

Міністерство аграрної політики України
Вінницький державний аграрний університет

Кафедра "Машини і обладнання сільськогосподарського виробництва"

Іванов М.І., Дусанюк Ж.П., Дусанюк С.В.,
Міщук О.М., Шаргородський С.А.

**«ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО
МАШИНОБУДУВАННЯ»
НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК
Частина 2**

Для студентів факультету механізації сільського господарства

Вінниця – 2010

ББК 34.5 я 73
Т38
УДК 621.9:658.5

Рецензенти

Савуляк В.І. - доктор технічних наук, професор, зав. кафедри
«Технологія підвищення зносостійкості» Вінницького національного
технічного університета

Переяславський О. М. - кандидат технічних наук, доцент кафедри
«Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва»
Вінницького національного аграрного університета.

Іванов М.І. Технологічні основи сільськогосподарського
машинобудування [навчальний посібник] / М.І. Іванов, Ж.П. Дусанюк, С.В.
Дусанюк, О.М. Міщук, С.А. Шаргородський. — Вінниця.

Посібник призначений для практичної підготовки студентів —
виконання лабораторних робіт. До його складу входять короткі теоретичні
відомості, порядок виконання роботи, вимоги до оформлення звіту,
питання для самоконтролю знань студентів, список літератури.

©Іванов М.І.,2010
©Дусанюк Ж.П., 2010
©Дусанюк С.В.,2010
©Міщук О.М.,2010
©Шаргородський С.А.,2010

Вступ

Машинобудування є найважливішою галуззю промисловості. Його продукція – машини різноманітного призначення постачають всім галузям народного господарства. Зростання промисловості та народного господарства, а також темпів переозброєння їх новою технікою в значній мірі залежить від рівня розвитку машинобудування.

Однією із провідних галузей машинобудівної промисловості держави є сільськогосподарське машинобудування. Вирішення завдань збільшення виробництва продукції сільського господарства в нашій країні передбачає високі темпи розвитку саме сільськогосподарського машинобудування.

Удосконалення конструкцій машин і засобів механізації вимагає безперервного підвищення технології їх виробництва. Машини, які використовують в сільському господарстві, повинні мати не тільки високі експлуатаційні характеристики, надійність та довговічність, але й мають бути виготовлені із найменшими затратами праці та матеріальних засобів. Для цього при їх виготовленні необхідно використовувати найбільш прогресивні технологічні процеси і впроваджувати останні досягнення науки і техніки.

Технічний прогрес в сільськогосподарському машинобудуванні характеризується не тільки удосконаленням конструкцій машин, але й безперервним підвищенням рівня технологій їх виробництва. Важливо якісно і в задані терміни з мінімальними витратами праці виготовити машину, застосовуючи високопродуктивне обладнання, оснащення, засоби механізації і автоматизації виробництва. Від застосованої технології виробництва суттєво залежить надійність роботи машин, а також економічність їх експлуатації. Розвиток нових прогресивних технологічних методів сприяє конструюванню більш досконалих машин, зниженню їх собівартості та зменшенню затрат праці на їх виготовлення.

Значний об'єм випуску сільськогосподарських машин став можливим завдяки розвитку високопродуктивних методів виробництва, а підвищення швидкохідності, точності, потужності, робочого тиску, коефіцієнта корисної дії, зносостійкості та інших показників роботи машини було досягнуто в результаті розробки нових технологічних методів та процесів. Загальне конструювання та конструктивне оформлення машини неможливо розробляти без урахування технології її виготовлення.

Досконалість конструкції машини характеризується її відповідністю сучасному рівню техніки, економічністю в експлуатації, а також тим, в якій мірі враховано можливості використання найбільш економічних та продуктивних технологічних методів її виготовлення відповідно до заданого випуску та умов виробництва. Конструкцію машини, в якій ці вимоги враховано, називають технологічною.

Підвищуючи технологічність конструкції, можливо збільшити випуск продукції при тих же засобах виробництва та знижувати собівартість її виготовлення. Недооцінювання технологічності конструкції призводить до корегування робочих креслень виробу після її розробки, до збільшення терміну підготовки та додаткових витрат виробництва. Недостатня технологічність конструкції виробу – велика перепона на шляху автоматизації їх виробництва.

Актуальною є задача підвищення технологічного забезпечення якості сільськогосподарських машин, їх точності. Точність в сільськогосподарському машинобудуванні має велике значення для підвищення експлуатаційної якості машин і для технології їх виготовлення. Підвищення точності виготовлення заготовок деталей машин зменшує трудомісткість механічної обробки, а підвищення точності механічної обробки скорочує трудомісткість складання в результаті зникнення припасувальних робіт та забезпечення взаємозамінності деталей виробу. При автоматизації виробництва необхідна якість продукції повинна бути одержана в результаті стабільної та надійної роботи технологічного обладнання. З розвитком автоматизації виробництва задача виготовлення продукції високої якості стає досить актуальною. Її вирішення повинно базуватися на дослідженні технологічних факторів, що впливають на точність, а також на застосуванні нових прогресивних технологічних методів та процесів. Встановлення заданої точності – відповідальна задача конструкторів, а її технологічне забезпечення при найменших витратах – основна задача технологів. Точність повинна визначатись на основі аналізу умов роботи машини з урахуванням економії її виготовлення та наступної експлуатації.

Предметом дисципліни “Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування” є наука про виготовлення машин заданої якості згідно встановленої програми випуску при найменших витратах матеріалів, мінімальній собівартості та високій продуктивності праці, максимально безпечною та полегшеною.

Однією із головних задач дисципліни є вивчення закономірностей технологічних процесів та виявлення параметрів, впливаючи на які можна підвищити інтенсивність виробництва та його якість. Знання цих закономірностей є основною умовою раціональної побудови технологічних процесів, а застосування комп’ютерної техніки, програмного забезпечення, забезпечує скорочення термінів проектування та одержання оптимальних варіантів технологічних процесів.

Технологія виробництва сільськогосподарських машин розглядається в тісному контакті з питаннями конструювання деталей, вузлів і машин, техніко-економічного обґрунтування рішень, агротехнічними вимогами сільськогосподарського виробництва.

Лабораторна робота №1

АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ

Мета роботи – набуття практичних навичок дослідження та проведення аналізу службового призначення деталі, його формулювання та визначення видів поверхонь за призначенням та формою.

1.1. Короткі теоретичні відомості

Службове призначення деталі – це максимально уточнене і чітко сформульоване завдання, для вирішення якого призначається дана деталь.

Без чіткого уявлення про поверхню деталі, яка підлягає виготовленню, параметри якості, що визначають її призначення, шляхи та методи реалізації завдань технологічного проектування неможливо грамотно й обґрунтовано спроектувати (синтезувати) технологічний процес.

Усі поверхні деталі можуть бути класифіковані за призначенням; за порядком відсікання елементів, які їх утворюють; за формою та іншими ознаками [1, 2, 3].

Класифікація поверхонь за призначенням дає змогу конструктору обґрунтовано поставити до поверхонь вимоги щодо точності, шорсткості, твердості та інших параметрів якості. В той же час ця класифікація дає змогу технологу обґрунтовано призначити раціональні схеми базування. Згідно з цією класифікацією всі поверхні поділяють на виконавчі, основні бази, допоміжні бази та вільні поверхні.

Виконавчі поверхні – це поверхні або їх сполучення, за допомогою яких деталь виконує своє службове призначення. Наприклад, конічні та циліндричні посадочні поверхні шпинделя верстата, призначені для встановлення центра і патрона; робочі поверхні кулачків патрона тощо.

Основні бази – поверхні, за допомогою яких деталь орієнтується у виробі. Основні бази називають також конструкторськими.

Допоміжні бази – поверхні деталі, за допомогою яких визначається положення інших деталей, що приєднуються до даної деталі. Деталь своїми основними базами контактує з допоміжними базами деталей, до яких приєднується.

Вільні поверхні – це поверхні деталей, які не стикаються з поверхнями інших деталей при роботі деталі в машині. Призначення вільних поверхонь – зв'язувати основні і допоміжні бази деталі для надання їй форми, що відповідає службовому призначенню.

Приклад

Для корпусу редуктора: основна база – поверхня основи підшви корпусу редуктора. Допоміжні бази – поверхні основних отворів під підшипники та торці, які прилягають до основних отворів, на яких кріпляться кришки, кріпильні отвори під кришки, кріпильні отвори в основі.

Для підшипника: основна база – зовнішня поверхня зовнішнього кільця підшипника. Допоміжна база – внутрішня поверхня внутрішнього кільця підшипника. Поверхні бігових доріжок підшипникових кілець шарикопідшипника виконують функцію виконавчих поверхонь.

Для вала: основні бази – підшипникові шийки та торці в які впираються підшипники. Допоміжна база – посадочна шийка під зубчасте колесо і поверхня упорного буртика, що прилягає.

Для зубчастого колеса: основні бази – поверхня центрального отвору і торець ступиці, який контактує з упорним буртиком вала; допоміжних баз немає; виконавчі поверхні – бокові поверхні зубців, за допомогою яких передається обертальний момент.

Відзначимо, що деякі поверхні можуть поєднувати в собі різні функції. Так, поверхня шарика шарикопідшипника поєднує в собі функції основної та допоміжної баз, а також функції виконавчої поверхні.

До виконавчих поверхонь та основних баз завжди ставляться високі вимоги, досягнення яких порівняно з іншими поверхнями потребує найдовшого маршруту обробки. Ці поверхні значною мірою визначають маршрут обробки деталі в цілому. Вимоги до допоміжних баз можуть бути різними залежно від ролі і призначення деталей, що приєднуються. Високі вимоги ставляться також до точності відносного розташування основних та допоміжних баз та виконавчих поверхонь.

До вільних поверхонь не ставляться високі вимоги. Часто обробки вільних поверхонь зовсім не призначають, а якщо й призначають, то в межах 12 - 14 квалітетів точності. Вимоги до точності розташування вільних поверхонь між собою та відносно всіх інших поверхонь теж невисокі.

Класифікація поверхонь за порядком відсікання елементів дає змогу технологу правильно побудувати маршрут обробки деталі. Згідно з цією класифікацією всі поверхні деталі поділяються на основні і поверхні першого, другого та інших рангів.

Основними називаються поверхні, що утворюють первісний контур заготовки або його проміжного стану. Основні поверхні обробляються в першу чергу, якщо вони обробляються взагалі. *Поверхнями першого рангу* є поверхні, які можуть бути оброблені тільки після обробки основних поверхонь. *До поверхонь другого рангу* належать поверхні, які можуть бути оброблені тільки після обробки відповідно поверхні першого рангу і т. д.

Так, для деталі, зображеної на рисунку 1.1, основними поверхнями є поверхні циліндра 3 та торці 1 і 7. Поверхнями другого рангу є поверхні фасок 2 і 8 та площини 6. Поверхнями третього рангу є поверхня отвору 4. Нарізна поверхня 5 є поверхнею четвертого рангу.

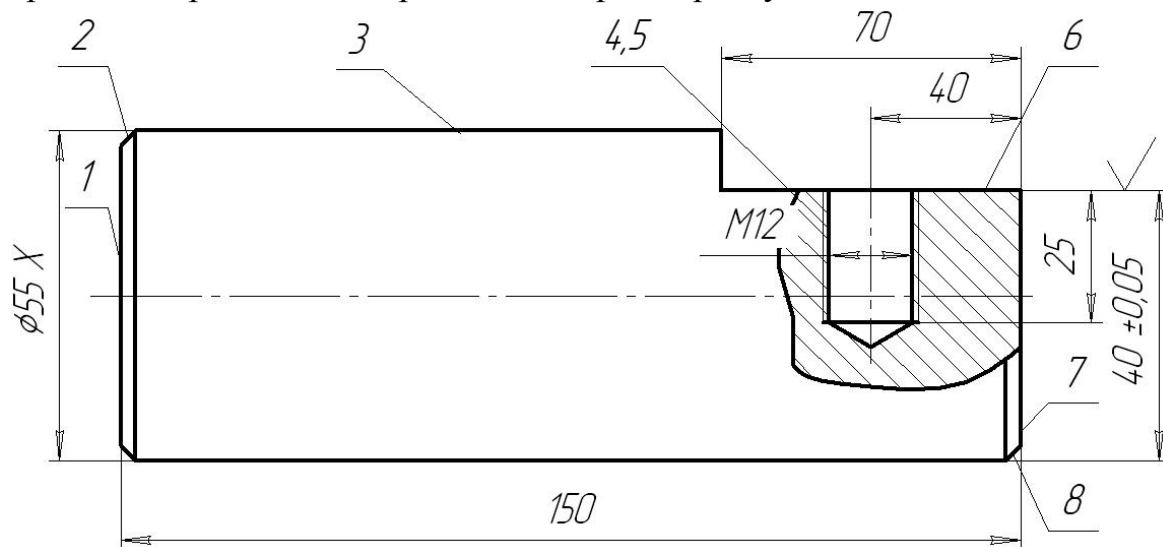


Рисунок 1.1 – Штовхач

Класифікація поверхонь за формою дає змогу технологу правильно вибрати методи їх обробки. Згідно з цією класифікацією всі поверхні поділяють на типові та нормалізовані. З погляду формоутворення типові поверхні поділяють на п'ять класів [3]: плоскі, поверхні обертання, гвинтові, зубчасті та лінійчасті. Форму поверхні при її обробці визначає вид твірної і закон переміщення її у просторі.

До класу *плоских* належать поверхні, утворені поступальним переміщенням твірної по прямій лінії (площина роз'єму корпусу і кришки редуктора, торець вала). *Поверхні обертання* – поверхні, утворені при обертанні прямої чи кривої твірної навколо нерухомої осі (поверхні циліндра, фасонні рукоятки, отвори). До класу *гвинтових* належать поверхні, описувані прямою чи кривою твірною при її гвинтовому русі навколо нерухомої осі (робоча поверхня нарізки). До *зубчастих* поверхонь належать поверхні, утворені обгинанням твірної, яка переміщується у просторі за певним законом (робоча поверхня зубців шестерень, евольвентних шліців). *Лінійчасті поверхні* – поверхні, утворені рухом у просторі прямої лінії по будь-якому, відмінному від кола, контуру паралельно до самої себе (робоча поверхня кулачка, заціпки).

Кожний з перелічених класів поділяється під класи і види. Наприклад, плоскі поверхні: на площини (без виступу, з виступом), пази (прямокутні, трапецеїдальні), вікна (з прямими стінками, з похилими стінками); поверхні обертання: на зовнішні (відкриті та напіввідкриті) і внутрішні (відкриті, напіввідкриті та закриті).

До нормалізованих належать поверхні, утворені сполученням типових поверхонь з метою створення нормалізованих елементів деталі –

канавок, пазів, шліців тощо. Кожному класу поверхонь властивий певний набір методів обробки.

Приклад

Деталь «Ступиця» (рисунок 1.2) виготовляється із сталі 45 і слугує для встановлення вала в складальній одиниці. Має ступінчасту зовнішню поверхню, яка є поєднанням двох поверхонь обертання. Внутрішня поверхня – конічний отвір, що має шпонковий паз. Для закріплення «Ступиці» у вузлі передбачені кріпильні отвори.

Основні конструкторські бази деталі – це зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 170h8^{(+0,063)}$, що слугує для правильної орієнтації у вузлі, та торець правий $\varnothing 280$.

Допоміжні бази деталі – це $\varnothing 116H8^{(+0,035)}$, торець лівий $\varnothing 280$, торець правий $\varnothing 170h8^{(+0,063)}$, кріпильні отвори $\varnothing 21$, шпонковий паз.

Вільна поверхня – $\varnothing 280$.

У відповідності з призначенням поверхонь до них ставляться такі вимоги: найбільш точними є виконавчі, основні та допоміжні бази (діаметральні розміри). До них ставиться вимога обробки по 8 квалітету з шорсткістю $R_a = 1,6$ мкм ($\varnothing 170h8^{(+0,063)}$, $\varnothing 116H8^{(+0,035)}$).

Інші поверхні, що слугують допоміжними конструкторськими базами повинні мати такі характеристики: торцеві поверхні $\varnothing 280$ мм та $\varnothing 170h8$ повинні бути оброблені згідно 10 квалітета з шорсткістю $R_a = 6,3$ мкм. Шпонковий паз повинен бути оброблений згідно 10 квалітету з шорсткістю $R_a = 6,3$ мкм. Кріпильні отвори $\varnothing 21$ повинні мати після механічної обробки 12 квалітет та шорсткість поверхні $R_a = 12,5$ мкм.

Вільна поверхня $\varnothing 280$ мм в результаті механічної обробки повинна мати точність 12 квалітету та шорсткість $R_a = 12,5$ мкм.

Поставлені вимоги щодо відносного розміщення поверхонь:

- співвісність поверхні $\varnothing 170h8$ відносно бази А;
 - перпендикулярність торцевої поверхні $\varnothing 280$ відносно бази А;
- позиційний допуск отворів $\varnothing 21$ відносно бази Б.

Квалітети точності та шорсткість оброблюваних поверхонь можуть бути забезпечені при застосуванні відповідних методів обробки та кількості переходів. Взаємне розміщення поверхонь може бути забезпечене за рахунок застосування відповідних схем базування при механічній обробці та правильної організації змісту операцій.

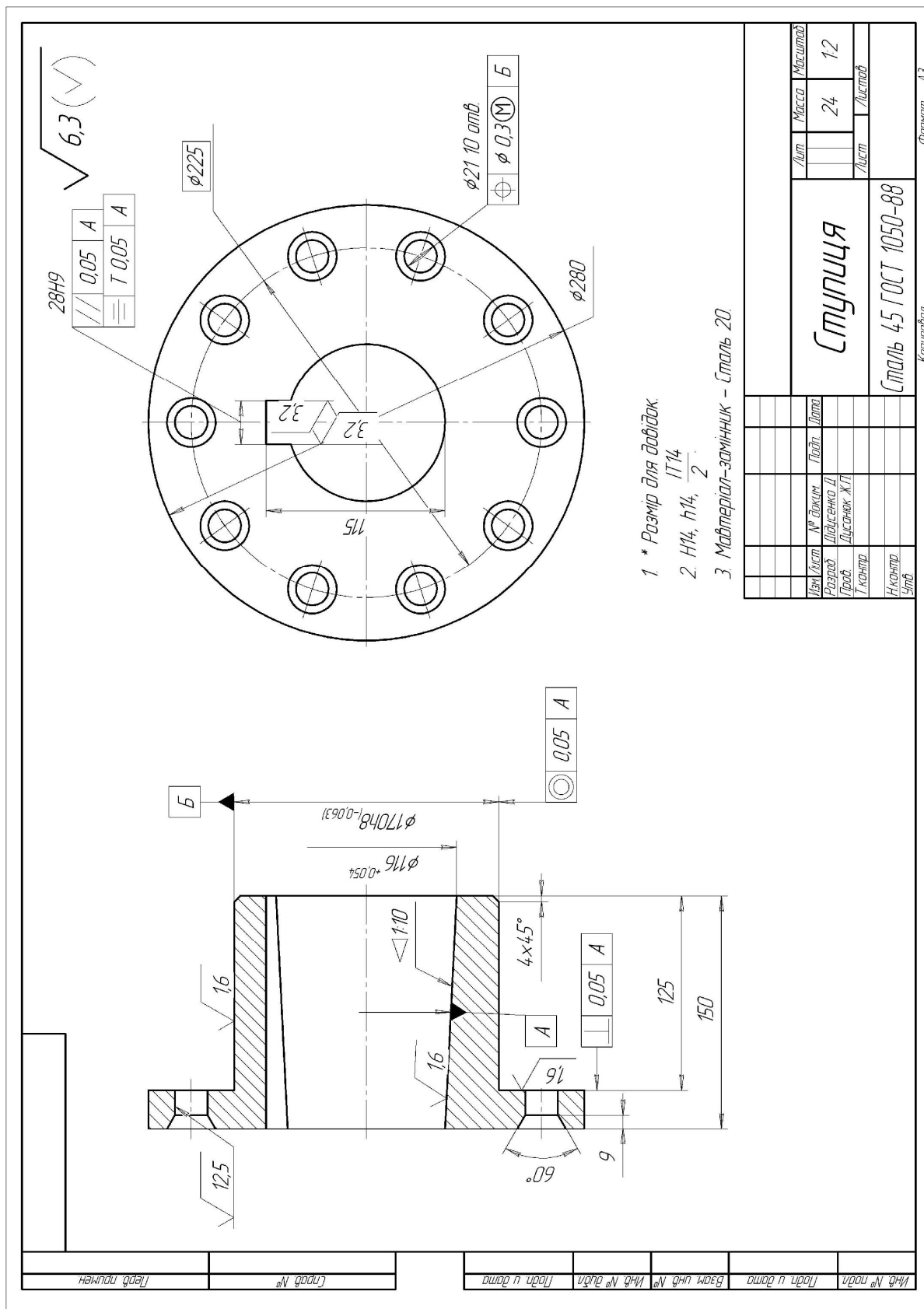


Рисунок 1.2 – Креслення деталі «Ступиця»

1.2. Порядок виконання роботи

1. Одержання завдання для виконання роботи.
2. Вивчення конструкції деталі (робочого креслення деталі).
3. Формулювання службового призначення деталі.
4. Визначення видів поверхонь (виконавчих, основних та допоміжних конструкторських баз, вільних поверхонь).
5. Характеристика точності виконання встановлених видів поверхонь, їх шорсткості та відносного розміщення.
6. Висновки по роботі.

1.3. Обладнання для виконання роботи

1. Деталь.
2. Креслення деталі.
3. Вимірювальний інструмент: штангенциркуль, мікрометр, глибиномір, зразки шорсткості.

1.4. Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Креслення деталі.
3. Формулювання службового призначення деталі.
4. Класифікація видів поверхонь за призначенням та формою.
5. Характеристика точності, шорсткості та їх відносного розміщення.
6. Загальні висновки по роботі.

1.5. Питання для самоконтролю

1. Службове призначення деталі.
2. Виконавчі поверхні деталі.
3. Основні бази.
4. Допоміжні бази.
5. Вільні поверхні.
6. Класифікація поверхонь за формою.
7. Класифікація поверхонь за порядком відсікання елементів.
8. Плоскі поверхні.
9. Поверхні обертання.
10. Гвинтові поверхні.
11. Зубчасті поверхні.
12. Лінійчасті поверхні.
13. Поверхні, до яких ставляться найбільш високі вимоги.
14. Поверхні, до яких не ставляться високі вимоги.

Рекомендована література [1].

Лабораторна робота №2

ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ

Мета роботи – набуття практичних навичок дослідження типу виробництва за заданою програмою випуску деталей та встановлення форми організації роботи при виконанні технологічного процесу механічної обробки деталі.

2.1. Короткі теоретичні відомості

В машинобудуванні розрізняють три види виробництва: масове, серійне та одиничне.

В масовому виробництві вироби виготовляють безперервно у відносно великій кількості та протягом тривалого (декілька років) часу. Але характерною ознакою масового виробництва є не тільки кількість виробів, що випускаються, а виконання на більшості робочих місць тільки однієї закріпленої за ними операції, яка постійно повторюється. Продукція масового виробництва – вироби вузької номенклатури та стандартного типу, що випускається для широкого збуту споживачеві. Такою продукцією є, наприклад, автомобілі, трактори, електродвигуни, гідроциліндри, насоси, клапани та інші.

Масове виробництво характеризується:

1. Безперервністю випуску одних і тих самих виробів.
2. Використанням спеціального обладнання.
3. Застосуванням багатоінструментальних наладок.
4. Застосуванням спеціального різального та вимірювального інструмента.
5. Розташування обладнанням по ходу технологічного процесу та складністю наладок верстатів.
6. Використанням прогресивних способів виготовлення заготовок деталей з метою зниження відходів матеріалу.
7. Порівняно невисокою кваліфікацією робітників-верстатників та наявністю наладчиків для металорізального обладнання.
8. Застосуванням багатOVERстатного обслуговування.
9. Найменшою собівартістю обробки в порівнянні з іншими типами виробництва.
10. Масове виробництво є потоковим.

В серійному виробництві виготовляють партії та серії виробів, що регулярно повторюються через певні проміжки часу. Серійне виробництво – багатомноменклатурне. Характерною ознакою серійного виробництва є виконання на більшості робочих місць по декілька операцій, що періодично повторюються. Продукція серійного виробництва - вироби більш широкої номенклатури. Такою продукцією є двигуни внутрішнього

згорання, компресори, апарати для доїння корів, сівалки, плуги, борони та інші.

Серійне виробництво характеризується:

1. Періодичним випуском виробів певного виду в значній кількості.
2. Використанням універсального, частково спеціального обладнання з ЧПК.
3. Застосуванням універсального та частково спеціального різального та вимірювального інструментів.
4. Розташування обладнання в залежності від виробів, а в деяких випадках у відповідності з технологічним процесом, який виконується.
5. Використанням універсальних та спеціальних способів виготовлення заготовок.
6. Середньою кваліфікацією робітників-верстатників.
7. Обробка деталей виконується в основному партіями (групова форма організації роботи), але можливе і використання потокової обробки.
8. Середньою собівартістю обробки.
9. Можливістю використання багатOVERстатного обслуговування при наявності верстатів з ЧПК та спеціальних верстатів.

В одиничному виробництві випускають вироби широкої номенклатури у відносно малій кількості і часто індивідуально. Виготовлення виробів або зовсім не повторюється, або повторюється через непевні проміжки часу. Характерною особливістю одиничного виробництва є виконання на робочих місцях різноманітних операцій. Продукція одиничного типу виробництва – машини, які не мають широкого застосування і тому виготовляються за індивідуальним замовленням. До таких машин, наприклад, відносяться експериментальні зразки машин.

Одиничне виробництво характеризується:

1. Випуском окремих виробів в одиничних екземплярах або декількох штук.
2. Використанням універсального обладнання.
3. Використанням стандартного різального та вимірювального інструментів.
4. Розташуванням обладнання по типах верстатів.
5. Використанням простих заготовок у вигляді прокату та універсальних способів їх виготовлення.
6. Високою кваліфікацією робітників-верстатників.
7. Обробка деталей виконується поштучно кожного виду.
8. Собівартість обробки найвища з усіх типів виробництва.
9. Неможливістю використання багатOVERстатного обслуговування.

Технологічні особливості серійного виробництва змінюються в залежності від номенклатури, випуску та трудомісткості виробів. Тому розрізняють дрібно-, середньо та велико - серійне виробництво.

Дрібносерійне виробництво наближається за своїми технологічними особливостями до одиничного, а велике серійне – до масового.

Визначення типу виробництва згідно ГОСТ 3.1108-74 виконується за коефіцієнтом закріплення операцій

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (2.1)$$

де $\sum O$ – сумарна кількість операцій, що виконується на даному робочому місці;

$\sum P$ – сумарна кількість робочих місць для виконання операцій.

Алгоритм виконання розрахунку $K_{з.о}$.

1. Вибір 6-7 найбільш характерних переходів механічної обробки, виключаючи дрібні або трудомісткі переходи (точіння фасок, канавок, нарізання різьби і т.п.).

2. Розрахунок основного та штучно-калькуляційного часу на призначені переходи за формулами наближеного нормування (таблиці 2.1, 2.2), наприклад:

$$T_{осн} = 0,17dl \cdot 10^{-3}, \text{ хв} \quad (2.2)$$

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k, \text{ хв} \quad (2.3)$$

де d, l – діаметр, довжина оброблюваної поверхні, мм;

φ_k – коефіцієнт.

Оскільки при визначенні $T_{осн}$ та C_p необхідно вибирати φ_k та $\eta_{з.н}$ орієнтуючись на тип виробництва, то його попереднє визначення можна виконати за рекомендаціями таблиці 2.4.

3. Розрахунок кількості верстатів для виконання вказаних переходів механічної обробки:

$$C_p = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_o \cdot \eta_{з.н}}, \quad (2.4)$$

де N – річна програма випуску деталей, шт.;

F_o – ефективний річний фонд часу роботи верстата (див. таблицю 2.3) [1], наприклад $F_o = 4060$ год. (при роботі в 2 зміни);

$\eta_{з.н}$ – нормативний коефіцієнт завантаження (залежить від серійності виробництва): одиничне, дрібносерійне – 0,8-0,9; серійне – 0,75-0,85; великосерійне, масове – 0,65-0,75 [1].

Таблиця 2.1 – Формули наближеного визначення норм часу оброблювання поверхонь

Основний технологічний час при методах обробки, $T_o \cdot 10^{-3}$, хв	Формула
1	2
Чорнове обточування за 1 прохід	$0,17d\ell$
Чистове обточування по 11 квалітету	$0,18d\ell$
Чистове обточування по 9 квалітету	$0,2d\ell$
Чорнове підрізання торцю, Ra 6,3	$0,037(D^2-d^2)$
Чистове підрізання торцю, Ra 1,6	$0,052(D^2-d^2)$
Відрізання	$0,19D^2$
Чорнове і чистове обточування фасонним різцем	$0,63(D^2-d^2)$
Шліфування грубе по 11 квалітету	$0,07d\ell$
Шліфування чистове по 9 квалітету	$0,1d\ell$
Шліфування чистове по 6 квалітету	$0,15d\ell$
Розточування отворів на токарному верстаті	$0,18d\ell$
Свердління отворів	$0,52d\ell$
Розсвердлювання отворів $d = 20 - 60$	$0,31d\ell$
Зенкерування	$0,21d\ell$
Розвертання чорнове	$0,43d\ell$
Розвертання чистове	$0,86d\ell$
Внутрішнє шліфування отворів 9 квалітету	$1,5d\ell$
Внутрішнє шліфування отворів 7 квалітету	$1,8d\ell$
Чорнове розточування отворів за один прохід Ra = 12,5	$0,2d\ell$
Чорнове розточування під розвертання	$0,3d\ell$
Розвертання плаваючою розверткою по 9 квалітету	$0,27d\ell$
Розвертання плаваючою розверткою по 7 квалітету	$0,52d\ell$
(d – діаметр, мм; ℓ – довжина оброблюваної поверхні, мм; D – діаметр оброблюваного торцю, мм; D-d – різниця найбільшого і найменшого діаметрів оброблюваного торцю, мм)	
Протягування отворів і шпонкових канавок (ℓ – довжина протяжки, мм)	$0,4\ell$
Стругання чорнове на повздовжньо-стругальних верстатах	$0,065B\ell$
Стругання чистове під шліфування або шабрення	$0,034B\ell$
Фрезерування чорнове торцевою фрезою:	
за прохід	6ℓ
чистове	4ℓ
Фрезерування чорнове циліндричною фрезою	7ℓ
Шліфування площин торцем круга (B – ширина оброблюваної поверхні, ℓ – довжина оброблюваної поверхні, мм)	$2,5\ell$
Фрезерування зубців черв'ячною фрезою (D = 80 - 300)	$2,2Db$
Обробка зубців черв'ячних коліс (D = 100 - 400)	$60,3D$
(D – діаметр зубчатого колеса; b – довжина зуба, мм)	
Фрезерування шліцьових валів методом обкатки	$9\ell z$
Шліцефрезерування	$4,6\ell z$
(ℓ – довжина шліцьового вала, мм; z – число шліців)	
Нарізання різі на валу (d = 32 - 120)	$19d\ell$
Нарізання мітчиком різі в отворах (d = 10 - 24)	$0,4d\ell$
(d – діаметр різі, мм; ℓ – довжина різі, мм)	

Таблиця 2.2 – Значення коефіцієнта φ_k

Типи верстатів	Виробництво	
	Одиничне, дрібносерійне і серійне	Великосерійне, масове
Токарні	2,14	1,36
Токарно-револьверні	1,98	1,35
Токарно-багаторізцові	–	1,5
Вертикально-свердлильні	1,72	1,3
Радіально-свердлильні	1,75	1,41
Розточувальні	3,25	–
Круглошліфувальні	2,1	1,55
Стругальні	1,73	–
Фрезерні	1,84	1,51
Зуборізні	1,66	1,27

Таблиця 2.3 – Ефективний (розрахунковий) річний фонд часу F_d роботи обладнання

Обладнання	Режим роботи		
	В одну зміну	В дві зміни	В три зміни
Металорізальне обладнання			
Металорізальні верстати масою, т.:	2040	4060	6060
До 10	2000	3985	5945
10-100			
Металорізальні верстати з ПУ масою, т.:	-		
До 10		3890	5775
10-100		3810	5650
Агрегатні верстати	-	4015	5990
Автоматні лінії	-	3725	5465
Гнучкі виробничі модулі, роботизовані технологічні комплекси масою, т.:	-	-	
До 10			5970(7970)
10-100			5710(7620)
Обладнання складальних цехів			
Робоче місце складальника	2070	4140	6210
Робоче місце з механізованими пристроями	2050	4080	
Складальне автоматичне та напівавтоматичне обладнання	2000	3975	5930
Випробувальні стенди з автоматичною реєстрацією результатів випробування	2010	3975	5960
Автоматичні складальні лінії	-	3725	5465
Випробувальні стенди	2020	4015	5990

Примітка: в дужках вказаний фонд часу роботи обладнання, якщо робота виконується у вихідні та святкові дні.

Таблиця 2.4 – Орієнтовні дані для вибору типу виробництва

Виробництво	Кількість оброблюваних деталей одного типорозміру в рік N, шт		
	Важкі (масою >100 кг)	Середні (масою 10-100 кг)	Легкі (масою до 10 кг)
Одиничне	До 5	До 10	До 100
Дрібносерійне	5-100	10-200	100-500
Середньосерійне	100-300	200-500	500-5000
Великосерійне	300-1000	500-5000	5000-50000
Масове	Більше 1000	більше 5000	більше 50000

4. Визначення прийнятої кількості верстатів шляхом заокруглення розрахункової кількості C_p до найближчого більшого числа Р.

5. Розрахунок фактичного коефіцієнта завантаження верстатів

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_p}{P} \quad (2.5)$$

6. Визначення кількості операцій, що виконуються на одному робочому місці:

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф}} \quad (2.6)$$

7. Розрахунок $\sum O$ і $\sum P$.

8. Визначення $K_{з.о}$ за формулою 2.1.

Якщо

$K_{з.о} > 40$ – виробництво одиничне;

$20 < K_{з.о} \leq 40$ – дрібносерійне;

$10 < K_{з.о} \leq 20$ – серійне;

$1 < K_{з.о} \leq 10$ – великосерійне;

$K_{з.о} < 1$ – масове.

При наявності заводських норм часу $T_{шт-к}$ може бути використане згідно заводського варіанту при розрахунку $K_{з.о}$.

Виконання розрахунків доцільно оформити у вигляді таблиці (див. приклад таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Переходи механічної обробки	Формула та розрахунок $T_{осн}$, хв	φ_k	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k$, хв	C_p	P	$\eta_{з.ф}$	$\eta_{з.н}$	O	$K_{з.о}$

Форма організації роботи

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_d і розрахункової добової продуктивності лінії Q_d . Якщо $N_d < Q_d$, то поточкову лінію використовувати недоцільно.

$$N_d = \frac{N}{254}, \quad (2.7)$$

де 254 - кількість робочих днів у році:

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к_{сер}}} \cdot \eta_3, \quad (2.8)$$

де $T_{шт-к_{сер}}$ - середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.;

F_d - добовий фонд роботи обладнання;

η_3 - добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{шт-к_{сер}} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_{пер}}, \quad (2.9)$$

де $T_{шт-к_i}$ - штучно-калькуляційний час виконання i -го переходу, хв.;

$\sum n_{пер}$ - сумарна кількість виконуваних переходів.

При груповій формі організації роботи визначається кількість деталей в партії для одночасного запуску:

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (2.10)$$

де a - періодичність запуску деталей на обробку, в днях (рекомендується 1, 2, 3, 6, 12, 24 дні). Більша кількість днів приймається в умовах дрібносерійного, одиничного виробництва.

При поточної формі організації визначається такт випуску, хв:

$$t_s = \frac{60 \cdot F_d}{N} \quad (2.11)$$

Розмір партії деталей повинен бути корегований з урахуванням зручності планування та організації виробництва (його доцільно приймати не менше змінного виробітку). Корегування партії полягає у визначенні розрахункової кількості змін, що потрібні на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях

$$C = \frac{T_{шт-к_{ср}} \cdot n}{476 \cdot 0.8}. \quad (2.12)$$

Розрахункова кількість змін округляється до прийнятого цілого числа $C_{пр}$, після чого визначається число деталей в партії, яке необхідне для завантаження обладнання протягом цілого числа змін

$$n = \frac{C_{пр} \cdot 476 \cdot 0.8}{T_{шт-к_{ср}}}, \quad (2.13)$$

де 476 - дійсний фонд часу роботи обладнання в зміні, хв.;

0,8 – нормативний коефіцієнт завантаження верстатів в серійному виробництві.

Приклад

(див. рис. 1.2)

1. Найбільш характерні переходи механічної обробки поверхонь деталі:

- 1.1. Точіння $\varnothing 170h8$ попереднє (згідно 14 квалітету).
- 1.2. Точіння $\varnothing 170h8$ попереднє (згідно 11 квалітету).
- 1.3. Точіння $\varnothing 170h8$ остаточне.
- 1.4. Підрізання торця $\varnothing 170h8$.
- 1.5. Підрізання торця $\varnothing 280$ попереднє (згідно 14 квалітету).
- 1.6. Підрізання торця $\varnothing 280$ попереднє (згідно 11 квалітету).
- 1.7. Підрізання торця $\varnothing 280$ остаточне.
- 1.8. Свердління отвору $\varnothing 21$ (10 отворів).

