

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет
науки і технологій**

Кафедра технології машинобудування

В авторській редакції

ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ

Навчально-методичні рекомендації
до проведення практичних занять

Частина 2

ДНПРО
2024

УДК 621.7.01(076.5)

Т 38

Упорядник:
В. М. Анісімов

Електронний аналог
друкованого видання

Схвалено Групою забезпечення якості освітньої програми
131 «Технологія машинобудування»
Протокол № 4 від 14.02.2024

Т 38 Технологія обробки типових деталей : навчально-методичні рекомендації до проведення практичних занять : у 3 ч. / упоряд. В. М. Анісімов ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Дніпро : УДУНТ, 2024. – Ч. 2. – 45 с.

Навчально-методичні рекомендації призначені для використання студентами безвідривної форми навчання за спеціальністю 131 – Прикладна механіка (освітня програма з технології машинобудування) під час виконання практичних занять з дисципліни «Технологія обробки типових деталей».

Навчально-методичні рекомендації містять основні теоретичні положення для засвоєння матеріалу, приклади типових технологічних процесів механічної обробки важелів, вилок та зубчастих коліс, варіанти індивідуальних завдань, запитання щодо самоконтролю, рекомендовану літературу.

© Анісімов В. М., упорядкування, 2024

© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2024

ЗМІСТ

3. ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЖЕЛІВ, ВИЛОК І ШАТУНІВ	4
3.1. Загальні положення	4
3.2. Технічні вимоги до важелів і вилок	6
3.3. Приклад технологічного процесу виготовлення вилки тяги.....	8
3.3.1. Обробка зовнішніх торців вушок і прорізання паза вилки тяги	8
3.3.2. Обробка отворів у хвостовику і вушках вилки тяги	10
3.3.3. Обточування зовнішньої поверхні хвостовика $\varnothing 34$ під шліци або різь; обробка фаски $3 \times 20^\circ$	12
3.3.4. Накатування шліців або нарізування різі на зовнішній поверхні хвостовика вилки тяги	14
3.3.5. Зачищення задирок	14
3.4. Технологічний процес виготовлення шатунів	15
3.4.1. Технічні вимоги до точності виготовлення шатунів	15
3.4.2. Приклад технологічного процесу механічної обробки шатунів	15
4. ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС.....	22
4.1. Службове призначення і типові конструкції зубчастих коліс.....	22
4.2. Заготовки для виготовлення зубчастих коліс	25
4.3. Приклад технологічного процесу виготовлення циліндричних зубчастих коліс	26
ВИКОРИСТАНА ТА РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	35
ДОДАТОК В Варіанти індивідуальних завдань до практичної роботи № 3.....	36

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЖЕЛІВ, ВИЛОК І ШАТУНІВ

Мета роботи: навчитись проектувати технологічні процеси виготовлення важелів, вилок і шатунів.

3.1. Загальні положення

Важелі, коромисла, защипки, прихватки та інші подібні деталі є кінематичними ланками механізмів машин, приладів і технологічного оснащення. Названі деталі належать до класу «важелів». Основний кінематичний рух важеля – коливальний або обертальний. Одночасно виконується передавання зусилля на наступну ланку (елемент) вузла. На рисунках 3.1, 3.2, 3.3 зображені конструкції важеля і вилок (перемикання і шарнірного з'єднання).

Основне службове призначення важеля – забезпечити заданий закон руху з'єднаних із ним деталей. Аналіз поверхонь деталі (див. рис. 3.1) виявив основні конструкторські бази (ОКБ). Це циліндрична (вона може бути конічна, шліцьова) поверхня (отвір $\varnothing 20H7$) – подвійна напрямна база (ПНБ); один із торців цього отвору – опорна база (ОБ). За допомогою торців забезпечується його осьове положення. Оскільки важіль не сприймає значних осьових зусиль, то немає значення який із торців буде приєднуватися і базуватися із з'єднаними деталями, тому обробляють обоє торців.

Призначення технічних вимог щодо перпендикулярності обох торців стосовно осі отвору сприяє запобіганню заклинювання важеля, коли він похитується під час роботи у виробі.

Деякі конструкції важелів мають виконавчі поверхні (ВП) криволінійної форми, які потрібні для передавання зусиль на сполучені деталі.

Вилки різняться конструкцією за двома видами: вилки перемикання (див. рис. 3.2) і вилки шарнірного з'єднання (див. рис. 3.3).

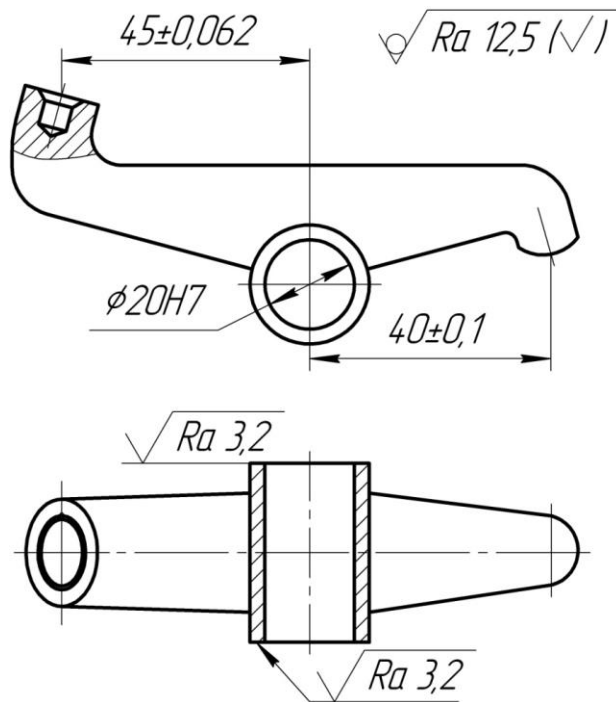


Рисунок 3.1 – Креслення важеля

Вилки перемикання призначені змінювати кінематичні та динамічні зв'язки у машині за рахунок осевого зворотно-поступального переміщення муфт, зубчастих коліс та інших деталей. Вилки із обох боків мають площинні ВП, які контактують із іншими деталями. Високої точності отвір $\varnothing 12H7$ є основною конструкторською базою (ПНБ), для чого вилка повинна мати бобишку значної довжини.

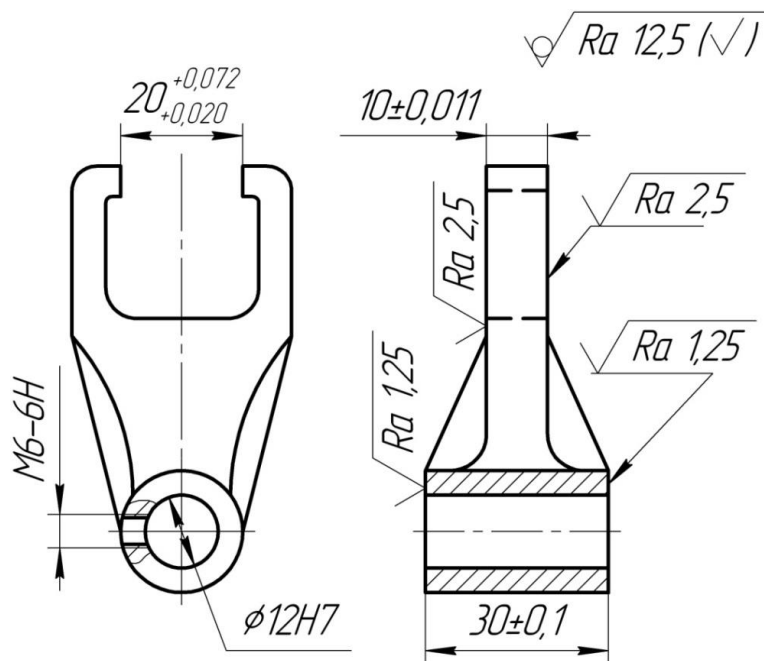


Рисунок 3.2 – Креслення вилки перемикання

Для якісного використання свого службового призначення ВП вилки повинні бути перпендикулярні до осі отвору $\varnothing 12H7$.

Базування і закріплення вилки у кутовому і осьовому положеннях досягається за рахунок отвору із різью М6-6Н, крім того, його вісь повинна розміщуватися перпендикулярно до осі отвору $\varnothing 12H7$.

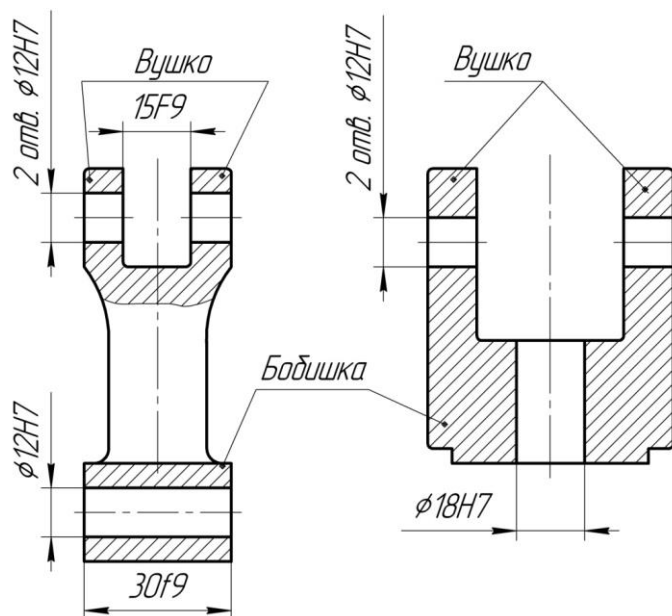


Рисунок 3.3 – Креслення двох вилок шарнірного з'єднання

Вилки шарнірних з'єднань (див. рис. 3.3) з'єднують рухомі деталі машини. Тому для виконання ними службового призначення конструкції вилок мають вушка, які у багатьох випадках розміщені співвісно із циліндричними отворами ($\varnothing 12H7$). Ці поверхні утворюють ПНБ, яка є допоміжною конструкторською базою (ДКБ) для з'єднаних шарнірних осей. Базування самої вилки здійснюється по отвору бобишки $\varnothing 12H7$. Це є ОКБ, яка позбавляє вилку чотирьох ступенів вільності (ПНБ).

Поверхні отвору (ОКБ) за конструкцією можуть бути гладкими, шліцьовими, конічними, нарізними. Вісь цього отвору може розміщуватися або паралельно, або перпендикулярно до осей отворів у вушках.

3.2. Технічні вимоги до важелів і вилок [1]

1. Отвори, якими є ОКБ і ДКБ, виготовляють в межах допусків Н6-Н11, а відхилення міжосьових відстаней не повинні перевищувати $\pm(0,05-0,5)$ мм.

2. Осі отворів ДКБ повинні бути паралельними або перпендикулярними до осі отвору ОКБ із допустимими відхиленнями від 0,02:100 до 0,1:100.

3. Торці бобишок важелів і отворів ОКБ вилок повинні бути перпендикулярні до осей цих отворів у межах від 0,1:100 до 0,3:100, а показник шорсткості поверхонь торців становить $R_a=0,32-1,25$ мкм.

4. ВП важелів повинні бути перпендикулярні до осей отворів ОКБ із допустимими відхиленнями від 0,05:100 до 0,1:100; шорсткість їх поверхонь $R_a=0,63-2,5$ мкм, для важелів-коромислів клапанів $R_a=0,63-0,32$ мкм.

5. Шорсткість отворів $R_a=0,63-2,5$ мкм, а відхилення від їх форми – в межах допуску на діаметр (20% або 40%, а інколи 60%).

6. Твердість ВП зазначених деталей становить HRC₃ 40-50 (HRC₃ 50-55), що збільшує термін використання виробу.

Важелі і вилки, які працюють без ударних навантажень і не зазнають значних розтягнень і вигинів, виготовляють із чавунів марок СЧ12, СЧ18. Якщо в механізмах мають місце ударні навантаження, розтягнення, вигини, то важелі і вилки виготовляють із чавунів марок СЧ21, СЧ24. Є машини, які працюють з великими ударними навантаженнями, вібраціями. У цьому випадку важелі, вилки виготовляють із ковких чавунів марок КЧ35-10, КЧ37-12. Також має місце виготовлення зазначених деталей із сталі марок ст.5; 20, 35, 45, 40Х; поковок зі сталі 18ХГТ, штамповок зі сталі 45Л-1; виливків зі сталі 35Л; 45ЛШ і т. ін.

Згідно з технічними вимогами креслень важелів і вилок деякі їх поверхні не обробляються на механічних операціях. Точність їх розмірів, шорсткість поверхонь повинні забезпечуватися на операціях виготовлення заготовок. До цих поверхонь ставляться особливі вимоги щодо технології їх виготовлення на заготівельному етапі.

Чавунні заготовки. Для більшості деталей заготовки виготовляють литтям у опоки; литтям у піщано-глинисті форми із машинною формовкою; литтям у металеві моделі. Припуски і допуски для таких заготовок повинні відповідати ГОСТ 26645-85. Шорсткість поверхонь виливків забезпечується властивістю формувального матеріалу, способами очищення виливків, способами вібраційної обробки на етапі виготовлення заготовок.

Виготовлені із ковкого чавуну заготовки підлягають відпалу та правленню для зниження остаточних напружень та деформації.

Для забезпечення шорсткості в межах $R_a=3,2-6,3$ мкм заготовки виливають у оболонкові форми, що практично виключає вкраплення, раковини, тріщини, а, крім того, збільшується точність розмірів заготовки за рахунок малих допусків.

Сталеві заготовки. Заготовки важелів і вилок виготовляють литтям у оболонкові форми та за виплавлюваними моделями. Це виливки вагою до 3 кг. Названі методи дозволяють забезпечити шорсткість поверхні $R_a=2,5-3,2$ мкм і припуск на сторону 0,2-0,7 мм.

Також заготовки виробляють куванням і штампуванням на КГШП, ГKM у відкритих або закритих штампах, що має місце у великосерійному і масовому типах виробництва. Точність розмірів, значення припусків на сторону заготовок повинні відповідати ГОСТ 7505-89.

У дрібносерійному або серійному типах виробництв економічно вигідно виготовляти заготовки куванням на молотах, кривошипних і фрикційних пресах із підкладними штампами.

3.3. Приклад технологічного процесу виготовлення вилки тяги [3]

На рисунку 3.4 подано креслення деталі «Вилка тяги». Вихідними даними будуть: тип виробництва – серійний (або великосерійний), матеріал деталі – чавун марки СЧ24 ГОСТ 1412-89.

