnothing 36$	Н9	62	6,3
	3	Розточування чистове до $\varnothing 37,38$	Н8	39	1,25
	4	Вигладжування до $\varnothing 37,5$	Н6-Н7	16-252	0,32-0,63

В табл. 3.7 показані режими різання і машинний час на операціях обробки деталі-представника групи деталей типу «муфта» в умовах автоматизованого виробництва (заготовка – штамповка).

Таблиця 3.7 – Режими різання і машинний час на операціях обробки деталі-представника групи деталей типу «муфта»

Найменування		Інструмент	Параметри режиму різання					D, мм	L, мм	t_p , хв
Операції	Переходу		t , мм	S_o , мм/об	V , м/хв	n , об/хв	S_{xv} , мм/хв			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10 Токарна з ЧПК	Підрізати торець 1 начорно	Різець підрізний, T5K10	3	0,5	100	424	212	75	22,5	0,11

Установ А	Розточити пов. 3 начорно	Різець розточувальний, T5K10	1,5	0,4	120	1270	508	30	305	0,6
	Розточити пов. 4 начорно	Різець розточувальний, T5K10	3,0	0,4	120	1122	449	34	180	0,4
										1,11
Установ Б	Підрізати торець 6 остаточно	Різець підрізний, T5K10	2,5	0,3	100	454	136	75	18	0,14
	Розточити пов. 4 остаточно	Різець розточувальний, T5K10	2,0	0,3	140	1113	334	40	180	0,54
	Точити пов. 2 попередньо	Різець прохідний, T5K10	1,5	0,5	140	594	297	75	302	1,02
	Точити пов. 2 остаточно	Різець прохідний, T5K10	1,0	0,3	150	662	199	72	302	1,51
	Точити фаску 8	Різець прохідний, T5K10	2	0,6	150	681	409	70	2	0,005
	Розточити пов.7 напівчисто	Різець розточувальний, T5K10	1,0	0,2	160	1500	300	34	60	0,2
	Точити фаску 8'	Різець розточувальний, T5K10	2	0,6	150	1400	840	36	2	0,002
	Розточити пов.7 начисто	Різець розточувальний, T15K6	0,7	0,1	180	1590	159	36	60	0,38
	Вигладжування пов. 7	Різець розточувальний, SNGN 120712	0,06	0,08	100	850	68	37,3 8	60	0,9
	Нарізати різьбу на пов. 7 (5 проходів)	Різець різьбонарізний, T15K6	0,4	2	140	1187	2374	37,5	60	0,025х 5=0,12 5
										4,82
Установ В	Підрізати торець 1 остаточно	Різець підрізний, T5K10	1	0,3	150	687	206	70	17,6	0,09

	Точити фаску 5	Різець прохідний, T5K10	2	0,6	150	681	409	70	2	0,005
	Розточити пов.3 напівчисто	Різець розточувальний, T5K10	1,0	0,2	160	1500	300	34	60	0,2
	Точити фаску 5'	Різець розточувальний, T5K10	2	0,6	150	1400	840	36	2	0,002
	Розточити пов.3 начисто	Різець розточувальний, T15K6	0,7	0,1	180	1590	159	36	60	0,38
	Вигладжування пов. 3	Різець розточувальний, SNGN 120712	0,06	0,08	100	850	68	37,3 8	60	0,9
	Нарізати різьбу на пов. 3 (5 проходів)	Різець різьбонарізний, T15K6	0,4	2	140	1187	2374	37,5	60	0,025x 5=0,12 5
										1,7
	Всього токарна									7,63
15 Свердли- льна Установ А	Свердли- ти отв. 9	Свердло спіральне Ø12, P9M5	6	0,2	30	796	159	12	75	0,47
	Розсвердли- ти отв. 9	Свердло спіральне Ø26, P9M5	7	0,4	35	428	171	26	75	0,44
										0,91
Установ Б	Свердли- ти отв. 10	Свердло спіральне Ø12, P9M5	6	0,2	30	796	159	12	75	0,47
	Розсвердли- ти отв. 10	Свердло спіральне Ø26, P9M5	7	0,4	35	428	171	26	75	0,44
										0,91
	Всього свердлильна									1,82

Машинний час обробки для кожної операції визначався згідно наступним формулам [8].

Токарна і свердлильна обробка:

$$t_p = \frac{li}{ns_o}, \quad (3.6)$$

де l - розрахункова довжина шляху різця, що має найбільшу довжину обточування;

n - частота обертання шпинделя, об/хвил;

s_o - подача різця за один оберт шпинделя, мм/об;

i - кількість ходів.

$$n = \frac{1000 v}{\pi D}, \quad (3.7)$$

де v – швидкість різання, м/хв;

D – оброблюваний діаметр, мм.

Загальні результати визначення машинного часу виконання операцій в умовах автоматизованого і неавтоматизованого виробництва наведені в табл. 3.6.

Таблиця 3.8 – Дані щодо машинного часу виконання операцій в умовах автоматизованого виробництва

№ операцій	Перелік виконуваних операцій	Витрати машинного часу t_p , хв*
10	Токарна з ЧПК	7,63/10,46
	Установ А	1,11/7,18
	Установ Б	4,82/2,14
	Установ В	1,7/1,14
15	Свердлильна	1,82/1,82
	Установ А	0,91/0,91
	Установ Б	0,91/0,91
	Загальні витрати часу	9,45/12,28

*Примітка: в чисельнику наведено значення t_p в автоматизованому, в знаменнику – в не автоматизованому (базовому) виробництвах.

Як видно з табл. 3.8, використання більш раціонального виду заготовки і використання запропонованої операції фінішної обробки отвору під різьбу – вигладжування різцями із ЗБП, дозволили зменшити витрати машинного часу у порівнянні з базовим варіантом ТП на токарній операції на 23% при умові більш рівномірного розподілу часу між Установами на цій операції, а також на стільки ж зменшити загальні витрати часу на обробку деталі.

3.7 Висновки

1. Виходячи з вимог до проектування технологічних процесів обробки деталей в умовах гнучких автоматизованих виробництв, використовуючи креслення типових деталей, створено групу деталей типу «муфта» та складено груповий ТП їх обробки з метою підвищення ефективності процесу в умовах ГАВ.

2. Аналіз базового ТП обробки деталі-представника, заготовкою для якого був калібрований пруток, дозволив зробити висновок, що для підвищення продуктивності обробки групи деталей типу «муфта» в умовах гнучкого автоматизованого середньо серійного виробництва необхідно перейти на використання більш ефективних заготівельних технологій для того, щоб зменшити непродуктивні витрати часу на формування осьового отвору в деталі.