2 Норми часу $T_{осн}$ необхідного для обробки вказаних поверхонь визначається за формулами наближеного нормування:

- 2.1 Точіння $\varnothing 170h8$ попереднє (згідно 14 квалітету):

$$T_{осн1} = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 170 \cdot 125 \cdot 10^{-3} = 3,6 \text{ хв.}$$

- 2.2 Точіння $\varnothing 170h8$ попереднє (згідно 11 квалітету):

$$T_{осн2} = 0,18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 170 \cdot 125 \cdot 10^{-3} = 3,825 \text{ хв.}$$

- 2.3 Точіння $\varnothing 170h8$ остаточне:

$$T_{осн3} = 0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 170 \cdot 125 \cdot 10^{-3} = 4,25 \text{ хв.}$$

- 2.4 Підрізання торця $\varnothing 170h8$:

$$T_{осн4} = 0,037 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,037 \cdot (170^2 - 116^2) \cdot 10^{-3} = 0,57 \text{ хв.}$$

- 2.5 Підрізання торця $\varnothing 280$ попереднє (згідно 14 квалітету):

$$T_{осн5} = 0,037 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,037 \cdot (280^2 - 170^2) \cdot 10^{-3} = 1,8 \text{ хв.}$$

- 2.6 Підрізання торця $\varnothing 280$ попереднє (згідно 11 квалітету):

$$T_{осн6} = 0,052 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,052 \cdot (280^2 - 170^2) \cdot 10^{-3} = 2,57 \text{ хв.}$$

- 2.7 Підрізання торця $\varnothing 280$ остаточне:

$$T_{осн7} = 0,052 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,052 \cdot (280^2 - 170^2) \cdot 10^{-3} = 2,57 \text{ хв.}$$

- 2.8 Свердління отвору $\varnothing 21$ (10 отворів):

$$T_{осн8} = 10 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 10 \cdot 0,52 \cdot 21 \cdot (150 - 125) \cdot 10^{-3} = 2,73 \text{ хв.}$$

3 Визначаємо штучно-калькуляційний час $T_{шт-к}$, визначається за формулою

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi,$$

де φ_k – коефіцієнт, який залежить від типу виробництва та типу верстатів, що використовуються для обробки даної партії деталей.

При програмі випуску $N=3000$ шт і масі деталі – 24 кг згідно таблиці 2.4 виробництво серійне. Для серійного виробництва за таблицею 2.2 вибрано φ_k .

3.1 Точіння $\varnothing 170h8$ попереднє (згідно 14 квалітету):

$$T_{\text{шт-к1}} = T_{\text{осн1}} \cdot \varphi_k = 3,6 \cdot 2,14 = 7,7 \text{ хв}$$

3.2 Точіння $\varnothing 170h8$ попереднє (згідно 11 квалітету):

$$T_{\text{шт-к2}} = T_{\text{осн2}} \cdot \varphi_k = 3,825 \cdot 2,14 = 8,2 \text{ хв}$$

3.3 Точіння $\varnothing 170h8$ остаточне:

$$T_{\text{шт-к3}} = T_{\text{осн3}} \cdot \varphi_k = 4,25 \cdot 2,14 = 9,1 \text{ хв}$$

3.4 Підрізання торця $\varnothing 170h8$:

$$T_{\text{шт-к4}} = T_{\text{осн4}} \cdot \varphi_k = 0,6 \cdot 2,14 = 1,28 \text{ хв}$$

3.5 Підрізання торця $\varnothing 280$ попереднє (згідно 14 квалітету):

$$T_{\text{шт-к5}} = T_{\text{осн5}} \cdot \varphi_k = 1,8 \cdot 2,14 = 3,9 \text{ хв}$$

3.6 Підрізання торця $\varnothing 280$ остаточне (згідно 11 квалітету):

$$T_{\text{шт-к6}} = T_{\text{осн6}} \cdot \varphi_k = 2,57 \cdot 2,14 = 5,5 \text{ хв}$$

3.7 Підрізання торця $\varnothing 280$ остаточне:

$$T_{\text{шт-к7}} = T_{\text{осн7}} \cdot \varphi_k = 2,57 \cdot 2,14 = 5,5 \text{ хв}$$

3.8 Свердління отвору $\varnothing 21$ (10 отворів):

$$T_{\text{шт-к8}} = T_{\text{осн8}} \cdot \varphi_k = 2,73 \cdot 1,72 = 4,7 \text{ хв}$$

4. Кількість верстатів для виконання кожного переходу механічної обробки визначається за формулою

$$C_{p1} = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_3},$$

де N – річна програма, шт. ($N = 3000$ шт.); $T_{\text{шт-к}}$ – штучно-калькуляційний час, хв; F_d – дійсний річний фонд часу, год. ($F_d = 4060$ год.); η_3 – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_3 = 0,75$ – для серійного типу виробництва).

4.1 Точіння $\varnothing 170h8$ попереднє (згідно 14 квалітету):

$$C_{p1} = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к1}}}{60 \cdot F_q \cdot \eta_3} = \frac{3000 \cdot 7,7}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,127.$$

4.2 Точіння $\varnothing 170h8$ попереднє (згідно 11 квалітету):

$$C_{p2} = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к2}}}{60 \cdot F_q \cdot \eta_3} = \frac{3000 \cdot 8,2}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,13.$$

4.3 Точіння $\varnothing 170h8$ остаточне:

$$C_{p3} = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к3}}}{60 \cdot F_q \cdot \eta_3} = \frac{3000 \cdot 9,1}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,15.$$

4.4 Підрізання торця $\varnothing 170h8$:

$$C_{p4} = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к4}}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_3} = \frac{3000 \cdot 1,28}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,02.$$

4.5 Підрізання торця $\varnothing 280$ попереднє (згідно 14 квалітету):

$$C_{p5} = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к5}}}{60 \cdot F_q \cdot \eta_3} = \frac{3000 \cdot 3,9}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,06.$$

4.6 Підрізання торця Ø280 попереднє (згідно 11 квалітету):

$$C_{p6} = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к6}}}{60 \cdot F_q \cdot \eta_3} = \frac{3000 \cdot 5,5}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,09.$$

4.7 Підрізання торця Ø280 остаточне:

$$C_{p7} = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к7}}}{60 \cdot F_q \cdot \eta_3} = \frac{3000 \cdot 5,5}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,09.$$

4.8 Свердління отвору Ø21 (10 отворів):

$$C_{p8} = \frac{N \cdot T_{\text{шт-к8}}}{60 \cdot F_q \cdot \eta_3} = \frac{3000 \cdot 4,7}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,077.$$

5 Для виконання кожного з механічних переходів достатньо одного верстата:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = P_8 = 1.$$

6 Коефіцієнт завантаження фактичний визначається за формулою:

$$\eta_{\text{зф}} = \frac{C_p}{P},$$

де P – прийняте число робочих місць.

6.1 Точіння Ø170h8 попереднє (згідно 14 квалітету):

$$\eta_{\text{зф1}} = \frac{C_{p1}}{P_1} = \frac{0,127}{1} = 0,127.$$

6.2 Точіння Ø170h8 попереднє (згідно 11 квалітету):

$$\eta_{\text{зф2}} = \frac{C_{p2}}{P_2} = \frac{0,13}{1} = 0,13.$$

6.3 Точіння Ø170h8 остаточне:

$$\eta_{\text{зф3}} = \frac{C_{p3}}{P_3} = \frac{0,15}{1} = 0,15.$$

6.4 Підрізання торця Ø170h8:

$$\eta_{\text{зф4}} = \frac{C_{p4}}{P_4} = \frac{0,02}{1} = 0,02.$$

6.5 Підрізання торця Ø280 попереднє (згідно 14 квалітету):

$$\eta_{\text{зф5}} = \frac{C_{p5}}{P_5} = \frac{0,06}{1} = 0,06.$$

6.6 Підрізання торця Ø280 попереднє (згідно 11 квалітету):

$$\eta_{\text{зф6}} = \frac{C_{p6}}{P_6} = \frac{0,09}{1} = 0,09.$$

6.7 Підрізання торця Ø280 остаточне:

$$\eta_{\text{зф7}} = \frac{C_{p7}}{P_7} = \frac{0,09}{1} = 0,09.$$

6.8 Свердління отвору Ø21 (10 отворів):

$$\eta_{зф8} = \frac{C_{p8}}{P_8} = \frac{0,077}{1} = 0,077.$$

7. Кількість операцій, закріплених за кожним робочим місцем визначається за формулою

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{зф}};$$

7.1 Точіння Ø170h8 попереднє (згідно 14 квалітету):

$$O_1 = \frac{\eta_3}{\eta_{зф1}} = \frac{0,75}{0,127} = 5,9. \triangleright 6$$

7.2 Точіння Ø170h8 попереднє (згідно 11 квалітету):

$$O_2 = \frac{\eta_3}{\eta_{зф2}} = \frac{0,75}{0,13} = 5,8. \triangleright 6$$

7.3 Точіння Ø170h8 остаточне:

$$O_3 = \frac{\eta_3}{\eta_{зф3}} = \frac{0,75}{0,15} = 5. \triangleright 5$$

7.4 Підрізання торця Ø170h8:

$$O_4 = \frac{\eta_3}{\eta_{зф4}} = \frac{0,75}{0,02} = 37,5. \triangleright 38$$

7.5 Підрізання торця Ø280 попереднє (згідно 14 квалітету):

$$O_5 = \frac{\eta_3}{\eta_{зф5}} = \frac{0,75}{0,06} = 12,5. \triangleright 13$$

7.6 Підрізання торця Ø280 попереднє (згідно 11 квалітету):

$$O_6 = \frac{\eta_3}{\eta_{зф6}} = \frac{0,75}{0,09} = 8,3. \triangleright 8$$

7.7 Підрізання торця Ø280 остаточне:

$$O_7 = \frac{\eta_3}{\eta_{зф7}} = \frac{0,75}{0,09} = 8,3. \triangleright 8$$

7.8 Свердління отвору Ø21 (10 отворів):

$$O_8 = \frac{\eta_3}{\eta_{зф8}} = \frac{0,75}{0,077} = 9,7. \triangleright 10$$

Таким чином, коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{з.м.} = \frac{\sum O_o}{P_я} = \frac{6 + 6 + 5 + 38 + 13 + 8 + 8 + 10}{1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1} = 11,75 - 10 < K_{з.о.} < 20 - \text{виробництво}$$

серійне.

8. Заданий добовий випуск виробів:

$$N_d = \frac{N}{254} = \frac{3000}{254} = 11,81 \text{ шт.}$$

9. Добова продуктивність потокової лінії:

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к.ср}} \cdot \eta_3 = \frac{952}{5,1} \cdot 0,75 = 140 \text{ шт.};$$

де $T_{шт-к.ср}$ – середній штучно-калькуляційний час, який визначається за формулою:

$$T_{шт-к.ср} = \frac{\sum_i^n T_{шт-к.i}}{n} = \frac{7,7 + 8,2 + 9,1 + 1,28 + 3,9 + 5,5 + 5,5 + 4,7}{8} = 5,74 \text{ хв.}$$

де $T_{шт-к.i}$ – штучний час i -ої основної операції;

n – кількість основних переходів механічної обробки.

Так як $N_o \leq Q_o$, то організація потокової лінії недоцільна.

10. Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом за формулою

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{3000 \cdot 6}{254} = 71 \text{ шт.},$$

де a – періодичність запуску в днях (прийнято $a = 6$)

11. Розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях визначається за формулою

$$c = \frac{T_{шт-к.ср} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{5,74 \cdot 71}{476 \cdot 0,8} = 1,07.$$

12. Визначаємо кількість деталей у партії, які необхідні для завантаження обладнання на основних операціях протягом цілого числа змін

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot c_{np}}{T_{шт-к.ср}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 1,07}{5,74} = 70,98. > 71 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 75 шт.

Висновок: тип виробництва серійний, форма організації роботи групова.

2.2. Порядок виконання роботи

1. Ознайомлення з алгоритмом визначення типу виробництва та форми організації роботи.
2. Встановлення найбільш характерних переходів механічної обробки поверхонь деталей.
3. Нормування основного часу виконання переходів механічної обробки поверхонь деталі.
4. Нормування штучно-калькуляційного часу виконання переходів механічної обробки поверхонь деталі.
5. Розрахунок необхідної кількості верстатів для виконання механічної обробки поверхонь деталі.
6. Визначення прийнятої кількості верстатів.
7. Визначення коефіцієнта завантаження обладнання.
8. Розрахунок кількості операцій, що закріплені за кожним робочим місцем.
9. Визначення сумарної кількості робочих місць.

- 10.Визначення коефіцієнта закріплення операцій.
- 11.Встановлення форми організації роботи.
- 12.Висновки по роботі.

2.3. Обладнання для виконання роботи

1. Деталь.
2. Креслення деталі.
3. Вимірювальний інструмент: штангенциркуль, мікрометр, глибиномір, зразки шорсткості, щуп.

2.4. Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Креслення деталі.
3. Розрахунки та пояснення по роботі, зведена таблиця за формою 2.5.
4. Висновки по роботі.

2.5. Питання для самоконтролю

1. Типи виробництва, їх характеристика.
2. Визначення коефіцієнта закріплення операцій.
3. Основний час та методика його визначення наближеним способом.
4. Штучно-калькуляційний час та методика його визначення наближеним способом.
5. Методика визначення розрахункової та прийнятої кількості верстатів для виконання механічної обробки деталі.
6. Коефіцієнт завантаження обладнання, його значення для певних типів виробництва.
7. Добовий випуск виробів.
8. Добова продуктивність лінії.
9. Форми організації роботи на підприємствах сільськогосподарського машинобудування.
10. Умова доцільності організації групової форми організації роботи.
11. Умова доцільності організації потокової організації роботи.
12. Партія деталей, визначення її величини.
13. Такт випуску, визначення його величини.
14. Значення коефіцієнта закріплення.

Рекомендована література [1, 19]

Лабораторна робота №3

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Мета роботи – набуття практичних навичок аналізу та оцінки технологічності конструкції деталі (якісної та кількісної)

3.1. Короткі теоретичні відомості

На основі складального креслення вузла проводиться аналіз службового призначення деталі, встановлення основних конструкторських баз, допоміжних конструкторських баз, вільних поверхонь та у відповідності з цим ще раз аналізуються параметри точності та шорсткості поверхонь деталі.

На основі робочого креслення деталі виконується аналіз технологічності конструкції деталі – якісний та кількісний.

Якісний аналіз технологічності конструкції деталі доцільно проводити в такій послідовності:

1. На основі вивчення умов роботи вузла (виробу), а також враховуючи річну програму, проаналізувати можливості спрощення конструкції деталі, заміни зварною, армованою або збірною конструкцією, а також можливість і доцільність заміни матеріалу.

2. Встановити можливість застосування високопродуктивних методів обробки.

3. Проаналізувати конструктивні елементи деталі в технологічному відношенні, використовуючи при цьому рекомендації по технологічності конструкцій [1]. Виявити важкодоступні для обробки місця.

4. Визначити можливість суміщення технологічних і вимірювальних баз при виконанні розмірів, що мають вказані допускаємі відхилення, необхідність додаткових технологічних операцій для одержання заданої точності і шорсткості оброблених поверхонь.

5. Перевірити відповідність вказаних на кресленні допускаємих відхилень розмірів, шорсткості та відхилень геометричної форми та відносного розміщення поверхонь з геометричними похибками верстатів.

6. Визначити можливість безпосереднього вимірювання заданих на кресленні розмірів.

7. Визначити поверхні, які можуть бути використані при базуванні, можливість та необхідність введення штучних технологічних баз.

8. Визначити необхідність додаткових технологічних операцій, що викликані специфічними вимогами і можливість зміни цих вимог.

9. Проаналізувати можливість вибору раціонального способу виготовлення заготовки, враховуючи економічні фактори.

10. Передбачити в конструкції деталі, що підлягає термічній обробці, конструктивні елементи, що зменшують жолоблення деталі в процесі

нагрівання та охолодження, і визначити, чи вірно вибраний матеріал з урахуванням термічної обробки.

Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі в роботі необхідно провести за показниками: коефіцієнт уніфікації, коефіцієнт точності, коефіцієнт шорсткості.

1. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e}, \quad (3.1)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі;

Q_e – загальна кількість елементів.

Для розрахунку даного коефіцієнта створюється таблиця лінійних, діаметральних, кутових розмірів, різьб та інших конструктивних елементів в які заносяться розміри, що вказані на кресленні деталі та відмічається які з них є уніфіковані (дивись рекомендації таблиці 3.2). Результати аналізу заносяться до зведеної таблиці (дивись приклади таб. 3.3).

2. Коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18831-73 визначається за формулою

$$K = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (3.2)$$

де T_{cp} – середній квалітет точності, що визначається

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (3.3)$$

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі,

n_i – кількість поверхонь деталі, що мають точність T_i квалітета.

При обчисленні даного коефіцієнта рекомендується складати таблицю в якій буде вказано: скільки і які поверхні мають певний квалітет (таб. 3.4).

3. Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно ГОСТ 18831-73

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (3.4)$$

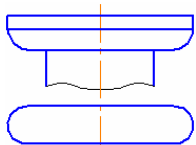
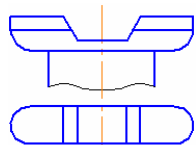
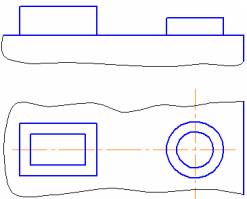
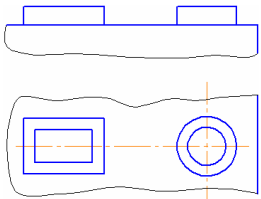
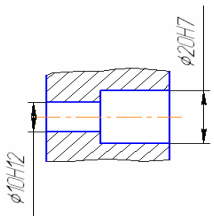
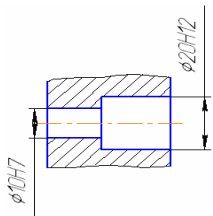
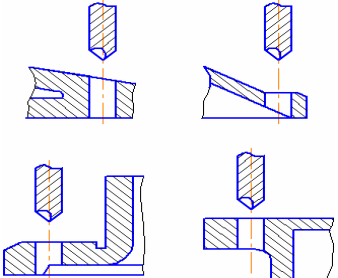
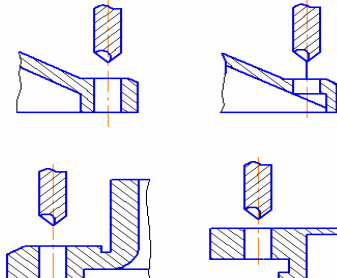
де $Ш_{cp}$ – середня шорсткість поверхні,

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_K \cdot n_K}{\sum n_K}, \quad (3.5)$$

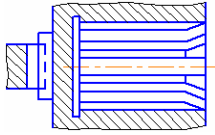
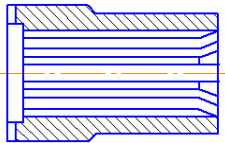
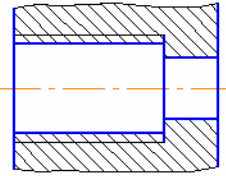
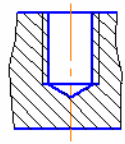
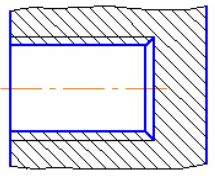
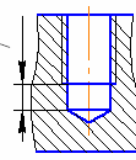
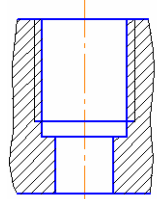
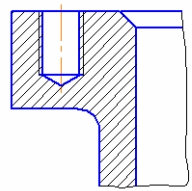
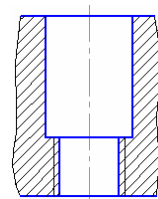
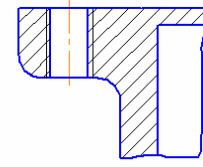
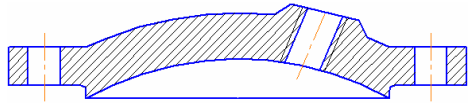
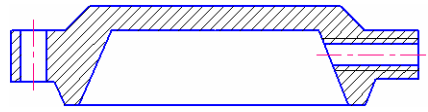
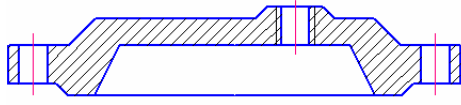
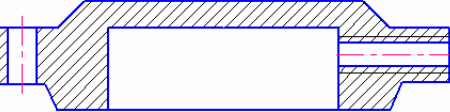
де $Ш_K$ – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі; n_K – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає певному числовому значенню R_a , мкм.

При розрахунку коефіцієнта шорсткості рекомендується записувати таблицю, в якій вказується скільки поверхонь мають певну шорсткість (дивись приклад таб. 3.5). Якщо $K_y > 0,6$, $K_T > 0,8$, $K_{ш} < 0,32$, то деталь за кількісними показниками вважається технологічною [3].

Таблиця 3.1 – Елементи конструкцій деталей та технологічні вимоги до них

Технологічні вимоги	Конструкція		Переваги технологічної конструкції
	нетехнологічна	технологічна	
Площини, що обробляються, не рекомендується робити суцільними			Зменшення часу обробки, спрацювання інструмента і витрат електроенергії Підвищення точності обробки
Поверхні бобишек та приливків, що обробляються, слід розташовувати в одній площині			Можливість обробки за один прохід продуктивними методами: торцевим фрезеруванням, плоским шліфуванням, протягуванням
Найбільш точний ступінь у ступінчастих отворах рекомендується робити наскрізним			Спрощення контролю Спрощення обробки, зниження її трудомісткості
При свердлінні отворів необхідно забезпечити можливість нормального входу та виходу інструмента			Спрощення конструкції інструмента Запобігання поломі інструмента Підвищення продуктивності обробки

Продовження таблиці 3.1

Технологічні вимоги	Конструкція		Переваги технологічної конструкції
	нетехнологічна	технологічна	
Слід уникати глухих шліцевих отворів, глухих шпонкових пазів, глухих отворів.			Можливість обробки отвору продуктивним методом - протягуванням
Глухі отвори з різьбою повинні мати канавки для виходу інструмента, або в них повинен бути передбачений збіг різьби	 	 	Підвищення якості різьби Покращення умов роботи інструмента
Конструкція отвору з різьбою повинна давати можливість працювати інструментом на прохід	 	 	Підвищення продуктивності Покращення умов роботи інструмента
Слід уникати похилого розташування осей отворів, особливо різевих.	 	 	Спрощення конструкції пристрою Можливість одночасно обробляти інші отвори Зниження трудомісткості обробки отворів
Нетехнологічними є отвори, в яких довжина отвору більше 5d			

Таблиця 3.2 – Уніфіковані розміри та шорсткості

<p>Ряди лінійних (діаметрів, довжин, висот, глибин) розмірів (згідно з ГОСТ-ом 6639-73 і СТ. СЭВ 514-77)</p> <p>0.01,0.02,0.025,0.03,0.036,0.04,0.05,0.06,0.071,0.08,0.085,0.09,0.1,0.12,0.15,0.18,0.19,0.2,0.25,0.3,0.36,0.38,0.42,0.45,0.48,0.5,0.6,0.71,0.75,0.8,0.85,0.9,0.95,1,1.05,1.1,1.15,1.2,1.3,1.4,1.5,1.6,1.7,1.8,1.9,2,2.1,2.2,2.4,2.5,2.6,2.8,3,3.2,3.4,3.6,4,4.2,4.5,4.8,5,5.3,5.6,6,6.3,6.7,7.1,7.5,8,8.5,9,9.5,10,10.5,11,11.5,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,24,25,26,28,30,32,34,36,38,40,42,45,48,50,53,55,56,60,63,67,71,75,80,85,90,95,100,105,110,120,125,130,140,150,160,170,180,190,200,210,220,240,250,260,280,300,320,340,360,380,400,420,450,480,500,530,560,600,630,670,710,750,800,850,900,950,1000,1060,1120,1180,1250,1320,1400,1500,1600,1700,1800,1900,2000,2120,2240,2360,2500,2650,2800,3000,3150,3350,3550,3750,4000,4250,4500,4750,5000,5300,5600,6000,6300,6700,7100,7500,8000,8500,9000,9500,10000,10600,11200,11800,12500,13200,14000,15000,16000,17000,18000,19000,20000</p>
<p>Ряди і розміри нормальних кутів загального призначення (згідно з ГОСТ-ом 8908-73)</p> <p>0,0°15', 0°30', 0°45', 1°, 1°30', 2°, 2°30', 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, 8°, 9°, 10°, 12°, 15°, 18°, 20°, 22°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°, 50°, 55°, 60°, 65°, 70°, 75°, 80°, 85°, 90°, 100°, 110°, 120°, 135°, 150°, 180°, 270°, 360°</p>
<p>Різи метричні. Діаметри і кроки. (згідно з ГОСТ-ом 8724-72 і СТ. СЭВ 181-75)</p> <p>5,6,8,10,12,16,18,20,22,24,27,30,33,36,39,42,45,48</p>
<p>Розміри метричної конічної різи (згідно з СТ СЭВ 304-76)</p> <p>6,8,10,12,14,16,18,20,22,24,27,30,33,36,39,42,45,48,52,56,60</p>
<p>Різи трапеційовидні однозаходні (згідно з ГОСТ-ом 9484-73)</p> <p>8,10,12,14,16,18,20,22,24,26,28,30,32,34,36,38,40,42,44,46,48,50,52,55,60,65,70,75,80,85,90</p>
<p>Ряди шорсткості</p> <p>0.025,0.05,0.1,0.125,0.16,0.2,0.25,0.32,0.4,0.5,0.63,0.8,1,1.25,1.6,2.5,3.2,4,5,6.3,8,10,12.5,16,20,25,32,40,50,63,80,100</p>

Приклад 1 (рис. 1.2)

1 Аналіз технологічності та конструкції деталі

Якісний аналіз

Деталь «Ступиця» виготовляється зі сталі 45 і слугує для встановлення вала в складальній одиниці. Аналіз робочого креслення показав, що найбільш точними поверхнями є зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 170h8_{(-0,063)}$, що використовується для правильної орієнтації деталі у вузлі; ряд отворів, що використовуються для надійного закріплення «Ступиці» на панелі; конічна поверхня, по якій установлюється вал. Таким чином, поверхня $\varnothing 170h8_{(-0,063)}$ і торець (правий) $\varnothing 280$ – це основні конструкторські бази. $\varnothing 116H8^{(+0,035)}$ та торець (лівий) $\varnothing 280$, торець (правий) $\varnothing 170h8_{(-0,063)}$, кріпильні отвори $\varnothing 21$, шпонковий паз – це допоміжні конструкторські бази. $\varnothing 280$ – вільна поверхня.

Конструкція деталі в цілому технологічна. Деталь має хороші базові поверхні для виконання більшості операцій механічної обробки. При виконанні токарної попередньої обробки – це $\varnothing 280$ та його торець (лівий), при остаточній обробці деталі – отвір $\varnothing 116H8^{(+0,035)}$. Для виробництва деталі передбачений матеріал-замінник, яким є сталь 20.

Вказані на кресленні деталі квалітети точності механічної обробки відповідають параметрам шорсткості. Вони можуть бути забезпечені на верстатах з числовим програмним керуванням.

Вимоги відносного розташування оброблених поверхонь вказані у відповідності з їх службовим призначенням, також можуть бути забезпечені при механічній обробці, за рахунок вибору схем базування, або обробки з одного установа певних поверхонь.

Вказані на кресленні розміри деталі можуть бути проконтрольовані безпосередньо, перешкод для контролю не існує.

Серед поверхонь деталі є такі, які можуть бути використані при базуванні. До таких поверхонь можна віднести конічний отвір, два з десяти отворів. Застосування штучних технологічних баз не є виправданим, оскільки існує достатня кількість баз для встановлення на них деталі під час механічної обробки.

Заготовка, з якої виготовляється деталь, виготовляється методом пластичного деформування. Виходячи з конструктивних особливостей та програми випуску деталі, що аналізується, найбільш оптимальним методом є штампування на гідравлічних пресах, кривошипних гарячештампувальних пресах, гарячештампувальних автоматах. Ці варіанти дозволяють отримати низьку шорсткість, порівняно з іншими способами штампування, а також забезпечують добрий економічний ефект.

Разом з тим мають місце деякі нетехнологічні елементи в конструкції деталі:

- внутрішня конічна поверхня $\leq 1:10$ – важкооброблювана, оскільки на неї встановлено досить високі норми точності і шорсткості;
- шпонковий паз розміщений у такій частині деталі, що ускладнює його обробку;
- конічні отвори, призначені для застосування болтів з потайними головками, мають високі вимоги щодо шорсткості, що, в свою чергу, передбачає додаткові операції механічної обробки. Особливої необхідності в цьому не має і тому можна збільшити до величини шорсткості самого отвору $\varnothing 21$.

Кількісний аналіз

Таблиця 3.3 – Визначення коефіцієнту уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Конусність	Шорсткість	Різь метрична
150 *	$\varnothing 280^*$	60° *(10 пов.)	$\leq 1:10$ *	12,5 *(20 пов.)	M10-7H *
125 *	$\varnothing 225$	54°		6,3 *(15 пов.)	
115	$\varnothing 170h8(-0,063)^*$	45° *		3,2 *(2 пов.)	
63 *	$\varnothing 162$			1,6 *(3 пов.)	
50 *	$\varnothing 140$ *				
38 *	$\varnothing 116H8(+0,035)$				
28H9 *	$\varnothing 21$ *(10 пов.)				
15 *	R7 *(2 пов.)				
9 *(11 пов.)					
6 *					
5 *					
4 *					
$\Sigma_{\text{заг.}} = 22$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 18$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 12$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 1$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 40$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 1$
$\Sigma_{\text{уніф.}} = 21$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 15$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 11$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 1$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 40$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 1$

Примітка: позначення «*» мають уніфіковані розміри.

$$K_{ye} = \frac{Q_{ey}}{Q_e} = \frac{89}{94} = 0,96;$$

Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 3.4 – Визначення коефіцієнту точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
8 ($\varnothing 170h8(-0,063)$; $\varnothing 116H8(+0,035)$)	2	$8 \cdot 2 = 16$
9 (28H9)	1	$9 \cdot 1 = 9$
10 (9; $\varnothing 140$ $\varnothing 280$)	12	$10 \cdot 12 = 120$
12 (150; 125; 63; 50; 38; 9; 6; 5; 4; $\varnothing 21$; $\varnothing 162$; R7)	23	$12 \cdot 23 = 276$
14 (115; $\varnothing 225$)	2	$14 \cdot 2 = 28$
Сума	40	449

$$K_{m.ч.} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{11,2} = 0,91;$$

де

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{449}{40} = 11,2;$$

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі;
 n_i – кількість поверхонь деталі відповідного квалітету.

Таблиця 3.5 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6 ((Ø170h8(-0,063); Ø116H8(+0,035); 125)	3	1,6·3 = 4,8
3,2	2	3,2·2 = 6,4
6,3 (150; 125; 63; 50; 38; 9; 6; 5; 4; Ø21; Ø162; R7)	25	6,3·25 = 157,5
12,5 (Ø21)	10	12,5·10 = 125
Сума	40	293,7

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{7,34} = 0,14;$$

де $Ш_{cp}$ – середня шорсткість поверхні, мкм.

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{293,7}{40} = 7,34;$$

де $Ш_i$ – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі, мкм;
 n_i – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає числовому значенню параметра R_a , мкм.

Висновок: $K_y=0,96>0,6$; $K_T=0,91>0,8$; $K_{ш}=0,14<0,32$. Отже, деталь за кількісними показниками є технологічною.

3.2. Порядок виконання роботи

1. Одержання завдання для виконання роботи.
2. Проведення якісного аналізу технологічності конструкції деталі.
3. Виконання кількісного аналізу технологічності конструкції деталі за коефіцієнтом уніфікації, точності, шорсткості.
 - 3.1 Розгляд оброблюваних поверхонь та її запис у вигляді розмірів.
 - 3.2 Заповнення розрахункової таблиці (з розподілом оброблюваних поверхонь по видах – зовнішні діаметральні поверхні, отвори, різьбові поверхні та ін.).
 - 3.3 Вибір уніфікованих елементів та занесення їх в розрахункову таблицю.
 - 3.4 Розрахунок коефіцієнта уніфікації.

3.5 Заповнення розрахункової таблиці та визначення коефіцієнта точності поверхонь деталей.

3.6 Заповнення розрахункової таблиці та визначення коефіцієнта шорсткості поверхонь деталі.

4. Висновки по роботі

3.3. Обладнання для виконання роботи

1. Деталь.
2. Креслення деталі.
3. Вимірювальний інструмент: штангенциркуль, мікрометр, глибиномір, зразки шорсткості.

3.4. Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Креслення деталі.
3. Якісний аналіз технологічності конструкції деталі.
4. Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі.
 - 4.1 Таблиця даних та розрахунок коефіцієнта уніфікації.
 - 4.2 Таблиця даних та розрахунок коефіцієнта точності.
 - 4.3 Таблиця даних та розрахунок коефіцієнта шорсткості.
5. Висновки по роботі.

3.5. Питання для самоконтролю

1. Показники, по яких виконується якісний аналіз технологічності конструкції деталі.
2. Елементи що вважаються нетехнологічними в конструкції деталі.
3. Визначення коефіцієнта уніфікації.
4. Визначення коефіцієнта точності.
5. Розрахунок середнього квалітету точності.
6. Визначення коефіцієнта шорсткості.
7. Розрахунок середньої шорсткості поверхонь деталі.
8. Рекомендуємі значення коефіцієнтів уніфікації, точності, шорсткості, при яких конструкція деталі вважається технологічною.

Рекомендована література [1, 7, 24]

Лабораторна робота №4

ВИБІР МОЖЛИВИХ ВАРІАНТІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ

Мета роботи – набуття практичних навиків вибору можливих способів виготовлення заготовки, проведення їх аналізу та обґрунтування двох найбільш доцільних способів виготовлення заготовки деталі.

4.1. Короткі теоретичні відомості

Основні методи виготовлення заготовки деталей машин – лиття, обробка пластичним деформуванням, зварювання, прокатування, порошкова металургія. Спосіб отримання тої чи іншої заготовки залежить від службового призначення деталі і вимог, які пред’явлені до неї, від її конфігурації і розмірів, виду конструкційного матеріалу, типу виробництва і інших факторів.

Матеріал з питання можливих способів виготовлення заготовки в компактній, систематизованій формі викладений в [1, с.41-42, т.4.2.; с.134-135, т.5.12.] і приведений в таблицях 4.1, 4.2 даних методичних вказівок.

Таблиці 4.1, 4.2 дозволяють виконати аналіз зазначених способів в основному по кількісних показниках. Для більш повного аналізу та вивчення якісних сторін заготовок, одержаних певними способами лиття чи обробки тиском рекомендується вивчити розділи в літературі [2, с.36-40, 100-101, 129-133; 3, с.80-123, 132-187; 4, с.54-148; 5, с.174-265, с.80-173; 6, с.40-60, 74-136].

Приклад.

- Вихідні дані: 1. Креслення деталі – “Опора”;
2. Маса деталі – 9,08 кг;
3. Тип виробництва – серійний;
4. Матеріал деталі – сірий чавун СЧ-18;
5. Річна програма – 15000 штук.

Проаналізувавши умови, одержані в якості вихідних і розрахункових даних, робимо висновок, що заготовку потрібно виготовляти методом лиття, так як чавун СЧ-18 має добрі ливарні властивості. Можливі способи лиття – лиття в піщано-глинисті форми, лиття в облицьований кокіль, лиття в оболонкові форми.

Таблиця 4.1 – Порівняльна характеристика способів лиття

Спосіб лиття	Тип виробництва	Матеріал виливка	Маса виливка, кг	Товщина стінок, мм	Досягнута точність розмірів, квалітет	Шорсткість поверхні Rz, мкм	Коефіцієнт використання матеріалу заготовки	Собівартість лиття, гр.о/т	Технологічні особливості	Область застосування
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
В піщано глинисті форми	О, С	Чавун, сталь, кольорові метали	10 - 1000	>3	14 - 17	320 - 80	0,55 - 0,70	Сірий чавун - 120; Ковкий чавун - 150; Стальне лиття – 125 - 250	Можливе виготовлення виливків будь-якої конфігурації, особливо при необхідності використання великої кількості стержнів	Фланці, кришки, втулки, станини, корпуси насосів, редукторів, корпуси різних виробів
В оболонкові форми	С, М	Чавун, вуглецева і легована сталь, кольорові метали	0,1 - 80	2...4	12 - 15	160 - 20	0,85 - 0,90	Чавуни, сталі, кольорові сплави 120 - 1200	Тонкостінні виливки компактної форми	Втулки, муфти, фланці, кронштейни
Відцентрове	М, С	Сірий чавун, сталь, мідні сплави	0,1 - 3000	>4	13 - 15	80 - 20	0,70 - 0,80	Сірий чавун, сталь, мідні сплави 120 - 150	Деталі, що мають вісь симетрії	Труби, кільця, втулки, гільзи

Таблиця 4.1 - продовження

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
За виплавними моделями	М,С	Високолеговані сталі, жароміцні сплави, кольорові метали і сплави	0,01... 135	>0,7	11 - 14	40 - 10	0,85 - 0,95	Сталі, кольорові сплави – 600 - 1000	Дрібні і середні виливки складної конфігурації, механічну обробку яких виконувати важко	Лопатки турбін, зубчасті колеса, штуцери, фітинги та інші
Лиття в кокіль (металеві форми)	С	Сталь, чавун, кольорові метали	0,1 - 50	>3	12 - 15	80 - 20	0,71 - 0,75	Сірий чавун – 90 - 150, вуглецеві сталі – 150 - 200 алюмінієві сплави 600 - 750	Виготовлення товстостінних виливків простої і середньої складності	Муфти, втулки, стакани маховики, колеса
Під тиском	М,С	Цинкові, алюмінієві, магнієві, мідні сплави	0,001 - 13	0,5 - 6,0	9 - 13	40 - 10	0,95 - 0,98	Алюмінієві сплави 760 - 800 Цинкові, магнієві, мідні сплави - 600 - 1500	Тонкостінні виливки складної конфігурації	Корпуси приладів, панелі, шестерні, штепсельні роз'єми

Примітка: Тут і в подальшому умовні позначення типів виробництва:

О – одиничне;

С – серійне;

М – масове.