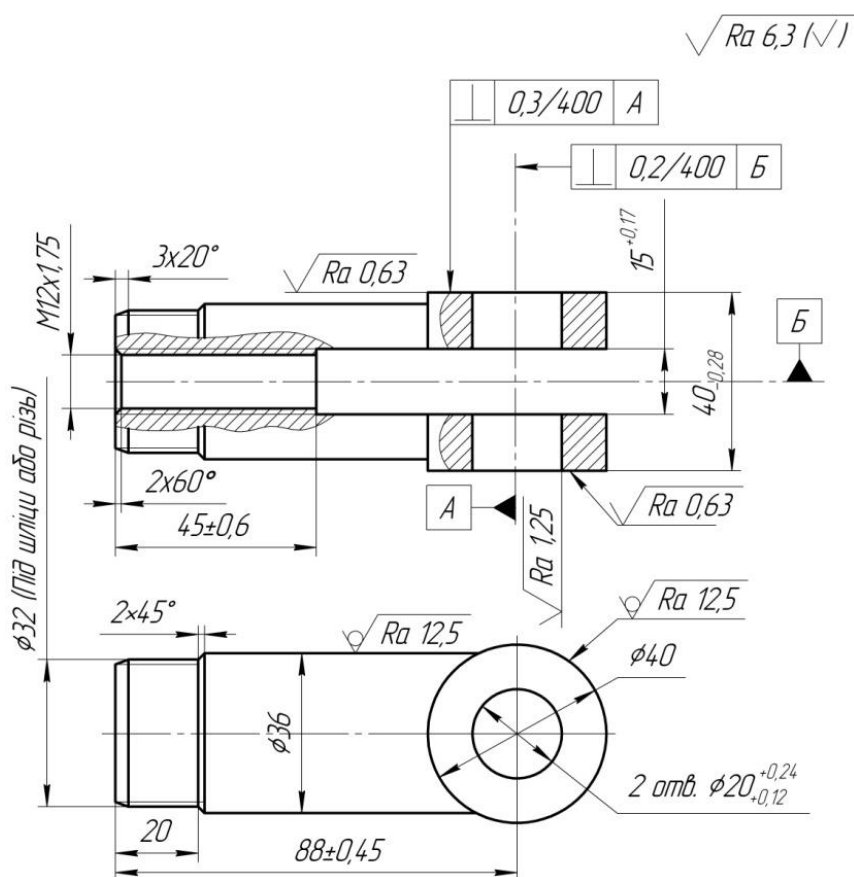


Рисунок 3.4 – Креслення деталі «Вилка тяги»

3.3.1. Обробка зовнішніх торців вушок і прорізання паза вилки тяги

Операція 005. Лиття металів та сплавів.

Заготовка – вилков у металеві форми (див. рис. 3.5).

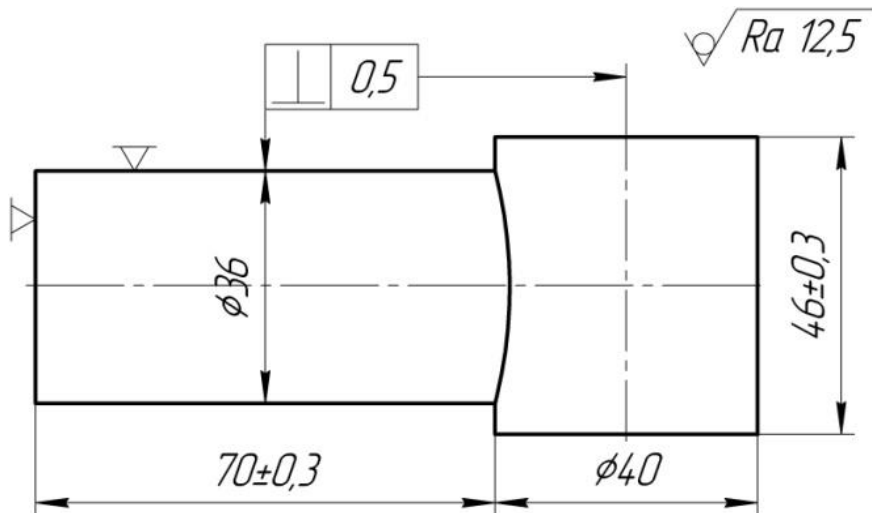


Рисунок 3.5 – Ескіз заготовки «Вилка тяги»

Операція 010. Термічна обробка.

Операція 015. Горизонтально-фрезерна (для дрібносерійного або серійного виробництва). Вертикально-протягувальна (для великосерійного або масового виробництва).

На цій операції потрібно виконати слушне базування. Потрібна відстань від базової до оброблених поверхонь 1, 2 реалізується прихованою подвійною напрямною базою (ПНБ) (див. рис. 3.6).

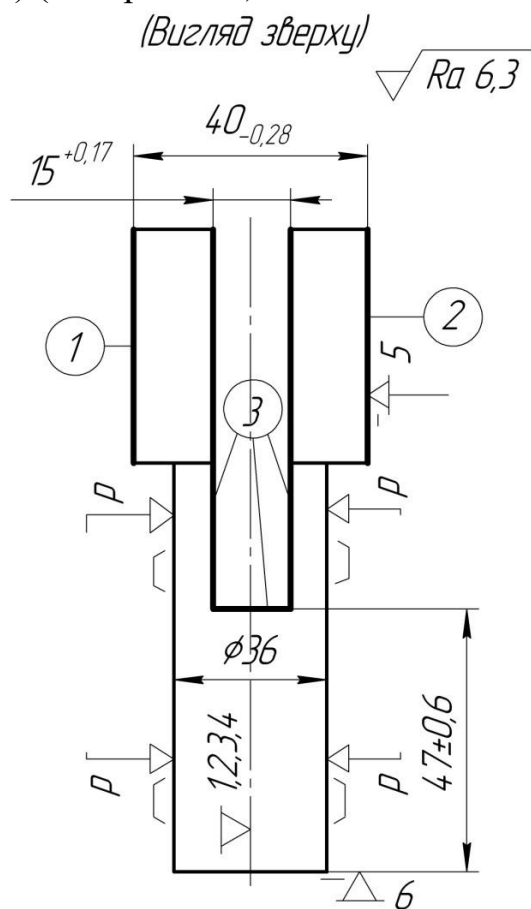


Рисунок 3.6 – Схема базування та ескіз обробки торців, вушок і паза

Названа база дозволяє розподілити припуск на обробку поверхонь 1 і 2 рівномірно. Одночасно виконується симетричне розміщення паза 3. Опорна база (вона позбавила заготовку п'ятого ступеня вільності) знаходиться на площині 2 і забезпечує кутове положення заготовки. Ця база допомагає рівномірно розподіляти припуск по двох площинах 1 і 2, а також забезпечити паралельність розміщення паза 3 стосовно площин 1 і 2. Торець вилки тяги є опорною базою (ОБ) і позбавляє шостого ступеня вільності. Ця база дає змогу забезпечити відстань від торця хвостовика вилки до дна паза.

У деяких випадках, коли потрібно досягти зазначеної якості вилки, протягування виконують за кілька переходів. Спочатку обробляють зовнішні поверхні вушок у двох заготовок до розміру $40(0;-0,28)$ мм, а потім - внутрішні поверхні паза до розміру $15(+0,17;0)$ мм. Швидкість протягування становить 8 м/хв, а подача забезпечується підйомом зубців протяжки на 0,04 мм. Час обробки однієї заготовки становить 0,02 хвилини.

3.3.2. Обробка отворів у хвостовику і вушках вилки тяги

Операція 020. Агрегатно-свердлильна (виконується у великосерійному і масовому виробництвах). У дрібносерійному виробництві заготовка обробляється на координатно-розточувальному верстаті.

На операції за один установ виконується сумісна обробка отворів у хвостовику і вушках вилки тяги. Операція виконується на агрегатно-свердлильному верстаті, який має обертовий шестипозиційний стіл.

Верстат має три вертикальні силові головки і дві горизонтальні. Заготовка встановлюється (базується і кріпиться) у спеціальному пристрої.

Схема базування наведена на рисунку 3.7. Заготовка базується по зовнішній поверхні вушок (ПНБ) за допомогою двох ножових призм. Цим досягається співвісність двох отворів $\varnothing 20(+0,24;+0,12)$ і зовнішніх діаметрів вушок. Напрямна база (НБ) знаходиться на зовнішній поверхні хвостовика і реалізується третьою призмою, яка розміщена перпендикулярно до двох ножових призм. Наведена схема базування забезпечує співвісність отвору $M12 \times 1,75$ мм і зовнішньої поверхні хвостовика, а також технічну вимогу креслення щодо перпендикулярності двох отворів $\varnothing 20(+0,24;+0,12)$ мм стосовно отвору із різью $M12 \times 1,75$ мм.

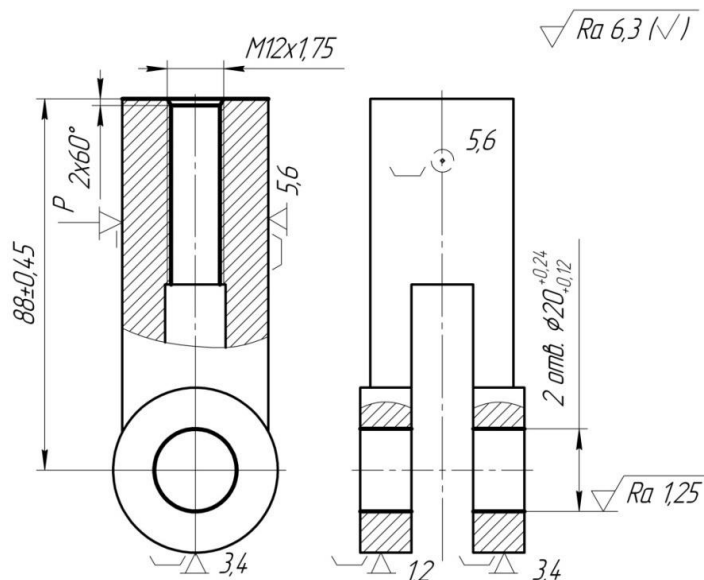


Рисунок 3.7 – Схема базування і ескіз обробки отворів у хвостовику та вушках вилки тяги

Структура операції: один установ, шість позицій.

I позиція. Завантажувальна. Заготовка встановлюється у спеціальний пристрій.

II позиція. Свердління. Свердлити два отвори у вушках $\varnothing 19,6(+0,12;0)$ мм.

III позиція. Свердління. Свердлити отвір у хвостовику $\varnothing 10,2$ мм під різь M12x1,75 мм.

IV позиція. Свердління. Зенкувати фаску 2x60°.

V позиція. Свердління. Нарізати різь M12x1,75 мм.

VI позиція. Розвертання. Розвернути два отвори $\varnothing 20(+0,24;+0,12)$ мм; забезпечити шорсткість поверхонь $R_a=1,25$ мкм.

Деякі конструкції вилок мають канавки в отворах вушок, а технічні вимоги креслення вимагають перпендикулярності цих отворів до торцевих поверхонь (див. рис. 3.8).

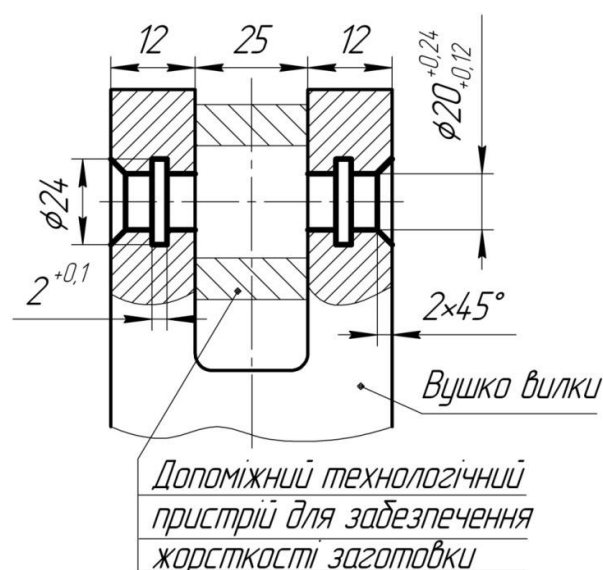


Рисунок 3.8 – Конструкція отворів у вушках вилки

Обробку отворів великих діаметрів у вушках можна виконати з обох боків на агрегатному верстаті барабанного типу.

I позиція. Завантажувальна.

II позиція. Свердління. Свердлими отвори $\varnothing 18$ мм.

III позиція. Свердління. Зенкерувати отвори $\varnothing 19,5(+0,1;0)$ мм. Зенкувати дві фаски $2 \times 45^{\circ}$.

IV позиція. Точіння. Підрізати внутрішні торці вушок (виконати технічні вимоги креслення).

V позиція. Розточувальна. Розточити канавки $\varnothing 24 \times 2$ мм.

VI позиція. Розточувальна. Остаточо розточити два отвори $\varnothing 20(+0,24;+0,12)$ мм. Розточування повинно виконуватися тільки із одного боку заготовки. Перед розточуванням у паз вушок встановлюється допоміжний пристрій для забезпечення жорсткості заготовки. Витримуються вимоги креслення щодо співвісності двох отворів.

Наведений приклад спричиняє значну кількість переходів, які потрібно виконати (свердлими, зенкерувати, зенкувати отвори, розточувати канавки, підрізати внутрішні або зовнішні торцеві площини вушок і т. ін.). Кількість позицій верстата значно збільшується і постає питання технічного та економічного обґрунтування виконання обробки отворів у хвостовику і вушках вилки на окремих верстатах.

Тоді на першому верстаті обробляють торець і отвір у хвостовику вилки тяги. Схема базування і кріплення заготовки на операції наведена на рисунку 3.9.

На другому верстаті заготовка базується за однією із двох схем (див. рис. 3.10 а, б).

Перша схема використовується за найменшим допуском співвісності отворів і зовнішніх поверхонь вушок (див. рис. 3.10 а).

Друга схема (див. рис. 3.10 б) використовується за найменшим допуском відстані між торцем хвостовика і осями отворів у вушках. Схема забезпечує паралельність осей отворів у вушках відносно торцевої площини хвостовика вилки тяги.

3.3.3. Обточування зовнішньої поверхні хвостовика $\varnothing 34$ під шліци або різь; обробка фаски $3 \times 20^{\circ}$

Операція 025. Агрегатно-токарна (виконується у великосерійному і масовому виробництвах). У дрібносерійному виробництві обробка виконується на токарному верстаті із ЧПК.