3. Проаналізовані способи отримання заготовок для деталей, аналогічних тим, що входять до групи деталей «муфта», дозволили зробити висновок про перспективність використання способ штампування на ГKM. Даний спосіб дозволяє досягти мінімальних витрат на подальшу механічну обробку виробу, забезпечує найвищий коефіцієнт використання металу – близько 0,9 і дозволяє виготовляти порожнисті тонкостінні деталі типу «Муфта», застосовуючи при штампуванні процес прошивки.

4. Здійснено проектування заготовки для деталі-представника за способом штампування на ГKM, призначені режими різання для операцій, що

будуть оброблюватися в умовах ГАВ і розраховано машинний час виконання цих операцій.

5. Використання більш раціонального виду заготовки і використання запропонованої операції фінішної обробки отвору під різьбу – вигладжування різцями із ЗБП, дозволили зменшити витрати машинного часу у порівнянні з базовим варіантом ТП на токарній операції і в цілому при обробці деталі на 23%.

4 РОЗРОБКА РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ СТРУКТУРИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «МУФТА» В УМОВАХ ГАВ

4.1 Можливі варіанти реалізації технологічного процесу обробки деталей типу «муфта» в умовах ГАВ

Розглянемо наступні можливі варіанти реалізації ТП обробки деталей групи «муфта» на операціях 10 – токарна, 15 – вертикальна фрезерно-свердлильна, на прикладі деталі-представника (див. рис. 1.3) в залежності від організації процесу в умовах гнучкого автоматизованого виробництва, які пов'язані з структурою і видом обладнання, що входить до складу роботизованих технологічних комплексів (РТК). Оцінювання ефективності варіанту обробки буде здійснено в основному за рівнем продуктивності обробки деталей групи.

Відомо [1, 2], що РТК механічної обробки складається з одного або декількох верстатів з ЧПК, на яких реалізуються основні операції обробки, робіт, що виконують наперед за все функції завантаження-розвантаження верстатів. і при необхідності – елементів транспортних систем (тактові столи, накопичувачі тощо).

До обладнання РТК висуваються наступні вимоги. Верстати (обов'язково з ЧПК) повинні мати: високі продуктивність і надійність, а також при необхідності високий рівень концентрації операцій; автоматичну зміну інструментів, поєднану за часом з виконанням холостих ходів. Робота верстатів спільно з промисловими роботами (ПР) передбачає необхідність автоматичного правильного базування і затискання заготовки у затискному пристрої при забезпеченні контролю за правильністю та надійності базування заготовок; своєчасне відведення стружки і автоматичне очищення базових поверхонь пристроїв для закріплення заготовок: патронів, центрів, лещат,

столів тощо; засоби забезпечення безпеки праці та безаварійної роботи обладнання; системи управління верстатами повинні мати канали для обміну з ПР інформацією при виконанні всіх взаємопов'язаних операцій.

Досліджувалися наступні варіанти обробки деталей групи «муфти» на прикладі деталі-представника:

- варіант 1 – реалізація базового процесу обробки (неавтоматизоване дрібносерійне виробництво) з використанням двох верстатів з ЧПК: токарного, типу 16K20Ф3 з виконанням на ньому всіх передбачених ТП установів токарної операції і вертикально-свердлильного верстату типу 2P118Ф2;

- варіант 2 - з використанням розробленого РТК (умови серійного виробництва) у складі трьох верстатів з ЧПК: двох токарних типу 16K20Ф3 з поділенням між ними виконання установів токарної операції і вертикально-свердлильного верстату типу 2P118Ф2, а також двох ПР;

- варіант 3 - з використанням двох токарних верстатів з ЧПК з протишпинделем типу оброблювальний центр (PUMA 2100/2600), на першому з яких виконуються два установи токарної операції, на другому – третій установ токарної операції і свердлення радіальних отворів згідно з ТП, а також ПР, що їх обслуговує;

- варіант 4 - з використанням одного токарного верстату з ЧПК з протишпинделем типу оброблювальний центр (PUMA 2600/3100), на якому відбувається весь ТП механічної обробки деталі-представника (умови дрібносерійного виробництва), і ПР.

4.2 Обґрунтування вибору моделі промислового роботу для РТК

Для вибору моделі ПР для використання при реалізації варіантів обробки деталей групи «муфти», в том числі і РТК, що проектується, є наступні показники:

- маса заготовки, оскільки промисловий робот установлює на металорізальні верстати заготовку певної маси, яка відповідає конструкції деталі (найбільшої з тих, що входить до групи), в умовах, що розглядаються, це заготовка з масою 8,6 кг);

- рухомість робота, яка дозволить виконати кількість необхідних рухів для орієнтації і установки заготовок на верстати, що входять до структури РТК;

- можливість переорієнтації на 180° заготовки захватним пристроєм робота (наявність координати α -кут обертання захвату) при необхідності виконання на верстаті двосторонньої обробки деталі;

- конструкція верстатного обладнання, яка би не заважала ПР достатися до місця базування заготовки на верстаті.

Виходячи з цього, застосовуємо промисловий робот FANUC серії M-10iD/10L (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Загальний вигляд промислового роботу FANUC серії M-10iD/10L [3]

Цей робот призначений для автоматизації процесів механічної обробки, позитивно показав себе при завантаженні/розвантаженні заготовок і деталей та заміни інструментів і пристосувань на різних верстатах.

У табл. 4.1 наведені технічні характеристики робота FANUC серії M-10iD/10L, а в табл. 4.2 його технічні характеристики. Кінематичні характеристики – кути повороту і кутові швидкості, що надані щодо осей: J1 – вісь основи; J2 - вісь корпусу; J3 – вісь руки; J4 – вісь передпліччя; J5 – вісь повороту схвата; J6 – вісь зап'ястя, з урахуванням схеми можливих переміщень елементів робота (рис. 4.2) наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.1 - Технічні характеристики промислового робота FANUC серії M-10iD/10L

Назва параметру	Значення
Радіус досяжності	1632 мм
Контролер	R-30iA
Кількість керуючих осей	6
Максимальна вантажопідйомність на кісті	10 кг
Кількість керуючих осей	6
Повторюваність	±0,08 мм
Корисне навантаження	130 кг
Діапазон робочих температур	від +10°C до +50°C
Ступінь захисту	IP67
Потужність	7,3 кВт
Рівень шуму	<75 дБ

Таблиця 4.2 – Кінематичні характеристики промислового робота FANUC серії M-10iD/10L