Таблиця 4.2 – Порівняльна характеристика різних способів штамповки і ковки (одержання заготовок пластичним деформуванням)

Спосіб одержання поковки	Тип виробництва	Матеріал поковок, штамповок	Маса поковок, кг	Припуски на сторону, мм	Штампувальні нахили, град.	Досягнута точність, квалітет	Шорсткість поверхні Rz, мкм	Орієнтовні розміри партії, шт	Відносна собівартість, %	Технологічні особливості	Область застосування
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ковка	О, С	Вуглецеві і леговані сталі і легкі сплави	0,5 - 250000	По перетину 2 - 40, по довжині 8 - 70		16 - 17 і вище	320 - 40	50 - 200	130 - 220	Найбільш прості конструктивні форми	Ротори гідротурбін, фланці, вали, диски, колеса
Гаряча штамповка	С, рідше М	Сталі, кольорові метали	0,1 - 2000	0,75 - 4,25	7 - 10	15 - 17	320 - 40	Для важких заготовок – 2500-3000, для середніх і дрібних – 4000 - 10000	100	Заготовки досить складної форми без заглиблень та виступів, що заважають вийманню із штампа	Зубчасті колеса, важелі, перемикачі, чашки, ступиці

Гаряча штамповка на механічних пресах	С,М	Сталі, кольорові метали	0,1 - 1000	0,5...3,0	3 - 7	13 - 17	160 - 20	Для важких заготовок – 2500 - 3000, для середніх, дрібних – 4000 - 10000	86 - 100	Заготовки досить складної форми без заглиблень та виступів, що заважають вийманню із штампа	Кільця, гайки, важелі, фланці, кришки, полі корпуси
Штамповка на ГKM	С,М	Сталі, кольорові метали	0,5 - 100	1,5 - 3,25	В матрицях –1 - 7, в пуансоні - 0,25 - 2,00	13 - 17	160 - 20	Стійкість до повного зношування матриць – 24000 - 64000, пуансонів – 3000 - 11000	70 - 75	Симетричні та асиметричні стержні із суцільними і полими головками фланцями	Кільця, гайки, втулки, вали з фланцями
Гаряча штамповка і калібровка	М	Сталі, кольорові метали	0,3 - 120	До 0,4	5 - 7	11 - 15	32 - 10		77 - 93	Поверхні після холодної калібровки не вимагають наступної механічної обробки	Панелі, фланці, кришки, штепсельні роз'єми
Штамповка видавлюванням на гідравлічних пресах	С	Малопластичні сталі, кольорові метали	0,25 - 80	По перетину 0,5 - 1,5; по довжині 1,5 - 4,0	0,5 - 4,0	13 - 17	160 - 20	700 - 2000	11 - 115	Заготовки з тонкими і довгими стінками або стержнями	Спеціальні болти, стержні, баки, контейнери, труби з фланцями

Лиття в піщано-глинисті форми

Лиття в піщано-глинисті форми – найрозповсюдженіший спосіб лиття. В машинобудуванні, цим способом виготовляють 75-80% виливків (по масі). В залежності від розмірів виливка і типу виробництва застосовують ручне або машинне формування. В піщано-глинистих формах можна виготовити виливки самої складної конфігурації і масою від декількох грамів до сотень тон.

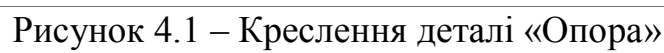
Заготовки, що виливаються цим способом характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості і великими припусками на механічну обробку. В загальному випадку литтям в піщано-глинисті форми можна одержати виливки з шорсткістю поверхонь $R_2 = 320-40$ мкм і з точністю, що відповідає 14-17 квалітетам і грубіше.

Вартість виготовлення виливків мінімальна, але вартість їх механічної обробки більша, чим заготовок, виготовлених іншими способами лиття. Лиття в піщано-глинисті форми вимагає найбільших затрат матеріалу, причому 45-30% маси виливка перетворюється в стружку при механічній обробці, на що витрачається близько 25% виробляємої електричної енергії. Перехід до спеціальних способів лиття дає можливість знизити припуски на механічну обробку і кількість стружки до 5-7%.

Переваги спеціальних способів лиття полягають не тільки в зниженні об'єму механічної обробки, але й в зменшенні маси ливникової системи і різкому зниженні витрат формувальних матеріалів.

Лиття в кокіль

Лиття в кокіль – найбільш дешевий серед спеціальних способів лиття. Його головна особливість полягає в багатократному використанні металевої форми – кокіля. Стійкість чавунних кокілей складає при виготовленні сталюого лиття 50 - 500 виливків, чавунного – 400 - 8000 виливків, лиття з кольорових сплавів – тисячі і десятки тисяч виливків. Кокілі дозволяють виготовити виливки з точними розмірами (до 12 квалітету). Параметр шорсткості може досягати $R_z = 20$ мкм. В зв'язку з високою теплопровідністю матеріалу форми, швидкість кристалізації дуже велика. Це підвищує механічні властивості виливка (за рахунок одержання дрібнозернистої структури) на 10-15%, але в той час погіршується можливість виготовлення виливків з тонкими стінками. Кокілям практично не властива податливість і газопроникність, що необхідно враховувати при конструюванні виливка.



При переході з лиття в піщані форми на лиття в кокіль витрати матеріалу зменшуються на 10-20% за рахунок зменшення ливникової системи. Трудомісткість механічної обробки за рахунок зменшення припусків і високої точності розмірів зменшується в 1,5-2 рази.

Одночасно потрібно враховувати те, що самі кокілі коштують досить дорого, що в них можна виготовляти виливки порівняно простої конфігурації і що можливе їх жолоблення із-за значних усадочних і термічних напружень.

Кокільне лиття доцільно застосовувати в умовах серійного виробництва при одержанні з кожної форми не менше 300-500 дрібних або 50-200 середніх виливків в рік, а також для виготовлення виливків простої конфігурації із мідних, алюмінієвих і магнієвих сплавів, а також із сталі і чавуну.

Заміна лиття в піщані форми на лиття в кокіль при досить великій програмі випуску знижує собівартість виливків приблизно на 30% і підвищує продуктивність праці в 4-6 разів.

Витрати на організацію дільниці кокільного лиття при цьому окупаються за 2-3 місяці.

Враховуючи, що матеріал вилівка СЧ-18 кокіль повинен бути облицьованим, тобто із захисним покриттям його стінок. Це вимагає додаткових економічних витрат.

Лиття в оболонкові форми

Лиття в оболонкові форми полягає в тому, що разову ливарну форму виготовляють у вигляді оболонки, використовуючи для формувальної суміші в якості зв'язуючого матеріалу фенольні термореактивні смоли, що міцно цементують дрібний кварцовий пісок, який використовується як наповнювач. Виготовлення оболонкової форми виключає необхідність в опоках, які використовуються при литті в піщано-глинисті форми. При литті в оболонкові форми різко знижуються витрати формувальної суміші, процес легко механізувати і автоматизувати. Використання формувальної суміші, яка складається із 92-95% дрібного кварцевого, магнезійового або цирконієвого піску і 4-6% термореактивної фенолформальдегідної смоли, забезпечує малу шорсткість поверхні і більш високу точність виливків (12-15 квалітети), ніж при литті в піщано-глинисті форми (14-17 квалітети), так як оболонка твердіє на моделі та зберігає її розміри. Коефіцієнт використання матеріалу при литті в оболонкові форми 0,85-0,9, що значно вище ніж при литті в піщано-глинисті форми 0,55-0,7 та в кокіль – 0,71-0,75. Це призводить до зменшення об'єму механічної обробки, а відповідно до зниження її собівартості.

Структура металу при литті в оболонкові форми дрібнозерниста, якісна.

Висновок

Враховуючи, що при литті сірого чавуну в кокіль на поверхні заготовки утворюється відбілений шар, структура металу має пористості та внутрішні дефекти внаслідок різкого охолодження металу (металева форма – це хороший провідник теплоти) прийнято до розгляду варіанти виготовлення заготовки – лиття в піщано-глинисті форми (як у базовому технологічному процесі) та лиття в оболонкові форми (запропонований варіант).

4.2. Порядок виконання роботи

1. Одержання завдання для виконання роботи.
2. Вивчення робочого креслення деталі; конструкції, вимог точності, шорсткості оброблюваних поверхонь, маси деталі, матеріалу.
3. Формування вихідних даних: тип виробництва; матеріал, маса деталі, габаритні розміри.
4. Визначення методу виготовлення заготовки деталі.
5. Вибір можливих способів виготовлення заготовки деталі.
6. Виконання якісного аналізу вибраних способів виготовлення заготовки деталі.
7. Виконання кількісного аналізу вибраних способів виготовлення заготовки деталі.
8. Вибір двох альтернативних варіантів виготовлення заготовки деталі з логічним обґрунтуванням рішення.
9. Висновки.

4.3. Обладнання для виконання роботи

1. Деталь.
2. Креслення деталі.
3. Вимірювальний інструмент: штангенциркуль, мікрометр, глибиномір, зразки шорсткості.

4.4. Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Креслення деталі.
3. Вихідні дані для вибору варіантів виготовлення заготовки.
4. Метод виготовлення заготовки.
5. Можливі способи виготовлення заготовки.

6. Якісні характеристики можливих способів виготовлення заготовки (найменування, технологічні особливості, суть переваги, недоліки, область використання).

7. Кількісні показники способів виготовлення заготовки деталі (серійність виробництва, матеріал, маса, товщина стінок, досягаєма точність, шорсткість, коефіцієнт використання матеріалу заготовки, собівартість).

8. Вибір 2-х альтернативних варіантів виготовлення заготовки на основі виконаного якісного та кількісного аналізу, та порівняння з обґрунтуванням рішення.

9. Висновки по роботі.

4.5. Питання для самоконтролю

1. Вихідні дані для вибору методу та способу виготовлення заготовки деталі.

2. Способи лиття, їх характеристики.

3. Способи пластичного деформування, їх характеристика.

4. Фактори, що впливають на вибір методу та способу виготовлення заготовки деталі.

5. Кількісні показники, що характеризують спосіб виготовлення заготовки.

6. Параметри точності, шорсткості поверхонь, що можуть бути досягнуті при різних способах виготовлення заготовок деталей.

Рекомендована література [5, 6, 7, 12, 13, 15, 20, 26]

Лабораторна робота №5

РОЗРАХУНОК РОЗМІРІВ ЗАГОТОВКИ

Мета роботи – оволодіння методикою призначення припусків на обробку поверхонь деталі та розрахунку розмірів заготовки, оформлення ескізу заготовки.

5.1. Короткі теоретичні відомості

Варіант литої заготовки

1.1. Призначення припусків (табличних) на механічну обробку та розрахунок розмірів заготовок. Для виконання цього пункту рекомендується використати ГОСТ 26645-85.

Етапи призначення припусків:

1.1.1. Вибір вихідних параметрів заготовки, що характеризують її точність:

- Клас розмірної точності вилівка [9, с.32-35, т.9; дод. А, таблиця А1].
- Ступінь жолоблення елементів вилівка [9, с.35, т.10; дод. А, таблиця А2].
- Ступінь точності поверхонь вилівка [9, с.36-38, т.11; дод. А, таблиця А3].
- Шорсткість поверхонь вилівка [9, с.39, т.12; дод. А, таблиця А4].
- Клас точності маси вилівка [9, с.40-42, т.13; дод. А, таблиця А5].
- Ряд припусків [9, с.43, т.14; дод. А, таблиця А6].

Особливу увагу потрібно звернути на примітки до таблиць, де наведені рекомендації по призначенню параметрів точності в залежності від типу виробництва, складності заготовок. Виконаний вибір рекомендується звести в таблицю (див. приклад табл.5.1).

1.1.2. Вибір допусків:

Перед вибором допусків та припусків на механічну обробку поверхонь деталі потрібно уважно вивчити робоче креслення деталі, встановити оброблювані поверхні і розміри, що їх зв'язують та записати їх в розрахункову таблицю (див. приклад табл.5.1).

На тих ділянках вилівка, де отвори, впадини, порожнини і тому подібне одержати способами лиття важко або неможливо, призначають напуски.

- Допуски розмірів [9, с.2-3, т.1; п.2.1-2.4; дод. А, таблиця А8].
- Допуски форми та розміщення елементів вилівка [15, с.5, т.2; п.2.5; дод. А, таблиця А9].
- Допуски круглості, співвісності, симетричності, перетину осей, позиційні допуски [9, с.4, п.2.6; дод. А, таблиця А8].
- Допуск зміщення вилівка по площині роз'єму [9, с.4, п. 2.7, 2.8; дод. А, таблиця А8].
- Допуск нерівностей [9, с.6, т.3; дод. А, таблиця А10].
- Допуск маси [9, с.8, т.4; дод. А, таблиця А11].
- Загальні допуски [9, с.45-51, т.16; с.4, п.2.9; дод. А, таблиця А12].
- Розподіл полів допусків [9, с.4, п.2.11;].

Таблиця 5.1 – Розрахунок розмірів литої заготовки

Вхідні дані	Лиття в металеві форми					
	Згідно з ГОСТ 26645-85			Прийнято		
Клас розмірної точності	7т – 11			9т		
Ступінь жолоблення елементів виливка	5 –8			6		
Ступінь точності поверхонь виливка	9 –15			11		
Шорсткість поверхонь виливка	Ra=40мкм			Ra=40мкм		
Клас точності маси	6 – 11			9т		
Ряд припусків	4 – 7			5		
Розрахункові розміри, мм						
Допуски:	Ø110H7(+0,037)	Ø56H8(+0,046)	48,5±0,31	65-0,74	85±0,345	30-0,52
	1	2	3	4	5	6
	2	1,6	1,6	1,8	1,8	1,4
Розмірів	2	1,6	1,6	1,8	1,8	1,4
Форми чи розміщення	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	1,2	1,4
Маси	8,0%					
Нерівностей (шорсткості)	0,5					
Загальний допуск	2,0	1,6	1,6	2,0	2,4	2,4
Припуски:	0,5					
Мінімальний						
Загальний	3,0	2,7	1,6	1,7	2,0	2,0
	Кількість переходів механічної обробки					
По точності розмірів	4	4	1	1	1	1
По відхиленнях форми, відносного розміщення поверхонь	3	-	1	-	-	-
Прийнята кількість переходів	4	4	1	1	1	1
Розміри заготовки	Ø104	Ø50,6	50,1	66,7	87,0	34,0

1.1.3. Вибір припусків:

- Мінімальний ливарний припуск на сторону [9, с.8-9, т.5; 4.1.1; дод. А, т. А13].

Загальний припуск на механічну обробку назначають для ліквідації похибки розмірів, форми і розміщення, нерівностей і дефектів

оброблюваної поверхні, що формуються при виготовленні виливка і послідовних переходах її обробки з метою підвищення точності оброблюваного елемента виливка.

Значення загального припуску вибирається в залежності від кількості переходів механічної обробки. Тому для вибору загального припуску спочатку потрібно визначити кількість переходів механічної обробки кожної із оброблюваних поверхонь.

- Кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі [9, с.28, т.7; дод. А, т. А14].
- Кількість переходів механічної обробки в залежності від необхідної точності форми, розміщення поверхонь оброблюваної деталі [9, с.29, т.8; дод. А, т. А15].
- Остаточна кількість переходів механічної обробки встановлюється по більшому із значень, знайдених згідно з рекомендаціями [9, с.28-29, т.7,8; ; дод. А, т. А14 – А15].
- Загальний припуск призначається на сторону [9, с.10-27, т.6, п.4.1-4.10; дод. А, таблиця А16].

1.1.4. Розрахунок розмірів заготовки.

- При розрахунку зовнішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і додається до розміру готової деталі.
- При розрахунку внутрішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі.
- При визначенні лінійних розмірів потрібно уважно проаналізувати креслення деталі і вияснити, як формується розмір заготовки:

Якщо лінійний розмір зв'язує дві поверхні, що обробляються і є охоплюваними (наприклад, розміри $215 \pm 0,36$, 12, рис.5.1), то припуск подвоюється і додається до розміру готової деталі;

Якщо лінійний розмір зв'язує дві поверхні, що обробляються, але вони є охоплювальними (наприклад, розточка в корпусній деталі), то припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі;

Якщо лінійний розмір зв'язує дві поверхні, що обробляються, але одна з них охоплювана, а друга – охоплювальна (наприклад, розмір 10, рис.5.1), то одне значення припуску додається, а друге – віднімається (в даному випадку припуски на оброблювані поверхні відкладаються в одному напрямку);

Якщо лінійний розмір зв'язує дві поверхні, що є охоплюваними, але обробляється лише одна поверхня, то припуск не подвоюється і додається лише одне значення до розміру готової деталі;

Якщо лінійний розмір зв'язує дві поверхні, що є охоплювальними (наприклад, розточка в корпусній деталі), але обробляється лише одна

поверхня, то припуск не подвоюється і віднімається тільки одне значення від розміру готової деталі.

1.2. Вибір товщини стінок, радіусів заокруглень, нахилів та інших конструктивних елементів литої заготовки.

- Товщина стінок [20, с.56-57, рис.4.4; 15, с.68, т.2.24, с.70, рис.2.5, с.97, т.2.37, с.104, т.3.45], табл. 5.3, 5.4, 5.5.
- Радіуси заокруглень [20, с.65, рис.4.8; 15, с.73, рис.2.9, с.74, т.2.27, 2.28], табл. 5.6, 5.7.
- Нахили [20, с.60-64, т.4.13; 15, с.78, т.2.31, с.105, т.2.46], табл. 5.8.
- Мінімальні діаметри отворів, що виливаються [20, с.57-58; 15, с.98, т.2.38, с.106, т.2.49, с.107, т.2.50].
- Положення поверхні роз'єму форми [20, с.65,66].
- Інші конструктивні елементи, рекомендації по їх проектуванню [1, с.73-83; 15, с.61-115].

1.3. Оформлення креслення литої заготовки (рис.5.2).

Вихідним документом для оформлення креслення (ескізу) заготовки є креслення деталі. В одиничному виробництві креслення вилівка виконують на копії креслення деталі, при цьому елементи вилівка виконуються червоним кольором.

Оформлення креслення (ескізу) заготовки виконується у відповідності з правилами ЄСКД, переважно в масштабі 1:1 в такому порядку:

- Зображується контур деталі (без нанесення розмірів) тонкими лініями;
- Наносяться напуски;
- На всі оброблювані поверхні наносяться припуски;
- Встановлюється лінія роз'єднання форми і у відповідності з її положенням наносяться ливарні нахили;
- Оформляються конфігурація і розміри внутрішніх поверхонь, що формуються стержнями;
- Оформляються спряження поверхонь, радіуси заокруглень;
- Основними лініями оформляється креслення заготовки;
- Проставляються розміри заготовки, що одержані шляхом розрахунку;
- Розміри, що зв'язують необроблювані поверхні, переносяться з креслення деталі;
- Записуються технічні вимоги на литу заготовку;
- Ставиться шорсткість заготовки;
- Залишки живильників, випорів, прибутків та інших подібних елементів, якщо вони не відділяються повністю в ливарному цеху, також зображуються на кресленні вилівка. При цьому, якщо вони обрізані різцем, фрезою чи пилою, лінія обрізки зображується суцільною тонкою

прямою лінією; якщо вогневим різанням чи обломуванням – то хвилястою.

При постановці розмірів з комплектом чорнових баз зв'язують відповідні необроблювані поверхні; при цьому потрібно уникати простановки розмірів ланцюжком. Якщо неможливо кожен з розмірів зв'язати з чорною базою, необхідно прагнути до того, щоб число додаткових розмірів було мінімальним.

По кожній з трьох осей координат необхідно зв'язати чорнову базу з відповідною базою чистової обробки тільки одним розміром. В протилежному випадку при простановці між оброблюваною і необроблюваною поверхнями по одному координатному напрямку двох і більше розмірів їх допуски додаються. В якості замикальної ланки звичайно вибираються товщина фланця, припливу чи другого невідповідального елемента, яка буде коливатися в границях суми допусків на ланцюжок розмірів

Всі оброблювані поверхні рекомендується зв'язати з базою чистової механічної обробки. Зв'язувати з нею необроблювані поверхні небажано.

2. Технічні вимоги на литі заготовки [7, с.29-30; 9, с.69-70].

1. Клас точності розмірів - , ступінь жолоблення - , ступінь точності поверхонь - , клас точності маси - , допуск зміщення - .

Приклад:

Точність вилівка 8 – 5 – 4 – 7 Зм. 0,8 ГОСТ 26645-85.

2. Маса деталі - , припусків на механічну обробку - , технологічні напуски - і маса вилівка - .

Приклад:

Маса 20,35 – 3,15 – 1,35 – 24,66 ГОСТ 26645-85.

3. Невказані на кресленні радіуси заокруглень - , формувальні нахили ... і т.п.

4. Твердість матеріалу заготовки - .

5. Відомості про вид, кількість, розмір і місце розміщення допустимих ливарних дефектів (усадочна пухкість, раковини, тріщини і т.п.). Якщо дозволяється ліквідація певних дефектів, то вказуються їх види і допустимі способи ліквідації.

6. При необхідності додаткові вимоги: по допустимій глибині відбіленого шару із чавуну; макро- і мікроструктурі; жаростійкості і корозійній стійкості, герметичності і т.п. В цьому випадку додатково вказуються методи контролю і норми відбору виливків по відповідних показниках.

7. Для досить великих виливків вказують місце маркування деталі, її характер, а також зміст і шрифт маркування.

$R_{\Sigma 80} \sqrt{(\sqrt{V})}$

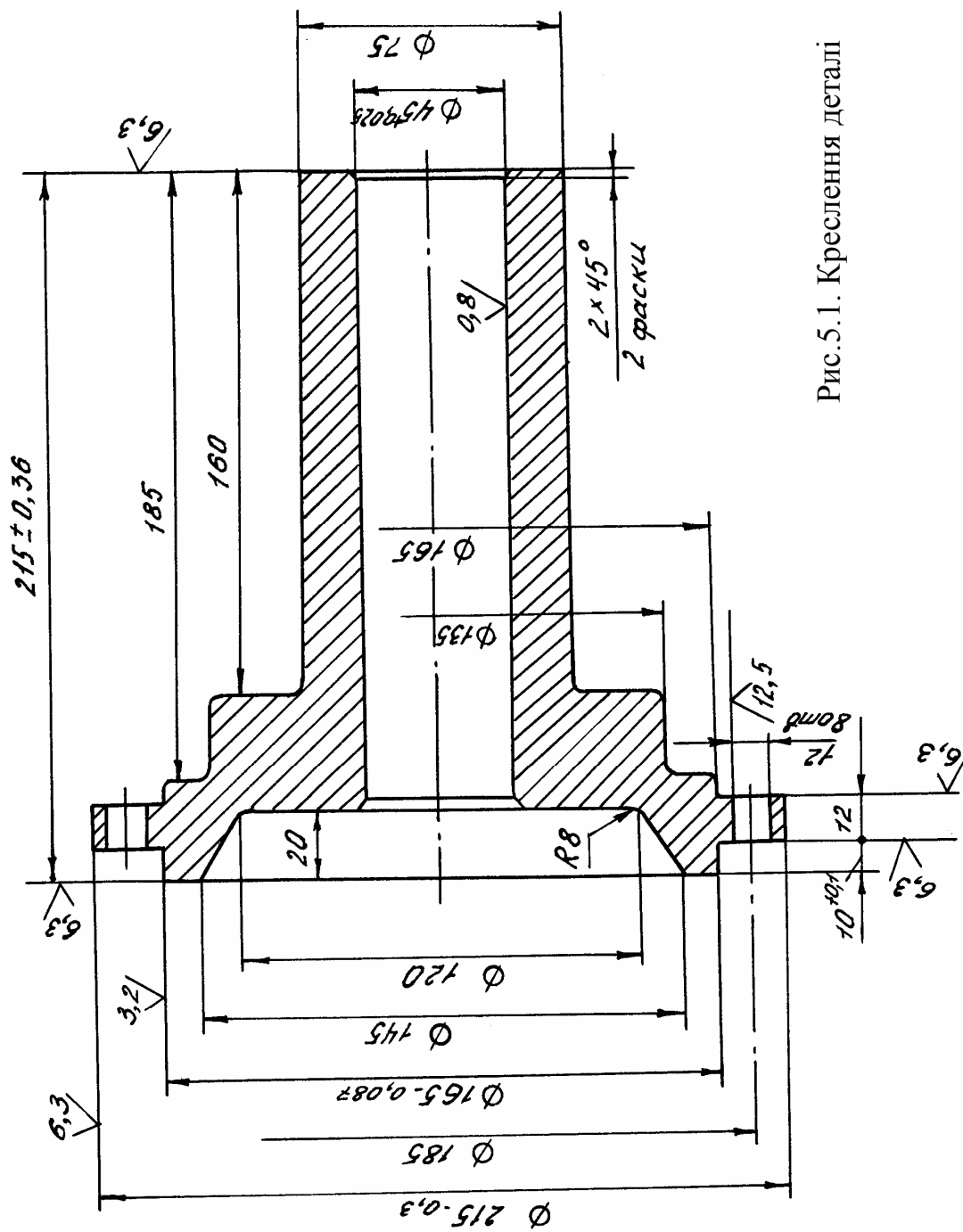


Рис. 5.1. Креслення деталі

РЗ 80

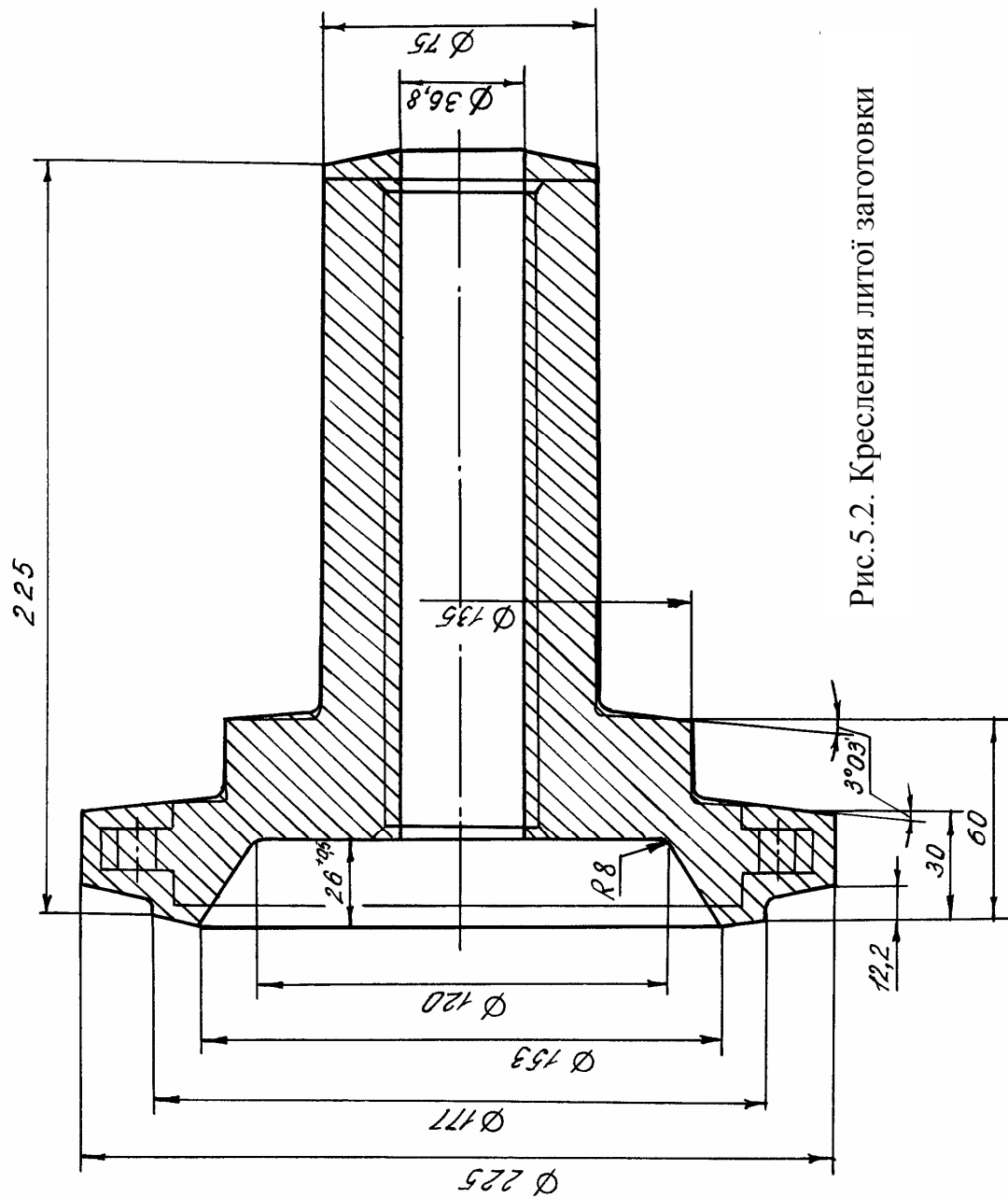


Рис.5.2. Креслення литої заготовки

Таблиця 5.2 – Мінімальна товщина стінок виливків, що одержують литтям в піщано-глинисті форми

Матеріал	Розмір виливка	Мінімальна товщина стінки, мм
Сталь	Дрібні Середні Великі	8 12 20
Чавун сірий звичайний і з шаровидним графітом	Дрібні (маса до 2 кг) Середні (маса до 50 кг) Великі (маса більше 50 кг)	3–4 6–8 10–20
Чавун ковкий	Найбільша площа стінки, мм 50×50 100×100 200×200 350×350 500×500	2,5–3,5 3,0–4,0 3,5–5,5 4,0–5,5 5,0–7,0
Бронза олов'яна	При найбільшій довжині стінки, мм до 50 від 50 до 100 » 100 » 250 » 250 » 600	3 5 6 8
Спеціальні бронзи і латуні	Дрібні Середні	6 8
Кремнієва бронза	–	4
Алюмінієві сплави	Дрібні виливки з найбільшою довжиною стінки, мм Не більше: 200 800	3–5 5–8
Магнієві сплави	Дрібні Середні з довжиною стінки не більше 400 мм	4 6
Цинкові сплави	–	3

Таблиця 5.3 – Мінімальна товщина стінок, мм

Сплав	Характеристика виливка	Кокіль	
		без стержнів, з металевими стержнями	з піщаними стержнями
Магнієвий	Дрібні Середні	4	3
		6	5
Алюмінієвий	З площею поверхні, мм ² 600–16000 16100–60000 60100–120000 120100–240000	2,8	—
		3,2	—
		3,6	—
		4,3	—
Алюміній-кремній	З площею поверхні стінок не більше 3000мм ²	3	2
Бронза олов'яна	З площею поверхні стінок 3000 мм ²	4	3
Спеціальна		6	5
Чавун	З площею поверхні стінок, мм ² до 2500 2500–12500 Кільцеві	4	3
		5–10	4–8
		11–18	9–15
Сталь вуглецева з електропечей: Кислих	Дрібні Середні Великі	6	4
		16	10
		20	15
Основних	Дрібні Середні Великі	8	—
		16	—
		25	—

Таблиця 5.4 – Мінімальна товщина стінок в литих заготовках, що одержують литтям під тиском, мм

Площа поверхні виливка, мм ²	Сплави				
	Цинкові	Магнієві	Алюмінієві	Мідні	Сталі
до 2500	0,8	1,3	1,0	1,5	3,0
від 2500 до 10000	1,0	1,8	1,5	2,0	
» 10000 » 22500	1,5	2,5	2,0	3,0	
» 22500 » 40000	2,0	3,0	2,5	3,5	
» 40000 » 100000	—	4,0	4,0	—	

Таблиця 5.5 – Значення внутрішніх радіусів r при сполученні стінок різної товщини в литих заготовках

Відношення товщини сполучуваних стінок S/S_1	Мінімальна товщина стінки або ребра, мм									
	до 6	від 6 до 10	від 10 до 15	від 15 до 20	від 20 до 25	від 25 до 35	від 35 до 45	від 45 до 60	від 60 до 80	від 80 до 100
	Внутрішній радіус, мм									
від 1 до 2	5	8	10	12	15	20	25	30	40	50
» 2 » 3	8	10	12	15	20	25	30	40	50	–
понад 3	10	12	15	20	25	30	40	50	–	–

Таблиця 5.6 – Радіуси заокруглень для виливків із кольорових металів і сплавів, мм

$(S+S_1)/2$	r	$(S+S_1)/2$	R
до 12	6	від 45 до 60	25
від 12 до 16	8	» 60 » 80	32
» 16 » 20	10	» 80 » 110	36
» 20 » 27	12	» 110 » 150	40
» 27 » 35	16	» 150 » 200	50
» 35 » 45	20		

Таблиця 5.7 – Формувальні нахили модельного комплекту

Висота основної формуютьовуюальної поверхні, мм	Формувальний нахил								
	при використанні піщаноглинистих сумішей і комплекту				при використанні сумішей, що твердіють в контакті з оснащенням і комплекту			для лиття за виплавними моделями	
	металевого, пластмасового		дерев'яного		металевого для оболонкової форми	металевого, пластмасового	дерев'яного	для зовнішніх (охоплювальних) поверхонь	для внутрішніх (охоплювальних) поверхонь
	d≤h	d>h	d≤h	d>h					
до 10	2°17'	4°34'	2°54'	5°45'	1°43'	3°26'	4°00'	0°30'	1°30'
10...18	1°36'	3°11'	1°54'	3°49'	1°16'	2°32'	2°52'	0°20'	1°00'
19...30	1°09'	2°40'	1°31'	3°03'	0°57'	1°54'	2°17'	0°15'	0°45'
31...50	0°48'	1°42'	1°02'	2°05'	0°41'	1°16'	1°29'	0°15'	0°45'
51...80	0°34'	1°13'	0°43'	1°26'	0°30'	0°54'	1°04'	0°10'	0°30'
81...120	0°26'	0°54'	0°32'	1°03'	0°23'	0°40'	0°46'	0°10'	0°30'
121...180	0°19'	0°38'	0°23'	0°46'	0°17'	0°29'	0°34'	-	-
181...250	0°19'	0°37'	0°22'	0°44'	0°14'	0°28'	0°33'	-	-
251...315	0°19'	0°37'	0°22'	0°44'	0°14'	0°27'	0°33'	-	-
316...400	0°18'	0°36'	0°21'	0°43'	-	0°26'	0°32'	-	-
401...500	0°17'	0°35'	0°21'	0°41'	-	0°26'	0°31'	-	-
501...630	0°17'	0°33'	0°19'	0°38'	-	0°24'	0°29'	-	-
630...800	0°16'	0°32'	0°19'	0°38'	-	0°24'	0°29'	-	-
801...1000	-	-	0°19'	0°38'	-	-	0°29'	-	-
1001...1250	-	-	0°19'	-	-	-	0°29'	-	-
1251...1600	-	-	0°19'	-	-	-	0°29'	-	-
1601...2000	-	-	0°19'	-	-	-	0°28'	-	-
2001...2500	-	-	0°19'	-	-	-	0°28'	-	-
>2500	-	-	0°19'	-	-	-	0°28'	-	-

Варіант штампованої заготовки
(обробка пластичним деформуванням)

3.1. Призначення припусків (табличних) на механічну обробку та розрахунок розмірів заготовки.

Для виконання цього пункту рекомендується використати ГОСТ 7505-89.

Етапи призначення припусків:

3.1.1. Вибір вхідних параметрів заготовки, що характеризують її точність і складність.

- Клас точності Т [10, с.7, т.1, с.28, т.19; дод. Б, т. Б1].
- Група сталі М [10, с.8, т.1, дод. Б, т. Б2].
- Ступінь складності С [10, с.8, с.29-30, с.31, т.20].

Існує 4 ступені складності – С1, С2, С3, С4. Ступінь складності є однією із конструктивних характеристик форми поковок, яка якісно її характеризує і використовується для призначення припусків та допусків. Ступінь складності визначається за співвідношенням маси (об'єму) штампованої заготовки Q_n (поковки) до маси (об'єму) найпростішої геометричної фігури Q_ϕ , в яку вписується форма штампованої заготовки.

Орієнтовано масу штампованої заготовки (поковки) можна розрахувати за формулою

$$Q_n = Q_{\text{дет}} \cdot K_p, \quad (5.1.)$$

де $Q_{\text{дет}}$ – маса деталі, кг;

K_p – коефіцієнт для визначення орієнтованої розрахункової маси штампованої заготовки (поковки).

K_p визначається за Дод. Б таблиця Б3. При його призначенні менші значення призначаються для умов масового, великосерійного виробництва, середні – серійного виробництва, більші – для дрібносерійного, одиничного виробництва. Для визначення маси найпростішої фігури Q_ϕ , в яку можна вписати штамповану заготовку необхідно:

1. Визначити вид фігури, в яку вписується заготовка. Це може бути куля, паралелепіпед, циліндр, пустотілий циліндр, призма і т.п.

2. Визначити за геометричними формулами об'єм цієї фігури V_ϕ . При визначенні розмірів геометричної фігури, що описує заготовку, потрібно скористатися розмірами деталі, збільшивши їх в 1,05 рази.

3. Визначити масу фігури

$$Q_\phi = V_\phi \cdot \rho, \quad (5.2)$$

де ρ – густина матеріалу (дод. Б. т. Б4).

4. Розрахувати співвідношення Q_n/Q_ϕ .

За одержаним співвідношенням визначається ступінь складності штампованої заготовки. Ступеням складності відповідають такі числові значення співвідношення Q_n/Q_ϕ :

- C1 більше 0,63;
- C2 > 0,32 до 0,63 включно;
- C3 > 0,16 до 0,32 включно;
- C4 > 0,16.

Ступінь складності C4 встановлюється для штампованих заготовок з тонкими елементами, наприклад, у вигляді диска, фланця, кільця (рис.26), в тому числі з пробиваними перемичками, а також для штамповок (поковок) з тонким стрижневим елементом, якщо відношення t/D , t/L , $t/(D-d)$ не перевищує 0,2 і t не більше 25 мм (де D – найбільший розмір тонкого елемента; t – товщина тонкого елемента; d – діаметр елемента поковки, товщина якого перевищує величину t).

Для поковок, одержаних на горизонтально-кувальних машинах допускається визначати ступінь складності форми залежно від кількості переходів:

- C1 – не більше ніж при 2-х переходах;
- C2 – при 3-х переходах;
- C3 – при 4-х переходах;
- C4 – більше ніж при 4-х переходах або при виготовленні на двох кувальних машинах.