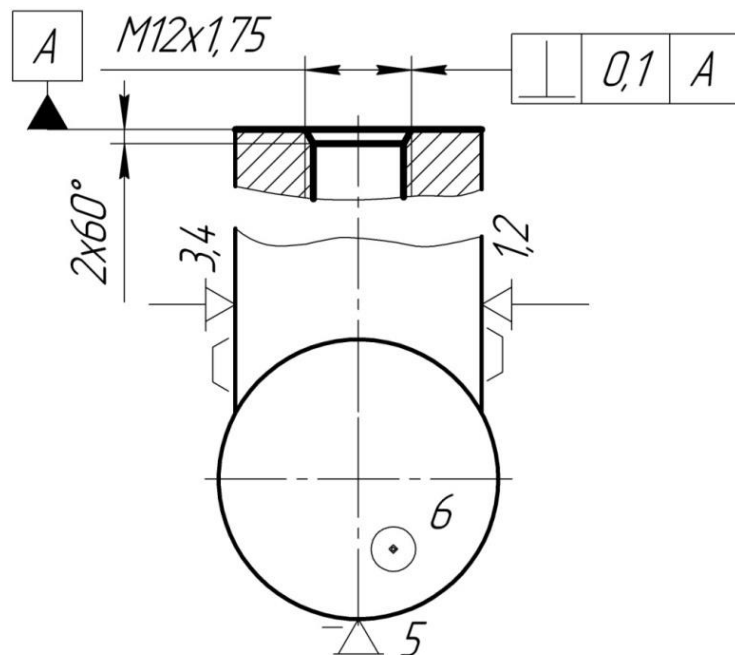


Рисунок 3.9 – Схема базування заготовки на першому верстаті

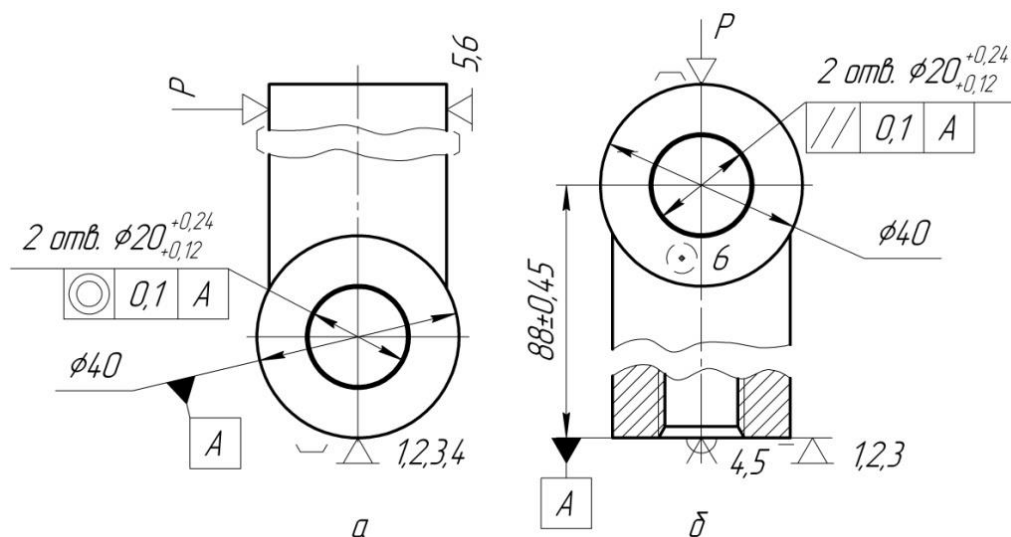


Рисунок 3.10 – Схеми базування заготовки на другому верстаті:
а) схема 1; б) схема 2

Обробка виконується на агрегатному верстаті. Різальні інструменти, які використовуються на операції - це монолітні або збірні головки із гладкими дисковими гребінками з кутом у плані 30° - 45° . На операції спочатку виконується обточування зовнішньої циліндричної поверхні із $\varnothing 36$ мм до $\varnothing 32$ мм, а потім спеціальною зенківкою точиться фаска $3 \times 20^{\circ}$. При обробці заготовка нерухомо знаходиться на столі верстата, а різальний інструмент має обертальні рухи та зворотно-поступальну подачу.

Розміри циліндричної поверхні встановлюються конструктором і залежать від наступної операції (буде нарізатися різь або шліци).

3.3.4. Накатування шліців або нарізування різи на зовнішній поверхні хвостовика вилки тяги

Операція 030 (А). Накатування шліців (за технічними вимогами креслення).

За даними ЕНДІМВ, накатані шліці (різь) у разі скручування на 10–20% міцніші від шліців, виготовлених різальним інструментом. У деяких випадках холодне накатування дозволяє відмовитися від термічної обробки вилок та подальшої механічної обробки шліців. Накатування можливе, якщо заготовка має подовження $\delta > 8\%$; $\sigma_b < 800$ МПа. У разі якщо $\sigma_b > 1000$ МПа, а твердість становить HRC₃ 30-32, стійкість накатників (різального інструмента) швидко зменшується. Це обмежує метод накатування, який широко застосовується у великосерійному і масовому типах виробництва. Практичні результати виявили, що накатування збільшує твердість поверхні на 5-8 одиниць (із HRC₃ 26-28 до HRC₃ 31-36).

Операція 030 (Б). Нарізування різи (за технічними вимогами креслення).

Нарізування різи на хвостовику вилки тяги виконується на агрегатних або свердлильних верстатах. На операції використовується різальний інструмент – гвинторізна головка із дисковими гребінками. Цей інструмент використовується для широкого діапазону різи. Конструкція гвинторізної головки може змінювати середній діаметр різи і розкриватися у кінці робочого ходу, що значно зменшує витрати машинного часу. Геометричні параметри дискових гребінок можна змінювати залежно від матеріалу заготовки. Термін використання гребінок великий, бо їх можна багаторазово заточувати.

3.3.5. Зачищення задирок

Операція 035. Слюсарна.

Задирки із заготовки видаляються термічним методом. Задирки спалюють у збагаченій киснем суміші водню і кисню. Зачищення відбувається у камері, де температура становить близько 3000⁰С. Час горіння становить не більше 0,2 секунди. Заготовка не встигає нагрітися, а задирки, які є на всіх кромках пересічних поверхонь, оплавляються.

Операція виконується на установці зі столом періодичного обертання. Заготовки розміщуються у замкнутій камері, корпус якої оточений охолодною оболонкою. Потім у камеру подають суміш залежно від матеріалу заготовки під тиском у межах 0,4-7 МПа. Продуктивність методу становить чотири деталі за одну хвилину і не потребує значних витрат. Одночасно вирішується проблема із скороченням ручної праці робітників.

Операція 040. Промивання заготовок

Операція 045. Сушіння заготовок

Операція 050. Технічний контроль.

3.4 Технологічний процес виготовлення шатунів

Шатун з'єднує поршень із колінчастим валом у двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ) і призначений:

- а) для перетворювання зворотно-поступального руху поршня у обертальний рух колінчастого вала;
- б) для передавання зусилля поршня на шатунну шийку колінчастого вала.

3.4.1. Технічні вимоги до точності виготовлення шатунів

- 1 Отвори у втулках поршневих головок обробляються за п'ятим квалітетом точності та шорсткістю поверхні $R_a=0,32-0,08$ мкм.
- 2 Отвори у кривошипних головках обробляються за п'ятим квалітетом точності та вище, а шорсткість поверхні становить $R_a=0,32-0,16$ мкм, конусоподібність, овальність отвору не перевищує $0,003-0,005$ мм.
- 3 Вісь отвору втулки, яка запресована у поршкову головку, повинна знаходитися у одній площині із віссю отвору кривошипної головки. Відхилення двох осей не повинне бути більше $0,04-0,05$ мм на довжині 100 мм. Непаралельність осі отвору поршневої головки із віссю отвору кривошипної головки повинна бути не більше $0,02-0,04$ мм на довжині 100 мм.
- 4 Биття торців кривошипної головки стосовно осі отвору, підготовленого під укладки, повинне становити не більше $0,1$ мм на довжині 100 мм.
- 5 Отвори кривошипної головки, які підготовлені під шатунні болти, оброблюються за восьмим або дев'ятим квалітетами точності.
- 6 Шатуни сортирують на чотири групи за масами кривошипної та поршневої головок.

Шатуни, які використовують у ДВЗ автомобілів або тракторів, виготовляють зі сталей марок 40, 45, 45 або 45Г2.

У дизельних двигунів машин, компресорів, робота яких пов'язана із високим ступенем стиснення, шатуни виготовляють із легованих сталей марок 18ХНМА, 18Х2Н4ВА, 40ХНМА (вони мають високу межу густини).

3.4.2. Приклад технологічного процесу механічної обробки шатунів

Вихідні дані: тип виробництва – великосерійний; матеріал заготовки – сталь 45 ГОСТ 1050-88; маса деталі – $0,14$ кг.

Креслення деталі «Шатун» наведено на рисунку 3.11.

Операція виконується для побудови технологічних баз правого торця шатуна (див. рис. 3.13 а).

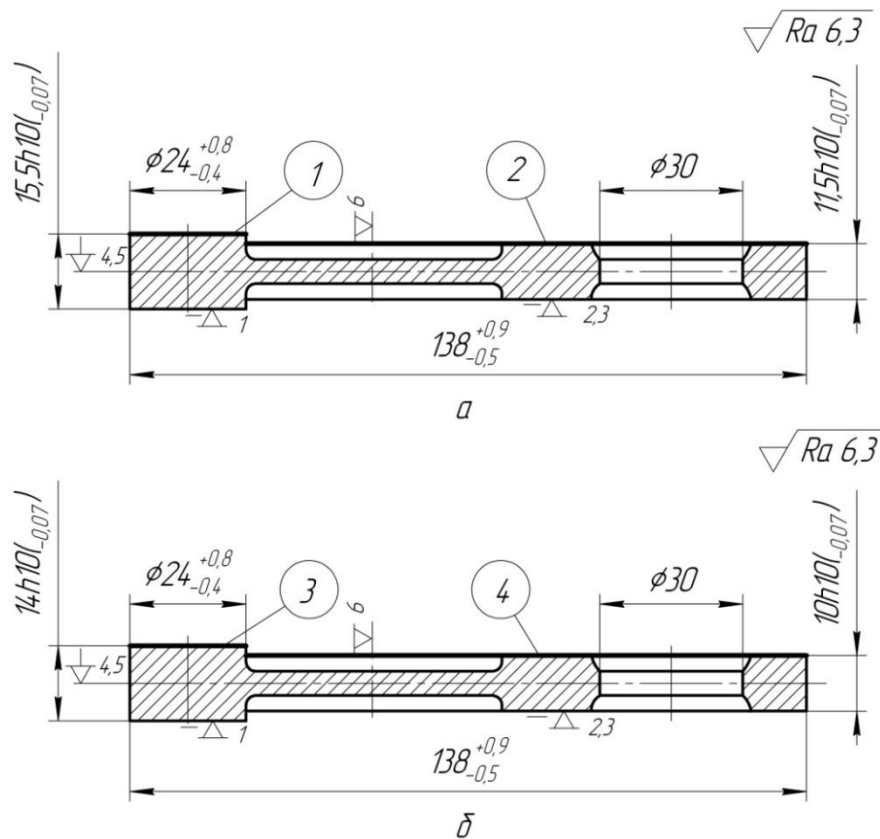


Рисунок 3.13 – Ескіз заготовки на операціях 015 (а) та 020 (б)

Чорновими технологічними базами будуть дві площинні поверхні 3 і 4 (установлювальна база), а також два необроблених діаметри $\varnothing 24$ та $\varnothing 50$ (напрямна і опорна бази, які реалізовані двома призмами, що збігаються). На операції обробляються поверхні 1 і 2 і забезпечуються розміри $15,5h10$ мм та $11,5h10$ мм.

Операція виконується на вертикально-фрезерному верстаті із хрестовим столом моделі 6550. Для збільшення продуктивності на столі верстата встановлений багатомісний пристрій (на десять заготовок). Заготовки кріпляться двома призмами, що збігаються.

Торці фрезеруються двома торцевими фрезами із пластинами з твердого сплаву Т5К10 згідно з ГОСТ 24359-80. Обробка виконується за два переходи. Спочатку обробляється поверхня 2, а потім поверхня 1.

Заміна інструмента виконується автоматично спеціальним магазином, який знаходиться біля шпинделя верстата.

Операція 020. Фрезерування.

На операції виконується обробка двох площинних поверхонь лівого торця деталі (див. рис. 3.13 б). Базування, закріплення і обробка заготовки, модель

На другій позиції отвір $\varnothing 35(+0,8;-0,4)$ мм зенкерується зенкером до розміру $\varnothing 36H11(+0,16;0)$ мм. На третій позиції отвір $\varnothing 36H11$ розточується до розміру $\varnothing 38H11$ (різальний інструмент – розточувальний різець (ГОСТ 18062-78) із пластиною з твердого сплаву Т5К10). На четвертій позиції отвір розточується у розмір $\varnothing 39,5H9(+0,062;0)$ мм. Розточування виконується різцем (ГОСТ 18882-73) із пластиною твердого сплаву Т15К6. На п'ятій позиції отвір розточується (чистове розточування) у розмір за кресленням $\varnothing 40H7(+0,025;0)$ мм, а також витримується розмір $98\pm 0,05$ мм між осями $\varnothing 8H11$ і $\varnothing 40H7$. На цій позиції використовується різець із пластиною з твердого сплаву Т30К4 (ГОСТ 18882-73). На шостій позиції виконується розвантаження заготовки із пристрою.

Операція 035. Свердлильна.

На операції використовується агрегатно-розточувальний верстат моделі 2М715. Заготовка базується у спеціальному пристрої по двох торцях (установлювальна база) і двох отворах (подвійна опорна та опорна бази). Верстат має три свердлильні головки: одну вертикальну і дві горизонтальні, які розміщені відносно осей оброблених отворів (див. рис. 3.16).

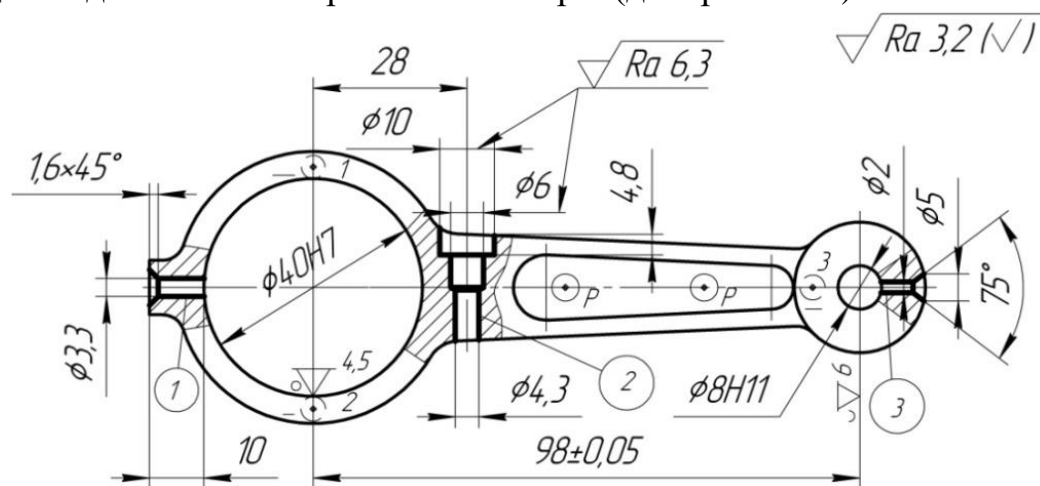


Рисунок 3.16 – Ескіз заготовки на операції 035

Наведена схема базування дає підставу контролювати відстань $98\pm 0,05$ мм між осями головок для всієї обробленої партії. Одночасно пристрій автоматично орієнтує поверхні шатуна під свердління трьох комбінованих отворів.

Отвір 1 свердлиється східчастим циліндричним свердлом $\varnothing 3,3$ і $\varnothing 5,2$ під різь М4.

Отвір 2 свердлиється комбінованими суцільними інструментами (двома свердлами $\varnothing 4,3$ і $\varnothing 6$ та однією цеківкою $\varnothing 10$).

Отвір 3 свердлиється суцільним східчастим циліндричним свердлом $\varnothing 2$ і $\varnothing 5$.

Структура операції побудована з трьох переходів, які виконуються паралельно, що дозволяє різко підвищити продуктивність обробки.