Вісь	Кут повороту (градус)	Кутова швидкість (градус/с)
J1	340/360	210
J2	250	190
J3	445	210
J4	380	400
J5	380	600
J6	720	600

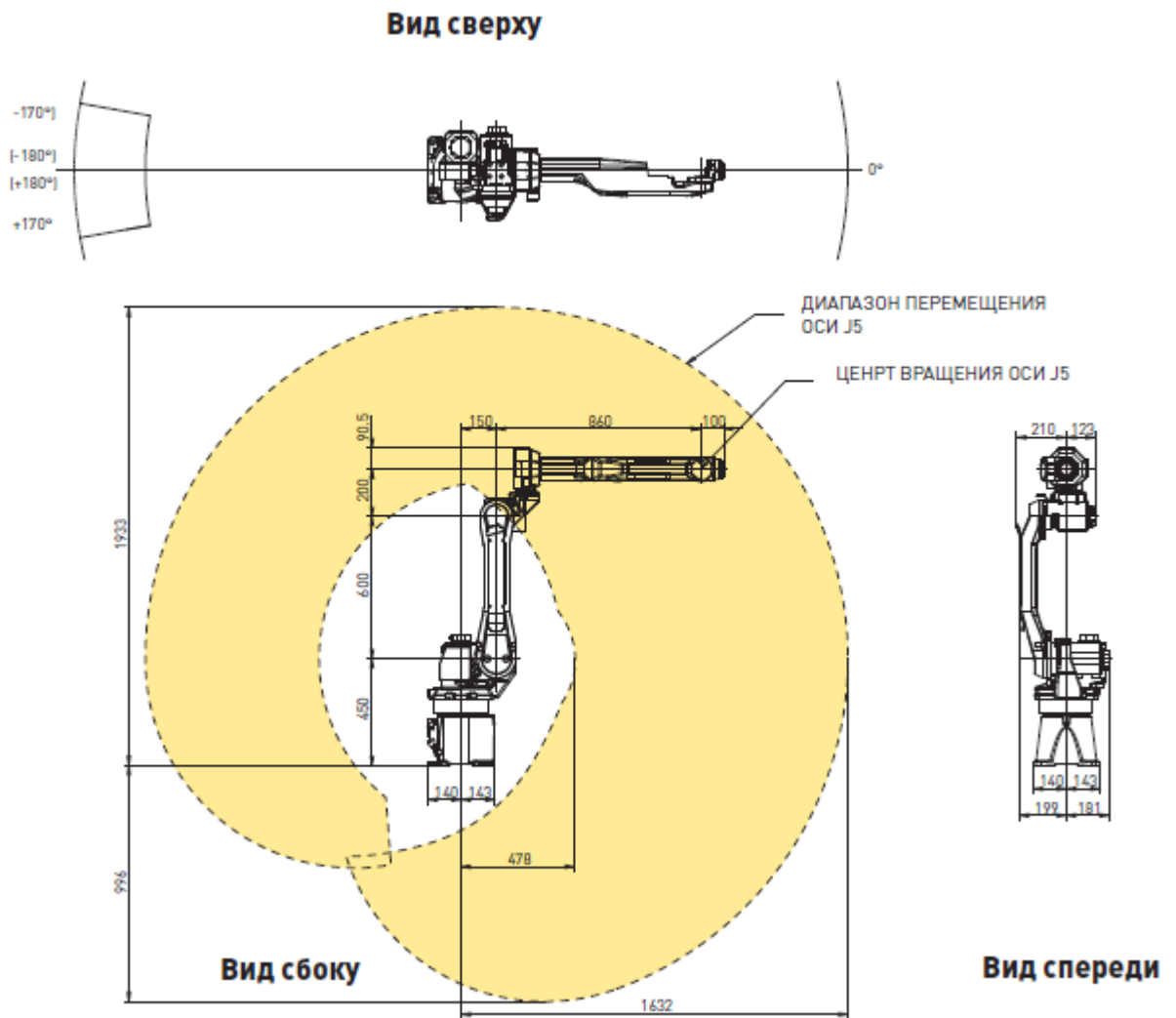


Рисунок 4.2 – Схема возможных перемещений элементов промышленного робота FANUC серии M-10iD/10L

У сукупності можна відмітити, що завдяки покращеним показникам (швидкість і прискорення осей) ПР притаманна висока продуктивність при переміщенні вантажів. У середньому час циклу для захвату, переміщення і укладення вантажів становить 0,72 сек (відповідно до циклу 25 мм/300 мм/25 мм з навантаженням 10 кг). До того ж до роботи цього класу є характерними високі крутний момент і момент інерції на зап'ясті. Для осі J6 відношення моменту сили (Нм) до моменту інерції (кгм^2) становить 9,8/0,15, що забезпечує надійну і продуктивну роботу ПР. Можливість розміщення робота на полу або порталі полегшує доступ до верстату, який обслуговується,

спрощує потрапляння до зони завантаження/розвантаження і дозволяє максимально використовувати робочу зону робота.

4.3 Розробка компоувальної схеми роботизованого технологічного комплексу (варіант 2) і організації його роботи

4.3.1 Структура і принцип роботи РТК

Склад РТК (варіант 2), який проектується для умов серійного виробництва (від середньо серійного до крупносерійного), включає (рис. 4.3) два токарних верстата типу 16K20Ф3 (ТВ1 і ТВ2), вертикально-свердлильного верстату типу 2Р118Ф2 (ВС), і двох роботів (ПР1, ПР2) моделі FANUC серії M-10iD/10L, а також трьох тактових столів накопичувачів (ТКС1, ТКС2, ТКС3). У Додатку В наведено креслення компоувальної схеми спроектованого РТК.