- Конфігурація поверхні роз'єднання штампа [10, с.8, т.1;].
- Вихідний індекс [10, с.9-11, т.2, п.3.2; Додаток Б, табл. Б 5].

При виборі класу точності заготовки більші значення призначаються для умов одиничного, дрібносерійного виробництва, менші – масового, великосерійного.

3.1.2. Вибір припусків.

- Основні припуски [10, с.11, т.3, п.4.1-4.2; дод. Б, табл. Б6].
- Додаткові припуски [10, с.14-16, т.4-6, дод. Б, табл. Б7, табл. Б8, табл. Б9].

3.1.3. Вибір допусків.

- Допуски розмірів [10, с.17-19, т.8, дод. Б, табл. Б11].
- Допуски зміщення, залишкового облою, задирки, відхилення від концентричності пробитого отвору, вигнутості, міжосьової відстані, кутових елементів, радіусів заокруглень [10, с.20-26, т.9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17; дод. Б т. 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20].

Вибрані значення по пунктах 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 рекомендується занести в таблицю (див. приклад табл.5.11).

3.1.4. Розрахунок розмірів штампованої заготовки.

Припуски на механічну обробку поверхонь штампованої заготовки залежать від заданої шорсткості поверхні. Тому при розрахунку

лінійних розмірів заготовки потрібно звертати увагу на параметр шорсткості. На дві поверхні, що зв'язані одним лінійним розміром припуск буде різним, якщо задана шорсткість різна.

Всі решта рекомендацій аналогічні тим, що наведені в п.3.1.4. для литої заготовки.

3.1.3. Вибір радіусів, нахилів та інших конструктивних елементів штампованої заготовки.

- Радіуси заокруглень [10, с.15, т.7; 20, с.122, т.5.11], табл.5.9.
- Нахили [10, с.26-27, т.18, рис.5.26; 20, с.121, т.5.10], табл.5.10.
- Мінімальний діаметр отвору, що штампується [20, с.123].
- Форма і розміри (по глибині) отворів, що штампуються [20, с.124-126; 4, с.27, п.6.4, 6.5].
- Положення лінії роз'єднання штампа [20, с.113-116; 2, с.145-146].
- Інші конструктивні елементи штамповки [20, с.113-128; 2, с.132-179].

Таблиця 5.9 – Мінімальна величина радіуса заокруглення зовнішніх кутів поковок в залежності від глибини порожнини штампа

Маса поковки (понад ... до), кг	Найменші радіуси заокруглень при глибині порожнини штампа (понад ... до), мм			
	до 10	10...25	25...30	більше 50
до 1,0 вкл.	1,0	1,6	2,0	3,0
> 1,0 до 6,0 вкл.	1,6	2,0	2,5	3,5
> 6,0 до 16,0 вкл.	2,0	2,5	3,0	4,0
> 16,0 до 40,0 вкл.	2,5	3,0	4,0	5,0
> 40,0 до 100,0 вкл.	3,0	4,0	5,0	7,0
> 100,0	4,0	5,0	6,0	8,0

Таблиця 5.10 – Штампувальні нахили

Штампувальне обладнання	Штампувальні нахили, °	
	зовнішні	внутрішні
Молоти	1...7	3...10
Кривошипні гарячештампувальні преси з виштовхувачем	3...5	5...7
Гідравлічні преси	1...2	2...4
Преси без виштовхувача	5...7	7...10
Горизонтально-кувальні машини: поверхні, виконані пуансоном поверхні, виконані матрицею	0,25...1 0,25...5	0,25...3 1...7

3.1.4. Оформлення креслення штампованої заготовки, рис.5.3.

Креслення штамповки згідно з ГОСТ 3.11.26-88 і у відповідності з рекомендаціями ГОСТ 7505–89 виконується, як правило, в масштабі креслення деталі (переважно 1:1), хоча при необхідності можливе використання іншого масштабу.

Кількість видів повинна бути достатньою для виготовлення по кресленню заготовки.

Таблиця 5.11 – Розрахунок розмірів штампованої заготовки

Вхідні дані	Штамповка на ГKM					
Клас точності	T4					
Марка матеріалу	M2					
Ступінь складності	C1					
Індекс	14					
Конфігурація поверхні роз'єднання штампа	П					
	Розрахункові розміри, мм					
Припуски:	Ø106h8	Ø100h8	Ø55h9	Ø85h9	120	25
	1	2	3	4	5	6
Основні	2,3	2,3	2,0	2,0	2,0	1,8
Додаткові:						
на зміщення по поверхні роз'єднання штампа	0,4	0,4	0,4	0,4	-	-
для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Допуски:	Розміри заготовки, мм					
	Ø112,4	Ø106,4	Ø48,2	Ø78,2	120,5	25,2
Розмірів	3,2 ^(+2,1) _(-1,1)	3,2 ^(+2,1) _(-1,1)	28 ^(+1,0) _(-1,8)	2,8 ^(+1,0) _(-1,8)	3,6 ^(+1,2) _(-2,4)	2,0 ^(+0,7) _(-1,3)
Зміщення по поверхні роз'єднання штампа	1,0					
по вигнутості від площинності і прямолінійності радіусів заокруглень	1,0 2,0					
величини замкнутого облою	1,2					
Висота задирка	5					
від концентричності отворів	1,5					

Порядок виконання креслення штампованої заготовки:

- Зображується контур деталі (без нанесення розмірів) штрихпунктирною лінією з двома крапками;
- Наносяться напуски;
- Встановлюється лінія роз'єднання штампа і у відповідності з її положенням наносяться штампувальні нахили;
- Оформляються конфігурація і розміри внутрішніх поверхонь, що формуються знаками;
- Оформляються спряження поверхонь, радіуси заокруглень;
- Основними лініями оформляється креслення заготовки;
- Проставляються розміри заготовки, що одержані при розрахунках;
- Розміри, що зв'язують необроблювані поверхні, переносяться з креслення деталі;
- Проставляються допуски розмірів;
- Позначається лінія роз'єднання штампа тонкою штрихпунктирною лінією;
- Позначаються чорнові бази;
- Записуються технічні вимоги на штамповану заготовку;
- Ставиться шорсткість заготовки.

4. Технічні вимоги на штамповані заготовки [20, с.128; 8, приклади с.34-51].

1. Клас точності штамповки – Т, група сталі – М, ступінь складності – С
2. Невказані штампувальні нахили - , радіуси - .
3. Допустима задирка - .
4. Допустиме зміщення по площині роз'єднання штампа - .
5. Невказані допуски радіусів заокруглень - .
6. Допустиме відхилення від площинності - .
7. Допустиме відхилення від концентричності пробитого отвору відносно зовнішнього контуру поковки - .
8. Твердість матеріалу заготовки - .

5.2. Обладнання для виконання роботи

1. Деталь.
2. Креслення деталі, креслення заготовки.
3. Вимірний інструмент: штангенциркуль, мікрометр, глибиномір, зразки шорсткості, моделі заготовок.

5.3. Порядок виконання роботи

1. Одержання завдання для виконання роботи.
2. Формування вихідних даних для проведення розрахунків (тип виробництва, матеріал деталі, габаритні розміри, маса деталі, наявність термічної обробки, спосіб виготовлення заготовки, температура плавлення матеріалу)

3. Вибір норм точності заготовки (для 2-ох варіантів її виготовлення).
4. Призначення припусків на виготовлення заготовки (при литій заготовці для 2-ох варіантів її виготовлення).

Призначення припусків на оброблювані поверхні деталі (при заготовці одержаної обробкою пластичним деформуванням) – для 2-ох варіантів її виготовлення.

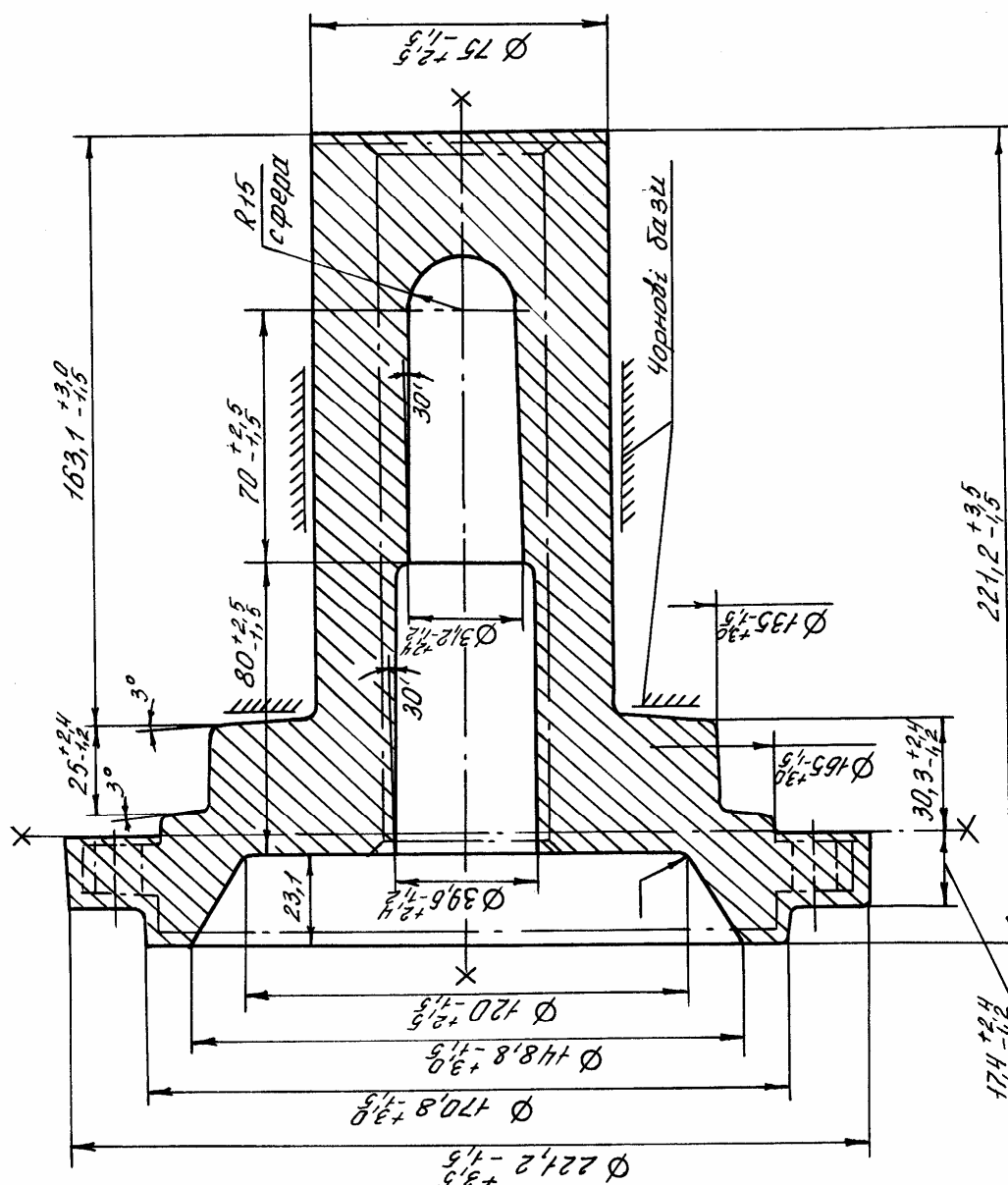


Рис. 5.3 - Креслення штампованої заготовки

5. Призначення припусків на оброблювані поверхні деталі (при литій заготовці) – для 2-ох варіантів її виготовлення.
Призначення допусків на виготовлення заготовки (при заготовці, одержаній обробкою пластичним деформуванням) – для 2-ох варіантів її виготовлення.
6. Розрахунок розмірів заготовки для 2-ох варіантів її виготовлення.
7. Призначення технічних вимог на виготовлення заготовки (для 2-ох варіантів).
8. Виконання ескізів заготовки (для 2-ох варіантів її виготовлення).
9. Висновки по роботі.

Рекомендована література [9, 10, 15, 20]

Лабораторна робота №6

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ 2-Х ВАРІАНТІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

Мета роботи – оволодіння методикою обґрунтування вибору заготовки деталі на основі техніко-економічних показників.

6.1. Короткі теоретичні відомості

Собівартість заготовки – це економічний показник, який впливає на собівартість виготовлення деталі, виробу. Якщо можливі різні варіанти виготовлення заготовки, то рішення відносно вибору виду заготовки можна прийняти лише після розрахунку їх вартості. Перевагу потрібно віддавати тій заготовці, яка має меншу вартість. Якщо ж варіанти, що порівнюються по вартості виявляються рівноцінними, то перевагу потрібно віддавати заготовці з більш високими коефіцієнтом вагової точності.

Крім того, потрібно врахувати об'єм наступної механічної обробки, її вартість. Тобто остаточне рішення повинно в комплексі врахувати всі показники: вартість заготовки, коефіцієнт вагової точності та вартість виконання тих операцій механічної обробки, які відрізняються в технологічних процесах механічної обробки деталі внаслідок вибору різних варіантів виготовлення заготовки. Якщо ж при різних варіантах виготовлення заготовки технологічні процеси механічної обробки деталі однакові, то порівняння і вибір спрощуються і виконуються лише за першими двома показниками (вартість заготовки та коефіцієнт вагової точності).

6.1 Розрахунок маси і коефіцієнта вагової точності заготовки

$$\gamma = \frac{Q_{дет}}{Q_{заг}}, \quad (6.1)$$

де $Q_{дет}$ – маса деталі, кг; $Q_{заг}$ – маса заготовки, кг.

Маса заготовки може бути розрахована наступними способами:

1. При простій геометричній формі заготовки її рекомендується розділити на прості геометричні фігури, визначити масу кожної із геометричних фігур. Загальну масу заготовки визначити, як суму мас складових геометричних фігур заготовки.

$$Q_{заг} = \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (6.3)$$

де $Q_{заг}$ – маса заготовки, кг;

Q_i – маса i -ої елементарної геометричної фігури заготовки, кг;

n – кількість елементарних фігур заготовки.

Формула (5.3) в розкритому вигляді:

$$Q_{\text{заг}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n \quad (6.4)$$

Маса i -ої елементарної фігури може бути визначена:

$$Q_i = V_i \cdot \rho, \quad (6.5)$$

де V_i – об'єм i -ої елементарної фігури заготовки, м^3 ;

ρ – густина матеріалу заготовки, г/см^3 .

Формула (6.5) в розрахунковому вигляді:

$$Q_1 = V_1 \cdot \rho;$$

$$Q_2 = V_2 \cdot \rho;$$

$$Q_3 = V_3 \cdot \rho;$$

$$\dots$$

$$Q_n = V_n \cdot \rho.$$

Формула (6.3) з урахуванням (6.5):

$$Q_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^n V_i \cdot \rho$$

або

$$Q_{\text{заг}} = (V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n) \cdot \rho \quad (6.6)$$

Об'єми V_i визначаються за формулами відповідних геометричних фігур.

2. При складній геометричній формі заготовки її масу рекомендується визначати як суму маси деталі і знятих припусків, напусків.

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{дет}} + \sum_{i=1}^m Q_{\text{прип.}i} + \sum_{j=1}^k Q_{\text{нап.}j} \quad (6.7)$$

де $Q_{\text{дет}}$ – маса деталі (приймається згідно креслення деталі);

$Q_{\text{прип.}i}$ – припуск, що знімається з i -ої поверхні заготовки;

$Q_{\text{нап.}j}$ – напуск, що знімається з j -ої поверхні заготовки;

m, k – кількість поверхонь заготовки, з яких знімаються припуски, напуски, відповідно.

Маса припусків і напусків, що знімаються з поверхонь заготовки, визначається за формулою (6.5). При цьому розглядається об'єм геометричної фігури, яку утворює об'єм припуску чи напуску, що знімається.

3. Виконати креслення заготовки з використанням програми «Компас 3D», яка крім креслення автоматично виконує розрахунки маси

4. При наближених розрахунках $Q_{\text{заг}}$ може бути визначена за масою деталі та прийнятим коефіцієнтом вагової точності $Q_{\text{заг}} = \frac{Q_{\text{д}}}{\gamma}$. Визначена

маса заготовки і маса деталі згідно робочого креслення дає можливість за формулою (6.1) розрахувати коефіцієнт вагової точності γ .

6.2. Розрахунок собівартості виготовлення заготовки

6.2.1. Розрахунок собівартості виготовлення литої, штампованої заготовки

Для литих, штампованих заготовок собівартість в першому наближенні може бути визначена за формулою [1, 2, 3].

$$C_{заг} = \frac{C_i}{1000} Q_{заг} \cdot K_T \cdot K_c \cdot K_{\epsilon} \cdot K_m \cdot K_n - (Q_{заг} - Q_{дет}) \cdot \frac{C_{відх}}{1000}, \quad (6.2)$$

де C_i – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.;

$K_T, K_c, K_{\epsilon}, K_m, K_n$ – коефіцієнти, що залежать, відповідно, від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і обсягу виробництва заготовок;

$C_{відх}$ – ціна однієї тони відходів (стружки), грн.

Орієнтовні дані для розрахунку собівартості заготовки наведені в таблицях 6.1-6.12.

Таблиця 6.1 – Вартість 1 т заготовок при різних способах лиття

Спосіб виготовлення литої заготовки	Базова вартість 1 тони заготовок C_L , грн.
Лиття в піщано-глинисті форми	13600
Лиття в оболонкові форми	15340
Лиття в необлицьований кокіль	13180
Лиття в облицьований кокіль	14560
Лиття під тиском	12560
Лиття за виплавними моделями	19850

При виконанні роботи на конкретному машинобудівному підприємстві базова вартість 1 тонни заготовок повинна бути прийнята за даними підприємства.

Таблиця 6.2 – Коефіцієнт K_T , що враховує клас точності заготовок

Спосіб виготовлення литої заготовки	Коефіцієнт K_T	
	Чорні метали	Кольорові метали
1	2	3
Лиття в піщано-глинисті форми	1,1 (для 1-6 класів розмірної точності) 1,5 (для 7-11 класів розмірної точності) 1,0 (для 12-16 класів розмірної точності)	1,05 (для 1-9 класів розмірної точності) 1,0 (для 9-16 класів розмірної точності)

Продовження таблиці 6.2.

1	2	3
Лиття в оболонкові форми	1,05 (для 1-9 класів розмірної точності) 1,0 (для 9-16 класів розмірної точності)	1,0 (для всіх класів розмірної точності)
Лиття в облицьований кокіль, необлицьований кокіль, відцентрове лиття, під тиском, за виплавними моделями	1,0 (для всіх матеріалів і класів розмірної точності)	

Таблиця 6.3 – Коефіцієнт K_M , що враховує матеріал заготовки

Спосіб виготовлення литої заготовки	K_M в залежності від матеріалу										
Лиття в піщано-глинисті форми	Чавуни					Сталі			Сплави кольорових металів		
	СЧ10 СЧ15 СЧ18	СЧ20 СЧ25 СЧ30	СЧ35 СЧ40 СЧ45	КЧ30-6 КЧ33-8 КЧ35-8 КЧ35-10	ВЧ45 ВЧ50	Вуглецеві	Низько- ко- лого- вані	Ви- соко- лого- вані	Алю- міні- єві	Мід- но- цин- кові	Бронза олов'яно- свин- цевиста
	1,0	1,04	1,08	1,12	1,19	1,22	1,26	1,93	5,94	5,53	6,72
Лиття в оболонкові форми	Чавуни					Сталі					
	СЧ10 СЧ15 СЧ18		СЧ20 СЧ25 СЧ30		СЧ35 СЧ40 СЧ45	Вуглецеві 15Л - 55Л		Леговані			
	1,0		1,04		1,1	1,36		2,67			
Лиття в необлицьований кокіль, відцентрове лиття	Чавуни					Сталі		Сплави кольорових металів			
	СЧ10 СЧ15 СЧ18	СЧ20 СЧ25 СЧ30	СЧ35 СЧ40 СЧ45	КЧ30-6 КЧ50-4 КЧ63-2	ВЧ38 ВЧ45 ВЧ50	Вугле- цеві 15Л - 55Л	Ни- зько- лого- вані	Алю- міні- єві АЛ2 - АЛ9	Латунь ЛС59- 1 ЛС74- 3 та ін.	Брон- за олов'я- но- свин- цевис- та	
	1,0	1,06	1,09	1,13	1,21	1,18	1,2	4,23	4,25	5,64	
Лиття в облицьований кокіль	Чавуни										
	СЧ10 СЧ15 СЧ18		СЧ20 СЧ30 СЧ35	СЧ35 СЧ40 СЧ45	ВЧ38 ВЧ45 ВЧ50						
	1,0		1,03	1,045	1,1						
Лиття під тиском						Сплави кольорових металів					
						Алюмінієві		Мідні		Цинкові	
						1,0		1,11		1,29	
Лиття за виплавними моделями	Сталі					Сплави кольорових металів					
	Вуглецеві		Низько- леговані		Високо- леговані	Мідні		Бронза безолов'яниста		Бронза олов'яниста	
	1,0		1,08		1,1	2,44		2,11		2,4	

Таблиця 6.4 – Коефіцієнт K_c , що враховує групу складності заготовки

Спосіб виготовлення литої заготовки	Матеріал заготовки	Група складності				
		1	2	3	4	5
Лиття в піщано-глинисті форми	Чавун, сталь	0,7	0,83	1	1,2	1,45
	Сплави: алюмінієві,	0,82	0,89	1	1,1	1,22
	бронзи і мідні	0,97	0,98	1	1,02	1,04
Лиття в оболонкові форми	Сірий чавун	0,78	0,9	1	1,14	1,3
	Вуглецева сталь	0,8	0,91	1	1,15	1,27
	Легована сталь	0,7	0,85	1	1,15	1,24
Лиття в необлицьований кокінь, відцентрове лиття	Чавун і сталь	0,69	0,83	1	1,18	1,4
	Алюміній	0,84	0,91	1	1,05	1,11
	Латунь	0,89	0,95	1	1,06	1,13
	Бронза	0,95	0,97	1	1,03	1,065
Лиття в облицьований кокінь	Чавун СЧ	0,79	0,89	1	1,12	1,27
	Чавун ВЧ	0,81	0,9	1	1,09	1,23
Лиття під тиском	Алюмінієві сплави	0,88	0,94	1	1,07	
	Мідні сплави	0,90	0,95	1	1,07	
	Цинкові сплави	0,88	0,93	1	1,07	
Лиття за виплавними моделями	Сталь вуглецева	0,86	0,92	1	1,12	1,24
	Сталь низьколегована	0,86	0,93	1	1,11	1,23
	Сталь високолегована	0,85	0,9	1	1,12	1,26
	Мідні сплави	0,865	0,925	1	1,15	1,26
	Бронза безолов'яниста	0,9	0,95	1	1,08	1,19
	Бронза олов'яниста	0,92	0,95	1	1,1	1,15

Таблиця 6.5 – Коефіцієнт K_B , що враховує масу заготовки

Спосіб виготовлення заготовки	Маса виливка, кг	Матеріал виливка			
1	2	3			
Лиття в піщано-глинисті форми	0,5 - 1,0 1 - 3 3 - 10 10 - 20 20...50 50 - 200 200 - 500	Чавун	Сталь	Алюмінієві сплави	Бронза
		1,1	1,07	1,05	1,01
		1,0	1,0	1,0	1,0
		0,91	0,93	0,96	0,99
		0,84	0,87	0,92	0,97
		0,8	0,82	0,89	0,95
		0,74	0,78	0,85	0,93
		0,67	0,74	0,82	0,9
Лиття в оболонкові форми	0,4 - 1,0 1,0 - 2,5 2,5 - 4,0 4,0 - 10 10 - 25 25 - 63 63 - 250	Чавун		Сталь вуглецева	Сталь легована
		1,08		1,1	1,16
		1,0		1,0	1,0
		0,94		0,96	0,96
		0,86		0,86	0,9
		0,78		0,78	0,84
		0,72		0,69	0,78
		0,69		0,6	0,73
Лиття в необлицьований кокінь, відцентрове лиття	0,4 - 10 1,0 - 4,0 4,0 - 10 10 - 25 25 - 63 63 - 250 250 - 630	Чавун		Сталь	Алюмінієві сплави, латунь, бронза
		1,11 - 1,06		1,12 - 1,05	1,02
		1,0		1,0	1,0
		0,9		0,9 - 0,95	0,99
		0,84		0,8 - 0,9	0,98
		0,78		0,78 - 0,85	0,97
		0,72		0,72 - 0,8	0,96
		0,66		0,64 - 0,74	0,95
Лиття в облицьований кокінь	0,4 - 1,0 1,0 - 4,0 4,0 - 10 10 - 25 25 - 63 63 - 250 250 - 630	Чавун СЧ і ВЧ			
		1,07			
		1,0			
		0,93			
		0,88			
		0,84			
		0,8			
		0,77			

Продовження таблиці 6.5

1	2	3				
Лиття під тиском	0,1 - 0,2 0,2 - 0,5 0,5 - 1,0 1,0 - 2,0 2,0 - 5,0 5,0 - 10 більше 10	Алюмінієві сплави	Мідні сплави		Цинкові сплави	
		1,0	1,0		1,0	
		0,9	0,89		0,91	
		0,81	0,81		0,82	
		0,75	0,75		0,75	
		0,69	0,71		0,7	
		0,64	0,67		0,63	
		0,62	0,65		0,61	
Лиття за виплавними моделями	0,05 - 0,10 0,10 - 0,20 0,20 - 0,50 0,50 - 1,0 1,0 - 2,0 2,0 - 5,0 5,0 - 10 більше 10	Сталь вуглецева і низьколегована	Сталь високолегована	Мідні сплави	Бронза безолов'яниста	Бронза олов'яниста
		1,37	1,31	1,2	1,3	1,3
		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		0,75	0,78	0,95	0,79	0,83
		0,7	0,74	0,89	0,76	0,8
		0,62	0,63	0,86	0,71	0,76
		0,5	0,53	0,82	0,64	0,7
		0,45	0,48	0,78	0,61	0,67
		0,38	0,4	0,72	0,57	0,64

Таблиця 6.6 – Групи серійності виливків в залежності від способу одержання заготовки і об'єму виробництва

Спосіб виготовлення заготовки	Маса виливків	Об'єм (тис. шт.) при групі серійності		
1	2	3		
Лиття в піщано-глинисті форми	0,5 - 1,0 1,0 - 3,0 3,0 - 10 10 - 20 20 - 50 50 - 200 200 - 500	1	2	3
		більше 500	100 - 500	менше 100
		більше 350	75 - 350	менше 75
		більше 200	30 - 200	менше 30
		більше 100	15 - 100	менше 15
		більше 60	10 - 60	менше 10
		більше 40	7,5 - 40	менше 7,5
		більше 25	4,5 - 25	менше 4,5
Лиття в кокіль, відцентрове лиття	0,25 - 0,63 0,63 - 1,0 1,0 - 2,5 2,5 - 10 10 - 25 25 - 63 63 - 100 100 - 630	70 і більше	15 - 70	15 і менше
		40 і більше	10 - 40	10 і менше
		20 і більше	6 - 20	6 і менше
		12 і більше	3 - 12	3 і менше
		8 і більше	1,5 - 8	1,5 і менше
		6 і більше	1,2 - 6	1,2 і менше
		4 і більше	0,75 - 4	0,75 і менше
		2, 5 і більше	0,5 - 2,5	0,5 і менше
Лиття під тиском	0,1 - 0,2 0,2 - 0,5 0,5 - 1,0 1,0 - 2,0 2,0 - 5,0 5,0 - 10 більше 10	більше 600	450 - 600	менше 450
		більше 500	375 - 500	менше 375
		більше 400	300 - 400	менше 300
		більше 300	225 - 300	менше 225
		більше 200	150 - 200	менше 150
		більше 100	75 - 100	менше 75
		більше 50	35 - 50	менше 35
Лиття за виплавними моделями	0,1 - 0,2 0,2 - 0,5 0,5 - 1,0 1,0 - 2,0 2,0 - 5,0 5,0 - 10 більше 10	більше 400	300 - 400	менше 300
		більше 300	225 - 300	менше 225
		більше 15	11 - 15	менше 14
		більше 12	9 - 12	менше 9
		більше 10	7 - 10	менше 7
		більше 4	3 - 4	менше 3
		більше 3	2 - 3	менше 2

Продовження таблиці 6.6

1	2	3				
Лиття в оболонкові форми	до 0,25 0,25 - 0,63 0,63 - 1,0 1,0 - 2,5 2,5 - 10 10 - 25 25 - 63 63 - 100 100 - 160	1	2	3	4	5
		2000 і >	1000 - 2000	500 - 1000	200 - 500	100 - 200
		1400	700 - 1400	400 - 700	150 - 400	70 - 150
		1000	500 - 1000	300 - 500	100 - 300	40 - 100
		700	350 - 700	200 - 350	75 - 200	20 - 75
		400	200 - 400	100 - 200	30 - 100	12 - 30
		200	100 - 200	50 - 100	15 - 50	8 - 15
		120	60 - 120	30 - 60	10 - 30	6 - 10
		80	40 - 80	20 - 40	7,5 - 20	4 - 7,5
		50	25 - 50	12 - 25	3,5 - 12	2,5 - 5,5
	до 0,25 0,25 - 0,63 0,63 - 1,0 1,0 - 2,5 2,5 - 10 10 - 25 25 - 63 63 - 100 100 - 160	6	7	8	9	10
		35 - 100	15 - 35	2,5 - 15	0,5 - 2,5	0,5 і <
		30 - 70	12 - 30	2 - 12	0,4 - 2	0,4
		20 - 40	8 - 20	1,5 - 8	0,3 - 1,5	0,3
		12 - 20	4 - 12	1 - 4	0,2 - 1	0,2
		6 - 12	2 - 6	0,5 - 2	0,12 - 0,5	0,12
		3 - 8	1 - 3	0,3 - 1	0,07 - 0,3	0,07
		2 - 6	0,8 - 2,5	0,2 - 0,8	0,05 - 0,2	0,05
		1,5 - 4	0,6 - 1,5	0,1 - 0,6	0,04 - 0,1	0,04
		1 - 2,5	0,45 - 1	0,07 - 0,1	0,03 - 0,07	0,03

По визначеній за табл. 6.6 групі серійності виробництва знаходиться коефіцієнт K_{II} за табл. 6.7.

Таблиця 6.7 – Коефіцієнт K_n , що враховує об'єм виробництва заготовок

Спосіб виготовлення заготовки	Матеріал виливка	Група серійності									
		1	2	3	4	5					
Лиття в піщано-глинисті форми		1	2	3	4	5					
	Чавун	0,52	0,76	1	1,2	1,44					
	Сталь	0,5	0,77	1	1,2	1,48					
	Сплави:										
	алюмінієві	0,77	0,9	1	1,11	1,22					
	мідно-цинкові і бронзові	0,91	0,96	1	1,05	1,08					
Лиття в оболонкові форми	Чавун та вуглецева сталь	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		0,75	0,82	0,88	0,94	1	1,06	1,1	1,15	1,2	1,25
	Легована сталь	0,88	0,92	0,95	0,97	1	1,03	1,05	1,07	1,1	1,15
Лиття в необлицьований кокінь, відцентрове лиття	Чавун, сталь, кольорові сплави	1			2			3			
		0,95			1,0			1,15			
Лиття в облицьований кокінь	Чавун	0,97			1,0			1,1			
Лиття під тиском	Сплави:										
	алюмінієві	0,92			1,0			1,09			
	мідні	0,93			1,0			1,07			
Лиття за виплавними моделями	цинкові	0,93			1,0			1,07			
	Сталі, кольорові сплави	0,83			1,0			1,23			

Штамповані заготовки

Таблиця 6.8 – Коефіцієнти K_T , K_M , K_C , K_B

Коефіцієнти K_T при класі точності штамповки					
Підвищена точність			Нормальна точність		
1,05			1,0		
Коефіцієнт K_M при марці матеріалу					
Вуглецеві сталі 08-85	Сталі 15Х-50Х	Сталі 18ХГТ-30ХГТ	Сталь шарико-підшипникова ШХ15	Сталі 12ХН3А-30ХН3А	
1,0	1,13	1,21	1,77	1,79	
Коефіцієнт K_C при марці і ступені складності					
		Ступінь складності			
		C1	C2	C3	C4
		0,75	0,84	1,0	1,15
		0,77	0,87	1,0	1,15
		0,78	0,88	1,0	1,14
Сталь вуглецева 08-85		0,79	0,89	1,0	1,13
Сталь 15Х-50Х		0,81	0,90	1,0	1,1
Сталь 18ХГТ-30ХГТ					
Сталь ШХ15					
Сталь 12ХН3А-30ХН3А					
Коефіцієнт K_B при масі і матеріалі штамповки					
Маса штамповки, кг	Матеріал штамповки				
Не більше 0,25 0,25 - 0,63 0,63 - 1,6 1,6 - 2,5 2,5 - 4,0 4,0 - 10 10 - 25 25 - 63 63 - 100	Сталь 08-85	Сталь 15Х-50Х	Сталь 18ХГТ-30ХХГТ	Сталь ШХ15	Сталь 12ХН3А-30ХН3А
	1	2	3	4	5
	2	2	1,94	1,82	1,62
	1,85	1,64	1,61	1,52	1,42
	1,33	1,29	1,29	1,3	1,25
	1,14	1,14	1,15	1,14	1,11
	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	0,87	0,89	0,89	0,88	0,9
0,8	0,8	0,79	0,76	0,8	
0,73	0,73	0,74	0,71	0,75	
0,7	0,7	0,72	0,65	0,7	

Базова вартість однієї тонни штампованих заготовок із конструкційної вуглецевої сталі масою 2,5 - 4 кг нормальної точності за ГОСТ 7505-74, 3-ої групи (ступеня) складності, 2-ої групи серійності орієнтовно може бути прийнята $C_i = 13730$ грн.

При виконанні роботи по конкретному підприємству базова вартість повинна бути прийнята згідно даних цього підприємства.

Таблиця 6.9 – Об'єм виробництва штамповок

Маса штамповки, кг	Об'єм виробництва, тис. шт.
Не більше 0,25	15 - 500
0,25 - 0,63	8 - 300
0,63 - 1,6	5 - 150
1,6 - 2,5	4,5 - 120
2,5 - 4,0	4 - 100
4,0 - 10	3,5 - 75
10 - 25	3 - 50
25 - 63	2 - 30
63 - 160	0,6 - 1,0

Таблиця 6.10 – Коефіцієнт K_p

Група	Характеристика деталі	Типові представники	K_p
1	2	3	4
1	Подовженої форми:		
1.1	З прямою віссю	Вали, осі, цанги, шатуни	1,3-1,5
1.2	З вигнутою віссю	Важелі, сошки рульового керування	1,1-1,4
2	Круглі та багатогранні в плані:		
2.1	Круглі	Шестерні, ступиці, фланці	1,5-1,8
2.2	Квадратні, прямокутні, багатогранні	Фланці, ступиці, гайки	1,3-1,7
2.3	З відгалуженнями	Хрестовики, вилки	1,4-1,6
3	Комбінованої (сполучення 1 і 2) конфігурації	Кулаки поворотні, колінчасті вали	1,3-1,8
4	З великим об'ємом необроблюваних поверхонь	Вилки передніх осей, важелі переключення коробок передач, буксирні крюки	1,1-1,3
5	З отворами, заглибленнями, що не обробляються в поковці при штампуванні	Пустотілі вали, фланці, блоки шестерен	1,8-2,2

Вартість відходів (стружки) $C_{\text{відх}}$ орієнтовно може бути прийнята згідно таблиці 6.11, або ж за цінами підприємства.

Таблиця 6.11 – Орієнтовні заготівельні ціни на лом та відходи металів в грн. за 1 тону (на 2008 р.)

Матеріал	Лом	Стружкобрикет	Стружка завивна
Сталь вуглецева	520	390	300
Чавун	390	330	240
Сталь конструкційна/хромонікільова, хромонікільомарганцева та ін.	530	470	350
Сталь інструментальна хромиста, хромованадієва	600	520	330
Сталь інструментальна хромовольфрамомарганцева	1040	910	650
Сталь інструментальна хромовольфрамомолібденова	2830	2500	1280
Сталь швидкоріжуча	8270	7270	4780

6.2.2 Собівартість заготовки із прокату

$$C_{\text{заг.пр.}} = C_{\text{м.}} + \sum C_{\text{о.з.}}, \quad (6.8)$$

де $C_{\text{м.}}$ – витрати на матеріал заготовки, гр.о.;

$\sum C_{\text{о.з.}}$ – технологічна собівартість заготівельних операцій (правки, калібрування, розрізання прокату на штучні заготовки та інше).

Витрати на матеріал визначаються по масі прокату, що використовується на виготовлення деталі і масі стружки, яка одержується у вигляді відходів і здається як вторинна сировина.

$$C_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{заг.}}}{1000} \cdot C_{\text{м}} - \frac{Q_{\text{заг.}} - Q_{\text{дет.}}}{1000} \cdot C_{\text{відх.}} \quad (6.9)$$

де $Q_{\text{заг.}}$ – маса заготовки, кг;

$C_{\text{м.}}$ – вартість 1т матеріалу заготовки, гр.о.;

$Q_{\text{дет.}}$ – маса готової деталі, кг;

$C_{\text{відх.}}$ – вартість 1т відходів, гр.о.

Вартість прокату деяких матеріалів і заготівельні ціни на стружку наведені в таблицях 6 і 7.

Технологічна собівартість заготівельних операцій

$$C_{\text{о.з.}} = \frac{Q_{\text{н.з.}} \cdot T_{\text{шт(шт-к)}}}{60 \cdot 100}, \quad (6.10)$$

де $C_{п.з.}$ – наведені витрати на заготівельні операції, грн./год;

$T_{шт(шт-к)}$ – штучний чи штучно-калькуляційний час виконання заготівельної операції (правки, калібрування, відрізання та інше).