Операція 040. Різенарізна.

На операції використовується агрегатно-розточувальний верстат моделі 2М750. Заготовка базується у спеціальному пристрої (як і на операції 035).

Нарізування різі виконується двома головками, у яких встановлені мітчики М4 і М5. Для виключення поломок інструмента використовуються спеціальні патрони (ГОСТ 14077-83). Ескіз операції наведений на рисунку 3.17.

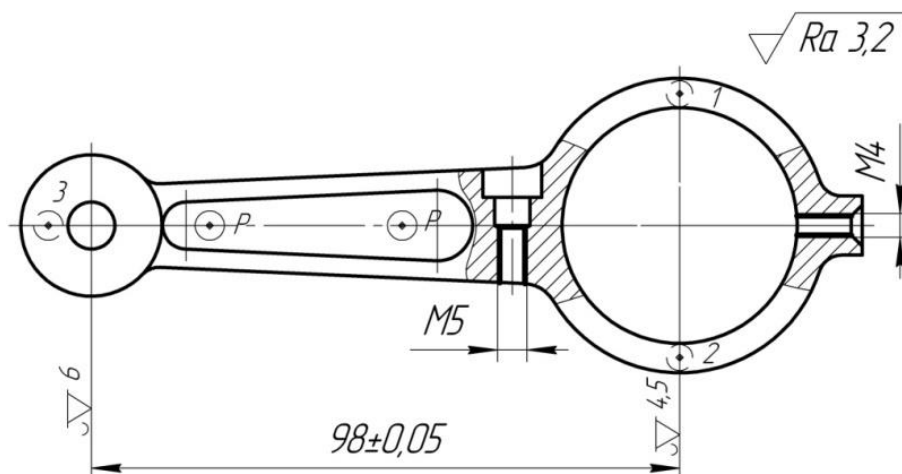


Рисунок 3.17 – Ескіз заготовки на операції 040

Операція 045. Фрезерування.

Операція виконується на горизонтально-фрезерному верстаті моделі 6Р83. Заготовка базується двома торцями шатуна (установлювальна база), отвору $\varnothing 8H11$ (подвійно-опорна база) і віссю шатуна (опорна база) (див. рис 3.18).

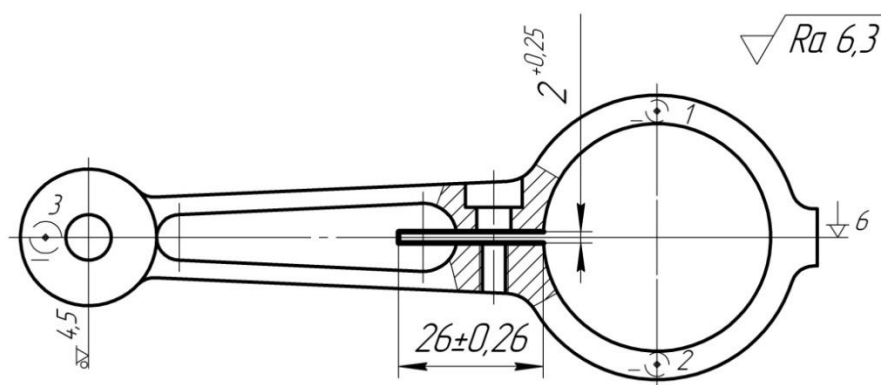


Рисунок 3.18 – Ескіз заготовки на операції 045

На операції виконується паралельна обробка п'ятьох заготовок п'ятьма фрезами одночасно. Інструмент установлений на оправку і вставлений у шпиндель верстата із опорою на сергу.

Одночасно на столі верстата встановлені десять заготовок, п'ять із яких обробляються. Така схема дозволяє суттєво скоротити допоміжний час і збільшити продуктивність обробки.

За паспортом верстата беремо розміри стола 400x1600 мм, потужність головного електричного приводу 11 кВт. Ці дані дають змогу обробити одночасно тільки п'ять заготовок, а розмістити на столі десять.

Операція 050. Балансування.

Операція 055. Промивання.

Операція 060. Технічний контроль.

Виконати контроль усіх точних розмірів деталі, шорсткості поверхонь, точності взаємного розміщення поверхонь за вимогами креслення.

У відповідності із розглянутим матеріалом необхідно:

- за узгодженням із викладачем необхідно обрати робоче креслення валу (варіант креслення студенти обирають відповідно з порядковим номером за журналом) ;

- за загальним виглядом деталі необхідно розробити креслення заготовки;

- розробити технологічний процес механічної обробки валу із відображенням змісту та структури операцій, обранням технологічних баз, металорізального обладнання, різального та вимірювального інструментів.

Варіанти деталей наведено далі у додатку В.

Запитання для самоперевірки

1. Обґрунтувати службове призначення та конструктивні особливості важелів і вилок.
2. Визначити основні технічні вимоги до важелів і вилок.
3. Визначити матеріали і способи виготовлення заготовок для важелів і вилок.
4. Особливості технологічного процесу виготовлення вилок у різних типах виробництва.
5. Обґрунтувати службове призначення та конструктивні особливості шатунів.
6. Визначити основні технічні вимоги до точності виготовлення шатунів.
7. Визначити матеріали і способи виготовлення заготовок для шатунів.
8. Особливості технологічного процесу виготовлення шатунів у різних типах виробництва.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

Мета роботи: навчитись проектувати технологічні процеси виготовлення зубчастих коліс.

4.1. Службове призначення і типові конструкції зубчастих коліс

Циліндричні зубчасті колеса призначені для передавання обертального руху між валами із паралельними і перехрещеними осями. Розрізняють:

- силові зубчасті передачі, які передають крутний момент зі зміною частоти обертання валів;
- кінематичні передачі, які призначені для точного обертального руху між валами при незначних крутних моментах.

Зубчасті циліндричні колеса виготовляють із прямими та косими зубцями. Для передавання руху із перехрещеними осями виготовляють із криволінійними зубцями.

Згідно з ДСТУ 1643-81 встановлено 12 ступенів точності передач зубчастих коліс: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Для 1-ї та 2-ї ступенів точності передач зубчастих коліс допуски та граничні відхилення не наводяться.

Механізми, у яких використовуються циліндричні зубчасті колеса, такі: коробки передач тракторів та автомобілів; передні бабки і коробки передач верстатів; передаточні механізми різних виробів і таке інше.

Основні типи зубчастих коліс, які використовуються залежно від службового призначення при виготовленні виробів (автомобілів, тракторів, верстатів), наведені на рисунках 4.1 і 4.2.

I тип. Одновінцеві зубчасті колеса із $L/d > 1$.

Якщо обробити точно отвір та торець, то можна призначити отвір за подвійну технологічну базу, а торець та один із шліців - опорними базами.

II тип. Багатовінцеві зубчасті колеса із $L/d > 1$.

Ці колеса базуються так, як і колеса I-го типу.

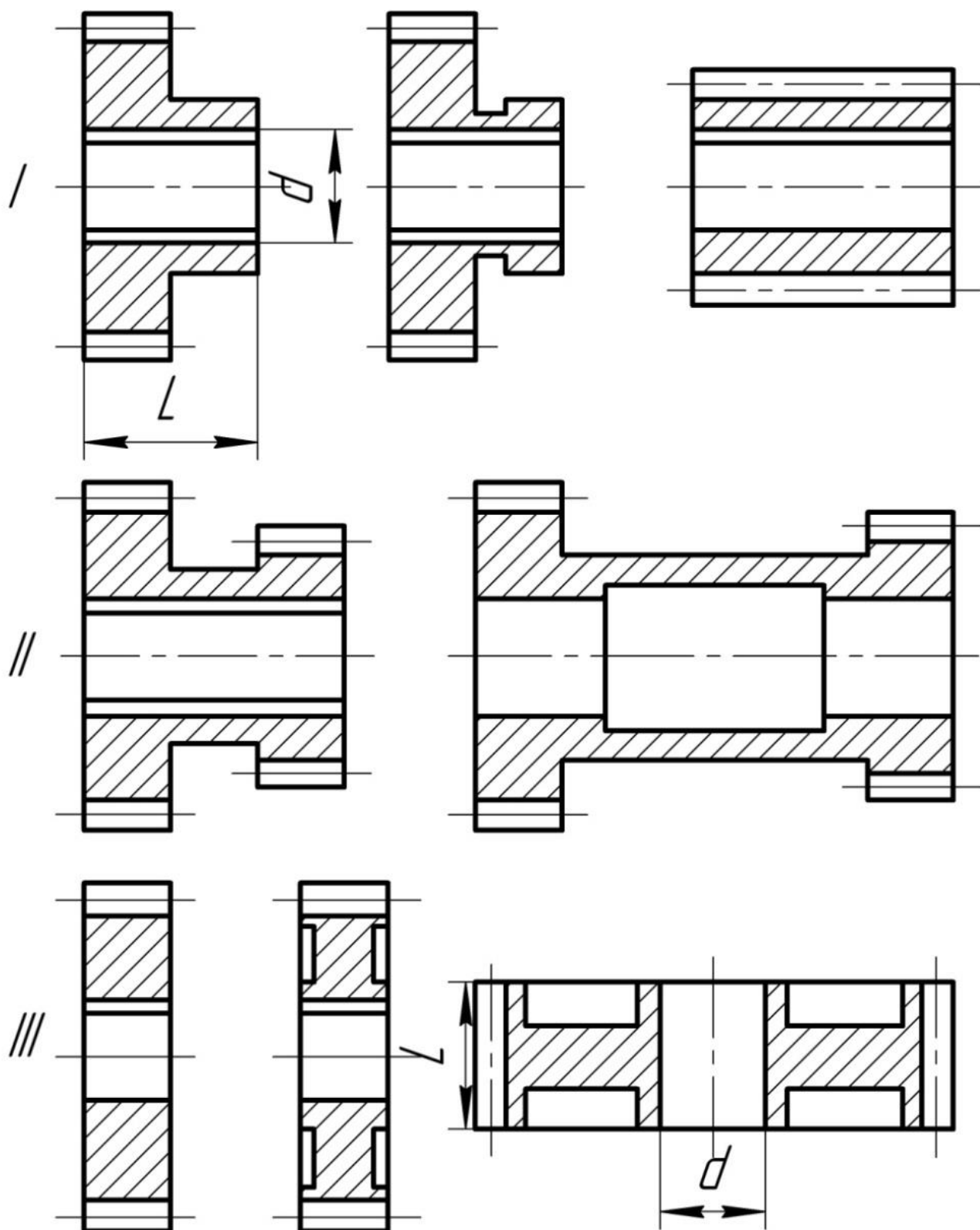


Рисунок 4.1 – Циліндричні зубчасті колеса I – III типів

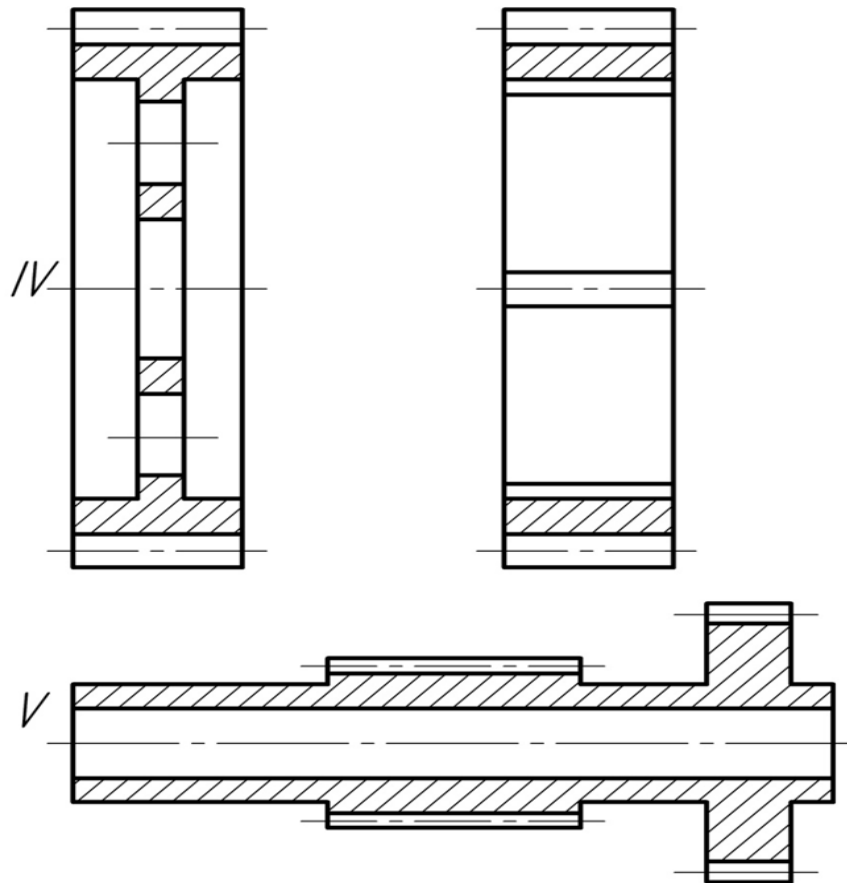


Рисунок 4.2 – Циліндричні зубчасті колеса IV – V типів

III тип. Це зубчасті колеса одновінцеві, типу дисків, у яких $L/d < 1$. У цьому випадку після обробки отвору і однієї із торцевих поверхонь, остання буде виконувати функцію установлювальної бази, а отвір – подвійної опорної.

IV тип. Це вінцеві колеса, у яких посадочний отвір є великим (шліцьовим). Цим отвором колесо насаджується і закріплюється на маточині і разом з ним утворює одно або багатовінцеві колеса.

V тип. Це зубчасті колеса-вали, які мають велику довжину відносно його діаметрів.

Типи I-V визначають різні конструкції зубчастих коліс середніх розмірів, які часто зустрічаються у машинобудуванні. Колеса зазначених типів бувають із прямими і косими зубцями. У деяких випадках, наприклад, редукторах, де мають місце великі крутні моменти, використовують шевронні зубчасті колеса із зустрічними косими зубцями.

Використовування косих зубчастих коліс має перевагу порівняно з колесами із прямими зубцями. Такі зубчасті передачі мають велику плавність, різке зменшення шуму через високий коефіцієнт перекриття, але ускладнені є монтажна схема та конструкція редуктора.

4.2. Заготовки для виготовлення зубчастих коліс

Серійне виробництво. Заготовки для зубчастих коліс виготовляють із:

- прокату;
- поковки, виконаної вільним куванням на кувальному молоті;
- штампованої заготовки у підкладних штампах, яка вироблена на пресах;
- поковки, яка виготовлена на горизонтально-кувальній машині (ГКМ);
- виливків, якщо матеріалом зубчастого колеса є чавун, бронза.

Великосерійне і масове виробництво. Заготовки виготовляють у закріплених штампах на штампувальних молотах і кувальних пресах, як у відкритих (із облоєм), так і у закритих (без облою) штампах. Заготовки діаметрами до 175 мм виготовляються на ГКМ у рознімних штампах. Якщо розміри заготовки $L/d \square 5$, то її виготовляють із прошитим отвором.

На рисунках 4.3 та 4.4 наведені ескізи заготовок, які виготовлені різними способами обробки тиском.