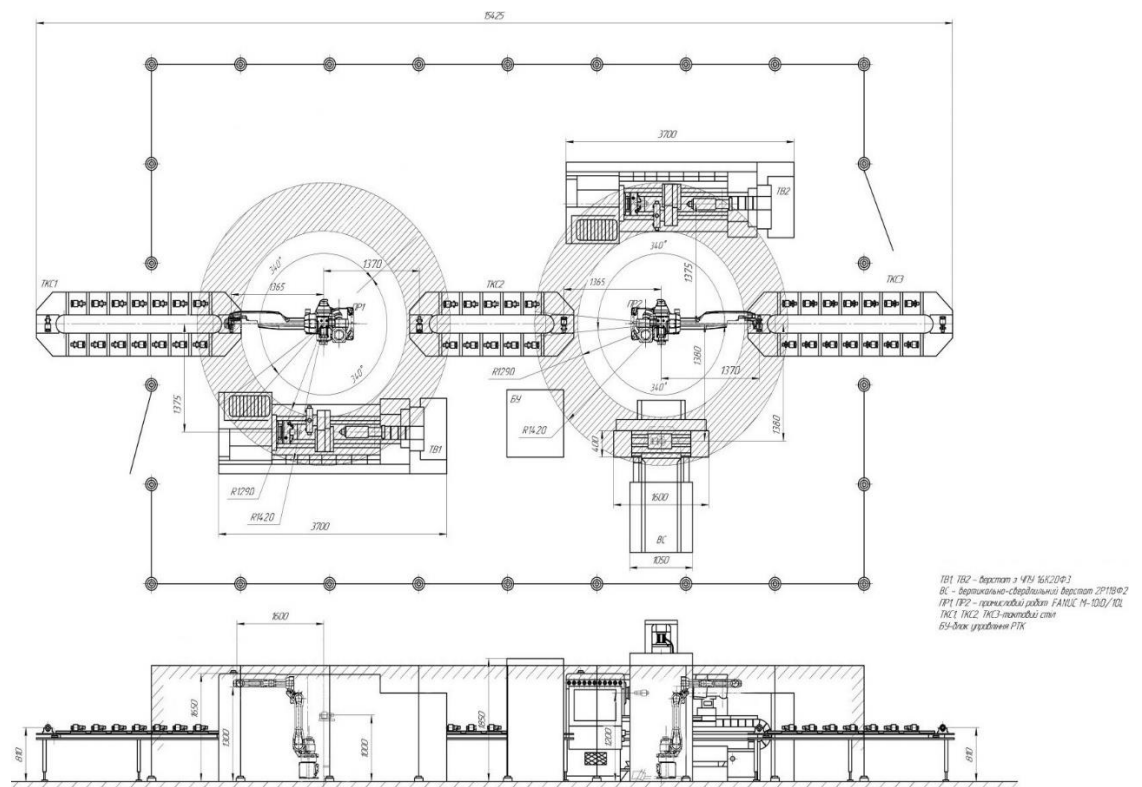


Рисунок 4.3 – Структура РТК обробки деталей групи «муфти» (варіант 2)

З рис. 4.3 слідує, що РТК складається з двох блоків, обладнання яких працює одночасно. До складу першого блоку входять: тактовий стіл (ТКС1), на який поступають заготовки після штампування; токарний верстат ТВ1, на якому виконується перші два установи токарної операції обробки деталі-представника (Установ А і Установ Б); тактовий стіл (ТКС2), на який поступають деталі після токарної обробки для передачі на обладнання другого блоку РТК; промисловий робот (ПР1), який забезпечує взаємодію перерахованого вище технологічного обладнання.

До складу другого блоку РТК входять: токарний верстат (ТВ2), на який промисловий робот (ПР2) передає заготовки з ТКС2 для виконання операції токарної обробки (Установ В); вертикально-свердлильний верстат (ВС), на який після завершення операції токарної обробки з ТВ2 робот ПР2 передає заготовку для свердління радіальних отворів за два установка; тактовий стіл (ТКС3), на який робот ПР2 передає остаточно оброблену після операції свердління деталь.

Принцип роботи РТК виглядає наступним чином. Розглядаємо роботу РТК в циклі, тобто після наповнення обладнання технологічного комплексу заготовками, над кожною з яких буде відбуватися своя частина ТП. Робота обладнання з урахуванням тривалості машинного часу обробки на кожному верстаті реалізується наступним чином.

Перший блок комплексу: робот ПР1 захоплює заготовку з ТКС1 і передає її на ТВ1, де відбувається токарна обробка на двох установках (Установ А, Установ Б). Переустанови здійснюються за допомогою робота ПР1. Після закінчення обробки на ТВ1 робот ПР1 переміщує частково оброблену заготовку з ТВ1 до ТКС2 і повертається до ТКС1. Верстат ТВС1 готовий до повторення циклу обробки.

В той же час на другому блоці ПР2 повертається до ТКС2, бере заготовку і встановлює її на верстаті ТВ2. Починається токарна обробка (установ В). Після її закінчення ПР2 розвантажує ТВ2 і повертається до вертикально-свердлильного верстату ВС, завантажує його і починається

обробка деталі з двома установами. Переустановку заготовки на верстаті реалізує ПР2. Після закінчення обробки робот передає готову деталь на ТКС3. Після цього цикл повторюється.

Таким чином, при роботі комплексу в циклі всі технологічні елементи обох блоків комплексу працюють одночасно – використовуються основні принципи автоматизації: диференціація ТП і концентрація операцій [4]. Це важливо для суттєвого підвищення циклової продуктивності обробки деталей групи в умовах серійного виробництва. Для зменшення часу циклу обробки деталей необхідно, щоб час переміщень промислових роботів при виконанні холостих операцій як можна більше перекривався машинним часом роботи верстатів.

При програмуванні роботів необхідно мати дані про координати, послідовність, час переміщень кожного з них і роботи РТК в цілому. Для цього було розроблено:

- алгоритм роботи РТК
- технологічну карту переходів при взаємодії промислових роботів з обладнанням комплексу.

4.3.2 Розробка алгоритму РТК і технологічної карти переходів ПР (варіант 2)

Принцип розроблення алгоритму роботи РТК пояснимо на прикладі роботи першого блоку комплексу. За початкове положення робота ПР1 було прийнято: схват знаходиться на висоті 1300 мм та на довжині радіусом 1600 мм (згідно рис. 4.3). На рис. 4.4 наведено алгоритм роботи першого блоку РТК.

Аналогічним чином було розроблено алгоритм роботи другого блоку РТК (Додаток Г).