Згідно з [1] наведені витрати на 1 год. роботи заготівельного обладнання приймаються для операцій (грн): відрізання заготовок діаметром до 55 мм сортовими ножицями моделі Н 1834-8,83 грн; відрізання заготовок діаметром до 140 мм сортовими ножицями моделі 1838 –16,29 грн; розрізання на відрізних верстатах, що працюють дисковими пилами – 12,1 грн; правка на автоматах – 2,00 - 2,50 грн.

Таблиця 6.12 Оптові ціни на деякі метали по преїскурантах

Найменування	Марка	Ціна 1т, грн
1	2	3
Сталь звичайної якості кругла і квадратна		
Вуглецева	Ст 0, Ст 3	10600 - 12400
	Ст 4	11400 - 13200
Сталь якісна кругла, квадратна, шестигранна		
Вуглецева	Сталь 10 - 55	13600 - 18500
Легована	Сталь 15X - 50X	14100 - 16800
Легована	Сталі 18ХГТ, 30ХГТ, 20ХГР	14700 - 17100
Легована	Сталі 15ХГС, 30ХГС	17000 - 20300
Легована	Сталі 12ХН3А, 20ХН3А	27900 - 30900
Легована	Сталь 20ХНР	18700 - 21500
Автоматна	Сталі А12, А20, А30, А40Г	13100 - 15700
Шарикопід-шипникова	Сталі ШХ9, ШХ15	20700 - 25900
	Сталь ШХ15СГ	22400 - 28700
Сталь високовуглецева, кругла		
Якісна	У7 - У13	15600 - 18700
Високоякісна	У7А - У13А	16700 - 19800
Легована	ХВГ	50600 - 55500
Сталь якісна калібрована (холоднокатана, холоднотягнута, кругла)		
Вуглецева	Сталі 35 - 60	17600 - 26300
Автоматна	А12, А20	17100 - 23500
Шарикопід-шипникова	ШХ9, ШХ15	26000 - 36400

Продовження таблиці 6.12

1	2	3
Труби		Ціна за 1м, грн
Гарячедеформовані		
Ø54, товщина стінки 10мм	Сталі 15 - 25	22,8
Ø70, товщина стінки 10мм	Сталі 15 - 25	29,4
Ø89, товщина стінки 10мм	Сталі 15 - 25	37,7
Ø90, товщина стінки 11мм	Сталь ШХ15	63,0
Ø90, товщина стінки 19мм	Сталь ШХ15	11,9
Холоднокатані		
Ø102, товщина стінки 20мм	Сталі 15 – 25	92,3
Ø120, товщина стінки 24мм	Сталі 15 - 25	11,3
Ø150, товщина стінки 24мм	Сталі 15 - 25	21,9
Кольорові сплави		
Прутки латунні Ø17 - 50мм	Л62, ЛС59-1	314,0 - 318,0
Прутки алюмінієві Ø11 - 44мм	АМГ-3	318,0 - 323,0
Прутки бронзові Ø17 - 40мм	Бр. Б2	491,0 - 496,0

Примітка: Більші значення цін наведені для прутків Ø10мм, менші – для прутків із кольорових сплавів Ø40 - 50мм, для прутків із автоматних сталей Ø100мм, для решти прутків Ø250мм.

Примітка: Менші значення цін потрібно приймати для стружки, що включає менший відсоток дорогоцінних легуючих елементів.

Таблиця 6.13 - Гарячекатаний прокат по ГОСТ 2590-71, мм

Діаметр	Допустимі відхилення		Допуск
	+	-	
1	2	3	4
Сталь гарячекатана підвищеної точності (Б)			
3; 5; 6; 6,5; 7; 8; 9;	0,1	0,3	0,4
10; 11; 12; 14; 15; 16; 17; 18; 19;	0,2	0,3	0,5
20; 21; 22; 23; 24; 25;	0,2	0,4	0,6
26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34;			
35; 36; 37; 38; 39; 40; 41; 42; 43;			
44; 45; 46; 47; 48;	0,2	0,6	0,8
50; 52; 53; 54; 55; 56; 58;	0,2	0,9	1,1
60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 75; 78;	0,3	1,0	1,3
80; 82; 85; 90; 95;	0,4	1,2	1,6
100; 105; 110; 115;	0,5	1,5	2,0
120; 125;	0,6	1,8	2,4
130; 135; 140; 150;	0,6	2,0	2,6
Сталь гарячекатана круга звичайної якості (В)			
5; 5,5; 6; 6,5; 7; 8; 9; 10; 11; 12;			
13; 14; 15; 16; 17; 18; 19;	0,3	0,5	0,8
20; 21; 22; 23; 24; 25;	0,4	0,5	0,9
26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34;			
35; 36; 37; 38; 39; 40; 42; 44; 48;	0,4	0,75	1,15
50; 52; 54; 55; 56; 58;	0,4	1,0	1,4
60; 62; 65; 68; 70; 72; 75; 78;	0,5	1,1	1,6
80; 85; 90; 95;	0,5	1,3	1,8
100; 110; 115;	0,6	1,7	2,3
120; 125; 130; 140; 150;	0,8	2,0	2,8

6.2.3 Визначення технологічної собівартості операції механічної обробки

Для прийняття остаточного рішення відносно варіанта виготовлення заготовки крім вартості заготовок, коефіцієнтів вагової точності заготовки потрібно порівняти маршрути механічної обробки деталі. Якщо є операції, які відрізняються внаслідок різних способів виготовлення заготовки, то собівартість їх виконання потрібно включити у вартість відповідної заготовки. Тобто, тоді повна собівартість заготовки:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{заг.лит}} + \sum C_{\text{обр}}, \quad (6.11)$$

де $\sum C_{\text{обр}}$ – технологічна собівартість виконання тих операцій, якими відрізняються маршрути механічної обробки деталі внаслідок різних способів виготовлення заготовки.

$$\sum C_{обр} = C_{п.-з.} \cdot T_{шт-к(шт)} / 60 K_{\kappa}, \quad (6.12)$$

де $C_{п.-з.}$ – цехова собівартість, при попередніх розрахунках може бути прийнято згідно з табл. 5,14 грн./год.;

$T_{шт-к(шт)}$ – штучно-калькуляційний чи штучний час на операцію (може бути визначений наближено згідно формули 5.10), хв.;

K_{κ} – коефіцієнт виконання норм, $K_{\kappa} \approx 1,3$.

$$T_{шт-к} = T_o \cdot \varphi_{\kappa}, \quad (6.13)$$

де T_o – основний час при виконанні операції механічної обробки, хв.;

φ_{κ} – коефіцієнт.

На першому етапі проектування T_o наближено може бути визначено за формулами, що наведені в таблиці 2.1, значення φ_{κ} наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 6.15 – Вартість однієї верстато-години для універсальних металорізальних верстатів та верстатів з ЧПК

	Тип верстата	Модель	Цехова собівартість верстато-години, грн./год.
1	2	3	4
Універсальні верстати			
1	Напівавтомат токарний багатошпиндельний горизонтальний	1A240П-8	50,9
2	Напівавтомат токарний багатошпиндельний горизонтальний	1Б290-6К	51,09
3	Токарно-горизонтальний верстат підвищеної точності	16Б16А	58,4
4	Токарно-горизонтальний верстат нормальної точності	1К62	53,8
5	Токарно-гвинторізний верстат нормальної точності	16К20	54,6
6	Напівавтомат токарний багатошпиндельний вертикальний патронний	1К282	57,6

Продовження таблиці 6.15

1	2	3	4
7	Токарний верстат нормальної точності	1М61	51,5
8	Токарно-карусельний одностояковий верстат	1512	58,3
9	Токарно-карусельний одностояковий верстат	1516	59,4
10	Токарний багаторізцовий копіювальний напівавтомат	1722	46,9
11	Токарно-револьверний верстат	1365	40,4
12	Токарно-револьверний верстат	1371	42,0
13	Радіально-свердлильний верстат	2К52	62,7
14	Радіально-свердлильний верстат	2Р53	68,8
15	Радіально-свердлильний верстат	2Н57	67,5
16	Вертикально-свердлильний одношпиндельний верстат	2Н118	47,8
17	Вертикально-свердлильний одношпиндельний верстат	2Н125	48,1
18	Вертикально-свердлильний одношпиндельний верстат	2Н135	49,2
19	Вертикально-свердлильний одношпиндельний верстат	2Н150	53,6
20	Вертикально-свердлильний багатошпиндельний верстат	2М150	54,8
21	Алмазно-розточувальний горизонтальний багатошпиндельний верстат	2712	67,3
22	Координатно-розточувальний одностояковий особливо високої точності	2421	68,6
23	Координатно-розточувальний одностояковий особливо високої точності	2431	70,9
24	Вертикально-розточувальний одностояковий з координатним столом підвищеної точності	2444	72,8
25	Координатно-розточувальний двохстояковий особливо високої точності	2455	74,4

Продовження таблиці 6.15

1	2	3	4
26	Горизонтально-розточувальний з нерухомою передньою стійкою і поворотним столом	2614	62,0
27	Горизонтально-розточувальний з поперечно-рухомою стійкою,нерухомою плитою і підсиленням шпинделем	2A660	173,2
28	Фрезерно-центрувальний верстат	2982	51,9
29	Круглошліфувальний універсальний верстат підвищеної точності	3M132	64,0
30	Круглошліфувальний напівавтомат врізний підвищеної точності	3M152	60,0
31	Круглошліфувальний верстат підвищеної точності	3M194	83,6
32	Безцентрово-шліфувальний верстат підвищеної точності	3M185	63,9
33	Внутрішньошліфувальний верстат підвищеної точності	3A240	52,9
34	Внутрішньошліфувальний верстат підвищеної і особливо високої точності	3K228B	58,2
35	Плоскошліфувальний верстат з прямокутним столом і горизонтальним шпинделем підвищеної і особливо високої точності	3Б721	40,0
36	Плоскошліфувальний напівавтомат з прямокутним столом і вертикальним шпинделем підвищеної точності	3П732	41,5
37	Вертикально-фрезерний консольний верстат	6P11	47,0
38	Вертикально-фрезерний консольний верстат	6P13Б	50,6
39	Вертикально-фрезерний верстат з хрестовим столом безконсольний	3A59	61,0

Продовження таблиці 6.15

1	2	3	4
40	Широкоуніверсальний верстат з поворотною шпиндельною головкою підвищеної точності	6P80	39,0
41	Широкоуніверсальний верстат з поворотною шпиндельною головкою підвищеної точності	6P83	45,2
42	Карусельно-фрезерний верстат	621M	116,7
43	Горизонтально-фрезерний консольний верстат	6P82Г	47,0
44	Копіювально-фрезерний горизонтальний верстат для об'ємної обробки	6A445	79,4
45	Шпонково-фрезерний верстат	692P	47,8
46	Повздовжньо-фрезерний двохстояковий верстат	6Г610	64,6
Верстати з ЧПК			
47	Токарний верстат	16K20Ф3	37,9
48	Токарний верстат	16K20PФ3	38,5
49	Токарний верстат	1M63Ф101	34,6
50	Токарний верстат	16Б16Ф3	39,0
51	Напівавтомат токарний	1Н611ПМФ3	34,6
52	Напівавтомат токарно-револьверний	1П420ПФ40	48,0
53	Напівавтомат токарний	1П717Ф3-05	41,0
54	Напівавтомат токарний	1734Ф3	49,2
55	Напівавтомат токарний	1713Ф3	42,1
56	Напівавтомат токарний	1751Ф3	50,6
57	Напівавтомат токарно-револьверний	1В340ПФ30	43,4
58	Напівавтомат токарний	1П732PФ3	63,2
59	Токарно-карусельний верстат	1512Ф3	51,3
60	Токарно-карусельний верстат	1516Ф3	52,7
61	Токарно-карусельний верстат	1525Ф1	58,1
62	Токарно-карусельний верстат	1540Ф1	106,1
63	Горизонтально-розточувальний верстат	HP500-ПМФ4	70,4
64	Горизонтально-розточувальний верстат	2620ГФ1	47,2

Продовження таблиці 6.15

1	2	3	4
65	Горизонтально-розточувальний верстат	2А620Ф2-1	56,2
66	Горизонтально-розточувальний верстат	2А622Ф2-1	55,0
67	Координатно-розточувальний верстат	2455АФ2	87,1
68	Вертикально-свердлильний верстат	2Н118Ф2	32,7
69	Вертикально-свердлильний верстат	2Р135Ф2	36,7
70	Фрезерно-розточувальний верстат	2Г660Ф2	146,6
71	Круглошліфувальний верстат	3М151Ф2	42,0
72	Плоскошліфувальний верстат	3Е721ВФ3-1	47,8
73	Координатно-шліфувальний верстат	3289АФ1	47,2
74	Електроерозійний вирізувальний верстат	4732Ф3	28,8
75	Вертикально-фрезерний верстат	6Р11Ф31	78,8
76	Вертикально-фрезерний верстат	6Р13Ф3-37	80,7
77	Фрезерний широко-універсальний верстат	3Б7БПФ2	78,7
78	Вертикально-фрезерний верстат з хрестовим столом	6520Ф3-36	75,0
79	Вертикально-фрезерний верстат з хрестовим столом	ЛФ260МФ3	80,7
80	Вертикально-фрезерний верстат з хрестовим столом	6550Ф3	87,5
81	Вертикально-фрезерний верстат з хрестовим столом	654Ф3	89,9
82	Поздовжньо-фрезерний верстат для об'ємної обробки	6Б444Ф3	73,2
83	Повздовжньо-фрезерний розточувальний верстат	6М610М-Ф4-1	105,9
84	Свердлильно-фрезерно-розточувальний з інструментальним магазином	6902ПМ-Ф2	89,4
85	Свердлильно-фрезерно-розточувальний з інструментальним магазином	6904ВМФ2	90,1

Продовження таблиці 6.15

1	2	3	4
86	Свердлильно-фрезерно-розточувальний з інструментальним магазином	6М140Ф3	84,0
87	Свердлильно-фрезерно-розточувальний з інструментальним магазином	6ВР13Ф3	83,1
88	Свердлильно-фрезерно-розточувальний з інструментальним магазином	6906ВМФ2	90,6
89	Спеціальний вертикальний консольно-фрезерний верстат	СФ30Ф3	82,2
90	Фрезерний широко універсальний верстат	6Б75ВФ1	79,7

6.2. Порядок виконання роботи

1. Одержання завдання для виконання роботи.
2. Вивчення креслення деталі, встановлення її маси (згідно креслення), маси заготовки, згідно однієї із методик.
3. Встановлення величини коефіцієнтів вагової точності для 2-х варіантів виготовлення заготовки.
4. Розрахунок собівартості виготовлення заготовок для 2-х варіантів.
5. Порівняння показників вагової точності та собівартості виготовлення заготовки та вибір остаточного варіанту.
6. Висновки по роботі.

6.3. Обладнання для виконання роботи

1. Деталь.
2. Креслення деталі, креслення заготовки.

6.4. Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Креслення деталі.
3. Вибір коефіцієнтів вагової точності та розрахунок маси заготовки для 2-х варіантів її виготовлення.
4. Розрахунок собівартості заготовок при 2-х варіантах її виготовлення.
5. Остаточний вибір варіанта виготовлення заготовки.

6. Висновки по роботі.

6.5. Питання для самоконтролю

1. Коефіцієнт вагової точності, його фізична суть.
2. Методика визначення собівартості виготовлення литих заготовок.
3. Методика визначення собівартості виготовлення штампованих заготовок.
4. Методика визначення собівартості виготовлення заготовок із прокату.
5. Методики розрахунку маси заготовки, оцінка їх точності.
6. В якому випадку необхідно враховувати технологічну собівартість операцій механічної обробки при порівняльних розрахунках собівартості виготовлення заготовки.
7. Методики розрахунку технологічної собівартості операцій механічної обробки.

Рекомендована література [7, 11, 12, 13]

Лабораторна робота №7

ВИБІР ЧИСТОВИХ ТА ЧОРНОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ БАЗ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

Мета роботи – оволодіння методикою вибору чистових і чорнових технологічних баз для виконання операцій технологічного процесу механічної обробки деталі.

7.1. Короткі теоретичні відомості

Одним із найбільш складних і відповідальних питань проектування технологічних процесів механічної обробки деталі є призначення технологічних баз. Від того наскільки правильно вибрані бази залежить точність виконання розмірів заданих конструктором, правильність розміщення оброблюваних поверхонь, степінь складності пристосувань, ріжучих та вимірювальних інструментів, загальна продуктивність обробки заготовок. Основні положення, що стосуються термінології, класифікації і теорії базування наведені в [1] і студенти ознайомлені з нею при вивченні дисципліни „Основи технології машинобудування”.

Вихідними даними при виборі баз є: робоче креслення деталі, технічні умови на її виготовлення, вид заготовки і стан її поверхонь, бажана степінь автоматизації. Перед вибором баз для конкретної операції необхідно чітко сформулювати задачі, які повинні бути вирішені в результаті виконання даної операції. Ці задачі формулюються із вимог креслення і технічних вимог на виготовлення деталі.

Перший етап при виборі баз – вибір чистових технологічних баз, тобто поверхонь для базування деталі при виконанні більшості операцій технологічного процесу механічної обробки. Такими поверхнями бажано вибирати основні конструкторські бази, від яких, як правило, задано більшість розмірів, що координують розташування інших відповідальних поверхонь деталі. Відхилення від цього правила можливе лише тоді, коли основна конструкторська база деталі не має значної довжини достатньої для надійного базування деталі, або якщо обробку виконують при використанні пристосування супутника.

Задача, що вирішується при виборі чистових технологічних баз – це забезпечення похибки базування виконуваних параметрів точності деталі рівною нулю або її мінімізація. Тому після призначення чистових технологічних баз повинен бути виконаний аналіз похибок базування всіх виконуваних розмірів та технічних вимог, та зроблений висновок відносно правильності вибору баз.

Другий етап при виборі баз – вибір чорнових технологічних баз, тобто поверхонь, що використовуються для базування деталі на першій операції технологічного процесу механічної обробки.

Задачі, що вирішуються на даному етапі вибору баз:

- встановити зв'язки, що визначають відстані та повороти поверхонь, що одержані обробкою, відносно поверхонь, що залишаються необробленими;

- рівномірно розподілити фактичні припуски між оброблюваними поверхнями.

В більшості випадків можна реалізувати декілька варіантів базування. Готових рішень для конкретних випадків не існує, так як кожен із варіантів може мати свої позитивні та негативні сторони.

Рекомендації по вибору баз:

- бази повинні бути достатньої довжини;

- заготовка повинна займати в пристосуванні потрібне їй положення під дією своєї ваги, а не в результаті прикладання затискних сил;

- базові поверхні повинні бути чистими для забезпечення однозначності базування. Не допускається використовувати поверхні зі слідами роз'єму штампів, ливарних форм, залишками ливникової системи та іншими дефектами;

- з точки зору експлуатації деталі базові поверхні повинні бути найбільш відповідальними. В цьому випадку при їх обробці на послідовних операціях забезпечується рівномірність припусків і однорідна поверхня;

- з метою забезпечення правильного відносного розташування оброблюваних поверхонь по відношенню до необроблюваних баз для першої операції вибирають ті поверхні, які в готовій деталі повинні залишатися необробленими;

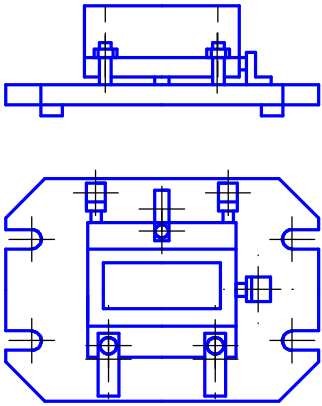
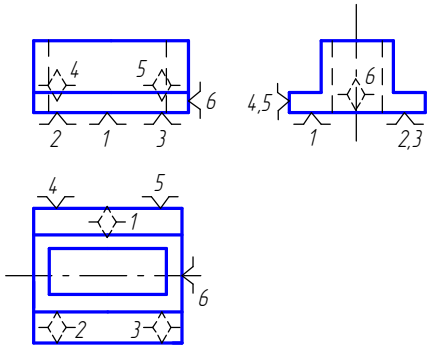
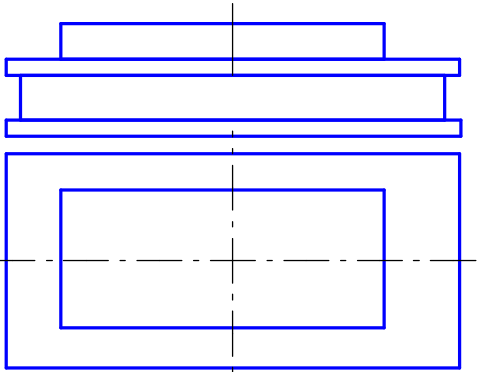
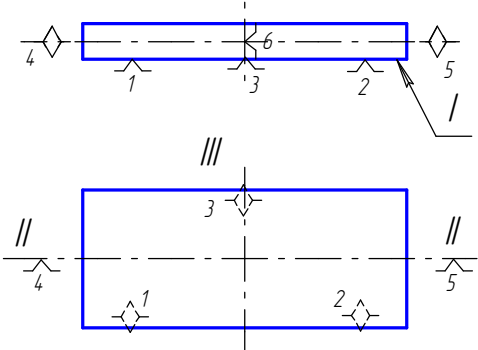
- бази повинні забезпечувати можливість обробки з одного установа максимальної кількості поверхонь. Ця вимога особливо важлива при обробці деталей на верстатах з ЧПК, поздовжньо-стругальних, поздовжньо-фрезерних верстатах;

- після першої операції технологічні бази повинні бути змінені, тобто двічі використовувати одні і ті ж чорнові бази вкрай небажано, а в більшості випадків недопустимо.

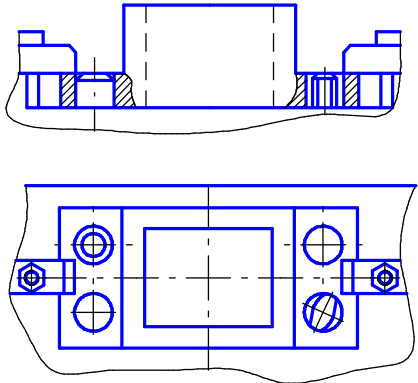
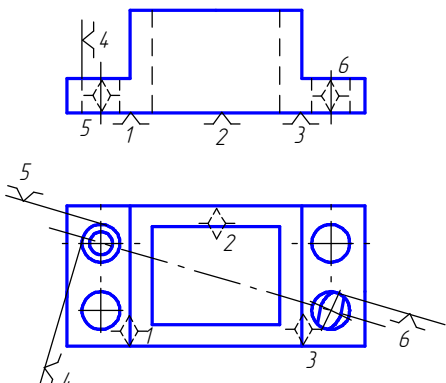
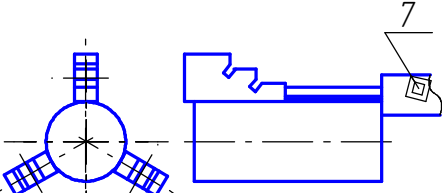
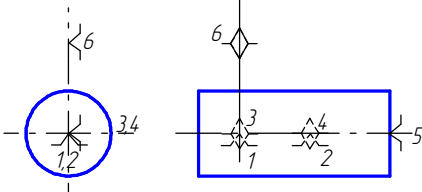
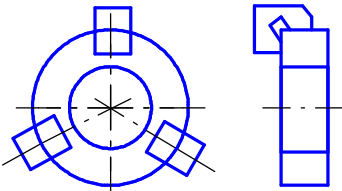
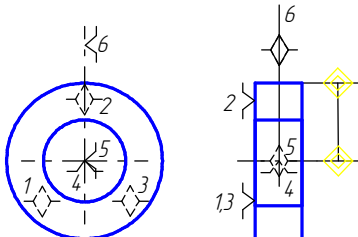
Одночасно реалізувати всі перераховані рекомендації практично неможливо. Тому завжди стоїть задача знайти найбільш прийнятний варіант, що досягається аналізом переваг та недоліків кожного із можливих варіантів базування (див. приклад).

Найбільш розповсюджені схеми базування наведені в таблиці 7.1, приклади розробки схем базування – в таблиці 7.2.

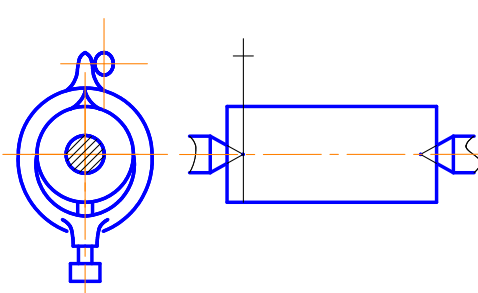
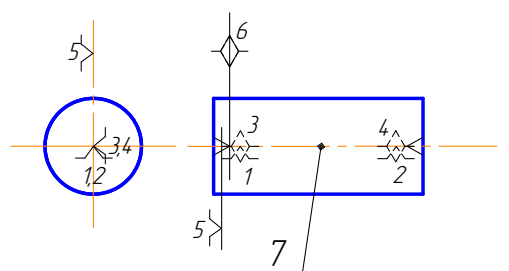
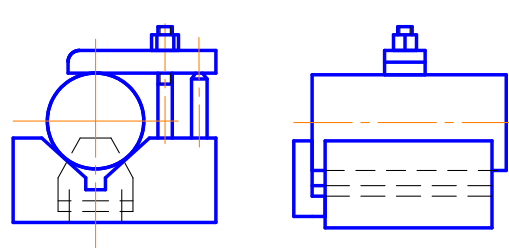
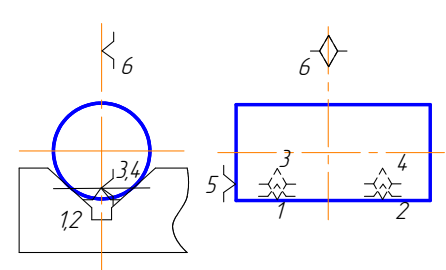
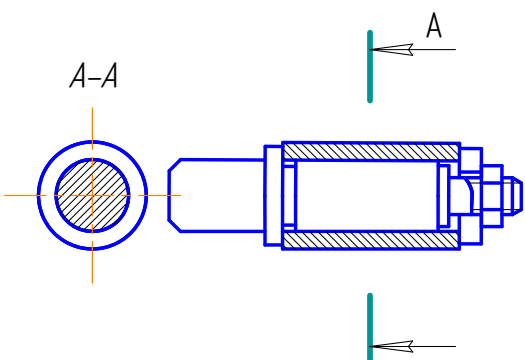
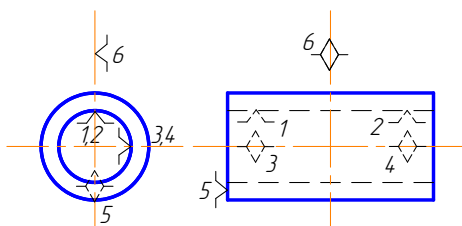
Таблиця 7.1 – Розповсюджені схеми базування

Схема установки	Теоретична схема базування
<p data-bbox="204 461 734 577">Установка заготовки по площині основи і двом боковим сторонам</p> 	
<p data-bbox="204 1328 746 1406">Установка заготовки по площині (на магнітній плиті)</p> 	

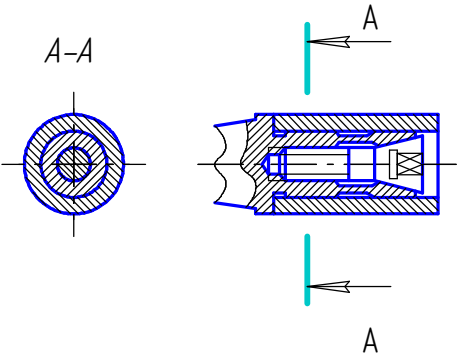
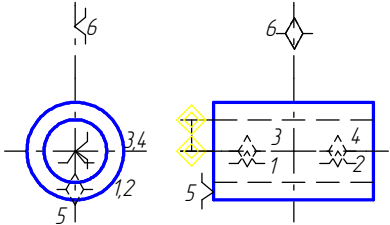
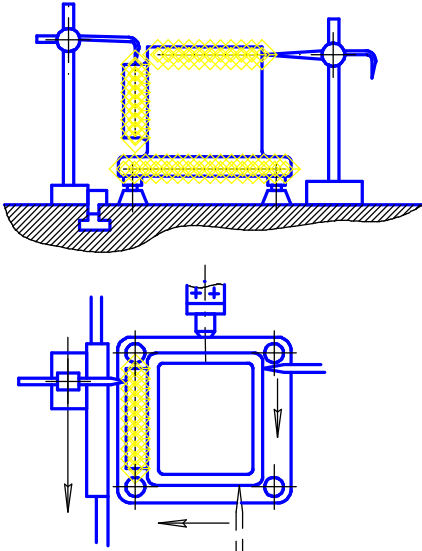
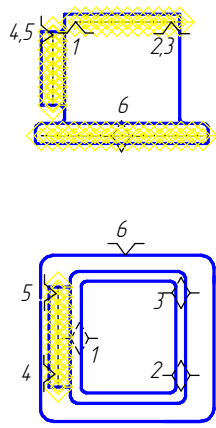
Продовження таблиці 7.1

Схема установки	Теоретична схема базування
<p>Установка заготовки по площині і двом отворам</p> 	
<p>Установка вала в трикулачковому самоцентруючому патроні</p>  <p>7-штангенциркуль</p>	
<p>Установка диска в трикулачковому самоцентруючому патроні</p> 	

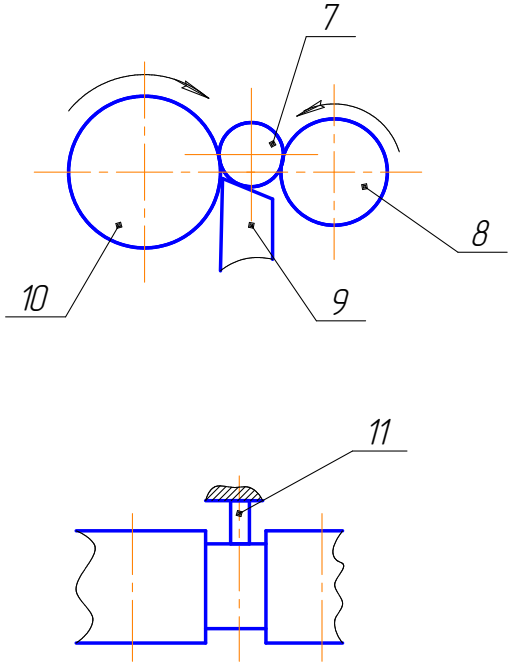
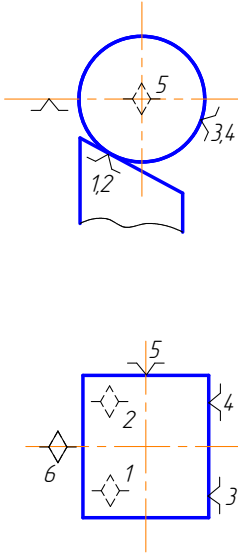
Продовження таблиці 7.1

Схема установки	Теоретична схема базування
<p>Установка вала в центрах</p> 	 <p>7 - загальна вісь центрових отворів</p>
<p>Установка вала на призмі</p> 	
<p>Установка втулки на циліндричній оправці (з зазором)</p> 	

Продовження таблиці 7.1

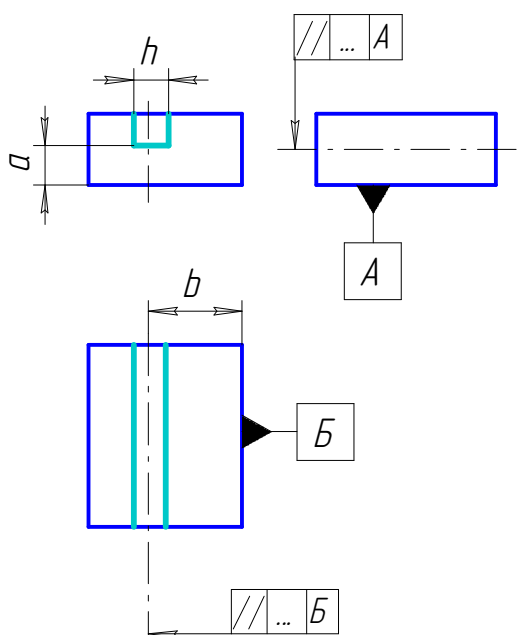
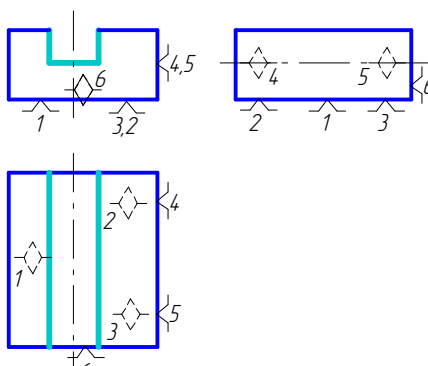
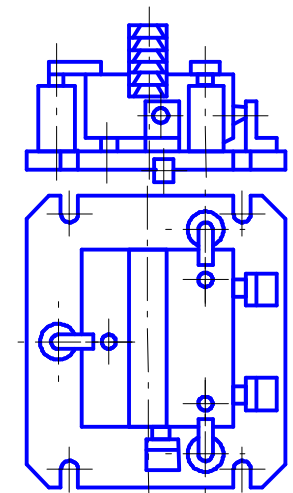
Схема установки	Теоретична схема базування
<p data-bbox="223 481 794 564">Установка втулки на розжимній оправці (без зазора)</p> 	
<p data-bbox="215 1236 805 1361">Установка на верстаті заготовки корпусної деталі з вивіркою її положення по розміточним рискам</p> 	

Продовження таблиці 7.1

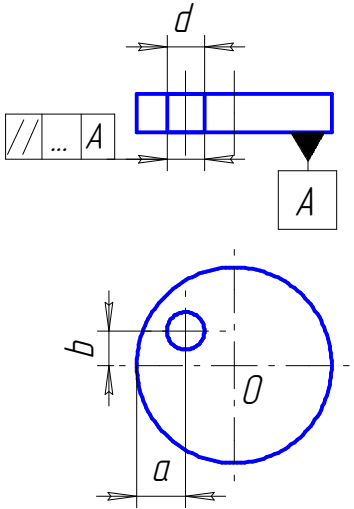
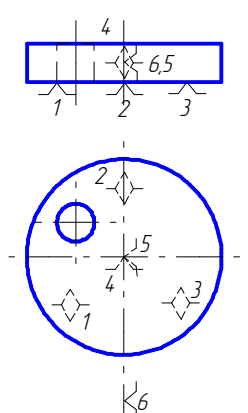
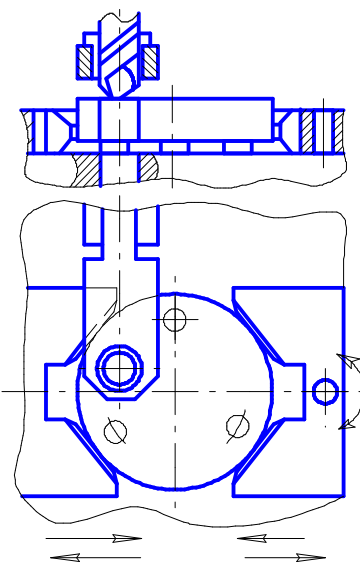
Схема установки	Теоретична схема базування
<p data-bbox="204 443 778 566">Установка заготовки по оброблювальній поверхні при безцентровому врізному шліфуванні</p>  <p data-bbox="220 1503 774 1626">7- заготовка; 8- ведучий круг; 9- опора; 10- шліфувальний круг; 11-повздовжній упор;</p>	

Примітка: на теоретичних схемах базування арабськими цифрами 1-6 позначені опорні точки.