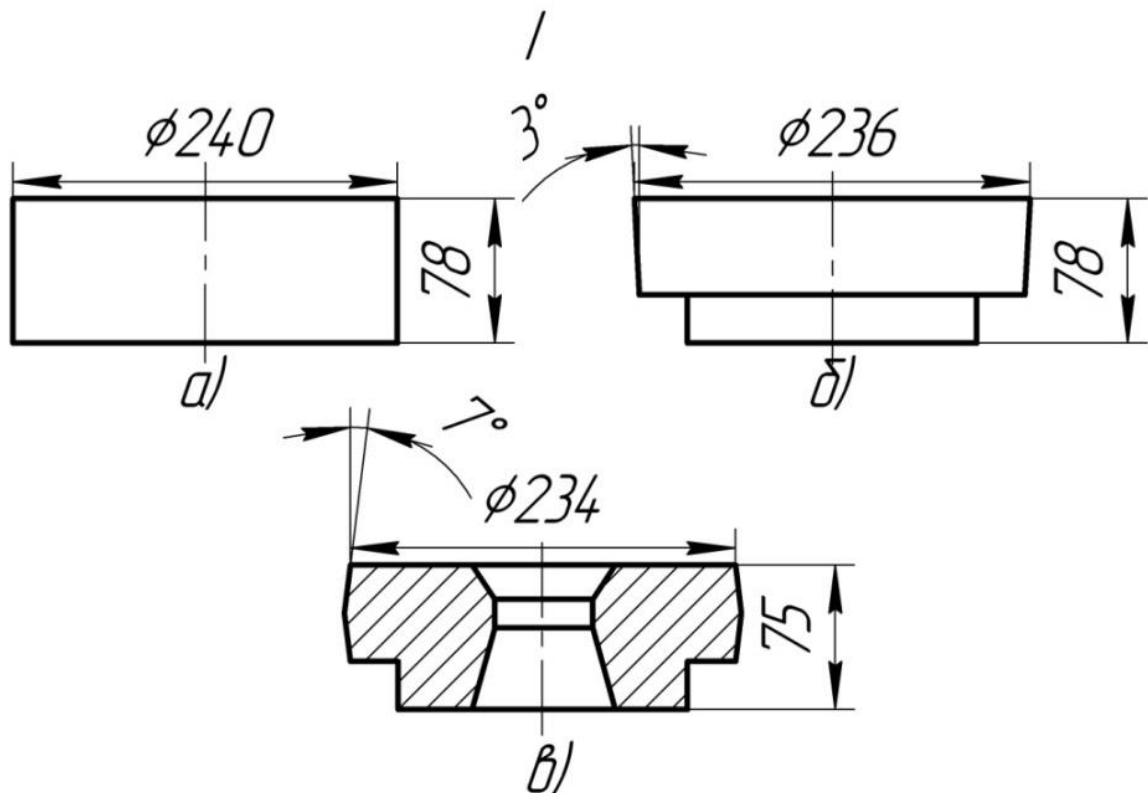


Рисунок 4.4 – Ескізи заготовок: І – одновінцеві колеса;
а) поковка; б) штампування у підкладному штампі;
в) штампування у закріпленому штампі

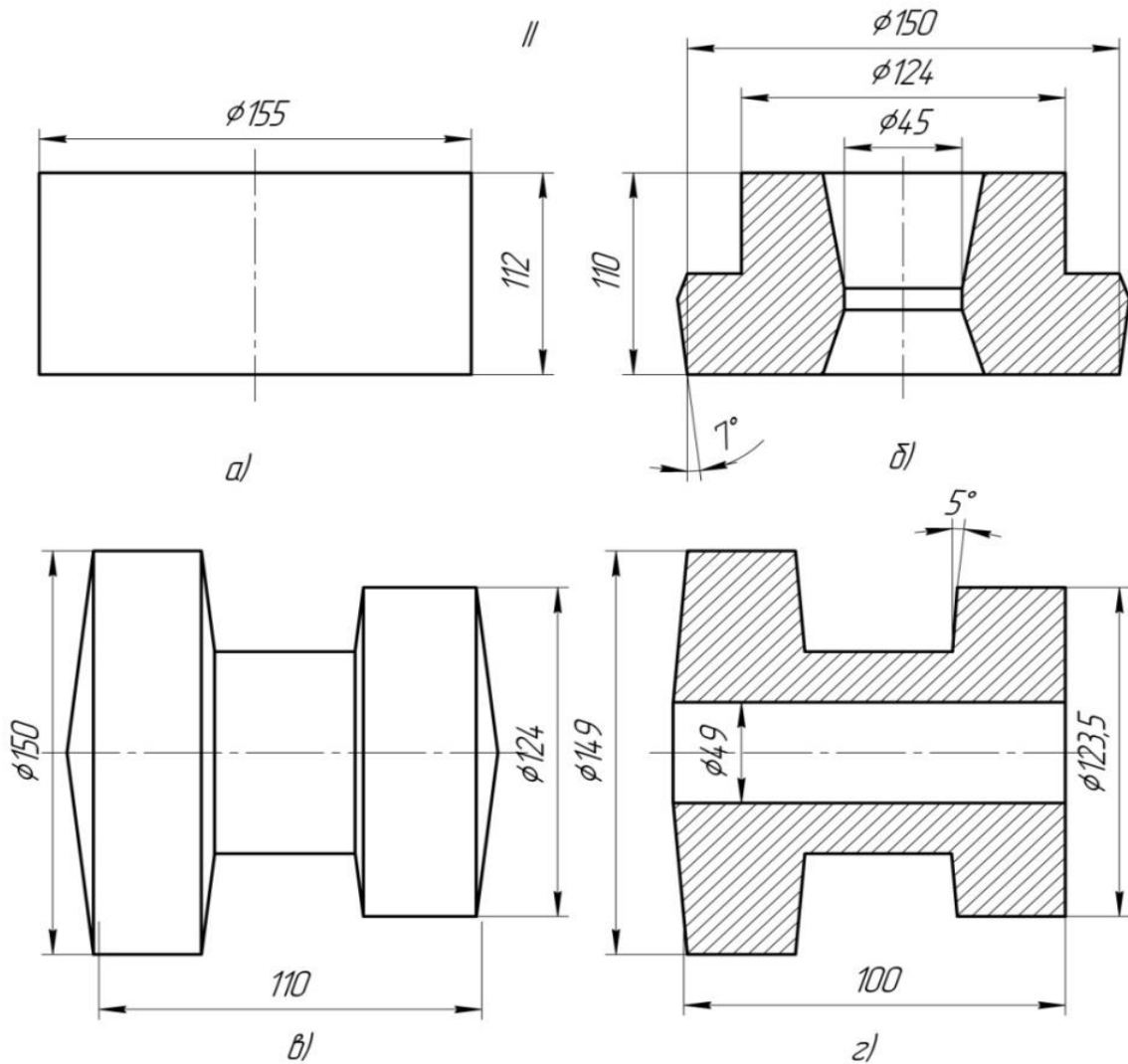


Рисунок 4.4 - Ескізи заготовок: II – двовінцеві колеса;
 а) поковка; б) штампування на молоті у торець;
 в) штампування на молоті вздовж осі;
 г) штампування на ГKM

4.3. Приклад технологічного процесу виготовлення циліндричних зубчастих коліс [3]

Наведемо технологічний процес для зубчастого колеса, зображеного на рисунку 4.5. Марка матеріалу зубчастого колеса – сталь 40X ГОСТ 4543-71. Маса деталі 6,99 кг. Технічні вимоги до виконання зубців наведені в таблиці 4.1 (таблиця повинна розміщуватися на аркуші креслення деталі).

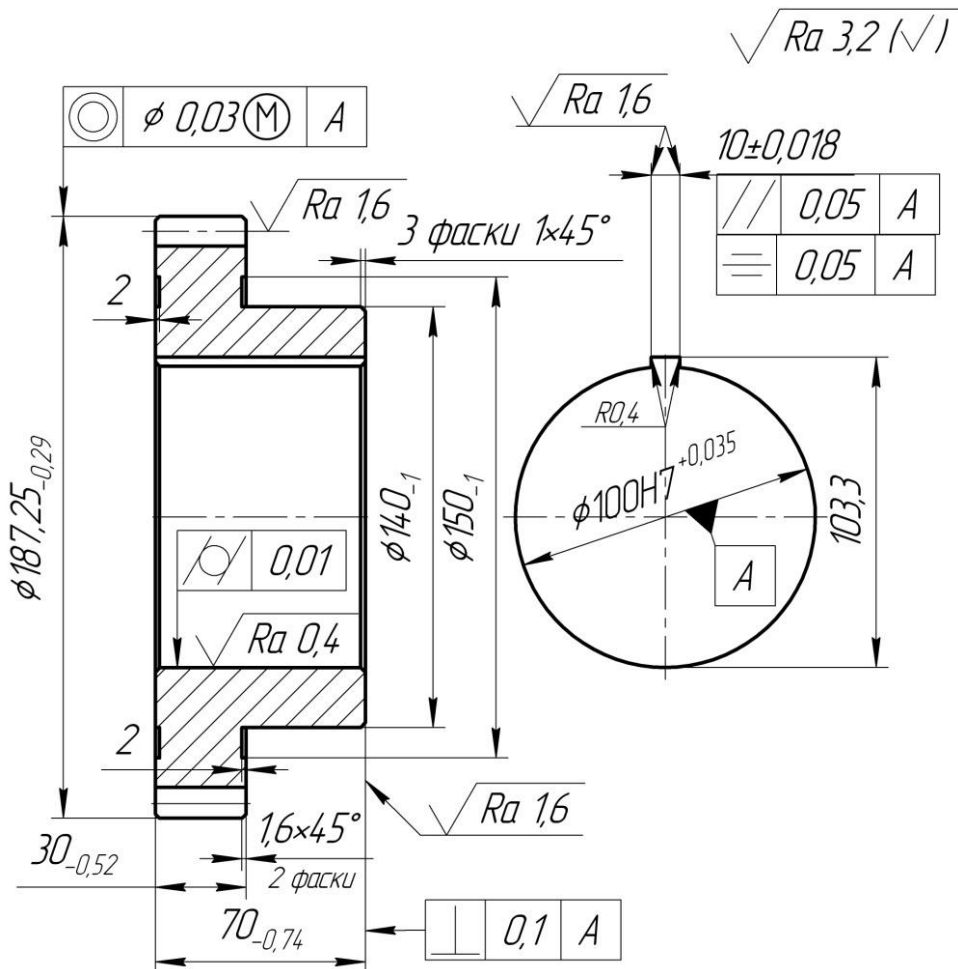


Рисунок 4.5 – Креслення колеса зубчастого

Таблиця 4.1 – Вимоги до зубців колеса

Модуль	m	3
Кількість зубців	z	58
Кут нахилу	β	$18^\circ 20'$
Напрямок зубця	-	правий
Вихідний контур	-	ДТСУ13755-81
Коефіцієнт зміщення вихідного контуру	X	0
Ступінь точності ДСТУ 1643-81	-	8-B
Дільний діаметр	d	181,25

Операція 005. Обробка тиском.

Заготовка виготовлена на кувальному пресі КГШП (штампування у закріпленому штампі). Розміри і допуски, технічні вимоги розраховані згідно з ГОСТ 7505-89. Маса штамповки 11,2 кг; клас точності Т4; група сталі М2; ступінь складності С1; конфігурація поверхні рознімання штампу П (площинна); вихідний індекс 14 (див. рис. 4.6).

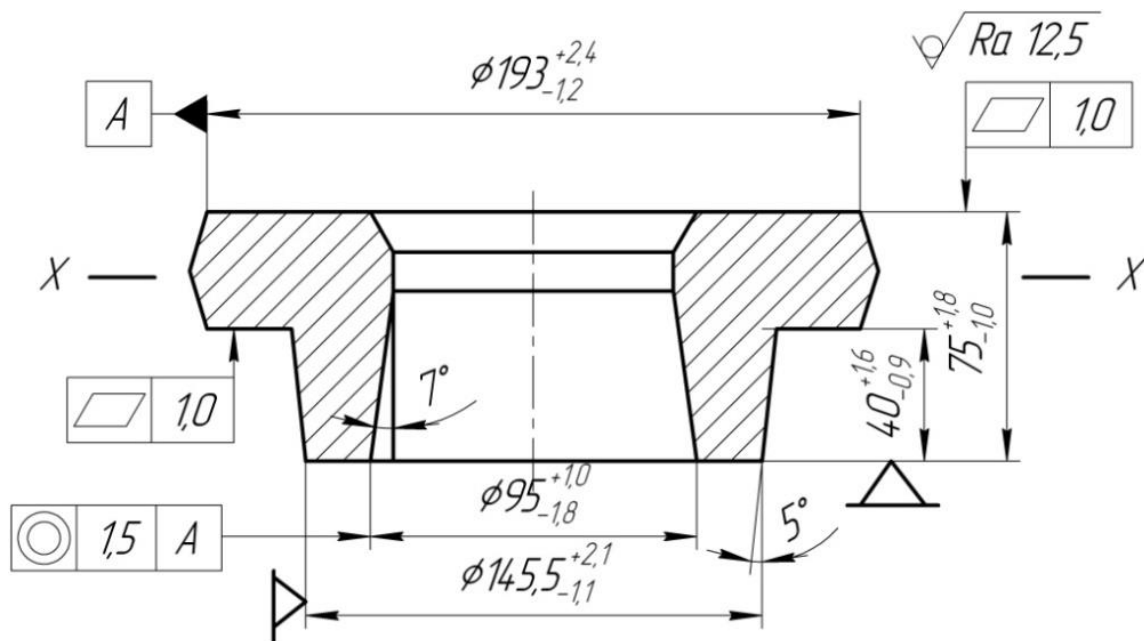


Рисунок 4.6 – Ескіз заготовки на операції 005

Операція 010. Термічна обробка.

Операція 015. Токарно-автоматна.

Операція виконується на токарному багатошпindelному вертикальному напівавтоматі послідовної дії моделі 1Б284. Цей верстат працює у напівавтоматичному режимі, що відповідає ступеню автоматизації верстатів для серійного – масового типів виробництв. Верстат налагоджений на двоциклову роботу (див. рис. 4.7).