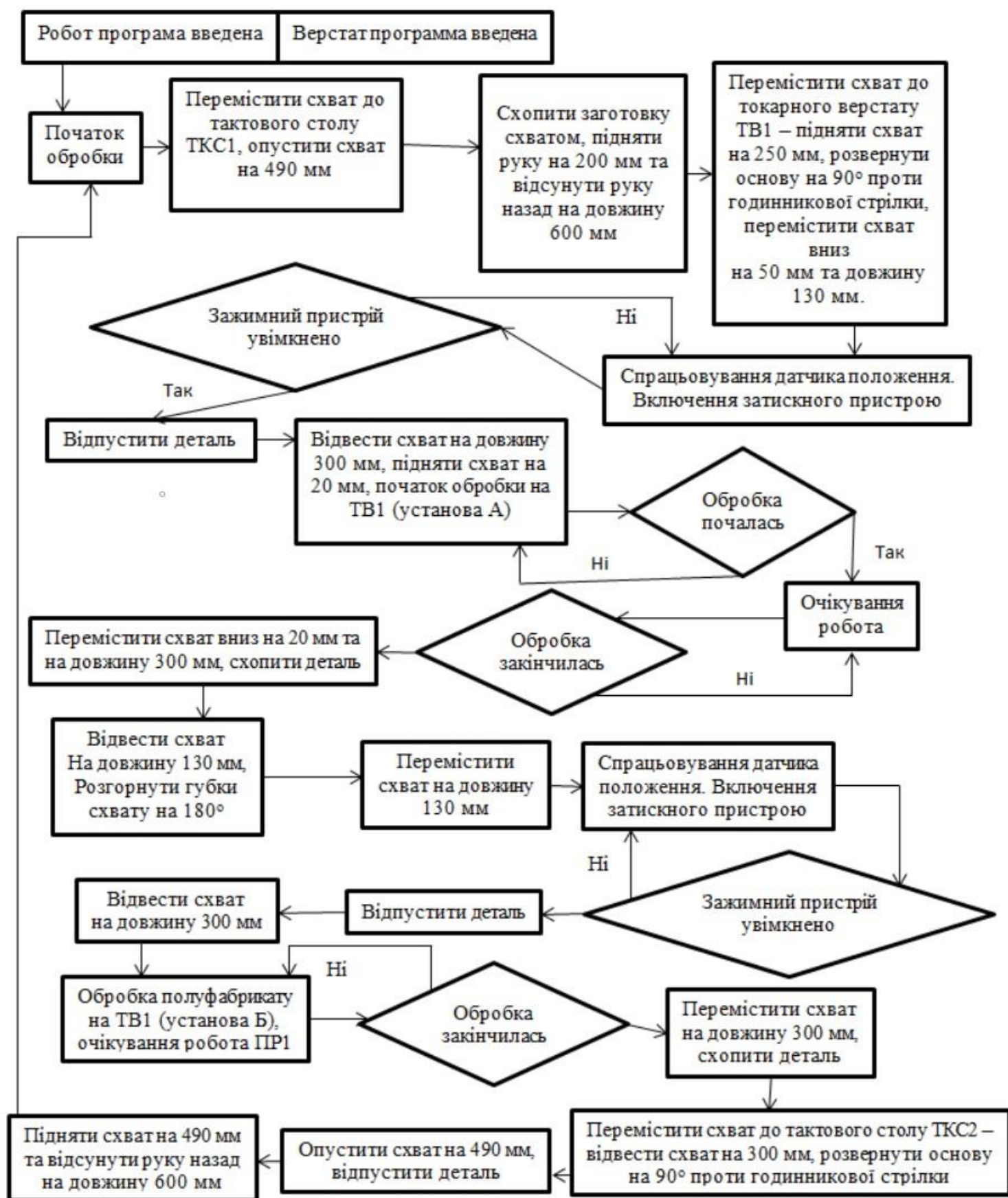


Рисунок 4.4 – Алгоритм роботи першого блоку РТК

З урахуванням траєкторії переміщення заготовки та алгоритму взаємодії промислового робота ПР1 з верстатом першого блоку РТК – токарного верстат ТВ1, складено технологічну карту переходів (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 - Технологічна карта переходів для ПР1

№ п/п	№ опорних точок	Рух ПР1	Команда	Час відпрацювання, с	Примітки
1	2	3	4	5	6
1	1	Переміщення руки зі схватом донизу (до ТКС1)	Опустити схват на Н= 490 мм	0,5	Точка 1 знаходиться на поверхні ТКС1
2	1		Затиск схвату	0,75	Затиск роботом заготовки на ТКС1
3	1	Переміщення руки зі схватом доверху	Підняти схват на Н= 450 мм	0,5	
4	2	Поворот руки зі схватом до ТВ1	Відведення схвата на L= 600 мм, поворот основи на 90°	1,5	
5	2	Переміщення руки зі схватом донизу (до патрону ТВ1)	Опустити схват на Н= 50 мм, висування схвата на L= 130 мм	0,5	Установка заготовки в патрон ТВС1.
6			Затиск патрону	1	
7	2	Розтиск схвата	Розтиск схвата	0,75	Виконується після отримання відповіді від патрона верстату про затиск заготовки
8	2	Переміщення руки зі схватом доверху.	Підняти схват на Н= 20 мм	0,5	
9	3	Відвід руки із зони обробки	Відведення схвата на L= 300 мм	0,5	
10			Включення і робота верстата ТВ1	66,6	Виконання обробки (Установ А)
11			Робота верстата закінчена		
12	2	Переміщення руки зі схватом до патрону	Висування схвата на L= 300 мм, опустити схват на Н= 20 мм. Затиск схвата	0,75	Затиск заготовки. Виконується після отримання відповіді про закінчення обробки на Установі А.
13			Розтиск патрона	1	Звільнення заготовки
14	4	Відвід руки зі схватом і заготовкою із зони обробки	Відведення схвата на L= 130 мм	0,5	Виконується після відповіді щодо розтиск патрона

1	2	3	4	5	6
15	4	Поворот схвата з заготовкою, зміна орієнтації заготовки	Поворот схвату на 180°	0,25	
16	2	Переміщення руки зі схватом і заготовкою до патрону ТВ1	Висування схвата на L= 130 мм	0,5	Встановлення переорієнтованої заготовки у патрон
17			Затиск патрону	1	
18	2	Розтиск схвата	Розтиск схвата	0,75	Виконується після отримання відповіді від патрона верстату про затиск заготовки
19	2	Переміщення руки зі схватом доверху.		0,5	
20	4	Відвід руки із зони обробки	Відведення схвата на L= 300 мм	0,5	
21			Включення і робота верстата ТВ1	290	Виконання обробки (Установ Б)
22			Робота верстата закінчена		
23	2	Переміщення руки зі схватом до патрону	Висування схвата на L= 300 мм. Затиск схвата	0,75	Затиск заготовки. Виконується після отримання відповіді про закінчення обробки на Установі Б.
24			Розтиск патрона	1	Звільнення заготовки
25	4	Відвід руки зі схватом і обробленою заготовкою із зони обробки	Відведення схвата на L= 300 мм	0,5	Виконується після отримання відповіді щодо розтиску патрона
26	5	Поворот руки зі схватом і обробленою заготовкою ТКС2	Поворот основи на 90°	1,5	
27	5	Переміщення руки зі схватом донизу (до поверхні ТКС2)	Опустити схват на Н= 490 мм	0,5	Установка заготовки в гніздо ТКС2.
28	5	Розтиск схвату		0,75	Вивільнення заготовки
29	5	Переміщення руки зі схватом доверху (від поверхні ТКС2)	Підняти схват на Н= 490 мм, відведення схвата на L= 600 мм	0,5	
30	1	Поворот руки зі схватом до ТКС1	Поворот основи на 180°	3	
31	1		Крок тактового столу		Надходження нової заготовки

Аналогічним чином було розроблено технологічну карту переходів роботи другого блоку РТК (Додаток Д).