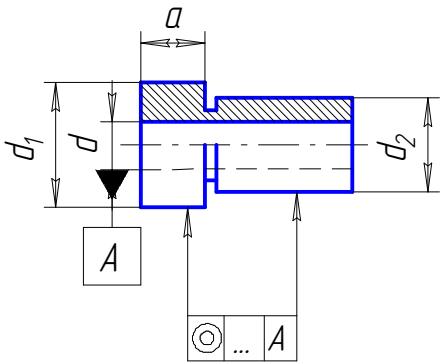
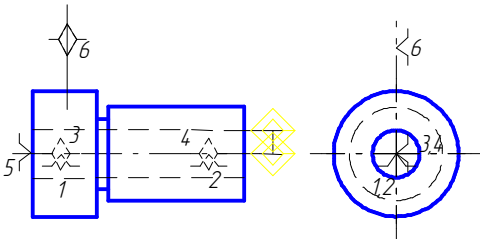
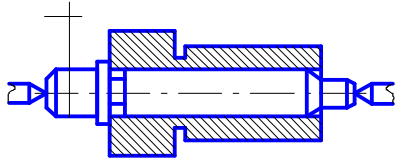
Таблиця 7.2– Приклади розробки схем базування

Задача	Розповсюджені схеми базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>При фрезеруванні паза шириною h витримати розміри a і b, паралельність осі паза відносно поверхні B, а дна паза - відносно основи A</p> 		

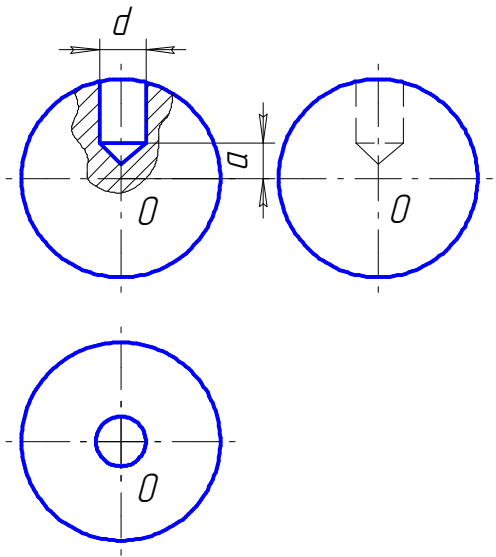
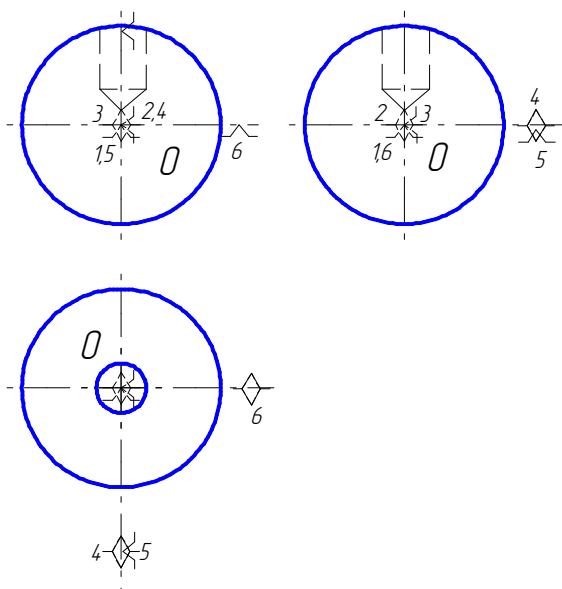
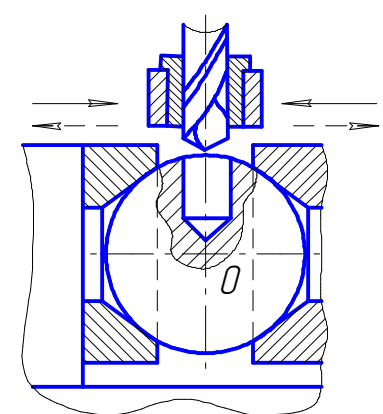
Продовження таблиці 7.2

Задача	Розповсюджені схеми базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>При обробці отвору d витримати розміри a і b і забезпечити перпендикулярність вісі отвору d відносно поверхні A</p> 		

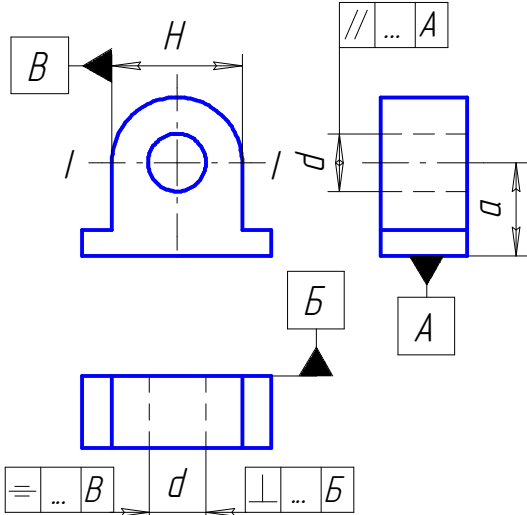
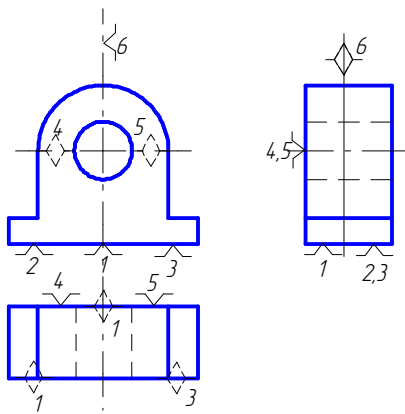
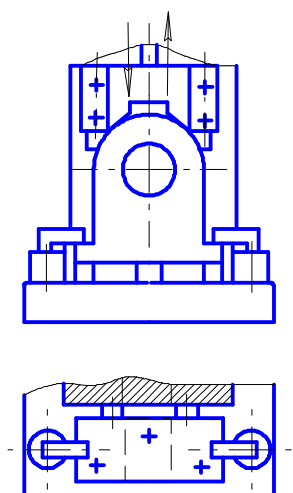
Продовження таблиці 7.2

Задача	Розповсюджені схеми базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>При обробці поверхонь діаметрами d_1 і d_2 забезпечити їх співвісність з отвором d і витримати розмір a</p> 		<p>Установка заготовки на циліндричній оправці з беззазорною (пресовою) посадкою</p> 

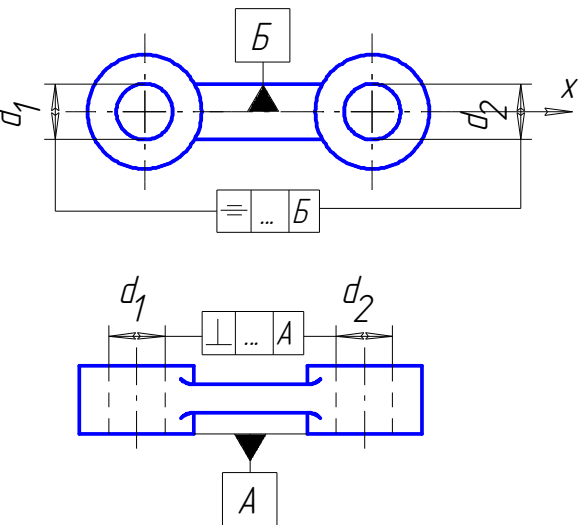
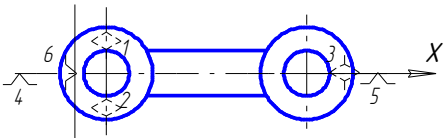
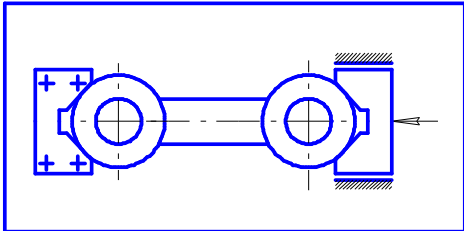
Продовження таблиці 7.2

Задача	Розповсюджені схеми базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>При обробці отвору d в кулі витримати розмір a і забезпечити проходження вісі отвору через точку O - центр кулі</p> 		

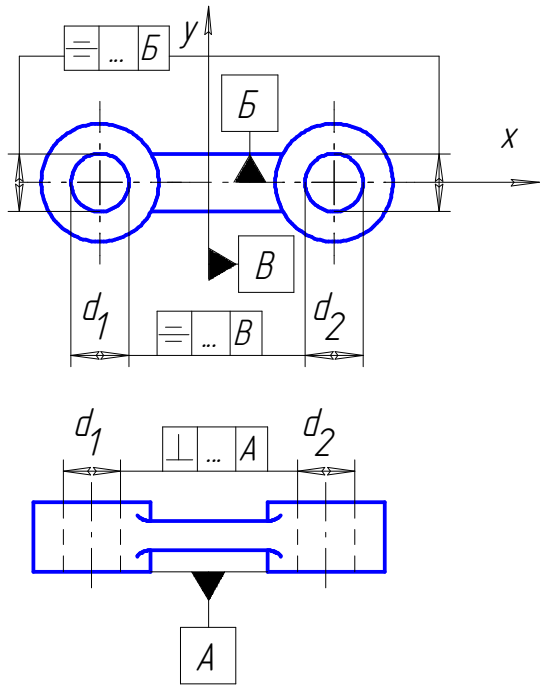
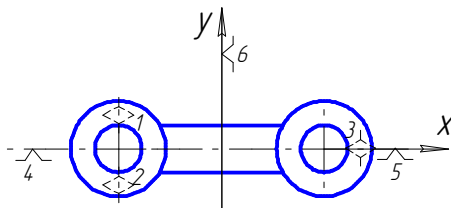
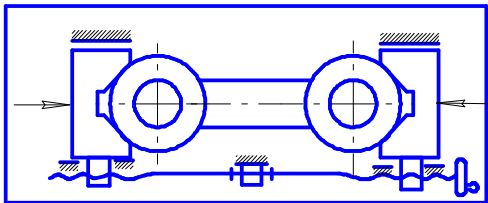
Продовження таблиці 7.2

Задача	Розповсюджені схеми базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>При розточуванні отвору d витримати розмір a, паралельність вісі отвору до площини A, перпендикулярність вісі отвору до площини B в розрізі $I-I$, симетричність відносно зовнішнього контура</p> 		

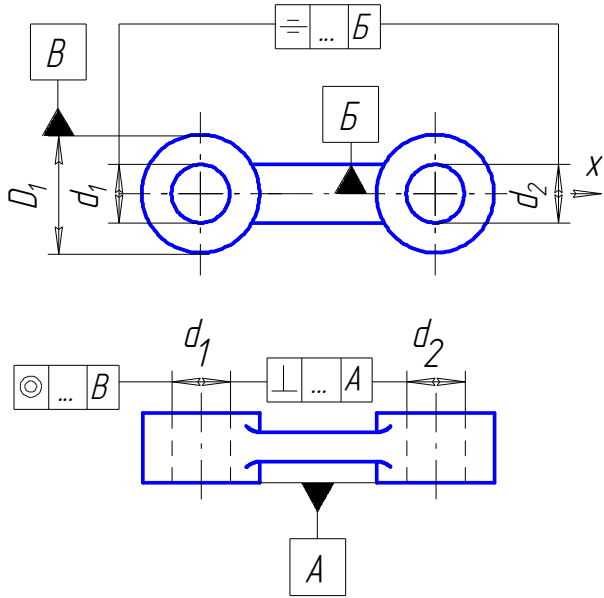
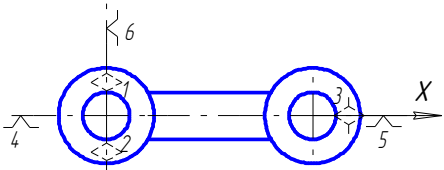
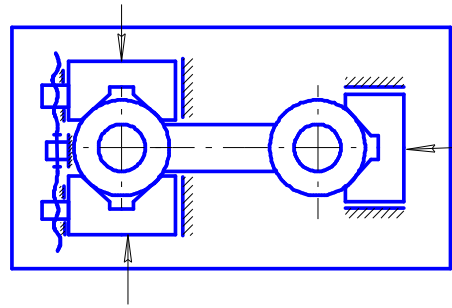
Продовження таблиці 7.2

Задача	Розповсюджені схеми базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>Обробити з застосуванням кондуктора отвори d_1 і d_2 в середині втулок важеля, забезпечивши виконання слідуючих вимог:</p> <p>а) перпендикулярність осей отворів до площини А, і симетричність отворів відносно загальної площини симетрії втулок важеля Б</p> 		

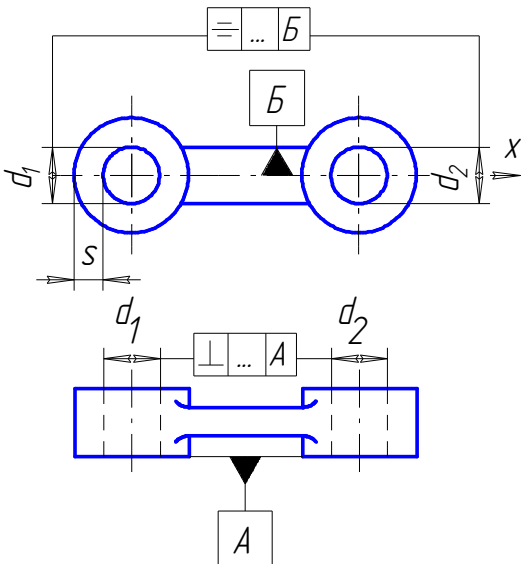
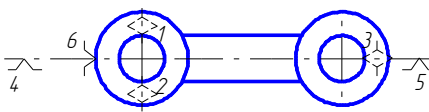
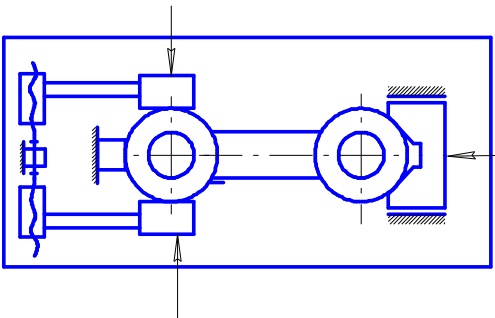
Продовження таблиці 7.2

Задача	Розповсюджені схеми базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>б) перпендикулярність осей отворів до площини A і симетричність отворів відносно площин симетрії втулок X і Y</p> 		

Продовження таблиці 7.2

Задача	Розповсюджені схеми базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>в) перпендикулярність осей отворів до площини A і симетричність отворів відносно площини симетрії втулок X і співвісність отвору d_1 відносно зовнішньої поверхні втулки D_1</p> 		

Продовження таблиці 7.2

Задача	Розповсюджені схеми базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>г) перпендикулярність осей отворів до площини A, симетричність отворів відносно площини симетрії втулок X і постійність товщини s стінки лівої втулки</p> 		

Примітка: на теоретичних схемах базування арабськими цифрами 1-6 позначенні опорні точки

Приклад

Правильність вибору технологічних баз на даному етапі проектування в значній мірі визначає досягнення необхідної точності деталі в процесі її виготовлення та економічність процесів.

Згідно рекомендацій проектування технологічних процесів механічної обробки спочатку виконується вибір чистових технологічних баз, тобто таких поверхонь, які використовуються при виконанні більшості операцій технологічного процесу. При цьому вирішується задача забезпечення похибок базування виконуваних розмірів рівною нулю або ж зведення їх до мінімальних значень.

Розглядувана деталь відноситься до класу корпусних. Найкращим варіантом при виборі чистових технологічних баз є використання в їх якості основних конструкторських баз. Тому для даної деталі за чистові технологічні бази приймаємо площину основи і два отвори ($\varnothing 13H12$), які й є основними конструкторськими базами (див. рис. 6.1).

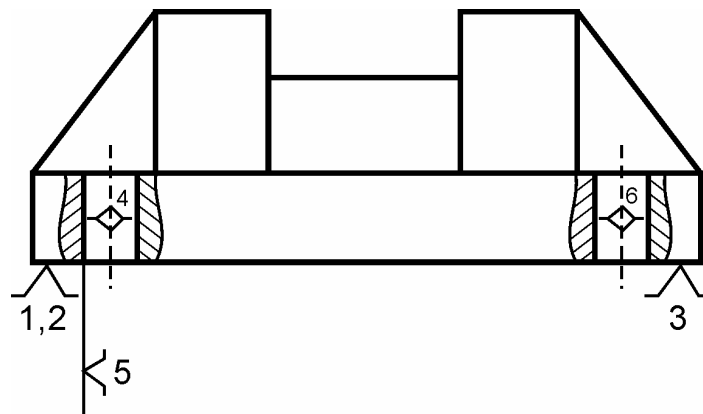


Рисунок 6.1 – Чистові технологічні бази

Площина основи – це установна технологічна база, що відповідає рекомендаціям вибору установних технологічних баз (найбільша за площею, забирає 3 ступені вільності у деталі). Одним із отворів $\varnothing 13H12$ деталь встановлюється на циліндричний палець, який забирає дві ступені вільності в деталі і виконує функцію подвійної напрямної бази. Другим отвором $\varnothing 13H12$ деталь встановлюється на зрізаний палець, який забирає одну ступінь вільності і виконує функцію опорної бази.

При вибраній схемі базування (див. рис. 4.1)

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{\delta_{78 \pm 0,125}} &= 0 \\ \varepsilon_{\delta_{78 \pm 0,055}} &= 0 \end{aligned} \right\} \text{суміщення технологічної і вимірювальної баз}$$

$$\varepsilon_{\delta_{\varnothing 40 f_7}} = 0 \quad \text{обробка діаметрального розміру, точність забезпечується} \\ \text{настройкою інструмента}$$

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{\delta_{M6-7H}} &= 0 \\ \varepsilon_{\delta_{\varnothing 13H12}} &= 0 \\ \varepsilon_{\delta_{\varnothing 20H12}} &= 0 \\ \varepsilon_{\delta_{0,5 \times 60^\circ}} &= 0 \end{aligned} \right\} \text{обробка мірним інструментом}$$

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{\delta_{134 \pm 0,125}} &= 0 \\ \varepsilon_{\delta_{25 \pm 0,065}} &= 0 \end{aligned} \right\} \text{поверхні, що задані вказаними розмірами планується}$$

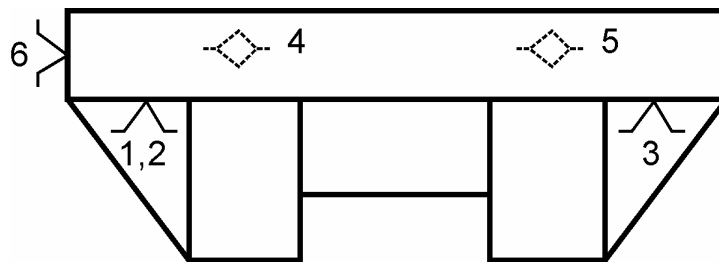
обробляти з одного установа

Другим етапом в призначенні технологічних баз при механічній обробці деталі є вибір чорнових технологічних баз. При їх виборі вирішуються дві задачі:

- зв'язок необроблюваних поверхонь з оброблюваними;
- зняття рівномірного припуску з певних поверхонь.

Пропонуються такі схеми базування

I варіант



II варіант

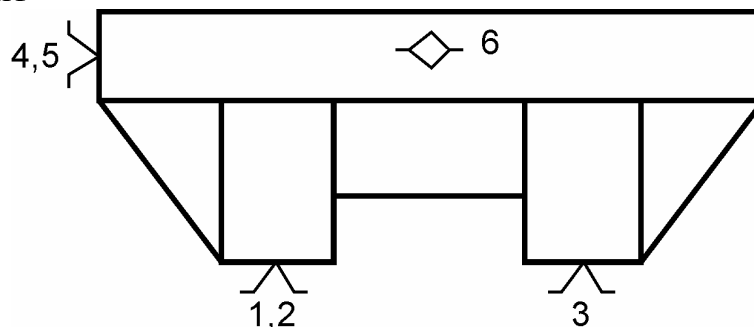


Рисунок 7.2 – Чорнові технологічні бази

В I і II варіантах чорнових технологічних баз вирішується задача:

- зв'язок необроблюваних поверхонь з оброблюваними;

Але в II варіанті вибору чорнових технологічних баз є суттєвий недолік.

В якості установних технологічних баз вибрані поверхні, які мають невелику площу (набагато меншу, ніж в I варіанті). Це не відповідає рекомендаціям вибору установних технологічних баз. В якості прямої

поверхні вибрана площа, що має меншу довжину, ніж у першому варіанті. Це теж не є кращим варіантом, так як порушуються вимоги вибору напрямних технологічних баз (найбільші по довжині поверхні). Тому як остаточний приймається І варіант.

7.2. Порядок виконання роботи

1. Одержання завдання для виконання роботи.
2. Визначення основних конструкторських баз деталі та оцінка можливості використання їх в якості чистових технологічних баз.
3. Вибір поверхонь, які можуть бути прийняті в якості чистових технологічних баз.
4. Аналіз похибок базування, що виникають при використанні запропонованих технологічних баз.
5. Варіантний вибір поверхонь, які можуть бути прийняті в якості чорнових технологічних баз.
6. Аналіз запропонованих варіантів чорнових технологічних баз та остаточний вибір одного варіанта з обґрунтуванням його вибору.
7. Висновки.

7.3. Обладнання для виконання роботи

1. Деталь.
2. Креслення деталі, креслення заготовки.
3. Вимірювальний інструмент: штангенциркуль, мікрометр, глибиномір, зразки шорсткості, моделі заготовок, призми.

7.4. Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Креслення деталі.
3. Вибір чистових технологічних баз зображення схем базування на чистові бази та визначення наявності похибки базування виконуваних розмірів при запропонованих схемах базування.
4. Вибір чорнових технологічних баз (2 варіанти), зображення схем базування задачі, що вирішується при вибраних схемах. Аналіз запропонованих схем та остаточний вибір чорнових технологічних баз.
5. Висновки по роботі.

7.5. Питання для самоконтролю

1. Чистові технологічні бази.
2. Чорнові технологічні бази.
3. Які поверхні бажано вибрати в якості чистових технологічних баз?

4. Які поверхні бажано вибирати в якості чорнових технологічних баз?
5. Задачі, що вирішуються при виборі чистових, чорнових технологічних баз.
6. Рекомендації по вибору баз.
7. Етапи вибору баз.
8. Вихідні дані для вибору баз
9. Параметри, на які впливає вибір баз.
10. Установна база.
11. Напрямна база.
12. Опорна база.
13. Подвійна напрямна база.
14. Подвійна опорна база.
15. Правила зображення схем базування.

Рекомендована література [2, 3, 8, 17, 19, 22]

Лабораторна робота №8

ВИБІР КІЛЬКОСТІ СТУПЕНІВ ТА СПОСОБІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ

Мета роботи – оволодіння методикою визначення кількості ступенів механічної обробки поверхні деталі та призначення способів їх обробки.

8.1. Короткі теоретичні відомості

Розрахунки по даному питанню виконуються для поверхонь, точність яких вища 12 квалітету.

Кількість переходів, які необхідно виконати для досягнення заданої точності, розміру, відносного розміщення поверхонь, шорсткості оброблюваних поверхонь може бути визначена за коефіцієнтом уточнення.

$$\mathcal{E} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}}, \quad (8.1)$$

де $T_{\text{заг}}$ – допуск розміру заготовки, мм;

$T_{\text{дет}}$ – допуск розміру деталі (згідно робочого креслення деталі), мм.

Для чорнових переходів \mathcal{E} рекомендується 6-5, для напівчистових 4-3, для чистових 2-1.

Допуски розміру деталі на виконуваних переходах механічної обробки визначаються:

$$T_{\text{дет}_i} = \frac{T_{\text{дет}_{i-1}}}{\mathcal{E}_i}, \quad (8.2)$$

де $T_{\text{дет}_i}$ – допуск розміру деталі виконуваного переходу, мм;

$T_{\text{дет}_{i-1}}$ – допуск розміру деталі попереднього переходу, мм;

\mathcal{E}_i – уточнення, що прийнятно на виконуваному переході.

Згідно розрахованих допусків встановлюється квалітет точності обробки деталі на кожному із переходів механічної обробки (див. таблицю 8.1).

Після визначення кількості переходів механічної обробки даної поверхні вибираються відповідні методи обробки, що забезпечують задані параметри точності та шорсткості деталі і послідовність їх виконання.

Рекомендується привести розрахунки для найбільш точних поверхонь деталі (6-10 квалітети), а всі решта – звести до таблиці 8.2 (див. приклад).

Таблиця 8.1 – Допуски розмірів до 10000 мм (згідно з СТ СЕВ 145-75 і СТ СЕВ 177-75)

Номінальні розміри, мм	Квалітети									
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Позначення допусків									
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8
Допуски, мкм										
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14
Більше 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18
» 6»10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22
»10»18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27
»18»30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33
»30»50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39
»50»80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46
»80»120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54
»120»180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63
»180»250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72
»250»315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81
»315»400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89
»400»500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97
»500»630	4,5	6	9	11	16	22	30	44	70	100
»630»800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125
»800»1000	5,5	8	11	15	21	29	40	56	90	140
»1000»1250	6,5	9	13	18	24	34	46	66	105	165
»1250»1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195
»1600»2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230
»2000»2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280
»2500»3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330
»3150»4000	16	23	33	45	60	84	115	165	260	410
»4000»5000	20	28	40	55	74	100	140	200	320	500
»5000»6300	25	35	49	67	92	125	170	250	400	620
»6300»8000	31	43	62	84	115	155	215	310	490	760
»8000»10000	38	53	76	105	140	195	270	380	600	940
Кількість одиниць допуску в допуску даного квалітету										
	1*	1,4*	2*	2,7*	3,7*	5,1*	7	10	16	25

Продовження таблиця 8.1

Номінальні розміри, мм	Квалітети									
	9	10	11	12	13	14**	15**	16**	17**	18**
	Позначення допусків									
	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	Допуски, мкм			Допуски, мм						
До 3	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1,0	1,4
Більше 3 до 6	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
»6»10	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
»10»18	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
»18»30	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
»30»50	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,0	1,6	2,5	3,9
»50»80	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3,0	4,6
»80»120	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
»120»180	100	160	250	0,4	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0	6,3
»180»250	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
»250»315	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
»315»400	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
»400»500	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4,0	6,3	9,7
»500»630	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7,0	11,0
»630»800	200	320	500	0,8	1,25	2,0	3,2	5,0	8,0	12,5
»800»1000	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9,0	14,0
»1000»1250	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
»1250»1600	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5,0	7,8	12,5	19,5
»1600»2000	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6,0	9,2	15,0	23,0
»2000»2500	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7,0	11,0	17,5	28,0
»2500»3150	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21,0	33,0
»3150»4000	660	1050	1650	2,6	4,1	6,6	10,5	16,5	26,0	41,0
»4000»5000	800	1300	2000	3,2	5,0	8,0	13,0	20,0	32,0	50,0
»5000»6300	980	1550	2500	4,0	6,2	9,8	15,5	25,0	40,0	62,0
»6300»8000	1200	1950	3100	4,9	7,6	12,0	19,5	31,0	49,0	76,0
»8000»10000	1500	2400	3800	6,0	9,4	15,0	24,0	38,0	60,0	94,0
Кількість одиниць допуску в допуску даного квалітету										
	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

Примітка:

* Кількість одиниць допуску вказано для розмірів понад 500 мм. Для розмірів до 500 мм допуски в квалітетах від 01 до 4 визначені за такими формулами: $IT01 = 0,3 + 0,008D_H$; $IT0 = 0,5 + 0,0012D_H$;

$IT1 = 0,8 + 0,020D_u$; $IT2 = \sqrt{IT1 \times IT3}$; $IT3 = \sqrt{IT1 \times IT5}$; $IT4 = \sqrt{IT3 \times IT5}$;
(IT – в мкм; D_u – в мм).

** Квалітети 14-17 для розмірів менше 1 мм не передбачені.

*** Допуски по 18 квалітету наведені додатково до СТ СЕВ 145-75 і СТ СЕВ 177-75.

Таблиця 8.2 – Розрахунок кількості переходів механічної обробки деталі, вибір методів обробки

Поверхня, розмір	$\varepsilon = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}$	Розподіл ε $\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots$	Допуски розмірів деталі по переходах	Квалітет	Методи обробки поверхонь деталі

Приклад

(деталь "Опора", рис. 4.1).

Так як заготовка деталі отримується литтям в оболонкові форми, в умовах серійного виробництва може бути забезпечений 14 квалітет. Більшість поверхонь даної деталі не підлягають обробці і згідно робочого креслення деталі повинні мати 14 квалітет, що й забезпечується на стадії виготовлення заготовки. Поверхні $\varnothing 13H12$, $\varnothing 20H12$ повинні бути оброблені однократно, щоб одержати 12 квалітет. Різьбові отвори М6-7Н обробляються за стандартною схемою: свердління, зенкування фасок та нарізання різби. Тому аналіз та вибір кількості переходів механічної обробки необхідно провести для найбільш точних поверхонь, в даному випадку $\varnothing 40Js7$.

Визначення кількості переходів необхідно вести за коефіцієнтом уточнення за формулою (8.1)

$$\varepsilon = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}$$

Кількість переходів для обробки $\varnothing 40Js7$:

- по точності розміру

$$\varepsilon_{\varnothing 40Js7} = \frac{1,1}{0,024} = 45,8;$$

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 6 \cdot 4 \cdot 1,91 = 45,8 \text{ (3 переходи).}$$

Можна призначити три або чотири переходи механічної обробки. Для зменшення трудомісткості приймаємо $n=3$, призначивши $\varepsilon_1 = 6$; $\varepsilon_2 = 4$; $\varepsilon_3 = 1,91$.

По переходах допуски розміру:

$$T_1 = \frac{T_{заг}}{\varepsilon_1} = \frac{1,1}{6} = 0,183 \quad (\approx IT11);$$

$$T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{0,183}{4} = 0,046 \quad (\approx IT9);$$

$$T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{0,046}{1,91} = 0,024 \quad (\approx IT7).$$

8.2. Порядок виконання роботи

1. Одержання завдання для виконання роботи.
2. Визначення допусків розмірів деталі.
3. Визначення допусків розмірів заготовки.
4. Розрахунок коефіцієнта уточнення за точністю розмірів.
5. Розподіл уточнення на переходах механічної обробки.
6. Визначення кількості переходів механічної обробки деталі за точністю розмірів.
7. Вибір способів механічної обробки поверхонь деталі згідно прийнятих переходів.
8. Визначення квалітетів точності обробки для вибраних переходів механічної обробки деталі.
9. Оформлення зведеної таблиці.
10. Висновки.

8.3. Обладнання для виконання роботи

1. Деталь.
2. Креслення деталі, креслення заготовки.
3. Вимірювальний інструмент: штангенциркуль, мікрометр, глибиномір, зразки шорсткості, моделі заготовок.

8.4. Зміст звіту

1. Мета і порядок роботи.
2. Креслення деталі.
3. Розрахунок коефіцієнта уточнення, кількості переходів механічної обробки для найбільш точних поверхонь деталі (6 – 9 квалітет точності оброблюваних поверхонь)
4. Методи обробки вказаних поверхонь.
5. Зведена таблиця кількості переходів та методів обробки всіх оброблюваних поверхонь деталі та досягаємі квалітети точності при оброблені поверхонь.
6. Висновки по роботі.

8.5. Питання для самоконтролю

1. Коефіцієнт уточнення, його визначення.
2. Рекомендації по величині коефіцієнта уточнення для чорнових, напівчорнових, чистових переходів.
3. Методика визначення квалітету точності механічної обробки поверхонь деталі через коефіцієнт уточнення, що прийнятий на даному переході.
4. Методи обробки поверхонь деталі: площин, отворів, зовнішніх поверхонь обертання, зубчастих поверхонь, шпонкових пазів, шліцевих поверхонь і т. п.

Рекомендована література [4, 22, 25]

Лабораторна робота №9

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТИПОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

Мета роботи – ознайомитися з типовими технологічними процесами механічної обробки деталей та дослідження можливості їх використання при проектуванні технологічного процесу механічної обробки заданої деталі.

9.1. Короткі теоретичні відомості

За класифікацією Ф.С. Дем'янюка [1] встановлено вісім класів, згідно яких деталі діляться по формі та подібності технологічних процесів їх механічної обробки на:

- корпусні деталі;
- круглі стержні;
- пустотілі циліндри;
- диски;
- некруглі стержні;
- невеликі деталі складної форми;
- кріпильні деталі;
- спеціальні деталі, які за формою значно відрізняються від деталей, що відносяться до перших семи класів та обробляються по спеціальній технології.

До класу «корпусні деталі» відносяться всі литі та зварені коробчастої форми, а також деталі типу станин, стоек, плит, кутників, кришок, кронштейнів, блоків циліндрів, барабанів і т. п.

До класу «круглі стержні» входять всі деталі типу валів, осей, штоків, штанг, труб, шпинделів, кулачкових валів, ходових гвинтів, валів-шестерен і т. п.

Клас «пустотілі циліндри» включає в себе втулки самих різноманітних конфігурацій, а також гільзи, стакани, циліндри гідро-та пневмосистем і т. п.

В клас «диски» включають всі деталі, що мають форму диска, а також шків, маховики, фланці, корпуси муфт, кільця, зубчасті колеса (циліндричні, конічні, черв'ячні) і т. п.

До класу «некруглі стержні» відносяться стержні, поперечний перетин яких має некруглу форму (важелі всіх видів, шатуни кривошипних механізмів, балки, криві стержні) і т. п.

До класу «невеликі деталі складної форми» відносяться невеликі деталі різної складної форми (корпуси невеликих вузлів, фасонні кулачки, трійники, штуцери, кутники) т. п.

В клас «кріпильні деталі» включають такі деталі, як болти, гвинти, гайки, шпильки, штифти, шпонки, і т. п.

В клас «спеціальні деталі» необхідно віднести такі деталі складної конфігурації, як колінчасті вали двигунів внутрішнього згорання, компресорів, пресів, лопатки парових та газових турбін, поршні двигунів внутрішнього згорання та інші складні точні деталі.

9.2. Порядок виконання роботи

1. Одержання завдання для виконання роботи.
2. Визначення класу, до якого відноситься задана деталь.
3. Вибір типового технологічного процесу згідно літературних джерел (додаток Б, В, Г, Д, Е).
4. Порівняння конструкції заданої деталі за робочим кресленням з конструкцією деталі, приведеної в типовому технологічному процесі, аналіз конструктивних форм.
5. Порівняння показників точності та шорсткості, відносного розміщення поверхонь типової деталі та заданої.
6. Аналіз можливості використання методів обробки та структури операцій типового технологічного процесу при розробленні технологічного процесу механічної обробки заданої деталі.
7. Аналіз можливості використання обладнання типового технологічного процесу для обробки заданої деталі.
8. Висновки по роботі.

9.3. Обладнання для виконання роботи

1. Деталь.
2. Креслення деталі, креслення заготовки.
3. Вимірювальний інструмент: штангенциркуль, мікрометр, глибиномір, зразки шорсткості, моделі заготовок.

9.4. Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Креслення деталі.
3. Креслення типової деталі та технологічний процес її механічної обробки (з літературних джерел).
4. Порівняльний аналіз конструкцій типової та заданої деталей, встановлення наявності подібних та відмінних конструктивних форм,

елементів та параметрів. Висновки щодо складності конструкцій розглядуваних деталей.

5. Порівняльний аналіз вимог точності, шорсткості та відносного розміщення оброблюваних поверхонь типової та заданої деталей. Висновки щодо складності обробки поверхонь розглядуваних деталей.

6. Пропозиції по можливості використання структури операцій та методів обробки поверхонь типової деталі при проектуванні технологічного процесу механічної обробки заданої деталі.

7. Пропозиції по вибору обладнання для механічної обробки заданої обробки заданої деталі.

8. Висновки по роботі.

9.5. Питання для самоконтролю

1. Класифікація деталей.
2. Структура технологічного процесу.
3. Поняття операції.
4. Поняття технологічного переходу.
5. Поняття допоміжного переходу.
6. Поняття проходу.
7. Поняття робочого ходу.
8. Поняття допоміжного ходу.
9. Рекомендації по вибору типу обладнання в залежності від серійності виробництва.
10. Методи обробки поверхонь деталей.

Рекомендована література [14, 16, 18, 21, 22, 23, 27]

Література

1. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні – Київ: Вища школа, 1993 – 414 с.
2. А.А. Маталин. Технология машиностроения – Ленинград: Машиностроение, 1985 – 496 с.
3. А.В. Дерибо. Методические указания для самостоятельной работы по теме «Базирование и базы» курса «Основы технологии машиностроения». – Винница: ВПИ, 1990 – 36 с.
4. А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: «Высшая школа», 1983 – 256 с.
5. Боженко Л.І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. – Київ: ННКО ВО, 1990 – 264 с.
6. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. – Львів: Світ, 1996 – 368 с.
7. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения – Минск: Высшая школа, 1983 – 256 с.
8. ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении. – М: издательство стандартов, 1976 – 35 с.
9. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов.
10. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные.
11. Дусанюк Ж.П. Методичні вказівки до контрольної роботи з дисципліни «Основы виробництва машин». – Вінниця: ВДТУ, 2000 – 59 с.
12. Ж.П. Дусанюк, В.С. Дусанюк. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. – Вінниця: ВНТУ, 2004 – 90 с.
13. Ж.П. Дусанюк, І.О. Сивак, С.В. Дусанюк, С.В. Репінський. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче та об'ємне штампування. – Вінниця: ВНТУ, 2006 – 105 с.
14. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: - М.: Машиностроение, 1987 – 320 с.
15. М.Г. Афонкин, М.В. Магницкая. Производство заготовок в машиностроении. – Ленинград: «Машиностроение», 1987 – 256 с.
16. Новиков В.Ю., Схиртладзе А.Г. Технология станкостроения – М.: Машиностроение, 1990 – 256 с.
17. О.В. Дерібо, Ж.П. Дусанюк, О.М. Мироненко, В.П. Пурдик, С.В. Репінський Т.О. Чорноволик. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин. – Вінниця: ВНТУ, - 2006 – 118 с.
18. Обработка металлов резаньем. Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др. Под общ. ред. А.А. Панова – М.: Машиностроение, 1988 – 736 с.
19. Основы технологии машиностроения./ Под ред. В.С. Корсакова. – М.: Машиностроение, 1977 – 416 с.

20.П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. – Киев: «Выща школа», 1991 – 247 с.

21.Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / Под ред. В.В. Бабука. – Минск: Вышайшая школа, 1987 – 255 с.

22.Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні – Київ: Вища школа, 1993 – 414 с.

23.С.А. Картавов. Технология машиностроения (специальная часть). – Киев: Вища школа, 1984 – 272 с.

24.Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения /Под ред. В.В. Горленко. – М.: Машиностроение, 1988-216 с.

25.Справочник технолога-машиностроителя /Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова в 2т, – М.: Машиностроение, 1985, т.1 – 656 с.

26.Технология конструкционных материалов. Под ред. Г.А. Прейса. – Киев: «Выща школа», 1991 – 256с.

27.Технология машиностроения (специальная часть) / А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. – М: Машиностроение, 1986 – 480 с.