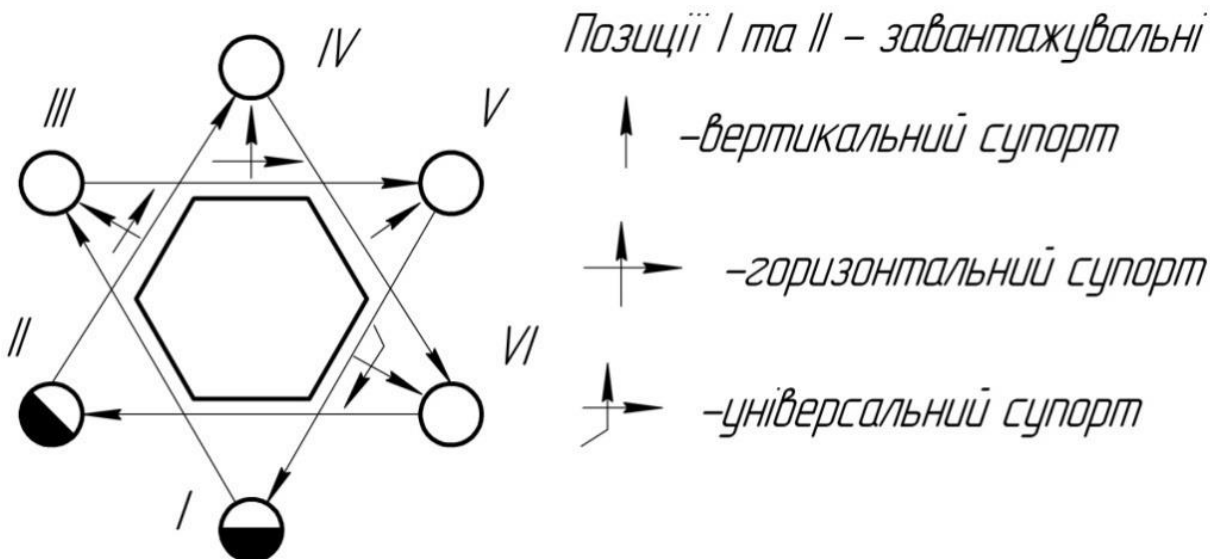


Рисунок 4.7 – Схема налагодження верстата моделі 1Б284 на двоциклову роботу

Позиція I – Завантажувальна (див. рис. 4.8). Заготовка встановлюється чорновими базами у трикулачковий патрон, нормальної точності, важільно-клиновий згідно з ГОСТ 24351-80.

Позиція III – Чорнове обточування (див. рис. 4.9). Двома різцями, які встановлені на вертикальному супорті, розточується отвір 2 і обточується зовнішня поверхня 1. Встановлений на горизонтальному супорті різець підрізає торець 3. На позиції виконуються розміри і шорсткість поверхонь згідно з ескізом.

Позиція I

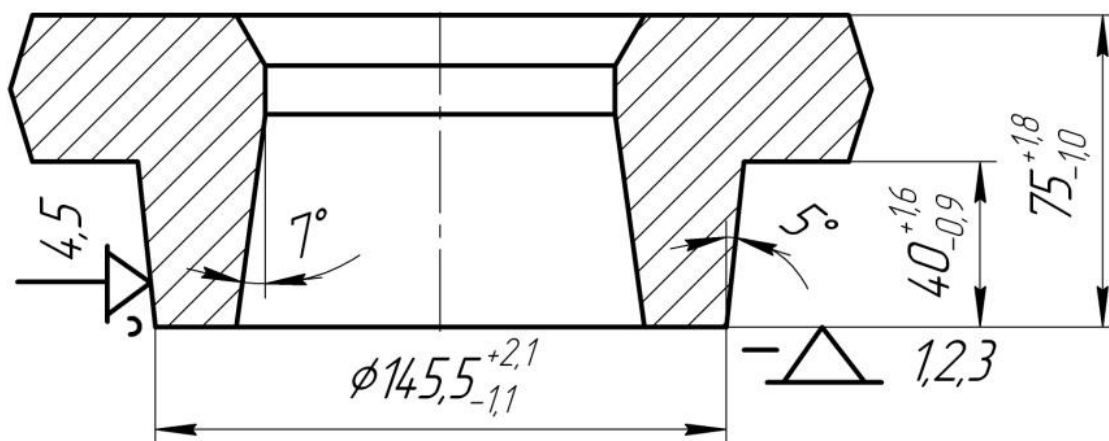


Рисунок 4.8 – Ескіз заготовки на завантажувальній позиції I

Позиція III

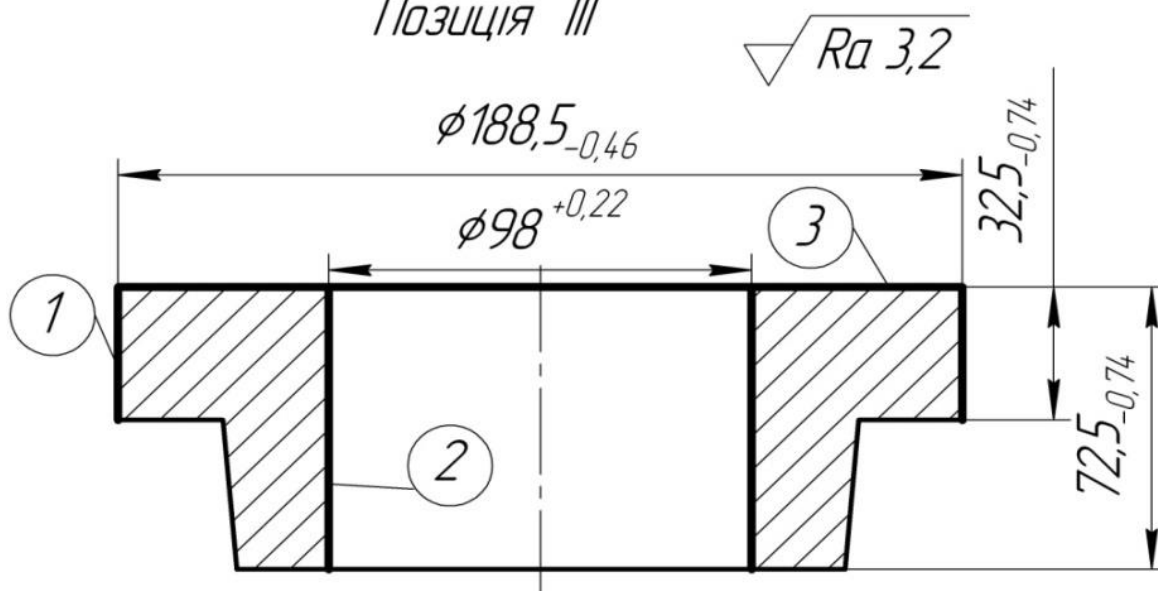


Рисунок 4.9 – Ескіз заготовки на операції 015 (позиція III)

Позиція VI – Чистове обточування (див. рис. 4.13). На цій позиції для обробки отвору у розмір $\varnothing 100H7$ і забезпечення співвісності отворів $\varnothing 100H7$ і $\varnothing 187,25 h11$, шорсткості $R_a = 1,25$ мкм використовується універсальний супорт. Супорт має вертикальну і радіальну подачі, що дозволяє виконати спочатку обробку отвору $\varnothing 100H7$, а потім фаски 14. Різці, які встановлені на горизонтальному супорті, підрізають спочатку торець 13, а потім фаску 12.

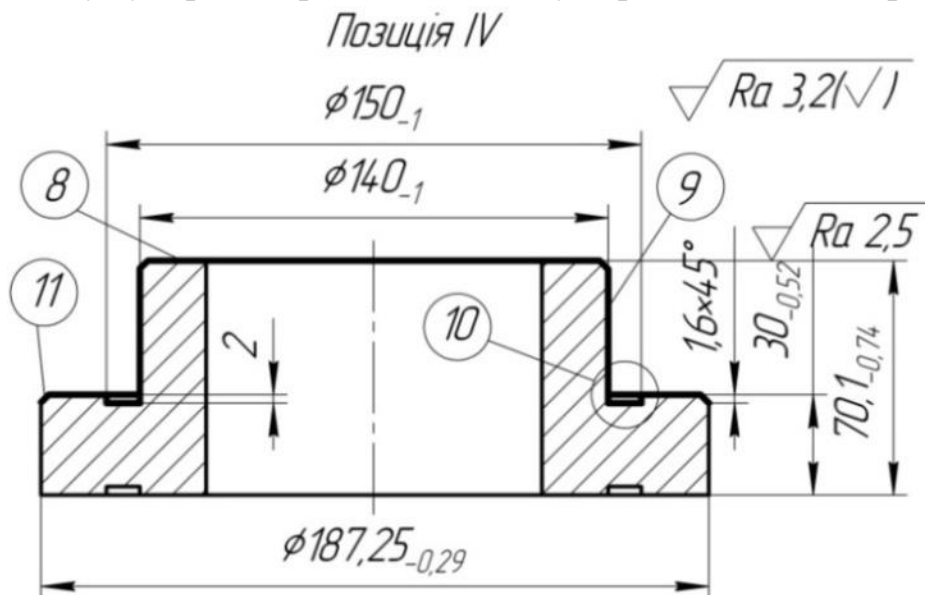


Рисунок 4.12 – Ескіз заготовки на операції 015 (позиція IV)

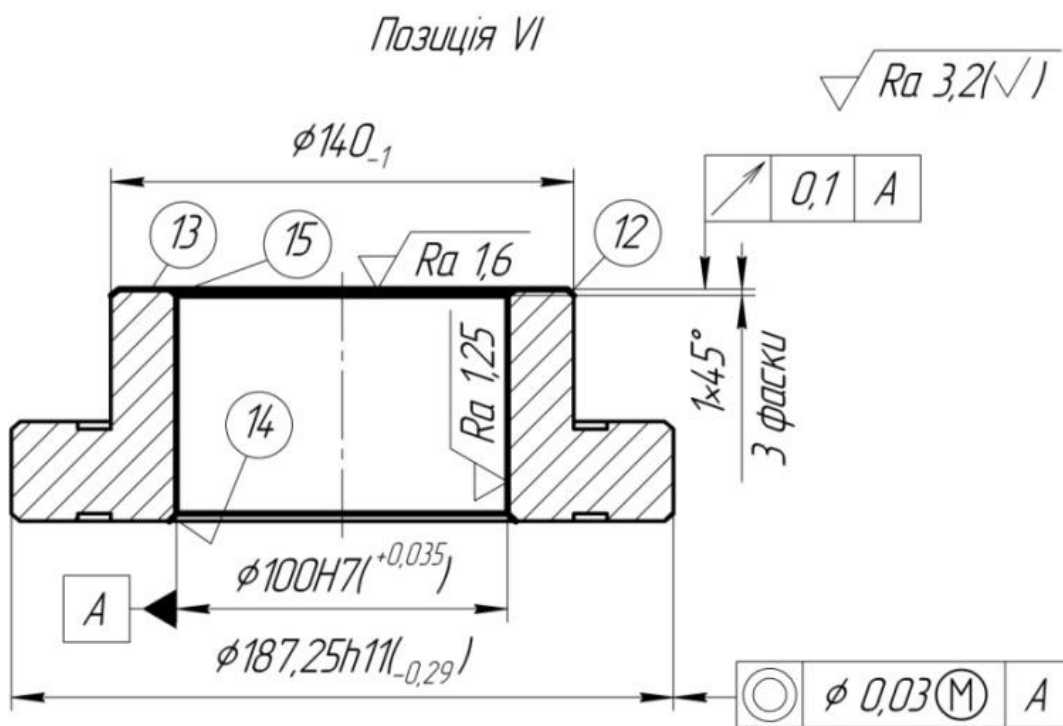


Рисунок 4.13 – Ескіз заготовки на операції 015 (позиція VI)

Операція 020. Протягування.

Операція (див. рис. 4.14) виконується на горизонтально-протяжному верстаті моделі 7Б55.

Обробляється шпонкова канавка розміром $10Is9(\pm 0,018)$ мм, який повністю забезпечується інструментом. Зубчасте колесо (заготовка) насаджується на напрямну оправку (подвійна напрямна база). Оправка має напрямний паз, який визначає напрям руху протяжки, щоб забезпечити технічні вимоги креслення (точність симетричного і паралельного розміщення шпонкового паза стосовно базової поверхні $\varnothing 100H7$). Базовими поверхнями на операції є торець $\varnothing 140/\varnothing 100H7$ (опорна база), який виконаний на операції 015 (позиція VI) із підвищеною точністю, а також протяжка (подвійна напрямна база). Остання вибрана згідно з ГОСТ 18217-80. Своїми параметрами протяжка забезпечує при раціональних режимах потрібну шорсткість бокових поверхонь паза $R_a=1,6$ мкм і підлогової поверхні $R_a=3,2$ мкм.

Операція 025. Зубофрезерна.

Операція (див. рис. 4.15) виконується на зубофрезерному верстаті моделі 53A20.

На операції методом обкатування черв'ячною фрезою нарізають 58 косих зубців за один прохід. Оскільки цей процес має незначну продуктивність, то обробку виконують з осьовою подачею (фреза рухається паралельно осі оброблених заготовок). Для зменшення часу фрезерування (підвищення продуктивності) збільшують кількість заходів фрези (два заходи). Одночасно сумісно оброблюють дві заготовки, що зменшує допоміжний час операції. Додатково збільшують частоту обертання фрези і осьову подачу. Так, режим обробки становить: осьова подача фрези 100-150 мм/хв; швидкість різання 50-80 м/хв. Обробка виконується фрезою із матеріалу Р9К10. Використання такої схеми фрезерування забезпечує ступінь точності 8-В, шорсткість зубців $R_a=3,2$ мкм на ділильному діаметрі 174 мм.