4.3.3 Розробка циклограми роботи РТК

Циклограму роботи РТК побудовано для розглянутого варіанту алгоритму взаємодії промислових роботів з обладнанням РТК. Створенню циклограми передував аналіз резервів підвищення продуктивності РТК для запропонованого варіанту взаємодії ПР комплексу з верстатами і допоміжним обладнанням. Циклограму роботи РТК наведено в Додатку Е.

4.4 Розробка компоувальної схеми роботизованого технологічного комплексу (варіант 3) і організації його роботи

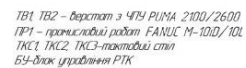
4.4.1 Структура і принцип роботи РТК

Склад РТК (варіант 3), який проектується для умов серійного виробництва, включає (рис. 4.5) два токарних верстата типу з ЧПК з протишпинделем типу оброблювальний центр (PUMA 2100/2600), на першому з яких виконуються два установи токарної операції, на другому – третій установ токарної операції і свердлення радіальних отворів згідно з ТП, ПР моделі FANUC серії M-10iD/10L, а також два тактових стола накопичувача (ТКС1, ТКС2, ТКС3). У Додатку В наведено креслення компоувальної схеми спроектованого РТК.

Принцип роботи РТК виглядає наступним чином. Розглядаємо роботу РТК в циклі, тобто після наповнення обладнання технологічного комплексу заготовками, над кожною з яких з урахуванням тривалості машинного часу обробки буде відбуватися своя частина ТП. Послідовність спрацювань обладнання РТК з урахуванням тривалості машинного часу обробки на кожному верстаті наступна.

Робот ПР захоплює заготовку з ТКС1 і передає її на ТВ1, де відбувається токарна обробка на двох установках (Установ А, Установ Б), яка

Після закінчення обробки на ТВ1 робот ПР1 переміщує частково оброблену заготовку з ТВ1 до ТВ2 і переміщується до ТКС1 за наступною заготовкою, яка буде перенесена до верстату ТВ1 для початку нового циклу обробки.



В цей час верстат ТВ2 завершує токарну операцію (Установ В) і здійснює свердлення радіальних отворів у заготовці за допомогою радіальної свердлильної головки. Після закінчення обробки ПР розвантажує верстат ТВ2 (тепер він готовий до повторення циклу обробки) і передає оброблену деталь на тактовий стіл ТКС2 і після чого переміщується.

Після закінчення обробки на ТВ1 робот ПР1 переміщує частково оброблену заготовку з ТВ1 до ТВ2 і переміщується до ТКС1 за наступною заготовкою, яка буде перенесена до верстату ТВ1 для початку нового циклу обробки.

4.4.2 Розробка алгоритму РТК (варіант 3), технологічної карти переходів ПР і циклограми роботи комплексу

Для спроектованого варіанту РТК (варіант 3) розроблений алгоритм його роботи. За початкове положення робота ПР було прийнято: схват знаходиться на висоті 1300 мм та на довжині радіусом 1600 мм (згідно рис. 4.5). На рис. 4.6 наведено алгоритм роботи РТК.

З урахуванням траєкторії переміщення заготовки та алгоритму взаємодії промислового робота ПР з верстатами комплексу - токарних верстатів типу оброблювальний центр, складено технологічну карту переходів (табл. 4.4).

Циклограму роботи РТК побудовано для розглянутого варіанту алгоритму взаємодії промислового роботу ПР з обладнанням РТК.. Створенню циклограми передував аналіз резервів підвищення продуктивності РТК для запропонованого варіанту взаємодії ПР комплексу з верстатами і допоміжним обладнанням. Циклограму роботи РТК наведено в Додатку Е.

Рисунок 4.6 – Алгоритм роботи РТК (варіант 3)

Таблиця 4.4 - Технологічна карта переходів для ПР (РТК, варіант 3)

4.5 Висновки

1. Проектуванню РТК передувала раціоналізація технологічних операцій, що виконується на РТК.
2. Були розроблені дві структурні схеми РТК для обробки деталей в автоматичному циклі, які відрізнялися типом використаного технологічного . (верстатного) обладнання і організацією ТП для розглянутих варіантів комплексів.
3. Структура першого варіанту РТК складається з двох блоків, обладнання яких працює одночасно. До складу першого блоку входять: тактовий стіл (ТКС1) прийому заготовок, токарний верстат з ЧПК (ТВ1), на якому виконується перші два установи (Установ А і Установ Б); тактовий стіл (ТКС2), на який поступають деталі після токарної обробки для передачі на обладнання другого блоку РТК; промисловий робот (ПР1), який забезпечує взаємодію перерахованого вище технологічного обладнання. До складу другого блоку РТК входять: токарний верстат (ТВ2) для виконання Установу В токарної операції, вертикально-свердлильний верстат з ЧПК (ВС), на якому після токарної операції відбувається свердління радіальних отворів за два установка; тактовий стіл (ТКС3) для прийому готових деталей і промисловий робот ПР2, який обслуговує обладнання другого блоку комплексу.
4. Другий варіант РТК складається з двох токарних верстатів з ЧПК з протишпинделем типу оброблювальний центр (PUMA 2100/2600), на першому з яких виконуються два установка токарної операції (Установи А, Б), на другому – третій установка токарної операції (Установ В) і свердлення радіальних отворів згідно з ТП; ПР моделі FANUC серії M-10iD/10L, а також два тактових стола накопичувача (ТКС1, ТКС2, ТКС3).

5. Для РТК було обрано промислового робота KUKA KR 270-2 і наведено його технічну характеристику, обрано конструкцію захватного пристрою і зроблено його розрахунок.

6. При проектуванні роботизованого технологічного комплексу було розроблено наступну технічну документацію:

- компонувальну схему РТК;
- алгоритм взаємодії ПР із верстатами та допоміжним обладнанням;
- технологічну карту переходів;
- циклограму роботи РТК.