Додатки
Додаток А

Таблиця А1 – Класи розмірної точності виливків

Технологічний процес лиття	Найбільший габаритний розмір виливка, мм	Тип сплаву			
		Кольорові легкі нетермооброблювані сплави	Нетермооброблювані чорні і кольорові тугоплавкі сплави і термооброблювані кольорові легкі сплави	Термооброблювані чавунні і кольорові тугоплавкі сплави	Термооброблювані сталіні сплави
		Клас розмірної точності виливка			
1	2	3	4	5	6
Лиття під тиском у металеві форми і по випалюваних моделях із застосуванням малотерморозширюваних вогнетривких матеріалів (плавленого кварцу, корунду і т.п.)	До 100	3т–6	3–7т	4–7	5т–8
	Більше	3–7т	4–7	5т–8	5–9т
	»100»250 »250»630	4–7	5т–8	5–9т	6–9
Лиття за випалюваними моделями із застосуванням кварцових вогнетривких матеріалів	До 100	3–7	4–8	5т–9т	5–9
	Більше	4–8	5т–9т	5–9	6–10
	»100»250 »250»630	5т–9т	5–9	6–10	7т–11т

Продовження таблиці А1

1	2	3	4	5	6
Лиття за виплавними моделями із застосуванням кварцових вогнетривких матеріалів	До 100 Більше »100»250 »250»630	4–8 5т–9т 5–9	5т–9т 5–9 6–10	5–9 6–10 7т–11т	6–10 7т–11т 7–11
Лиття під низьким тиском і в кокіль без піщаних стержнів	До 100 Більше »100»250 »250»630 »630»1600 »1600»4000	5т–9т 5–9 6–10 7т–11т 7–11	5–9 6–10 7т–11т 7–11 8–12	6–10 7т–11т 7–11 8–12 9т–13т	7т–11т 7–11 8–12 9т–13т 9–13
Лиття в піщано-глинисті сирі форми з низьковологих (до 2,8%) високоміцних (більше 160 кПа чи 1,6 кг/см ²) сумішей, з високим і однорідним ущільненням до твердості не нижче 90 одиниць	До 100 Більше »100»250 »250»630 »630»1600 »1600»4000 »4000»10000	5–10 6–11т 7т–11 7–12 8–13т 9т–13	6–11т 7т–11 7–12 8–13т 9т–13 9–13	7т–11 7–12 8–13т 9т–13 9–13 10–14	7–12 8–13т 9т–13 9–13 10–14 11т–14
Лиття по газифікованих моделях у піщані форми Лиття у форми, що тверднуть в контактi з холодним оснащенням Лиття під низьким тиском і в кокіль з піщаними стержнями Лиття в облицьований кокіль	До 100 Більше »100»250 »250»630 »630»1600 »1600»4000 »4000»10000	5–10 6–11т 7т–11 7–12 8–13т 9т–13	6–11т 7т–11 7–12 8–13т 9т–13 9–13	7т–11 7–12 8–13т 9т–13 9–13 10–14	7–12 8–13т 9т–13 9–13 10–14 11т–14

Продовження таблиці А1

1	2	3	4	5	6
Лиття в піщано-глинисті сирі форми із сумішей з вологістю від 2,8 до 3,5% і міцністю від 120 до 160 кПа (від 1,2 до 1,6 кг/см ²) із середнім рівнем ущільнення до твердості не нижче 80 одиниць	До 100 Більше »100»250 »250»630 »630»1600 »1600»4000 »4000»10000	6–11т 7т–11 7–12 8–13т 9т–13 9–18	7т–11 7–12 8–13т 9т–13 9–13 10–13	7–12 8–13т 9т–13 9–13 10–14 11т–14	8–13т 9т–13 9–13 10–14 11т–14 11–15
Лиття відцентрове (внутрішні поверхні) Лиття у форми, що твердіють в контактi з гарячим оснащенням Лиття у вакуумно-плівкові піщані форми	До 100 Більше »100»250 »250»630 »630»1600 »1600»4000 »4000»10000	6–11т 7т–11 7–12 8–13т 9т–13 9–13	7т–11 7–12 8–13т 9т–13 9–13 10–14	7–12 8–13т 9т–13 9–13 10–14 11т–14	8–13т 9т–13 9–13 10–14 11т–14 11–15
Лиття в піщано-глинисті сирі форми із сумішей з вологістю від 3,5 до 4,5% і міцністю від 60 до 120 кПа (від 0,6 до 1,2 кг/см ²) з рівнем ущільнення до твердості не нижче 70 одиниць.	До 100 Більше »100»250 »250»630 »630»1600 »1600»4000 »4000»10000	7т–11 7–12 8–13т 9т–13 9–13 10–14	7–12 8–13т 9т–13 9–13 10–14 11т–14	8–13т 9т–13 9–13 10–14 11т–14 11–15	9т–13 9–13 10–14 11т–14 10–15 12–15

Продовження таблиці А1

1	2	3	4	5	6
Лиття в оболонкові форми з термореактивних сумішей	До 100 Більше »100»250 »250»630	7т–11 7–12 8–13т	7–12 8–13т 9т–13	8–13т 9т–13 9–13	9т–13 9–13 10–14
Лиття у форми, що твердіють без контакту з оснащенням без теплового сушіння	»630»1600 »1600»4000 »4000»10000	9т–13 9–13 10–14	9–13 10–14 11т–14	10–14 11т–14 11–15	11т–14 10–15 12–15
Лиття у форми з рідких сумішей, що само твердіють					
Лиття в піщано-глинисті підсушені і сухі форми					
Лиття в піщано-глинисті сирі форми з високовологих (більш 4,51%) маломіцних (до 60 кПа чи 0,6 кг/см ²) сумішей з низьким рівнем ущільнення до твердості нижче 70 одиниць	До 100 Більше »100»250 »250»630 »630»1600 »1600»4000 »4000»10000 »10000	7–12 8–13т 9т–13 9–13 10–14 11т–14 11–15	8–13т 9т–13 9–13 10–14 11т–14 11–15 12–16	9т–13 9–13 10–14 11т–14 11–15 12–15 13т–16	9–13 10–14 11т–14 11–15 12–15 13т–16 13–16

Примітки:

1. У таблиці зазначені діапазони класів розмірної точності виливків, що забезпечуються різними технологічними процесами лиття. Менші їхні значення відносяться до простих виливків і умов масового автоматизованого виробництва, великі – до складних виливків одиничного і дрібносерійного виробництва, середні – до виливків середньої складності й умов механізованого серійного виробництва.

2. У табл. А1-А6 до кольорових легкоплавких сплавів віднесені сплави з температурою плавлення нижче 700°С (973К), до кольоровим тугоплавких – сплави з температурою плавлення вище 700°С (973К).

3. У табл. А1-А6 до легких віднесені сплави з щільністю до 3,0 г/см³, до важких – сплави з щільністю понад 3,0 г/см³.

Таблиця А2 – Ступінь жолоблення елементів виливок

Відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини чи висоти до довжини елемента виливка)	Ступінь жолоблення елемента виливка			
	Багаторазові форми		Разові форми	
	Нетермооброблювані виливки	Термооброблювані виливки після правки	Нетермооброблювані виливки	Термооброблювані виливки після правки
Більше 0,200	1-4	2-5	3-6	4-7
» 0,100 до 0,200	2-5	3-6	4-7	5-8
» 0,050 » 0,100	3-6	4-7	5-8	6-9
» 0,025 » 0,050	4-7	5-8	6-9	7-10
» 0,025	5-8	6-9	7-10	8-11

Примітки:

1. Менші значення з діапазонів ступенів жолоблення відносяться до простих виливків з легких кольорових сплавів; великі значення – до складних виливків з чорних сплавів.

2. Ступінь жолоблення виливка, що вказується на кресленні, варто приймати по її елементу з найбільшим ступенем жолоблення.

Таблиця АЗ – Ступені точності поверхонь виливків

Технологічний процес лиття	Найбільший габаритний розмір виливка, мм	Тип сплаву			
		Кольорові легкі нетермооброблювані сплави	Нетермооброблювані чорні і кольорові тугоплавкі сплави і термооброблювані кольорові легкі сплави	Термооброблювані чавунні і кольорові тугоплавкі сплави	Термооброблювані сталіні сплави
		Ступінь точності поверхонь			
1	2	3	4	5	6
Лиття під тиском у металеві форми	До 100	2–6	3–7	4–8	5–9
	Більше				
	»100»250	3–7	4–8	5–9	6–10
Лиття в керамічні форми, лиття за випалюваними і виплавними моделями	До 100	3–8	4–9	5–10	6–11
	Більше				
	»100»250	4–9	5–10	6–11	7–12
Лиття під низьким тиском і в кокіль без піщаних стержнів, відцентрове лиття в металеві форми	До 100	4–9	5–10	7–11	7–12
	Більше				
	»100»250	5–10	6–11	7–12	8–13
Лиття в оболонкові форми з термореактивних сумішей Лиття в облицьований кокіль, лиття у вакуумно-плівкові піщані форми	До 100	6–12	7–13	8–14	9–15
	Більше				
	»100»250	7–13	8–14	9–16	10–16
	»250»630	8–14	9–16	10–16	11–17

Продовження таблиці А3

1	2	3	4	5	6
Лиття по газифікованих моделях в піщані форми	До 100	7–14	8–15	9–16	10–17
Лиття в піщано-глинисті сирі форми з низьковологих (до 2,8%) високоміцних (більше 160 кПа чи 1,6 кг/см ²) сумішей з високим і однорідним ущільненням до твердості не нижче 90 одиниць	Більше »100»250 »250»630 »630»1600 »1600»4000	8–15 9–16 10–17 11–18	9–16 10–17 11–18 12–19	10–17 11–18 12–19 13–19	11–18 12–19 13–19 14–20
Лиття в піщані затверділі, сухі чи підсушені форми, пофарбовані покриттями на водяній основі, нанесеними пульверизацією чи зануренням	До 100	7–14	8–15	9–16	10–17
Лиття в кокіль з піщаними стержнями	Більше »100»250 »250»630 »630»1600 »1600»4000	8–15 9–16 10–17 11–18	9–16 10–17 11–18 12–19	10–17 11–18 12–19 13–19	11–18 12–19 13–19 14–20
Лиття в піщано-глинисті сирі форми із сумішей з вологістю від 2,8 до 3,5% і міцністю від 120 до 160 кПа (від 1,2 до 1,6 кгс/см ²) із середнім рівнем ущільнення до твердості не нижче 80 одиниць	До 100	8–15	9–16	10–17	11–18
Лиття в піщані затверділі, сухі чи підсушені форми, пофарбовані покриттями на водяній основі, що нанесені щіткою, пульверизацією чи зануренням	Більше »100»250 »250»630 »630»1600 »1600»4000 »4000»10000	9–16 10–17 11–18 12–19 13–19	10–17 11–18 12–19 13–19 14–20	11–18 12–19 13–19 14–20 14–20	12–19 13–19 14–20 15–20 16–21

Продовження таблиці А3

1	2	3	4	5	6
Лиття в піщано-глинисті сирі форми із сумішей з воло-гістю від 3,5 до 4,5% і міцністю від 60 до 120 кПа (від 0,6 до 1,2 кгс/см ²) з рівнем ущільнення твердості не нижче 70 одиниць	До 100 Більше »100»250 »250»630 »630»1600 »1600»4000 »4000»10000	9–16 10–17 11–18 12–19 13–19 14–20	10–17 10–17 12–19 13–19 14–20 15–20	11–18 11–18 13–19 14–20 15–20 16–21	12–19 12–19 14–20 15–20 16–21 17–21
Лиття в піщані затверділі сухі чи підсушені форми, пофарбовані самовисихаючими чи самотвердіючими покриттями, нанесеними щіткою	До 100 Більше »100»250 »250»630 »630»1600 »1600»4000 »4000»10000	9–16 10–17 11–18 12–19 13–19 14–20	10–17 10–17 12–19 13–19 14–20 15–20	11–18 11–18 13–19 14–20 15–20 16–21	12–19 12–19 14–20 15–20 16–21 17–21
Лиття в піщано-глинисті сирі форми із високовологих (вище 4,5%) і низькоміцних до 60 кПа чи 0,6 кгс/см ²) сумішей з низьким рівнем ущільнення до твердості нижче 70 одиниць Лиття в піщані затверділі, сухі чи підсушені незабарвлені форми Лиття у форми з рідких сумішей, що самотвердіють	До 100 Більше »100»250 »250»630 »630»1600 »1600»4000 »4000»10000 »10000	10–17 11–18 12–19 13–19 14–20 15–20 16–21	11–18 12–18 13–19 14–20 15–20 16–21 17–21	12–19 13–19 14–20 15–20 16–21 17–21 18–22	13–19 14–20 15–20 16–21 17–21 18–22 19–22

Примітки. У таблиці приведені діапазони ступенів точності поверхонь виливків, що забезпечуються різними технологічними процесами лиття. Менші їх значення відносяться до простих виливків і умов масового автоматизованого виробництва, великі – до складних виливків одиничного і дрібносерійного виробництва, середні – до виливків середньої складності й до умов механізованого серійного виробництва.

Таблиця А4 – Шорсткість поверхонь виливків

Шорсткість поверхні	Значення шорсткості для ступенів точності поверхні виливка										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Середнє арифметичне відхилення профілю R_a , мкм, не більше	2,0	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0
Висота нерівностей профілю R_z , мкм, не більше											

Продовження таблиці А4

Шорсткість поверхні	Значення шорсткості для ступенів точності поверхні виливка										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Середнє арифметичне відхилення профілю R_a , мкм, не більше	25,0	32,0	40,0	50,0	63,0	80,0	100,0	—	—	—	—
Висота нерівностей профілю R_z , мкм, не більше								500	630	800	1000

Таблиця А5 – Класи точності маси виливків

Технологічний процес лиття	Номінальна маса виливка, кг	Тип сплаву			
		Кольорові легекі нетермооброблювані сплави	Нетермооброблювані чорні і кольорові тугоплавкі сплави і термооброблювані кольорові легкі сплави	Термооброблювані чавунні і кольорові тугоплавкі сплави	Термооброблювані сталеві сплави
		Клас точності маси виливка			
1	2	3	4	5	6
Лиття під тиском у металеві форми і за випалюваними моделями із застосуванням малотерморозширюваних вогнетривких матеріалів (плавленого кварцу, корунду і т.п.)	До 1,0 Більше »1,0»10 »10»100	1–7 2–8 3т–9т	2–8 3т–9т 3–9	3т–9т 3–9 4–10	3–9 4–10 5т–11т
Лиття за випалюваними моделями із застосуванням кварцових вогнетривких матеріалів	До 1,0 Більше »1,0»10 »10»100	2–9т 3т–9 3–10	3т–9 3–10 4–11т	3–10 4–11т 5т–11	4–11т 5т–11 5–12
Лиття за виплавними моделями із застосуванням кварцових вогнетривких матеріалів	До 1,0 Більше »1,0»10 »10»100	3т–9 3–10 4–11т	3–10 4–11т 5т–11	4–11т 5т–11 5–12	5т–11 5–12 6–13т

Продовження таблиці А5

1	2	3	4	5	6
Лиття під низьким тиском і в кокіль без піщаних стержнів	До 1,0 Більше »1,0»10 »10»100 »100»1000 »1000»10000	3–10 4–11т 5т–11 5–12 6–13т 7т–13	4–11т 5т–11 5–12 6–13т 7т–13	5т–11 5–12 6–13т 7т–13 7–14	5–12 6–13т 7т–13 7–14 8–15
Лиття в піщано-глинисті сирі форми із низьковологих (до 2,8%) високоміцних (більше 160 кПа чи 1,6 кг/см ²) сумішей, з високим і однорідним ущільненням до твердості не нижче 90 одиниць Лиття по газифікованих моделях у піщані форми Лиття у форми, що твердіють в контакті з холодним оснащенням Лиття під низьким тиском і в кокіль з піщаними стержнями Лиття в облицьований кокіль	До 1,0 Більше »1,0»10 »10»100 »100»1000 »1000»10000 »10000» 100000	4–11 5т–12 5–13т 6–13 7т–14 7т–14 7–15	5т–12 5–13т 6–13 7т–14 7–15 7–15 8–15	5–13т 6–13 7т–14 7–15 8–16 9т–16 9т–16	6–13 7т–14 7–15 8–15 9т–16 9–16
Лиття в піщано-глинисті сирі форми із сумішей з вологістю від 2,8 до 3,5% і міцністю від 120 до 160 кПа (від 1,2 до 1,6 кг/см ²) із середнім рівнем ущільнення до твердості не нижче 80 одиниць	До 1,0 Більше »1,0»10 »10»100 »100»1000 »1000»10000 »10000» 100000	5т–12 5–13т 6–13 7т–14 7–15 7–15 8–15	5–13т 6–13 7т–14 7–15 8–15 8–15 9т–16	6–13 7т–14 7–15 8–15 9т–16 9т–16 9–16	7т–14 7–15 8–15 9т–16 9–16 10–16
Лиття відцентрове (внутрішні поверхні) Лиття у форми, що твердіють в контакті з гарячим оснащенням Лиття в оболонкові форми Лиття у вакуумно-плівкові піщані форми	До 1,0 Більше »1,0»10 »10»100 »100»1000 »1000»10000 »10000» 100000	5т–12 5–13т 6–13 7т–14 7–15 7–15 8–15	5–13т 6–13 7т–14 7–15 8–15 8–15 9т–16	6–13 7т–14 7–15 8–15 9т–16 9т–16 9–16	7т–14 7–15 8–15 9т–16 9–16 10–16

Продовження таблиці А5

1	2	3	4	5	6
Лиття в піщано-глинисті сирі форми із сумішей з вологістю від 3,5 до 4,5% і міцністю від 60 до 120 кПа (від 0,6 до 1,2 кг/см ²) з рівнем ущільнення до твердості не нижче 70 одиниць	До 1,0 Більше »1,0»10 »10»100 »100»1000 »1000»10000 »10000» 100000	5–13т 6–13 7т–14 7–15 8–15 9т–16 9–16	6–13 7–14 7–15 8–15 9т–16 9–16	7т–14 7–15 8–15 9т–16 9–16 10–16	7–15 8–15 9т–16 9–16 10–16 11т–16
Лиття в оболонкові форми із термореактивних сумішей Лиття у форми, що твердіють без контакту з оснащенням без теплового сушіння Лиття в піщано-глинисті підсушені і сухі форми Лиття у форми з рідких сумішей, що самотвердіють					
Лиття в піщано-глинисті сирі форми із високовологих (більш 4,5%) маломіцних (до 60 кПа чи 0,6 кг/см ²) сумішей з низьким рівнем ущільнення до твердості не нижче 70 одиниць	До 1,0 Більше »1,0»10 »10»100 »100»1000 »1000»10000 »10000» 100000 »100000	6–13 7т–14 7–15 8–15 9т–16 9–16 9–16 10–16 10–16	7т–14 7–15 8–15 9т–16 9–16 10–16 10–16 11т–16 11т–16	7–15 8–15 9т–16 9–16 10–16 10–16 11т–16 11–16	8–15 9т–16 9–16 10–16 11т–16 11–16 15–16

Примітки. У таблиці приведені діапазони класів точності маси виливків, що забезпечуються різними технологічними процесами лиття. Менші їх значення відносяться до простих компактних виливків і умов масового автоматизованого виробництва, великі – до складних великогабаритних виливків одиничного і дрібносерійного виробництва, середні – до виливків середньої складності й умов механізованого серійного виробництва.

Таблиця А6 – Ряди припусків на обробку виливків

Ступені точності поверхонь	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15	16	17	18	19	20	21	22
Ряди припусків	1-2	1-3	1-4	2-5	3-6	4-7	5-8	6-9	7-10	8-11	9-12	10-13	11-17	12-15	13-16

Примітки:

1. Менші значення рядів припусків з діапазонів їх значень необхідно приймати для термооброблюваних виливків з кольорових легкоплавких сплавів, великі значення – для виливків з ковкого чавуна, середні – для виливків із сірого і високоміцного чавуна, термооброблюваних виливків зі сталевих і кольорових тугоплавких сплавів.

2. Для верхніх при заливанні поверхонь виливків одиничного і дрібносерійного виробництва, що виготовляються в разових формах, допускається приймати збільшені на 1–3 одиниці значення ряду припуску.

Таблиця А7 – Рівень точності обробки виливків, що досягається в залежності від технологічного рівня технології механічної обробки

Характеристика металообробного обладнання	Рівень точності обробки при ступені точності верстатів	
	нормальний	високий
Автоматизоване обладнання, оснащене пристроями для стабілізації і управління точністю обробки	—	Висока
Автоматизоване обладнання (агрегатні верстати і верстати з ЧПК, автоматичні лінії із агрегатних верстатів з ЧПК і гнучких виробничих модулів і т.ін.)	Середня	Підвищена
Неавтоматизоване обладнання (верстати з ручним керуванням)	Понижена	Середня

Примітки:

1. До нормального ступеня точності верстатів необхідно відносити верстати нормальної точності за ГОСТ 8–82. До високого ступеня точності верстатів необхідно відносити верстати підвищеної, високої, особливо високої точності за ГОСТ 8–82.

2. Значення припусків, що приведені в таблиці А6, необхідно застосовувати при середньому рівні точності обробки (таблиця А7). При підвищеному чи високому рівні точності обробки необхідно приймати значення припусків, що відповідають інтервалам загальних допусків, розташованих у табл. А6 відповідно на 1 чи 2 рядки вище інтервалу дійсного допуску, при зниженому рівні точності обробки – на 1 рядок нижче інтервалу дійсного допуску.

Таблиця А8 – Допуски розмірів виливків

Інтервал номінальних розмірів, мм	Допуски розмірів виливків, мм, не більше для класів точності							
	1	2	3т	3	4	5т	5	6
до 4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32
більше 4 до 6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36
»6»10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40
»10»6	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44
»16»25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50
»25»40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56
»40»63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64
»63»100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70
»100»160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80
»160»250	—	—	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90
»250»400	—	—	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00
»400»630	—	—	—	—	0,56	0,70	0,90	1,10
»630»1000	—	—	—	—	—	0,80	1,00	1,20
»1000»1600	—	—	—	—	—	—	—	1,40
»1600»2500	—	—	—	—	—	—	—	—
»2500»4000	—	—	—	—	—	—	—	—
»4000»6300	—	—	—	—	—	—	—	—
»6300»10000	—	—	—	—	—	—	—	—
»10000	—	—	—	—	—	—	—	—

Продовження таблиці А8

Інтервал номінальних розмірів, мм	Допуски розмірів виливків, мм, не більше для класів точності													
	7Т	7	8	9Т	9	10	11Т	11	12	13Т	13	14	15	16
до 4	0,40	0 50	0 64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	—	—	—	—	—	—
більше 4 до 6	0,44	0 56	0 70	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	—	—	—	—	—
»6»10	0,50	0,64	0,80	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	—	—	—
»10»16	0,56	0,70	0,90	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	—	—
»16»25	0,64	0,80	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0
»25»40	0,70	0,90	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0
»40»63	0,80	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0
»63»100	0,90	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0
»100»160	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0
»160»250	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	6,0	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0
»250»400	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0
»400»630	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0
»630»1000	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0
»1000»1600	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0	36,0
»1600»2500	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0
»2500»4000	—	3,2	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0	36,0	44,0
»4000»6300	—	—	—	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	50,0
»6300»10000	—	—	—	—	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	50,0	64,0
»10000	—	—	—	—	—	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	50,0	64,0	80,0

Таблиця А9 – Допуск форми і розташування елементів виливка

Номінальний розмір нормуємої ділянки виливка, мм	Допуск форми і розташування елементів виливка, мм, не більше, для ступенів жолоблення елементів виливка										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
до 125	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
більше 125до 160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
»160»200	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
»200»250	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40
»250»315	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20
»315»400	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00
»400»500	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00
»500»630	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40
»630»800	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,00 1	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00
»800»1000	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,00
»1000»1200	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,00	12,00
»1200»1600	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,00	12,00	16,00
»1600»2000	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,00	12,00	16,00	20,00
»2000»2500	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,00	12,00	16,00	20,00	24,00
»2500»3150	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10,00	12,00	16,00	20,00	24,00	32,00
»3150»4000	4,00	5,00	6,40	8,00	10,00	12,00	16,00	20,00	24,00	32,00	40,00
»4000»5000	5,00	6,40	8,00	10,00	12,00	16,00	20,00	24,00	32,00	40,00	50,00
»5000»6300	6,40	8,00	10,00	12,00	16,00	20,00	24,00	32,00	40,00	50,00	64,00
»6300»8000	8,00	10,00	12,00	16,00	20,00	24,00	32,00	40,00	50,00	64,00	80,00
»8000»10000	10,00	12,00	16,00	20,0	24,00	32,00	40,00	50,00	64,00	80,00	—
»10000	12,00	16,00	20,00	24,00	32,00	40,00	50,00	64,00	80,00	—	—

Таблиця А10 – Допуск нерівностей поверхонь виливка

Допуск нерівностей поверхонь виливка, мкм, не більше, для ступенів точності поверхонь виливка										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50

Продовження таблиці А10

Допуск нерівностей поверхонь виливка, мкм, не більше, для ступенів точності поверхонь виливка										
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0,64	0,80	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4

Таблиця А11 – Допуск маси виливка

Номинальна маса виливка, кг	Допуск маси виливка, %, не більше, для класів точності маси виливка										
	1	2	3Т	3	4	5Т	5	6	7Т	7	8
До 0,1	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	16,0
Більше 0,1 до 0,4	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0
»0,4»1	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0
»1»4	-	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0
»4»10	-	-	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4
»10»40	-	-	-	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0
»40»100	-	-	-	-	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0
»100»400	-	-	-	-	-	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2
»400»1000	-	-	-	-	-	-	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4
»1000»4000	-	-	-	-	-	-	-	1,0	1,2	1,6	2,0
»4000»10000	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	1,2	1,6
»10000»40000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	1,2
»40000»100000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0
»100000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продовження таблиці А11

Номінальна маса виливка, кг	Допуск маси вилівка, %, не більше, для класів точності маси вилівка										
	9Т	9	10	11Т	11	12	13Т	13	14	15	16
До 0,1	20,0	24,0	32,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Більше 0,1 до 0,4	16,0	20,0	24,0	32,0	-	-	-	-	-	-	-
»0,4»1	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	-	-	-	-	-	-
»1»4	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	-	-	-	-	-
»4»10	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	-	-	-	-
»10»40	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	-	-	-
»40»100	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	-	-
»100»400	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	-
»400»1000	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0
»1000»4000	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0
»4000»10000	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0
»10000»40000	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0
»40000»100000	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	6,0	6,4	8,0	10,0	12,0
»100000	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0

Таблиця А12 – Загальні допуски елементів виливків, мм

Допуск розміру від поверхні до бази	Допуск форми і розташування поверхні	Загальний допуск елемента виливка, не більше
1	2	3
До 0,01	До 0,01	0,02
	Більше 0,01 до 0,02	0,03
Більше 0,01 до 0,02	До 0,01	0,02
	Більше 0,01 до 0,02	0,03
	»0,02»0,03	0,04
	»0,03»0,04	0,05
Більше 0,02 до 0,03'	До 0,01	0,03
	Більше 0,01 до 0,02	0,04
	»0,02»0,03	0,05
	»0,03»0,04	0,06
	»0,04»0,05	0,07
	»0,05»0,06	0,08
Більше 0,03 до 0,04	До 0,01	0,04
	Більше 0,01 до 0,03	0,05
	»0,03»0,04	0,06
	»0,04»0,05	0,07
	»0,05»0,06	0,08
	»0,06»0,08	0,11
Більше 0,04 до 0,05	До 0,01	0,05
	Більше 0,01 до 0,03	0,06
	»0,03»0,04	0,07
	»0,04»0,05	0,08
	»0,05»0,06	0,09
	»0,06»0,08	0,11
	»0,08»0,10	0,14
Більше 0,05 до 0,06	До 0,02	0,06
	Більше 0,02 до 0,03	0,07
	»0,03»0,04	0,08
	»0,04»0,05	0,09
	»0,05»0,06	0,10
	»0,06»0,08	0,12
	»0,08»0,10	0,14
	»0,10»0,12	0,16

Продовження таблиці А12

1	2	3
Більше 0,06 до 0,08	До 0,02	0,08
	Більше 0,02 до 0,04	0,09
	»0,04»0,05	0,10
	»0,05»0,06	0,11
	»0,06»0,08	0,14
	»0,08»0,10	0,16
	»0,10»0,12	0,18
	»0,12»0,16	0,22
Більше 0,08 до 0,10	До 0,02	0,10
	Більше 0,02 до 0,04	0,11
	»0,04»0,06	0,12
	»0,06»0,08	0,14
	»0,08»0,10	0,16
	»0,10»0,12	0,18
	»0,12»0,16	0,22
	»0,16»0,20	0,28
Більше 0,10 до 0,12	До 0,02	0,12
	Більше 0,02 до 0,06	0,14
	»0,06»0,08	0,16
	»0,08»0,10	0,18
	»0,10»0,12	0,20
	»0,12»0,16	0,24
	»0,16»0,20	0,28
	»0,20»0,24	0,32
Більше 0,15 до 0,16	До 0,03	0,16
	Більше 0,03 до 0,06	0,18
	»0,06»0,10	0,20
	»0,10»0,12	0,22
	»0,12»0,16	0,28
	»0,16»0,20	0,32
	»0,20»0,24	0,36
	»0,24»0,32	0,44

Продовження таблиці А12

1	2	3
Більше 0,16 до 0,20	До 0,03	0,20
	Більше 0,03 до 0,08	0,22
	»0,08»0,12	0,24
	»0,12»0,16	0,28
	»0,16»0,20	0,32
	»0,20»0,24	0,36
	»0,24»0,32	0,44
	»0,32»0,40	0,56
Більше 0,20 до 0,24	До 0,06	0,24
	Більше 0,06 до 0,12	0,28
	»0,12»0,16	0,32
	»0,16»0,20	0,36
	»0,20»0,24	0,40
	»0,24»0,32	0,50
	»0,32»0,40	0,56
	»0,40»0,48	0,64
Більше 0,24 до 0,32	До 0,06	0,32
	Більше 0,06 до 0,12	0,36
	»0,12»0,20	0,40
	»0,20»0,24	0,44
	»0,24»0,32	0,50
	»0,32»0,40	0,56
	»0,40»0,50	0,70
	»0,50»0,64	0,90
Більше 0,32 до 0,40	До 0,08	0,40
	Більше 0,08 до 0,16	0,44
	»0,16»0,24	0,50
	»0,24»0,32	0,56
	»0,32»0,40	0,64
	»0,40»0,50	0,70
	»0,50»0,64	0,90
	»0,64»0,80	1,10

Продовження таблиці А12

1	2	3
Більше 0,40 до 0,50	До 0,12	0,50
	Більше 0,12 до 0,24	0,56
	»0,24»0,32	0,64
	»0,32»0,40	0,70
	»0,40»0,50	0,80
	»0,50»0,64	0,90
	»0,64»0,80	1,10
	»0,80»1,00	1,40
Більше 0,50 до 0,64	До 0,12	0,64
	Більше 0,12 до 0,24	0,70
	»0,24»0,40	0,80
	»0,40»0,50	0,90
	»0,50»0,64	1,00
	»0,64»0,80	1,20
	»0,80»1,00	1,40
	»1,00»1,20	1,60
	»1,20»1,28	1,80
Більше 0,64 до 0,80	До 0,20	0,80
	Більше 0,20 до 0,40	0,90
	»0,40»0,50	1,00
	»0,50»0,64	1,10
	»0,64»0,80	1,20
	»0,80»1,00	1,40
	»1,00»1,20	1,80
	»1,20»1,60	2,20
Більше 0,80 до 1,00	До 0,24	1,00
	Більше 0,24 до 0,40	1,10
	»0,40»0,64	1,20
	»0,64»0,80	1,40
	»0,80»1,00	1,60
	»1,00»1,20	1,80
	»1,20»1,60	2,20
	»1,60»2,00	2,80

Продовження таблиці А12

1	2	3
Більше 1,00 до 1,20	До 0,32	1,20
	Більше 0,32 до 0,64	1,40
	»0,64»0,80	1,60
	»0,80»1,00	1,80
	»1,00»1,20	2,00
	»1,20»1,60	2,40
	»1,60»2,00	2,80
	»2,00»2,40	3,20
Більше 1,20 до 1,60	До 0,40	1,60
	Більше 0,40 до 0,80	1,80
	»0,80»1,00	2,00
	»1,00»1,20	2,20
	»1,20»1,60	2,40
	»1,60»2,00	2,80
	»2,00»2,40	3,60
	»2,40»3,20	4,40
Більше 1,60 до 2,00	До 0,40	2,00
	Більше 0,40 до 0,80	2,20
	»0,80»1,20	2,40
	»1,20»1,60	2,80
	»1,60»2,00	3,20
	»2,00»2,40	3,60
	»2,40»3,20	4,40
	»3,20»4,00	5,60
Більше 2,00 до 2,40	До 0,64	2,40
	Більше 0,64 до 1,20	2,80
	»1,20»1,60	3,20
	»1,60»2,00	3,60
	»2,00»2,40	4,00
	»2,40»3,20	4,40
	»3,20»4,00	5,60
	»4,00»4,80	6,40

Продовження таблиці А12

1	2	3
Більше 2,40 до 3,20	До 0,8	3,20
	Більше 0,8до1,6	3,60
	»1,6»2,00	4,00
	»2,00»2,40	4,40
	»2,40»3,20	5,00
	»3,20»4,00	5,60
	»4,00»5,00	7,00
	»5,00»6,40	9,00
Більше 3,20 до 4,00	До 1,00	4,00
	Більше 1,00до1,60	4,40
	»1,60»2,40	5,00
	»2,40»3,20	5,60
	»3,20»4,00	6,40
	»4,00»5,00	7,00
	»5,00»6,40	9,00
	»6,40»8,00	11,00
Більше 4,00 до 5,00	До 1,20	5,00
	Більше 1,20до2,40	5,60
	»2,40»3,20	6,40
	»3,20»4,00	7,00
	»4,00»5,00	8,00
	»5,00»6,40	9,00
	»6,40»8,00	11,00
	»8,00»10,00	14,00
Більше 5,00 до 6,40	До 1,20	6,40
	Більше 1,20до2,40	7,00
	»2,40»4,00	8,00
	»4,00»5,00	9,00
	»5,00»6,40	10,00
	»6,40»8,00	12,00
	»8,00»10,00	14,00
	»10,00»12,00	16,00
	»12,00»12,80	18,00

Продовження таблиці А12

1	2	3
Більше 6,40 до 8,00	До 2,00	8,00
	Більше 2,00до4,00	9,00
	»4,00»5,00	10,00
	»5,00»6,40	11,00
	»6,40»8,00	12,00
	»8,00»10,00	14,00
	»10,00»12,00	18,00
	»12,00»16,00	22,00
Більше 8,00 до 10,00	До 2,40	10,00
	Більше 2,40до4,00	11,00
	»4,00»6,40	12,00
	»6,40»8,00	14,00
	»8,00»10,00	16,00
	»10,00»12,00	18,00
	»12,00»16,00	22,00
	»16,00»20,00	28,00
Більше 10,00 до 12,00	До 3,20	12,00
	Більше 3,20до6,40	14,00
	»6,40»8,00	16,00
	»8,00»10,00	18,00
	»10,00»12,00	20,00
	»12,00»16,00	24,00
	»16,00»20,00	28,00
	»20,00»24,00	32,00
Більше 12,00 до 16,00	До 4,00	16,00
	Більше 4,00до8,00	18,00
	»8,00»10,00	20,00
	»10,00»12,00	22,00
	»12,00»16,00	24,00
	»16,00»20,00	28,00
	»20,00»24,00	36,00
	»24,00»32,00	44,00

Продовження таблиці А12

1	2	3
Більше 16,00 до 20,00	До 5,00	20,00
	Більше 5,00до8,00	22,00
	»8,00»12,00	24,00
	»2,00»16,00	28,00
	»16,00»20,00	32,00
	»20,00»24,00	36,00
	»24,00»2,00	44,00
	»32,00»40,00	56,00
Більше 20,00 до 24,00	До 6,40	24,00
	Більше 6,40до12,00	28,00
	»12,00»16,00	32,00
	»16,00»20,00	36,00
	»20,00»24,00	40,00
	»24,00»32,00	44,00
	»32,00»40,00	56,00
	»40,00»48,00	64,00
Більше 24,00 до 32,00	До 8,00	32,00
	Більше 8,00до16,00	36,00
	»16,00»20,00	40,00
	»20,0»24,00	44,00
	»24,00»32,00	50,00
	»32,00»40,00	56,00
	»40,00»50,00	70,00
	»50,00»64,00	90,00
Більше 32,00 до 40,00	До 10,00	40,00
	Більше 10,00до16,00	44,00
	»16,00»24,00	50,00
	»24,00»32,00	56,00
	»32,00»40,00	64,00
	»40,00»50,00	70,00
	»50,00»64,00	90,00
	»64,00»280,00	110,00

Продовження таблиці А12

1	2	3
Більше 40,00 до 50,00	До 12,00	50,00
	Більше 12,00до24,00	56,00
	»24,00»32,00	64,00
	»32,00»40,00	70,00
	»40,00»50,00	80,00
	»50,00»64,00	90,00
	»64,00»80,00	110,00
	»80,00»100,00	140,00
Більше 50,00 до 64,00	До 12,00	64,00
	Більше 12,00до24,00	70,00
	»24,00»40,00	80,00
	»40,00»50,00	90,00
	»50,00»64,00	100,00
	»64,00»80,00	120,00
	»80,00»100,00	140,00
	»100,00»120,00	160,00
	»120,00»160,00	180,00
Більше 64,00 до 80,00	До 20,00	80,00
	Більше 20,00до40,00	90,00
	»40,00»50,00	100,00
	»50,00»64,00	110,00
	»64,00»80,00	120,00
	»80,00»100,00	140,00
	»100,00»120,00	180,00
	»120,00»160,00	220,00

Таблиця А13 – Мінімальний ливарний припуск

Ряд припуску вилівка	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мінімальний ливарний припуск на сторону, мм, не більше	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
Ряд припуску вилівка	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Мінімальний ливарний припуск на сторону, мм, не більше	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0

Таблиця А14 – Визначення кількості переходів механічної обробки за точністю розмірів

Допуск розміру вилівка	Співвідношення між допусками розміру деталі і вилівка від бази обробки до оброблюваної поверхні	Вид кінцевої механічної обробки
До 0,5	Більше 0,4 Більше 0,15 до 0,4 »0,10»0,15 »0,10	Чорнова Напівчистова Чистова Тонка
Більше 0,5 до 1,0	Більше 0,3 Більше 0,1 до 0,3 »0,05»0,1 »0,05	Чорнова Напівчистова Чистова Тонка
Більше 1,0 до 2,0	Більше 0,2 Більше 0,1 до 0,2 »0,05»0,1 »0,05	Чорнова Напівчистова Чистова Тонка
Більше 2,0 до 5,0	Більше 0,15 Більше 0,05 до 0,15 »0,02»0,05 »0,02	Чорнова Напівчистова Чистова Тонка
Більше 5,0	Більше 0,10 Більше 0,05 до 0,10 »0,02»0,05 »0,02	Чорнова Напівчистова Чистова Тонка

Таблиця А15 – Визначення кількості переходів механічної обробки за точністю форми чи взаємного розташування

Допуск розміру вилівка	Співвідношення між допусками форми і розташування оброблюваної поверхні деталі і оброблюваної поверхні вилівка	Вид остаточної механічної обробки
До 0,5	Більше 0,4 Більше 0,10 до 0,4 »0,02»0,10 »0,02	Чорнова Напівчистова Чистова Тонка
Більше 0,5 до 1,0	Більше 0,3 Більше 0,1»0,3 »0,02»0,1 »0,02	Чорнова Напівчистова Чистова Тонка
Більше 1,0 до 2,0	Більше 0,20 Більше 0,05 до 0,20 »0,01»0,05 »0,01	Чорнова Напівчистова Чистова Тонка
Більше 2,0 до 5,0	Більше 0,10 Більше 0,02 до 0,10 »0,005»0,02 »0,005	Чорнова Напівчистова Чистова Тонка
Більше 5,0	Більше 0,05 Більше 0,10 до 0,05 »0,002»0,01 »0,002	Чорнова Напівчистова Чистова Тонка

Примітки:

1. При невказаних допусках форми і розташування оброблюваної поверхні вилівка їхнє сумарне значення приймають рівним 25% допуску розміру від бази до оброблюваної поверхні вилівка.