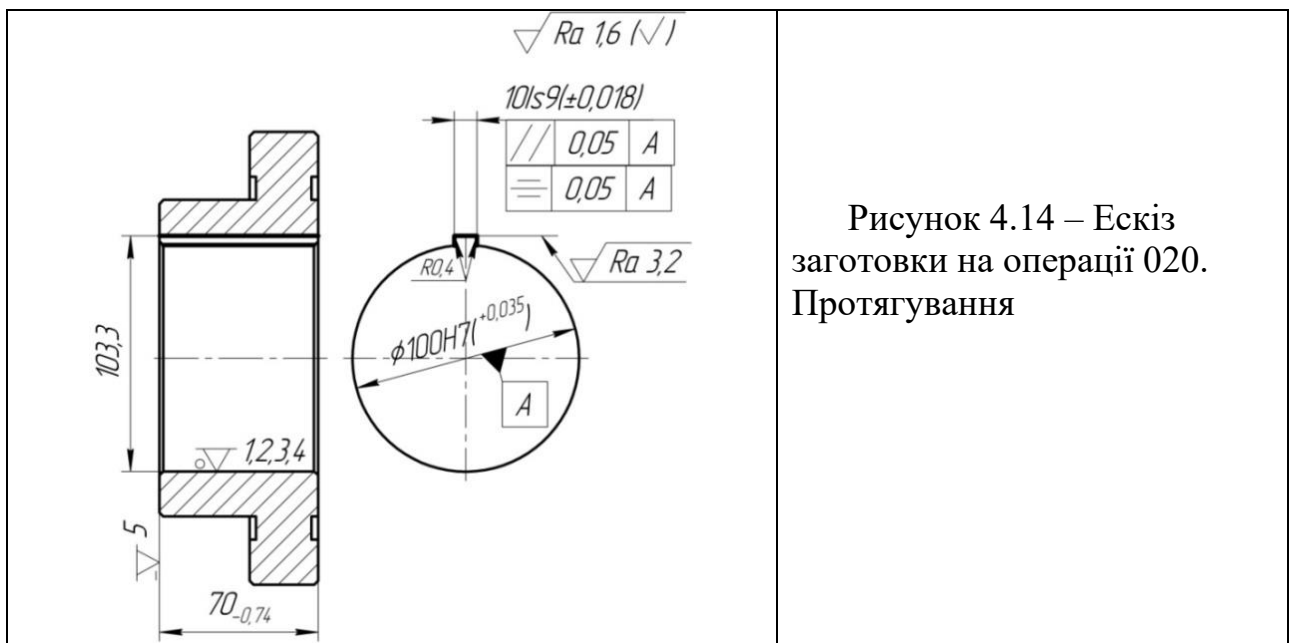


Рисунок 4.14 – Ескіз заготовки на операції 020. Протягування

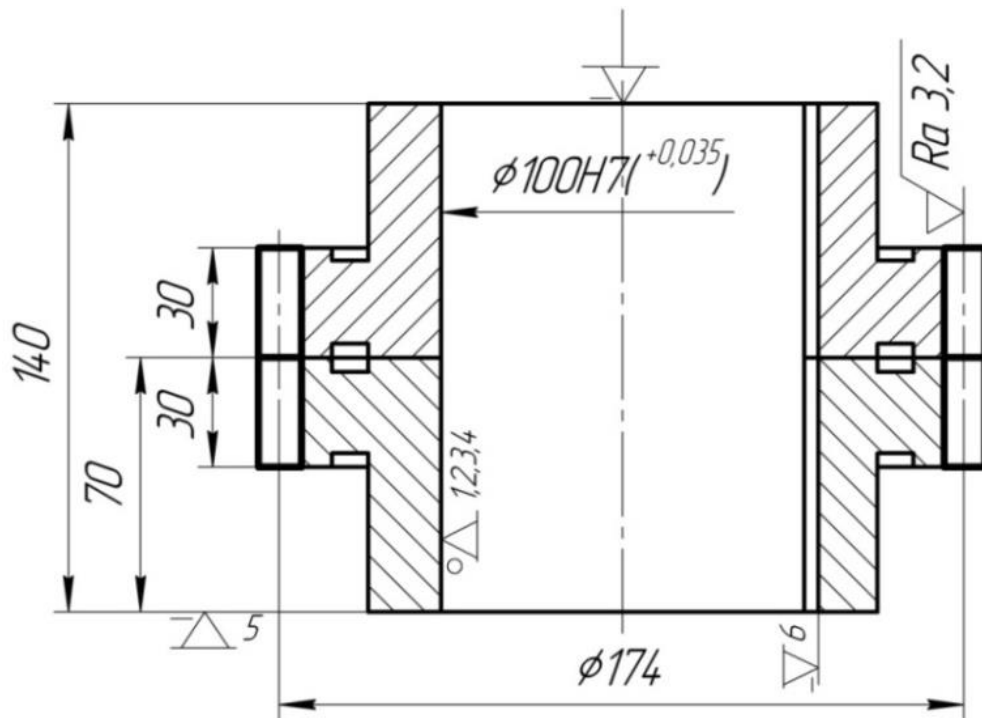


Рисунок 4.15 – Ескіз заготовки на операції 025. Зубофрезерна

Операція 030. Хонінгувальна.

Операція виконується на вертикально-хонінгувальному верстаті моделі 3М83 (див. рис. 4.16). Основна мета операції – забезпечити шорсткість поверхні $R_a=0,4$ мкм, а також форму отвору (відхилення від циліндричності не більше 0,01 мм). Ці вимоги креслення надійно забезпечуються однією операцією, на якій використовують алмазні бруски із характеристикою 63/50 АСР, зв'язка М1, тиск бруска на поверхню заготовки становить 0,4-0,6 МПа. На операції використовують самоустановлювану хонінгувальну головку і жорстке кріплення заготовки у верстатному пристрої. Така схема базування і закріплення застосовується для обробки заготовок, які мають опорну базу, розміщену перпендикулярно до осі отвору (див. технічні вимоги на рис. 4.5).

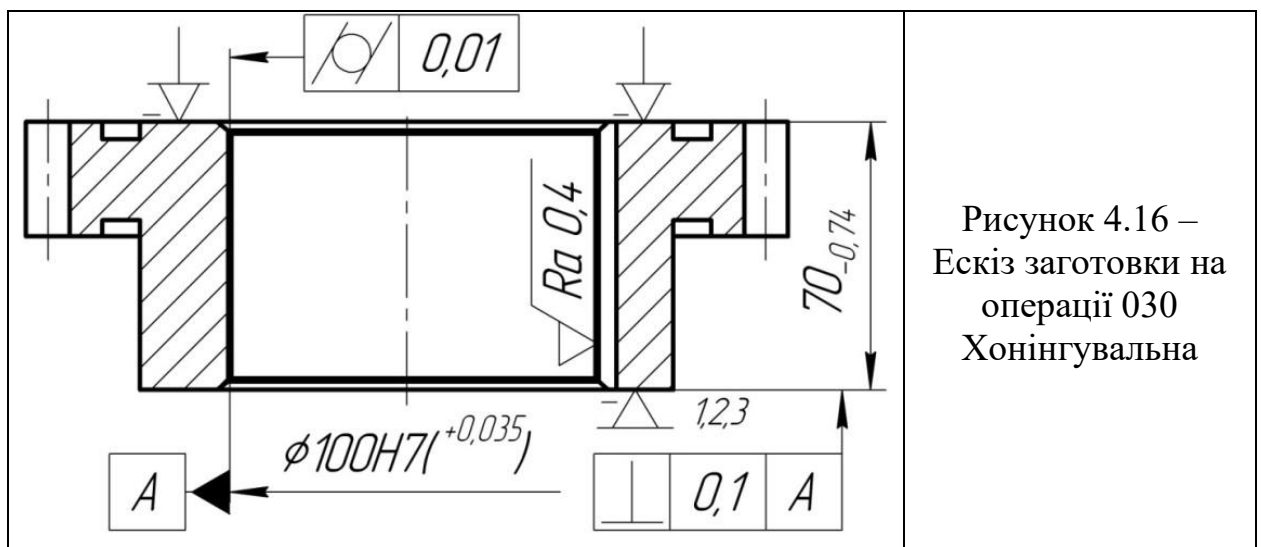


Рисунок 4.16 – Ескіз заготовки на операції 030 Хонінгувальна

Операція 035. Промивання.

Операція 040. Технічний контроль.

Виконується контроль зубців колеса, отвору, шорсткості їх поверхонь, точності взаємного розміщення поверхонь згідно з технічними вимогами креслення.

Виконати контроль усіх точних розмірів деталі, шорсткості поверхонь, точності взаємного розміщення поверхонь за вимогами креслення.

У відповідності із розглянутим матеріалом необхідно:

- за узгодженням із викладачем необхідно обрати робоче креслення зубчастого колеса (варіант креслення студенти обирають відповідно з порядковим номером за журналом);
- за загальним виглядом деталі необхідно розробити креслення заготовки;
- розробити технологічний процес механічної обробки зубчастого колеса із відображенням змісту та структури операцій, обранням технологічних баз, металорізального обладнання, різального та вимірювального інструментів.

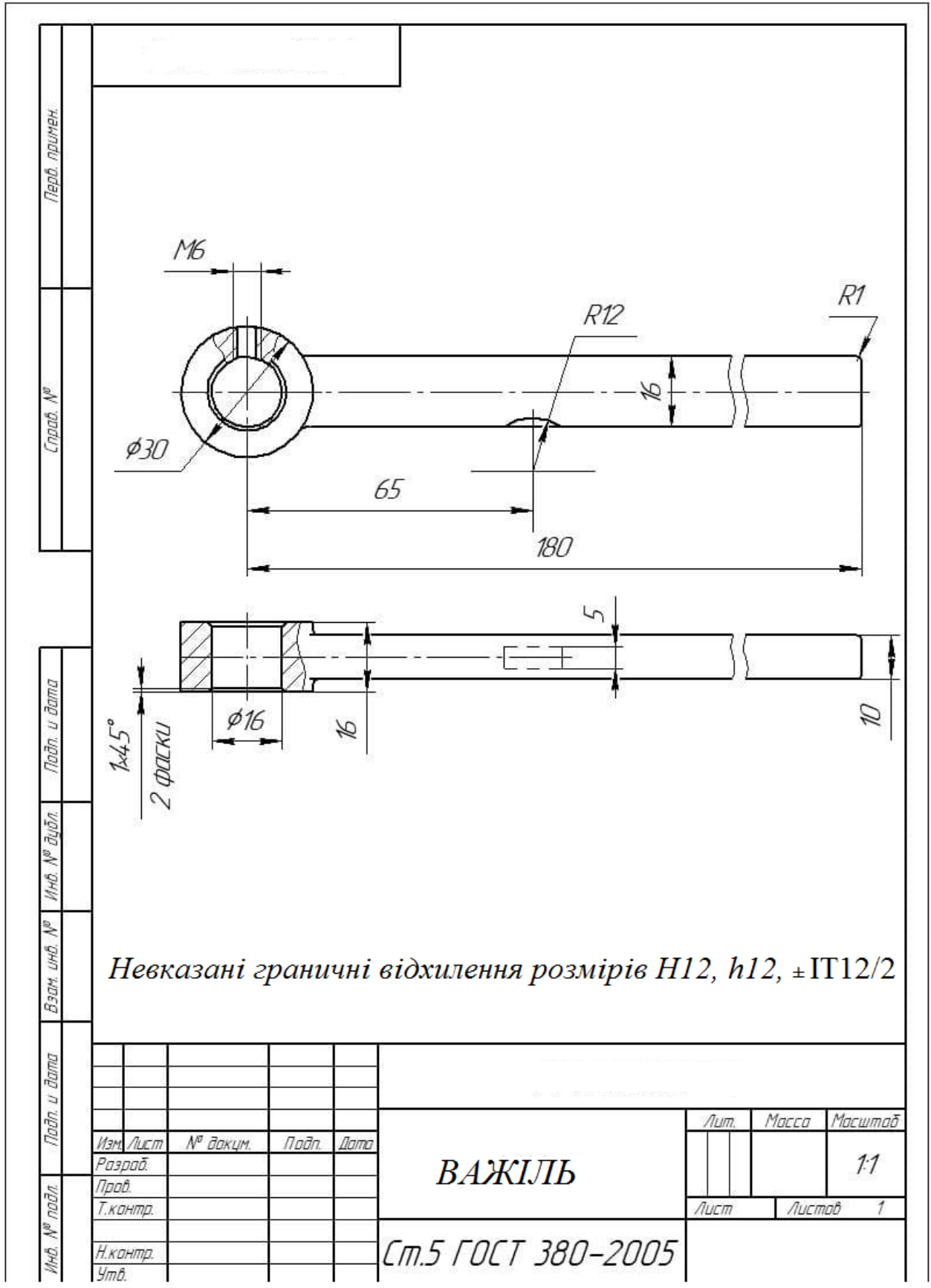
Запитання для самоперевірки

1. Обґрунтувати службове призначення і типові конструкції зубчастих коліс.
2. Визначити, за якими технічними вимогами виготовляються зубчасті колеса.
3. Обґрунтувати вибір матеріалу, термічної обробки та методу виготовлення заготовки для зубчастих коліс.
4. Визначити технологічну послідовність виготовлення циліндричних зубчастих коліс.

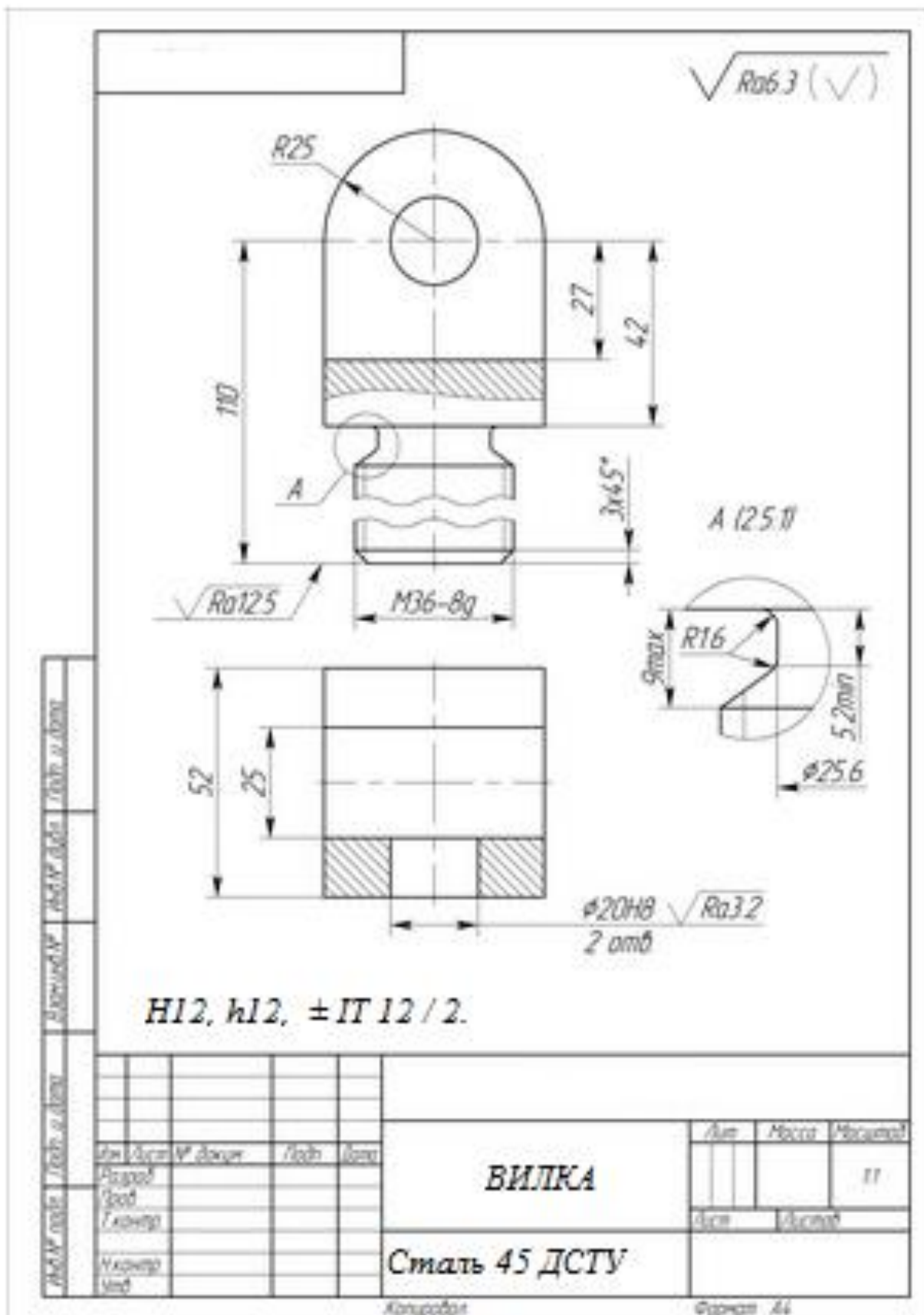
ВИКОРИСТАНА ТА РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Конспект лекцій з дисципліни “Технологія обробки типових деталей” для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка усіх форм навчання / уклад.: В. М. Анісімов. Дніпро : УДУНТ, 2022. 83 с.
2. Мельничук П. П., Боровик А. І., Лінчевський П. А. Технологія машинобудування : підручник. Житомир : ЖДТУ, 2005. 876 с.
3. Технологія обробки типових деталей та складання машин : конспект лекцій / уклад.: В. І. Савчук. Суми : СумДУ, 2011. 227 с.
4. Цехмистро И. С. Технология изготовления деталей и сборки машин : учеб. пособие. Днепропетровск : ГИПОмет, 2002. 190 с.
5. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні : навч. посіб. Київ : Вища школа, 1993. 414 с.