Отримана циклограма пропонується до використання при розробленні системи керування автоматичним комплексом.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Механічні муфти та їх класифікація [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://k-a-t.ru/detali_mashin/27-mufty_1/index.shtml
2. Механічні муфти : <https://studfile.net/preview/710086/>
3. Втулкові муфти: https://scask.ru/l_book_cdm.php?id=123
4. Глухі та втулкові муфти: <https://mash-xxl.info/page/073088130091047234244160048027039058146042066024/>
5. Глухі муфти: http://k-a-t.ru/detali_mashin/27-mufty_2/index.shtml
6. Марочник сталі, склад та механічні властивості [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://spb-stal.ru/stati/uglerodistaya-kachestvennaya-stal-marki-45/>
7. Дальский А.М., Артюнова И.А., Барсукова Т.М. Технология конструкционных материалов. Учебник для вузов. М., «Машиностроение», 1977 – 664 с.
8. Тонкое точение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://machinetools.aggress.ru/index.php/tokarnyj-standok/otdelka-poverhnostej/86-tonkoe-tochenie>
9. Фещенко В.Н., Махмутов Р.Х. Токарная обработка: Учебник/. – 6-е изд., М.: Высш. шк., 2005.- 303 с.
10. Справочное пособие по назначению операционных припусков на механическую обработку табличным методом. [Електронний ресурс]– Режим доступу: <https://tgm.nmu.org.ua/ua/Расчет%20припусков.pdf>
11. Шлифование металлов. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.markmet.ru/kniga-po-metallurgii/shlifovanie-metallov>
12. Поверхностное пластическое деформирование (ППД) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kursak.net/poverxnostnoe-plasticheskoe-deformirovanie-ppd-uchebnik/>
13. Ткачёв А.Г., Шубин И.Н. Технология машиностроения: курс лекций / – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн.ун-та, 2009. – 164 с.

14. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: Справочник/ Л.Г. Одинцов. – Москва: Машиностроение, 1987. - 328 с.

15. Одинцов Л.Г. Финишная обработка деталей алмазным выглаживанием и вибровыглаживанием/ Л.Г. Одинцов. – М.: Машиностроение, 1981.-160 с.

16. Торбило В. М. Алмазное выглаживание/ В.М. Торбило. – М: Машиностроение, 1972. - 105 с.

17. Сігова В. І. Методи локальної поверхневої обробки деталей машин: Навчальний посібник / В. І. Сігова, П. В. Руденко. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 218 с.

18. Бабенко М.О. Ефективність застосування вигладжування змінними багатограними пластинами при фінішній обробці відповідальних поверхонь деталей вузлів тертя / М.О. Бабенко, Р.Д. Харківський // Проблеми та перспективи сучасної нуки та освіти (частина II): матеріали Міжнародної науково-практичної конф. М. Львів, 25-26 грудня 2018 року. – Львів: Львівський науковий форум, 2019. – С. 38-40.

19. Смирнов А.В. Технологическое обеспечение качества наружных цилиндрических поверхностей выглаживанием сменными многогранными пластинами. : автореф. дис. ... канд. тех. наук : спец. 05.02.08 «Технология машиностроения» / А. В. Смирнов. – Москва, 2014. – 23 с.

20. Доля В.М. Технологія обробки типових деталей: Конспект лекцій / В. М. Доля – Харків: НТУ „ХПІ”, 2003. – 64 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/5821/1/Dolya_Tekhnolohiia_obrobky_2003.pdf

21. Кремнев Г. П. Типовые технологические процессы механической обработки деталей машин : Учебное пособие / Г. П. Кремнев, Ф. В. Новиков, В. М. Колесник. – Днепр : ЛИРА, 2017. – 252 с.

- 22.Пальчевський Б. О. Технологічні основи гнучкого автоматизованого виробництва : навч. посібник / Б. О. Пальчевський. – Львів : Видавництво «Світ», 1994. – 208 с.
- 23.Мельничук П. П. Технологія машинобудування : підручник / П.П. Мельничук, А.І. Боровик, П.А. Лінчевський, Ю.В. Петраков. – Житомир : ЖДТУ, 2005. – 882 с.
- 24.Кузнецов М.М. Проектирование автоматизированного производственного оборудования: учеб. пособие / М.М. Кузнецов, Б.А. Усов, В.С. Стародубов. - М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
25. Буда Я. Автоматизация процессов машиностроения: учеб. пособие / Я. Буда, В. Гановский, В. Лихтман и др.; под ред. А.И. Дашченко. - М.: Высш. шк., 1991. – 480 с.
- 26.RoboMatic [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://robomatic.ru/robots/fanuc-ceriya-m-10ia>
- 27.Капустин А.М. Автоматизация машиностроения / А.М. Капустин, Н.П. Дьякова, П.М. Кузнецов; Под ред. А.М Капустина. – М.: Высшая школа, 2003. – 223 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ГРУПИ «МУФТА»

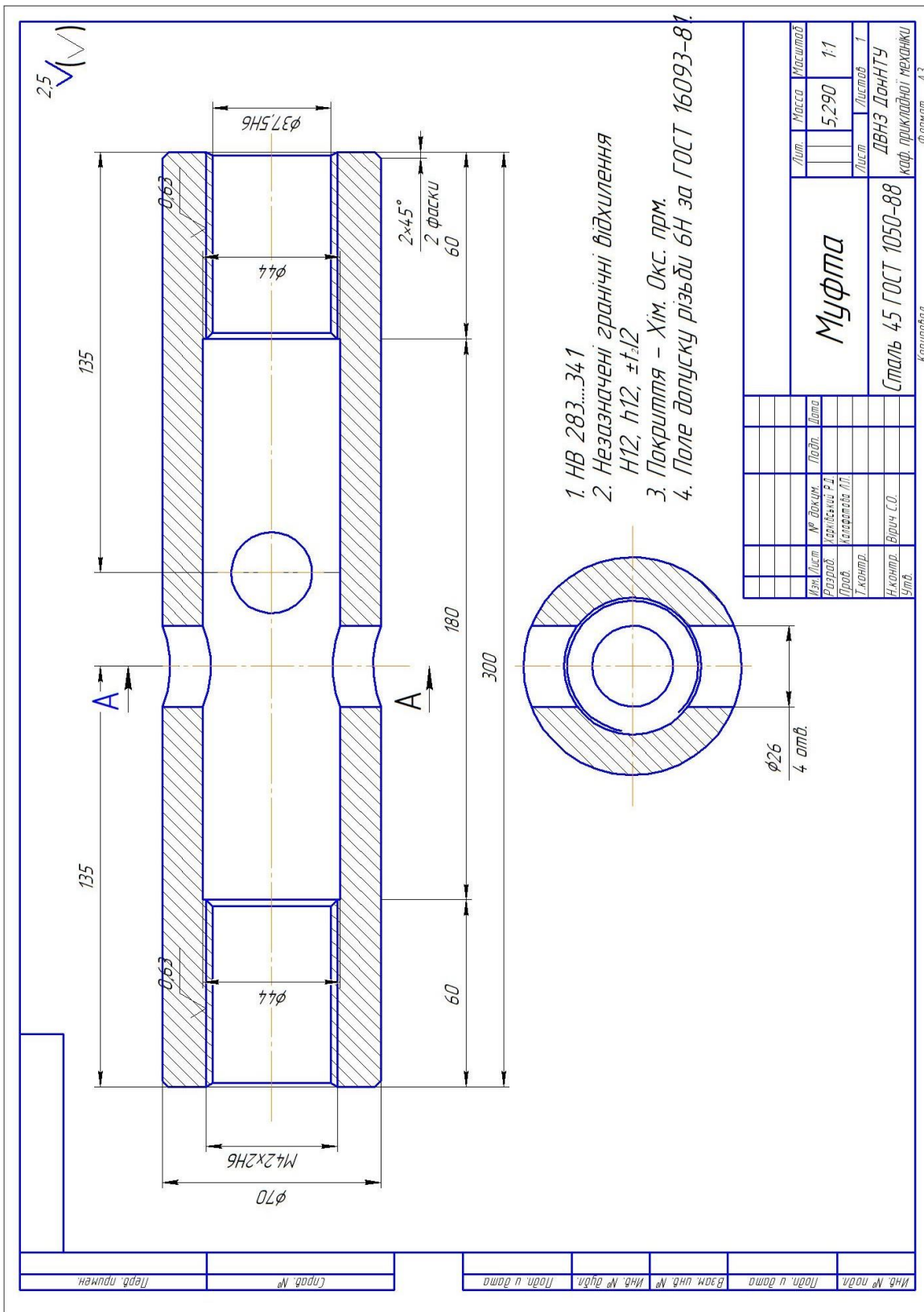


Рисунок ДА.1 – Креслення деталі-представника групи

деталей типу «муфта»

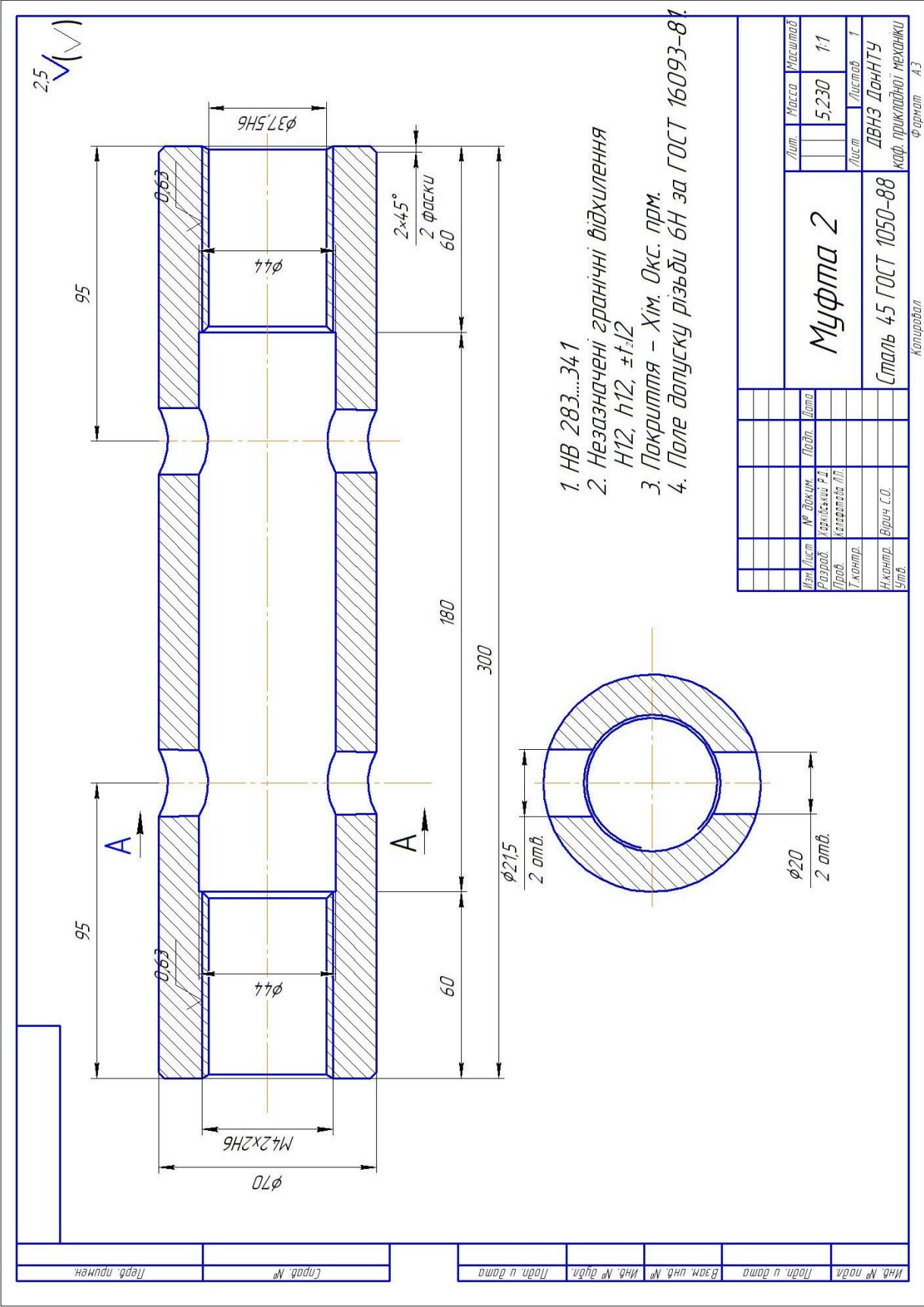
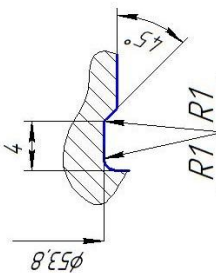


Рисунок ДА.2 – Креслення деталі з групи деталей типу «муфта»



1. Незазначені граничні відхилення за IT14 12.
2. Відпалювання НВ 160.

[illegible]

Рисунок ДА.3 - Креслення деталі «корпус» з групи деталей типу «муфта»

ДОДАТОК Б
Матеріали до групового ТП