ВАРІАНТ 3.2



ВАРИАНТ 3.3



ВАРІАНТ 3.4

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

$H12, h12, \pm \frac{IT12}{2}$

Лист	Масса	Масштаб			
11		1:1			
Лист	Листов	1			

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата	ВАЖІЛЬ СтЗ ДСТУ 380-94
Разрад					
Проб					
Т.контр					
Н.контр					
Утв.					

Копіював
Формат А4

ВАРІАНТ 3.6

Лист	№ докум	Подп.	Дата	ВАЖІЛЬ	Лист	Маса	Масштаб
Разраб.					12		
Проб.				Ст3 ДСТУ 380-94	Лист	Листов 1	
Т.контр.							
Н.контр.							
Утв.							

1. * Розмір для довідки.

2. Невказані граничні відхилення H12, h12, ± IT12 / 2.

Копіював

Формат А4

1

143

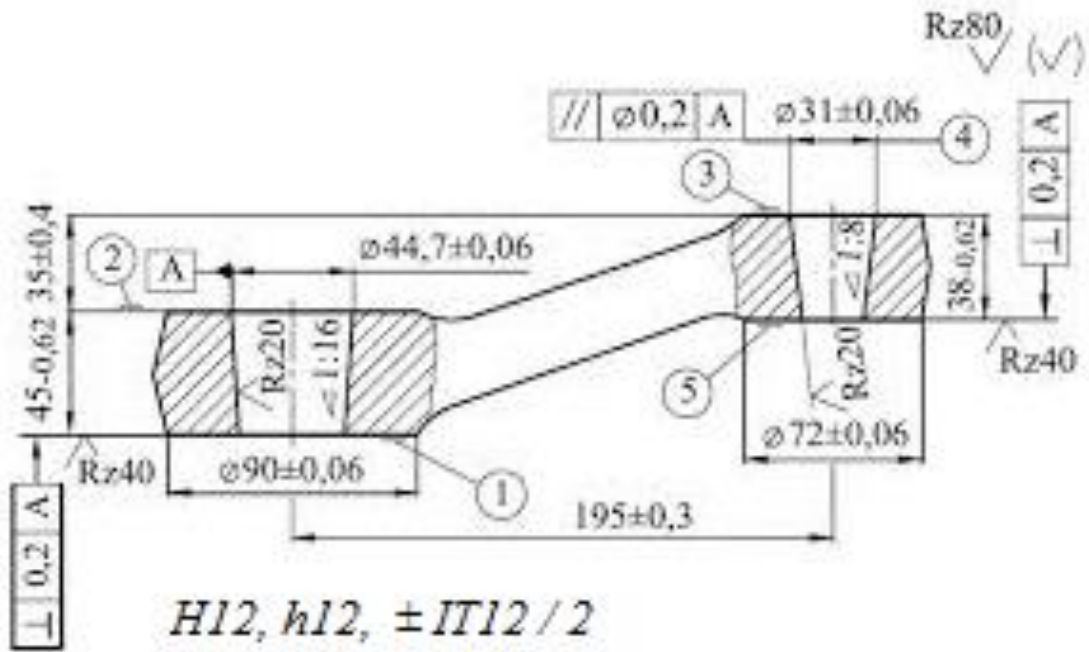
√ Ra 6,3 (√)

√ Ra 3,2

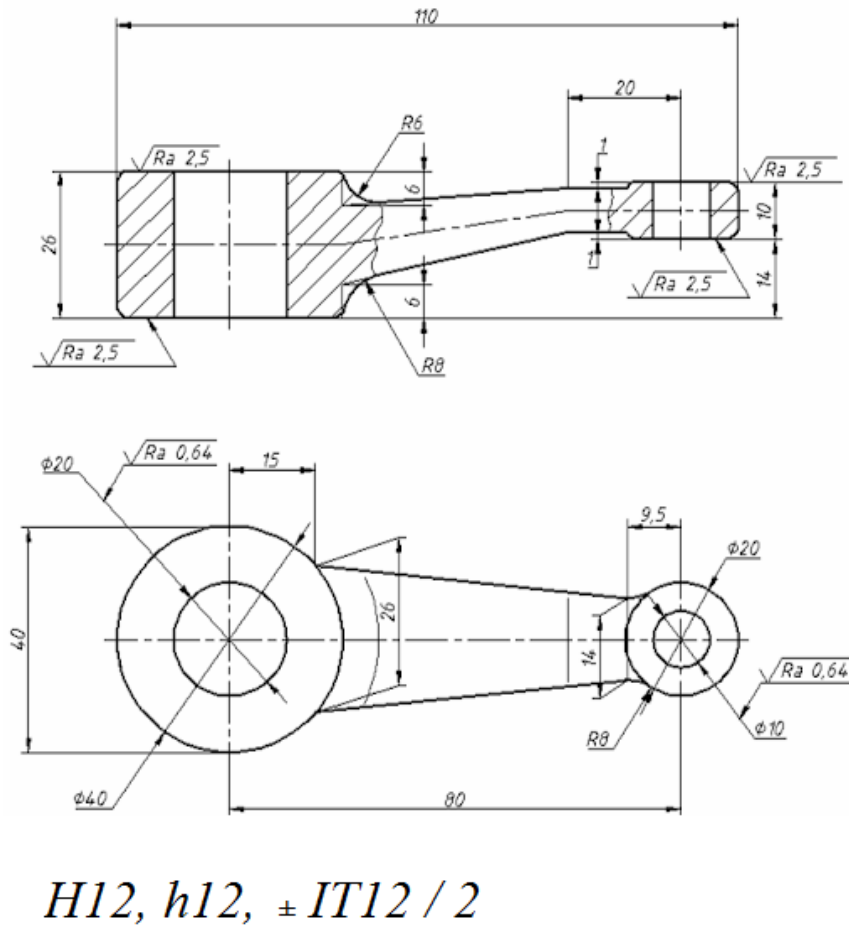
Ra 2,5

Ra 2,5

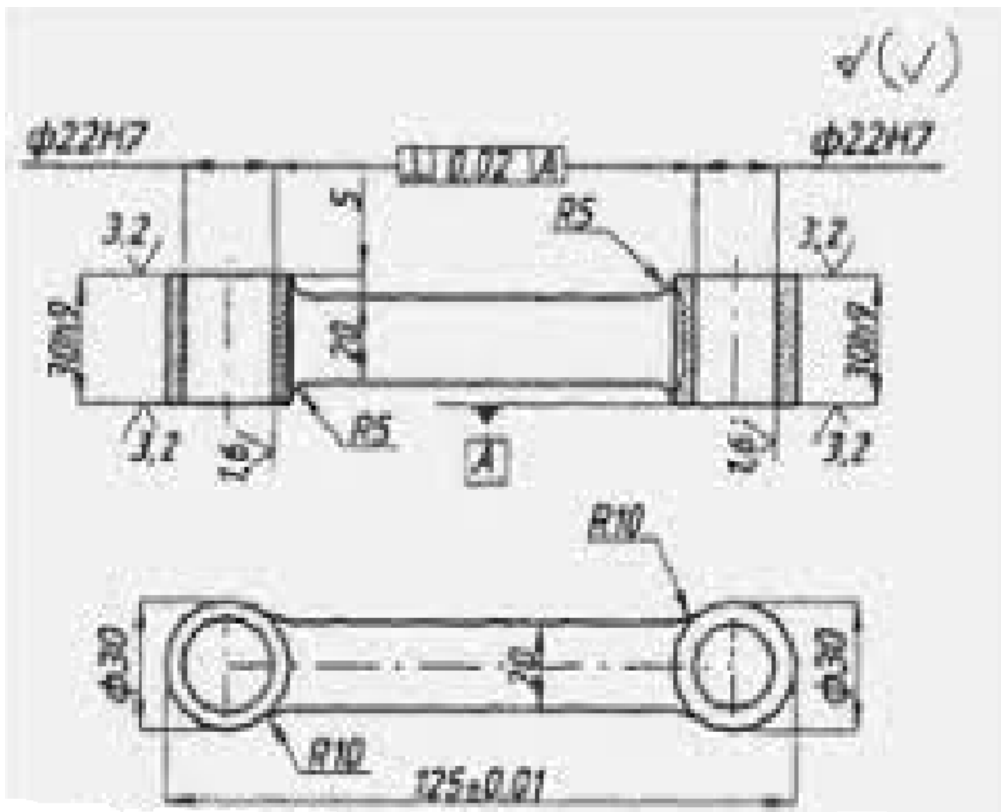
BAPIAHT 3.7



BAPIAHT 3.8

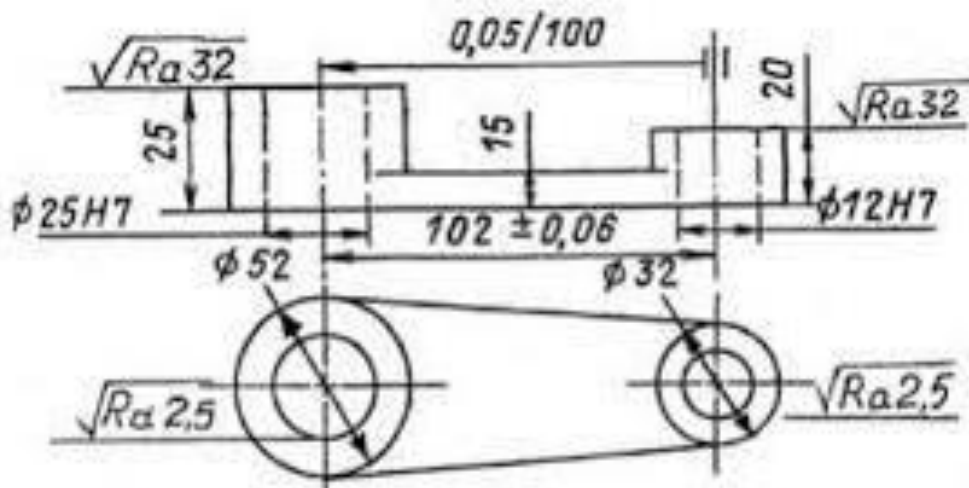


ВАРІАНТ 3.9



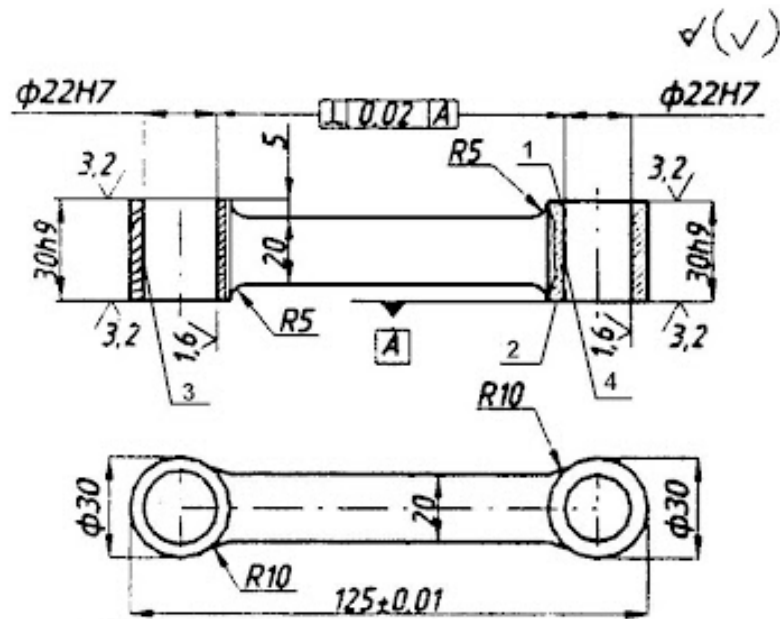
1. HRC 45 ... 50.
2. Гострі кромки скруглити $R 0,5 \dots 0,8$.
3. H14, h14, $\pm IT 14 / 2$.

ВАРІАНТ 3.10



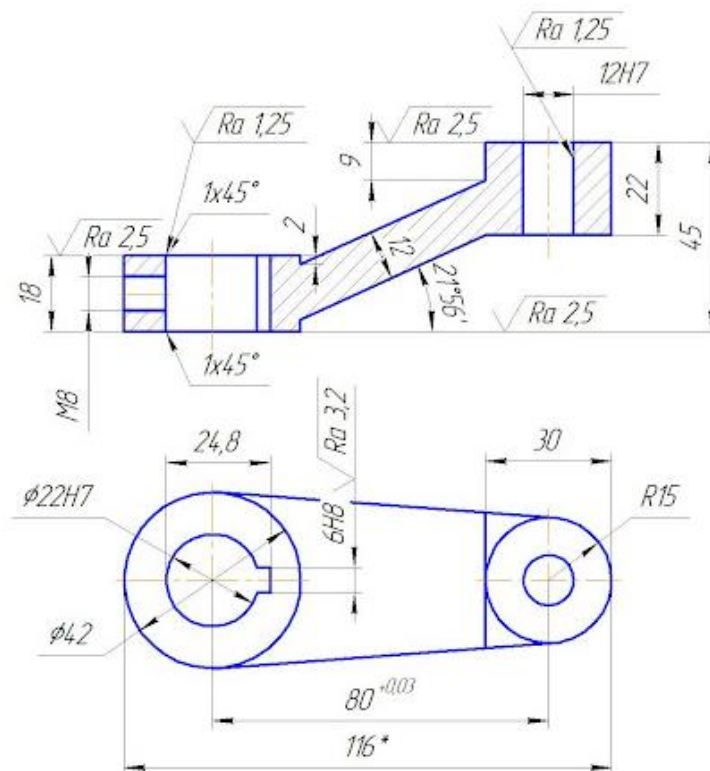
1. Допустима ексцентричність отворів у бобшиках не більше 1,4 мм.
2. Матеріал Сталь 20.
3. H12, h12, $\pm IT 12 / 2$.

ВАРІАНТ 3.11



1. HRC 45 ... 50
2. Гострі кромки скруглити R 0,5 ... 0,8.
3. H14, h14, $\pm IT14 / 2$.

ВАРІАНТ 3.12



1. Непаралельність осей $\phi 12H7$ та $\phi 22H7$ не більше 0,05 мм.
2. H12, h12, $\pm IT12 / 2$.
3. * Розміри для довідки.

Навчально-методичне видання

Анісімов Володимир Миколайович

ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ

Навчально-методичні рекомендації
до проведення практичних занять

Частина 2

В авторській редакції

Експертний висновок склав канд. техн. наук, доц. Володимир Гришин

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 708 від 13.03.2024)

Формат 60x84 ¹/₁₆. Ум. друк. арк 2,62. Обл.-вид. арк. 1,02.
Зам. № 28

Видавець: Український державний університет науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010