2. При невказаних допусках форми і розташування обробленої поверхні деталі їхнє сумарне значення приймають рівним 50% допуску розміру від бази до обробленої поверхні деталі.

Таблиця А16 – Загальний припуск на обробку

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску вилівка								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
До 0,10	Чорнова	0,2	0,3	0,4	0,6	0,6	0,7	0,9	-	-
	Чистова	0,2	0,3	0,4	0,6	0,6	0,7	0,9	-	-
	Тонка	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	1,0	-	-
Більше 0,10 до 0,11	Чорнова	0,2	0,3	0,4	0,6	0,6	0,7	0,9	-	-
	Напівчистова	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	-	-
	Чистова	0,2	0,3	0,4	0,6	0,6	0,7	0,9	-	-
	Тонка	0,3	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	1,0	-	-
Більше 0,1 до 0,12	Чорнова	0,2	0,3	0,4	0,6	0,6	0,7	0,9	1,1	-
	Напівчистова	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,3	-
	Чистова	0,3	0,3	0,5	0,5	0,7	0,8	1,0	1,3	-
	Тонка	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,3	-
Більше 0,12 до 0,14	Чорнова	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,1	-
	Напівчистова	0,3	0,3	0,5	0,5	0,7	0,8	1,0	1,3	-
	Чистова	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,3	-
	Тонка	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,3	-
Більше 0,14 до 0,16	Чорнова	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3
	Напівчистова	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,3	1,4
	Чистова	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,3	1,5
	Тонка	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,6	1,0	1,3	1,5
Більше 0,6 до 0,18	Чорнова	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,4
	Напівчистова	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,3	1,5
	Чистова	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,3	1,5
	Тонка	0,3	0,5	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,4	1,6
Більше 0,18 до 0,20	Чорнова	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	1,0	1,2	1,4
	Напівчистова	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,3	1,5
	Чистова	0,3	0,5	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,4	1,6
	Тонка	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,4	1,6

Продовження таблиці А16

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску вилівка								
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
До 0,10	Чорнова Чистова Тонка	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Більше 0,10 до 0,11	Чорнова Напівчистова Чистова Тонка	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Більше 0,1 до 0,12	Чорнова Напівчистова Чистова Тонка	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Більше 0,12 до 0,14	Чорнова Напівчистова Чистова Тонка	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Більше 0,14 до 0,16	Чорнова Напівчистова Чистова Тонка	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Більше 0,16 до 0,18	Чорнова Напівчистова Чистова Тонка	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Більше 0,18 до 0,20	Чорнова Напівчистова Чистова Тонка	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-
		1,9	-	-	-	-	-	-	-	-
		2,1	-	-	-	-	-	-	-	-
		2,1	-	-	-	-	-	-	-	-

Продовження таблиці А16

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску вилівка								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Більше 0,20 до 0,22	Чорнова	0,3	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	0,9	1,1	1,4
	Напівчистова	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,1	1,4	1,6
	Чистова	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,4	1,6
	Тонка	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,4	1,6
Більше 0,22 до 0,24	Чорнова	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4
	Напівчистова	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8	1,1	1,4	1,6
	Чистова	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,4	1,6
	Тонка	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,2	1,6	1,7
Більше 0,24 до 0,28	Чорнова	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4
	Напівчистова	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,4	1,6
	Чистова	0,5	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7
	Тонка	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7
Більше 0,28 до 0,32	Чорнова	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4
	Напівчистова	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,2	1,5	1,7
	Чистова	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7
	Тонка	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,8
Більше 0,32 до 0,36	Чорнова	0,3	0,5	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5
	Напівчистова	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7
	Чистова	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,8
	Тонка	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,8
Більше 0,36 до 0,40	Чорнова	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5
	Напівчистова	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7
	Чистова	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,3	1,6	1,8
	Тонка	0,6	0,8	0,8	0,9	1,1	1,1	1,4	1,6	1,9
Більше 0,40 до 0,44	Чорнова	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5
	Напівчистова	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,8
	Чистова	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	1,9
	Тонка	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	1,9

Продовження таблиці А16

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску вилівка								
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
Більше 0,20 до 0,22	Чорнова	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-
	Напівчистова	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-
	Чистова	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-
	Тонка	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Більше 0,22 до 0,24	Чорнова	1,8	2,2	2,6	-	-	-	-	-	-
	Напівчистова	1,9	2,4	3,0	-	-	-	-	-	-
	Чистова	2,1	2,5	3,1	-	-	-	-	-	-
	Тонка	2,1	2,5	3,3	-	-	-	-	-	-
Більше 0,24 до 0,28	Чорнова	1,8	2,2	2,7	-	-	-	-	-	-
	Напівчистова	2,0	2,4	3,0	-	-	-	-	-	-
	Чистова	2,1	2,5	3,2	-	-	-	-	-	-
	Тонка	2,2	2,6	3,3	-	-	-	-	-	-
Більше 0,28 до 0,32	Чорнова	1,8	2,2	2,7	3,3	-	-	-	-	-
	Напівчистова	2,1	2,4	3,1	3,6	-	-	-	-	-
	Чистова	2,2	2,6	3,1	3,6	-	-	-	-	-
	Тонка	2,3	2,7	3,4	3,9	-	-	-	-	-
Більше 0,32 до 0,36	Чорнова	1,9	2,3	2,7	3,3	-	-	-	-	-
	Напівчистова	2,1	2,5	3,1	3,6	-	-	-	-	-
	Чистова	2,3	2,7	3,3	3,8	-	-	-	-	-
	Тонка	2,3	2,7	3,4	3,9	-	-	-	-	-
Більше 0,36 до 0,40	Чорнова	1,9	2,3	2,8	3,3	4,3	-	-	-	-
	Напівчистова	2,1	2,5	3,2	3,7	4,8	-	-	-	-
	Чистова	2,3	2,7	3,3	3,8	5,0	-	-	-	-
	Тонка	2,4	2,8	3,4	4,0	5,1	-	-	-	-
Більше 0,40 до 0,44	Чорнова	1,9	2,3	2,8	3,4	4,3	-	-	-	-
	Напівчистова	2,2	2,6	3,1	3,6	4,8	-	-	-	-
	Чистова	2,4	2,7	3,4	3,9	5,0	-	-	-	-
	Тонка	2,4	2,8	3,4	4,0	5,1	-	-	-	-

Продовження таблиці А16

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску вилівка								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Більше 0,44 до 0,50	Чорнова	0,5	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6
	Напівчистова	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,8
	Чистова	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	1,9
	Тонка	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,0
Більше 0,50 до 0,56	Чорнова	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6
	Напівчистова	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	1,9
	Чистова	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,0
	Тонка	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1
Більше 0,56 до 0,64	Чорнова	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7
	Напівчистова	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,0
	Чистова	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1
	Тонка	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,2
Більше 0,64 до 0,70	Чорнова	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7
	Напівчистова	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1
	Чистова	0,9	1,1	1,1	1,3	1,4	1,4	1,6	1,9	2,2
	Тонка	1,1	1,1	1,3	1,4	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3
Більше 0,70 до 0,80	Чорнова	0,6	0,8	0,8	0,9	1,1	1,1	1,4	1,6	1,8
	Напівчистова	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,1
	Чистова	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,1	2,3
	Тонка	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,2	2,4
Більше 0,80 до 0,90	Чорнова	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8
	Напівчистова	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,1	2,3
	Чистова	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,2	2,4
	Тонка	1,4	1,4	1,6	1,6	1,8	1,9	2,1	2,4	2,6
Більше 0,90 до 1,00	Чорнова	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9
	Напівчистова	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4
	Чистова	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,3	2,5
	Тонка	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7

Продовження таблиці А16

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску виливка								
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
Більше 0,44 до 0,50	Чорнова	2,0	2,4	2,8	3,4	4,4	5,3	-	-	-
	Напівчистова	2,2	2,6	3,3	3,8	4,8	5,8	-	-	-
	Чистова	2,4	2,8	3,5	3,9	5,2	6,2	-	-	-
	Тонка	2,5	2,9	3,6	4,1	5,3	6,3	-	-	-
Більше 0,50 до 0,56	Чорнова	2,0	2,4	2,9	3,4	4,4	5,5	-	-	-
	Напівчистова	2,3	2,7	3,3	3,8	4,9	5,8	-	-	-
	Чистова	2,5	2,9	3,4	4,0	5,1	6,1	-	-	-
	Тонка	2,6	3,0	3,6	4,3	5,5	6,3	-	-	-
Більше 0,56 до 0,64	Чорнова	2,1	2,4	2,9	3,5	4,4	5,5	6,6	-	-
	Напівчистова	2,4	2,8	3,4	3,9	5,0	6,0	7,1	-	-
	Чистова	2,6	3,0	3,6	4,1	5,3	6,3	7,3	-	-
	Тонка	2,7	3,1	3,8	4,3	5,4	6,5	7,6	-	-
Більше 0,64 до 0,70	Чорнова	2,1	2,5	3,0	3,4	4,5	5,4	6,5	8,5	-
	Напівчистова	2,4	2,8	3,5	3,9	5,0	6,0	7,1	9,3	-
	Чистова	2,6	3,1	3,6	4,1	5,3	6,3	7,5	9,8	-
	Тонка	2,8	3,1	3,9	4,4	5,6	6,5	7,8	9,8	-
Більше 0,70 до 0,80	Чорнова	2,2	2,6	3,1	3,6	4,6	5,6	6,5	8,5	-
	Напівчистова	2,5	2,9	3,6	4,0	5,2	6,2	7,3	9,3	-
	Чистова	2,8	3,1	3,8	4,3	5,4	6,5	7,5	9,8	-
	Тонка	2,9	3,4	4,0	4,5	5,8	6,7	7,8	10,0	-
Більше 0,80 до 0,90	Чорнова	2,2	2,6	3,2	3,7	4,6	5,6	6,7	8,5	10,5
	Напівчистова	2,7	3,1	3,7	4,1	5,3	6,3	7,3	9,5	11,6
	Чистова	2,9	3,4	3,9	4,4	5,6	6,7	7,8	9,8	12,0
	Тонка	3,1	3,4	4,1	4,6	5,8	6,9	8,0	10,5	12,5
Більше 0,90 до 1,00	Чорнова	2,3	2,7	3,1	3,6	4,8	5,6	6,7	8,8	10,5
	Напівчистова	2,7	3,2	3,8	4,3	5,3	6,3	7,5	9,5	11,5
	Чистова	3,0	3,5	4,0	4,5	5,8	6,7	7,8	10,0	12,0
	Тонка	3,1	3,6	4,3	4,8	6,0	6,9	8,0	10,5	12,5

Продовження таблиці А16

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску вилівка								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Більше 1,00 до 1,10	Чорнова	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0
	Напівчистова	1,1	1,3	1,4	1,4	1,6	1,6	1,9	2,2	2,4
	Чистова	1,4	1,4	1,6	1,6	1,8	1,9	2,1	2,4	2,6
	Тонка	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7
Більше 1,10 до 1,20	Чорнова	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0
	Напівчистова	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,3	2,6
	Чистова	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7
	Тонка	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,1	2,4	2,7	2,8
Більше 1,20 до 1,40	Чорнова	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1
	Напівчистова	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7
	Чистова	1,8	1,9	1,9	2,1	2,2	2,3	2,5	2,8	3,0
	Тонка	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,9	3,2
Більше 1,40 до 1,60	Чорнова	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3
	Напівчистова	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9
	Чистова	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,0	3,1
	Тонка	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4
Більше 1,60 до 1,80	Чорнова	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3
	Напівчистова	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	2,8	3,0
	Чистова	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,6	2,8	3,1	3,3
	Тонка	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,4	3,6
Більше 1,80 до 2,00	Чорнова	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4
	Напівчистова	1,9	2,1	2,2	3,3	2,4	2,5	2,6	3,0	3,1
	Чистова	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,4	3,6
	Тонка	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,6	3,8
Більше 2,00 до 2,20	Чорнова	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6
	Напівчистова	2,1	2,3	2,4	2,4	2,5	2,7	2,8	3,2	3,4
	Чистова	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,3	3,6	3,8
	Тонка	2,9	3,0	3,1	3,1	3,3	3,4	3,6	3,9	4,1

Продовження таблиці А16

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску виливка								
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
Більше 1,00 до1,10	Чорнова	2,4	2,7	3,3	3,8	4,8	5,8	6,7	8,8	10,5
	Напівчистова	2,8	3,1	3,8	4,3	5,3	6,3	7,5	9,5	11,5
	Чистова	3,1	3,4	4,1	4,6	5,8	6,7	7,8	10,0	12,5
	Тонка	3,3	3,7	4,4	4,9	6,0	7,1	8,3	10,5	12,5
Більше 1,10 до1,20	Чорнова	2,4	2,8	3,4	3,8	4,8	5,8	6,9	8,8	11,0
	Напівчистова	2,9	3,4	3,9	4,4	5,4	6,5	7,5	9,8	12,0
	Чистова	3,1	3,6	4,3	4,8	5,8	6,9	8,0	10,0	12,5
	Тонка	3,4	3,8	4,4	4,9	6,2	7,1	8,3	10,5	12,5
Більше 1,20 до1,40	Чорнова	2,5	2,9	3,6	3,9	4,9	6,0	6,9	9,0	11,0
	Напівчистова	3,1	3,4	4,1	4,6	5,6	6,7	7,8	9,8	12,0
	Чистова	3,4	3,9	4,5	5,0	6,1	7,1	8,3	10,5	12,5
	Тонка	3,7	4,0	4,8	5,1	6,5	7,5	8,5	11,0	13,0
Більше 1,40 до1,60	Чорнова	2,7	3,1	3,6	4,0	5,0	6,0	7,1	9,0	11,0
	Напівчистова	3,3	3,6	4,3	4,8	5,8	6,9	8,0	10,0	12,0
	Чистова	3,6	4,1	4,6	5,1	6,3	7,3	8,6	10,5	13,0
	Тонка	3,9	4,3	5,0	5,4	6,7	7,8	8,8	11,0	13,5
Більше 1,60 до1,80	Чорнова	2,7	3,2	3,7	4,1	5,2	6,2	7,1	9,0	11,0
	Напівчистова	3,5	3,8	4,4	4,9	6,0	7,1	8,0	10,0	12,5
	Чистова	3,8	4,3	4,8	5,3	6,5	7,5	8,5	11,0	13,0
	Тонка	4,0	4,4	5,2	5,6	6,9	7,8	9,0	11,0	13,5
Більше 1,80 до2,00	Чорнова	2,8	3,3	3,8	4,3	5,1	6,1	7,3	9,3	11,0
	Напівчистова	3,6	4,0	4,6	5,0	6,1	7,1	8,3	10,5	12,5
	Чистова	4,0	4,4	5,0	5,4	6,7	7,8	8,8	11,0	13,0
	Тонка	4,3	4,8	5,5	5,8	7,1	8,0	9,3	11,5	13,5
Більше 2,00 до2,20	Чорнова	3,0	3,4	3,9	4,4	5,5	6,3	7,3	9,5	11,5
	Напівчистова	3,8	4,1	4,8	5,3	6,3	7,3	8,5	10,5	12,5
	Чистова	4,3	4,6	5,1	5,8	6,9	8,0	9,0	11,0	13,5
	Тонка	4,6	5,0	5,6	6,1	7,3	8,3	9,5	12,0	14,0

Продовження таблиці А16

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску виливка								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Більше 2,20 до 2,40	Чорнова	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7
	Напівчистова	2,4	2,5	2,6	2,6	2,8	2,9	3,1	3,4	3,6
	Чистова	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	3,6	3,8	3,9
	Тонка	3,1	3,1	3,3	3,4	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3
Більше 2,40 до 2,80	Чорнова	1,8	1,9	1,9	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,9
	Напівчистова	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,6	3,8
	Чистова	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,6	4,0	4,3
	Тонка	3,5	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	4,1	4,4	4,6
Більше 2,80 до 3,20	Чорнова	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,9	3,1
	Напівчистова	3,0	3,1	3,1	3,3	3,4	3,4	3,6	4,0	4,1
	Чистова	3,4	3,6	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1	4,5	4,6
	Тонка	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,3	4,5	4,8	5,0
Більше 3,20 до 3,60	Чорнова	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3
	Напівчистова	3,3	3,4	3,4	3,6	3,6	3,8	4,0	4,3	4,5
	Чистова	3,9	4,0	4,1	4,3	4,3	4,4	4,6	4,9	5,2
	Тонка	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,3	5,6
Більше 3,60 до 4,00	Чорнова	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,2	3,4	3,6
	Напівчистова	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,4	4,8	4,9
	Чистова	4,3	4,4	4,4	4,6	4,6	4,8	4,9	5,3	5,5
	Тонка	4,8	4,9	5,0	5,2	5,1	5,3	5,4	5,8	6,0
Більше 4,00 до 4,40	Чорнова	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,3	3,5	3,7
	Напівчистова	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,3	4,5	4,8	5,0
	Чистова	4,5	4,6	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	5,4	5,8
	Тонка	4,9	5,0	5,2	5,3	5,3	5,5	5,6	6,0	6,2
Більше 4,40 до 5,00	Чорнова	2,9	3,0	3,1	3,1	3,3	3,4	3,6	3,8	4,0
	Напівчистова	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,3	5,6
	Чистова	5,0	5,1	5,3	5,3	5,4	5,6	5,8	6,0	6,3
	Тонка	5,6	5,8	5,8	6,0	6,0	6,2	6,3	6,7	6,9

Продовження таблиці А16

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску виливка								
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
Більше 2,20 до 2,40	Чорнова	3,1	3,4	4,0	4,5	5,4	6,5	7,6	9,5	11,5
	Напівчистова	4,0	4,4	5,0	5,4	6,5	7,5	8,8	11,0	13,0
	Чистова	4,4	4,9	5,5	6,0	7,1	8,3	9,3	11,5	13,5
	Тонка	4,8	5,1	5,8	6,3	7,5	8,5	9,8	12,0	14,0
Більше 2,40 до 2,80	Чорнова	3,3	3,6	4,1	4,6	5,6	6,7	7,8	9,8	11,5
	Напівчистова	4,3	4,6	5,1	5,6	6,7	7,8	9,0	11,0	13,0
	Чистова	4,8	5,2	5,8	6,1	7,5	8,5	9,5	11,5	14,0
	Тонка	5,2	5,4	6,1	6,7	8,0	9,0	10,0	12,5	14,5
Більше 2,80 до 3,20	Чорнова	3,4	3,9	4,4	4,9	5,8	6,9	7,8	9,8	12,0
	Напівчистова	4,6	5,0	5,6	6,0	7,1	8,3	9,3	11,5	13,5
	Чистова	5,1	5,6	6,1	6,7	7,8	8,8	9,8	12,0	14,5
	Тонка	5,4	5,8	6,5	7,1	8,3	9,3	10,5	12,5	15,0
Більше 3,20 до 3,60	Чорнова	3,6	4,1	4,6	5,2	6,2	7,1	8,0	10,0	12,0
	Напівчистова	4,9	5,3	5,8	6,3	7,5	8,5	9,5	11,5	14,0
	Чистова	5,6	6,0	6,5	7,1	8,3	9,3	10,5	12,5	15,0
	Тонка	6,0	6,3	7,1	7,5	8,8	9,8	11,0	13,0	15,5
Більше 3,60 до 4,00	Чорнова	3,9	4,3	4,8	5,3	6,3	7,3	8,3	10,5	12,5
	Напівчистова	5,3	5,6	6,3	6,7	8,0	9,0	9,8	12,0	14,0
	Чистова	6,0	6,3	6,9	7,5	8,8	9,8	10,5	13,0	15,0
	Тонка	6,5	6,9	7,5	8,0	9,3	10,5	11,5	13,5	16,0
Більше 4,00 до 4,40	Чорнова	4,0	4,4	4,9	5,5	6,5	7,5	8,5	10,5	12,5
	Напівчистова	5,5	5,8	6,3	6,9	8,0	9,0	10,0	12,0	14,5
	Чистова	6,1	6,7	7,3	7,8	9,0	9,8	11,0	13,0	15,5
	Тонка	6,7	7,1	7,8	8,3	9,5	10,5	11,6	14,0	16,0
Більше 4,40 до 5,00	Чорнова	4,4	4,8	5,3	5,8	6,7	7,8	8,8	11,0	10,0
	Напівчистова	5,8	6,3	6,9	7,3	8,5	9,5	10,5	12,5	14,5
	Чистова	6,7	7,1	7,8	8,3	9,5	10,5	11,5	14,0	16,0
	Тонка	7,3	7,8	8,5	9,0	10,0	11,0	12,0	14,5	16,5

Продовження таблиці А16

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску вилівка								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Більше 5,0 до 5,6	Чорнова	—	3,3	3,4	3,4	3,6	3,6	3,9	4,1	4,3
	Напівчистова	—	4,9	5,0	5,2	5,1	5,3	5,4	5,8	6,0
	Чистова	—	5,8	5,8	6,0	6,0	6,2	6,3	6,7	6,9
	Тонка	—	6,3	6,5	6,5	6,7	6,7	6,9	7,3	7,5
Більше 5,6 до 6,4	Чорнова	—	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,4	4,6	4,8
	Напівчистова	—	5,1	5,3	5,3	5,4	5,6	5,8	6,0	6,3
	Чистова	—	6,1	6,3	6,3	6,5	6,5	6,7	7,1	7,3
	Тонка	—	6,9	7,1	7,1	7,3	7,3	7,5	7,8	8,0
Більше 6,4 до 7,0	Чорнова	—	—	4,3	4,3	4,4	4,5	4,8	4,9	5,2
	Напівчистова	—	—	5,8	6,0	6,0	6,2	6,3	6,7	6,9
	Чистова	—	—	6,9	7,1	7,1	7,3	7,5	7,8	8,0
	Тонка	—	—	7,8	7,8	7,8	8,0	8,3	8,5	8,8
Більше 7,0 до 8,00	Чорнова	—	—	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	5,5	5,6
	Напівчистова	—	—	6,5	6,5	6,7	6,7	6,9	7,3	7,5
	Чистова	—	—	8,0	8,0	8,0	8,3	8,5	8,8	9,0
	Тонка	—	—	8,5	8,8	8,8	8,8	9,0	9,3	9,5
Більше 8,00 до 9,00	Чорнова	—	—	—	5,3	5,4	5,6	5,8	6,0	6,1
	Напівчистова	—	—	—	7,3	7,5	7,5	7,8	8,0	8,3
	Чистова	—	—	—	9,0	9,0	9,3	9,3	9,8	9,8
	Тонка	—	—	—	9,8	9,8	9,8	10,0	10,5	10,5
Більше 9,00 до 10,00	Чорнова	—	—	—	6,0	6,0	6,2	6,3	6,5	6,7
	Напівчистова	—	—	—	8,3	8,3	8,5	8,5	9,0	9,0
	Чистова	—	—	—	9,8	9,8	9,8	10,0	10,5	10,5
	Тонка	—	—	—	11,0	11,0	11,0	11,5	11,5	12,0
Більше 10,00 до 11,00	Чорнова	—	—	—	—	6,5	6,5	6,7	6,9	7,1
	Напівчистова	—	—	—	—	8,5	8,8	8,8	9,3	9,3
	Чистова	—	—	—	—	10,0	10,0	10,5	10,5	11,0
	Тонка	—	—	—	—	11,0	11,5	11,5	12,0	12,0

Продовження таблиці А16

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску виливка								
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
Більше 5,0 до 5,6	Чорнова	4,8	5,2	5,6	6,2	7,1	8,0	9,0	11,0	13,0
	Напівчистова	6,3	6,7	7,3	8,0	9,0	9,8	11,0	13,0	15,5
	Чистова	7,3	7,8	8,3	8,8	10,0	11,0	12,0	14,5	16,5
	Тонка	8,0	8,3	9,0	9,5	11,0	12,0	13,0	15,0	17,5
Більше 5,6 до 6,4	Чорнова	5,1	5,6	6,2	6,5	7,5	8,5	9,5	11,5	13,5
	Напівчистова	6,7	7,1	7,8	8,3	9,3	10,5	11,5	13,5	15,5
	Чистова	7,8	8,3	8,8	9,3	10,5	11,5	12,5	15,0	17,0
	Тонка	8,5	9,0	9,8	10,0	11,5	12,5	13,5	16,0	18,0
Більше 6,4 до 7,0	Чорнова	5,4	6,0	6,5	6,9	8,0	9,0	9,8	12,0	14,0
	Напівчистова	7,3	7,5	8,3	8,8	9,8	11,0	12,0	14,0	16,0
	Чистова	8,5	8,8	9,5	9,8	11,0	12,0	13,0	15,5	17,5
	Тонка	9,3	9,5	10,5	11,0	12,0	13,0	14,0	16,5	18,5
Більше 7,0 до 8,00	Чорнова	6,0	6,5	6,9	7,5	8,5	9,5	10,5	12,5	14,5
	Напівчистова	7,8	8,3	9,3	9,3	10,5	11,5	12,5	14,5	17,0
	Чистова	9,5	9,8	10,5	11,0	12,0	13,0	14,0	16,5	18,5
	Тонка	10,0	10,5	11,0	11,5	13,0	14,0	15,0	17,5	19,5
Більше 8,00 до 9,00	Чорнова	6,5	6,9	7,5	8,0	9,0	9,8	11,0	13,0	15,0
	Напівчистова	8,8	9,0	9,8	10,0	11,0	12,0	13,5	15,5	17,5
	Чистова	10,5	10,5	11,5	12,0	13,0	14,0	17,5	17,5	19,5
	Тонка	11,0	11,5	12,5	13,0	14,0	15,0	18,5	18,5	20,5
Більше 9,00 до 10,00	Чорнова	7,1	7,5	8,0	8,5	9,5	10,5	11,5	13,5	15,5
	Напівчистова	9,5	9,8	10,5	11,0	12,0	13,0	14,0	16,5	18,5
	Чистова	11,0	11,5	12,0	12,5	14,0	15,0	16,0	18,0	20,5
	Тонка	12,5	12,5	13,5	14,0	15,0	16,0	17,0	19,5	22,0
Більше 10,00 до 11,00	Чорнова	7,5	8,0	8,5	9,0	9,8	11,0	12,0	14,0	16,0
	Напівчистова	9,8	10,0	10,5	11,0	12,5	13,5	14,5	16,5	18,5
	Чистова	11,5	12,0	12,5	13,0	14,0	15,0	16,0	18,5	20,5
	Тонка	12,5	13,0	13,5	14,0	15,5	16,5	17,5	19,5	22,0

Продовження таблиці А16

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску вилівка								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Більше 11 до 12	Чорнова	-	-	-	-	7,1	7,3	7,5	7,5	7,8
	Напівчистова	-	-	-	-	9,3	9,5	9,5	9,8	10,0
	Чистова	-	-	-	-	11,0	11,0	11,5	11,5	12,0
	Тонка	-	-	-	-	12,5	12,5	13,0	13,0	13,5
Більше 12 до 14	Чорнова	-	-	-	-	-	8,5	8,5	8,8	9,0
	Напівчистова	-	-	-	-	-	11,0	11,5	11,5	12,0
	Чистова	-	-	-	-	-	12,5	13,0	13,0	13,5
	Тонка	-	-	-	-	-	14,5	14,5	15,0	15,0
Більше 14 до 16	Чорнова	-	-	-	-	-	9,5	9,5	9,8	10,0
	Напівчистова	-	-	-	-	-	12,0	12,5	12,5	13,0
	Чистова	-	-	-	-	-	15,0	15,0	15,5	15,5
	Тонка	-	-	-	-	-	16,5	17,0	17,0	17,5
Більше 16 до 18	Чорнова	-	-	-	-	-	-	10,5	11,0	11,0
	Напівчистова	-	-	-	-	-	-	13,5	14,0	14,0
	Чистова	-	-	-	-	-	-	15,5	16,0	16,0
	Тонка	-	-	-	-	-	-	18,0	18,0	18,5
Більше 18 до 20	Чорнова	-	-	-	-	-	-	11,5	11,5	12,0
	Напівчистова	-	-	-	-	-	-	14,5	15,0	15,0
	Чистова	-	-	-	-	-	-	17,5	17,5	18,0
	Тонка	-	-	-	-	-	-	19,5	20,0	20,0
Більше 20 до 22	Чорнова	-	-	-	-	-	-	-	13,0	13,5
	Напівчистова	-	-	-	-	-	-	-	16,5	16,5
	Чистова	-	-	-	-	-	-	-	19,5	19,5
	Тонка	-	-	-	-	-	-	-	21,0	22,0
Більше 22 до 24	Чорнова	-	-	-	-	-	-	-	14,0	14,5
	Напівчистова	-	-	-	-	-	-	-	17,5	18,0
	Чистова	-	-	-	-	-	-	-	21,0	21,0
	Тонка	-	-	-	-	-	-	-	23,5	24,0

Продовження таблиці А16

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску виливка								
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
Більше 11 до 12	Чорнова	8,3	8,5	9,0	9,5	10,5	11,5	12,5	14,5	16,5
	Чистова	10,5	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	17,5	19,5
	Напівчистова	12,5	12,5	13,5	14,0	15,0	16,0	17,0	19,5	21,0
	Тонка	14,0	14,5	15,0	15,5	16,5	17,5	19,0	21,0	23,5
Більше 12 до 14	Чорнова	9,5	9,8	10,5	11,0	12,0	13,0	14,0	16,0	18,0
	Напівчистова	12,0	12,5	13,0	13,5	15,0	16,0	17,0	19,0	21,0
	Чистова	14,0	14,5	16,0	16,5	16,5	17,5	18,5	21,0	23,0
	Тонка	15,5	16,0	16,5	17,0	18,5	19,5	20,5	23,0	25,0
Більше 14 до 16	Чорнова	10,5	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	17,0	19,0
	Напівчистова	13,5	13,5	14,5	15,0	16,0	17,0	18,0	20,0	22,0
	Чистова	16,0	16,5	17,0	17,5	19,0	20,0	21,0	23,0	25,0
	Тонка	18,0	18,0	19,0	19,5	20,5	22,0	22,5	25,0	27,0
Більше 16 до 18	Чорнова	11,5	12,0	12,5	13,0	14,0	16,0	16,0	18,0	20,0
	Напівчистова	14,5	15,0	15,5	16,0	17,0	18,0	19,0	21,0	23,5
	Чистова	16,5	17,0	17,5	18,0	19,5	20,5	21,0	23,5	26,0
	Тонка	19,0	19,5	20,0	20,5	22,0	22,5	24,0	26,0	28,0
Більше 18 до 20	Чорнова	12,5	12,5	13,0	13,5	14,5	15,5	16,5	18,5	20,6
	Напівчистова	16,5	16,0	16,5	17,0	18,0	19,0	20,0	22,5	24,0
	Чистова	18,5	18,5	19,5	20,0	21,0	22,0	23,0	25,0	28,0
	Тонка	20,5	21,0	22,0	22,0	23,5	24,0	25,0	28,0	30,0
Більше 20 до 22	Чорнова	13,5	14,0	14,5	15,0	16,0	17,0	18,0	20,0	22,0
	Напівчистова	17,0	17,5	18,0	18,5	19,5	20,5	22,0	24,0	26,0
	Чистова	20,0	20,5	21,0	21,0	22,5	23,5	25,0	27,0	29,0
	Тонка	22,0	22,5	23,5	24,0	26,0	26,0	27,0	29,0	31,5
Більше 22 до 24	Чорнова	15,0	15,0	15,5	16,0	17,0	18,0	19,0	21,0	23,0
	Напівчистова	18,0	18,5	19,0	19,5	21,0	22,0	23,0	25,0	27,0
	Чистова	22,0	22,0	22,5	23,0	24,0	25,0	26,5	29,0	30,5
	Тонка	24,0	25,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	31,5	33,5

Продовження таблиці А16

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску вилівка								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Більше 24 до 28	Чорнова	-	-	-	-	-	-	-	-	16,5
	Напівчистова	-	-	-	-	-	-	-	-	20,5
	Чистова	-	-	-	-	-	-	-	-	23,5
	Тонка	-	-	-	-	-	-	-	-	26,0
Більше 28 до 32	Чорнова	-	-	-	-	-	-	-	-	19,0
	Напівчистова	-	-	-	-	-	-	-	-	23,5
	Чистова	-	-	-	-	-	-	-	-	26,0
	Тонка	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0
Більше 32 до 36	Чорнова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Напівчистова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Чистова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Тонка	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Більше 36 до 40	Чорнова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Напівчистова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Чистова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Тонка	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Більше 40 до 44	Чорнова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Напівчистова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Чистова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Тонка	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Більше 44 до 50	Чорнова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Напівчистова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Чистова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Тонка	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Більше 50 до 56	Чорнова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Напівчистова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Чистова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Тонка	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продовження таблиці А16

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску вилівка								
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
Більше 24 до 28	Чорнова	17,0	17,5	18,0	18,5	19,5	20,5	21,0	23,5	25,0
	Напівчистова	21,0	21,0	22,0	22,5	23,5	25,0	26,0	28,0	30,0
	Чистова	24,0	24,0	25,0	25,0	26,5	28,0	29,0	30,5	33,5
	Тонка	26,5	27,0	28,0	28,0	29,0	30,5	31,5	33,5	35,5
Більше 28 до 32	Чорнова	19,0	19,5	20,0	20,5	22,0	22,6	23,5	26,0	28,0
	Напівчистова	23,5	24,0	25,0	25,0	26,5	27,0	28,0	30,5	32,5
	Чистова	26,5	27,0	28,0	28,0	29,0	30,5	31,5	33,5	35,5
	Тонка	30,5	30,5	31,5	32,5	33,5	34,5	35,5	37,5	40,0
Більше 32 до 36	Чорнова	21,0	22,0	22,5	23,0	24,0	25,0	26,0	28,0	30,0
	Напівчистова	26,5	27,0	27,0	28,0	29,0	30,0	31,5	33,5	35,5
	Чистова	30,5	30,5	31,5	31,5	33,5	34,5	35,5	37,5	40,0
	Тонка	33,5	34,5	34,5	35,6	36,5	37,5	39,0	41,0	42,5
Більше 36 до 40	Чорнова	23,5	24,0	25,0	25,0	26,0	27,0	28,0	30,0	32,5
	Напівчистова	29,0	30,0	30,0	30,5	31,5	32,6	33,5	36,5	37,5
	Чистова	32,5	33,5	33,5	34,5	35,5	36,5	37,5	40,0	42,5
	Тонка	37,5	37,5	39,0	39,0	40,0	41,0	42,5	45,0	47,5
Більше 40 до 44	Чорнова	-	26,0	26,5	27,0	28,0	29,0	30,0	32,5	34,5
	Напівчистова	-	32,6	33,5	34,5	35,5	36,5	37,5	39,0	41,0
	Чистова	-	36,5	37,5	37,5	39,0	40,0	41,0	44,0	46,0
	Тонка	-	39,0	40,0	40,0	41,0	42,5	44,0	46,0	47,5
Більше 44 до 50	Чорнова	-	30,0	30,0	30,5	31,5	32,6	33,5	35,5	37,5
	Напівчистова	-	36,5	37,5	37,5	39,0	40,0	41,0	42,5	45,0
	Чистова	-	41,0	42,5	42,5	44,0	45,0	46,0	47,5	50,0
	Тонка	-	44,0	44,0	45,0	46,0	47,5	47,5	50,0	53,0
Більше 50 до 56	Чорнова	-	-	33,5	33,5	34,5	35,5	36,5	39,0	41,0
	Напівчистова	-	-	42,5	42,6	44,0	44,0	45,0	47,5	50,0
	Чистова	-	-	47,5	47,5	49,0	50,0	50,0	53,0	54,5
	Тонка	-	-	60,0	50,0	51,5	53,0	53,0	56,0	58,0

Продовження таблиці А16

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску виливка								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Більше 56 до 64	Чорнова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Напівчистова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Чистова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Тонка	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Більше 64 до 70	Чорнова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Напівчистова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Чистова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Тонка	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Більше 70 до 80	Чорнова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Напівчистова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Чистова	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Тонка	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продовження таблиці А16

Загальний допуск елемента поверхні, мм	Вид остаточної механічної обробки	Загальний припуск на сторону, мм, не більше, для ряду припуску виливка								
		10	11	12	13	14	15	16	17	18
Більше 56 до 64	Чорнова	-	-	-	39,0	39,0	40,0	41,0	42,5	46,0
	Напівчистова	-	-	-	46,0	46,0	47,5	47,5	49,0	53,0
	Чистова	-	-	-	50,0	50,0	51,5	53,0	53,0	58,0
	Тонка	-	-	-	53,0	53,0	54,5	54,5	66,0	60,0
Більше 64 до 70	Чорнова	-	-	-	42,5	42,5	44,0	46,0	47,5	49,0
	Напівчистова	-	-	-	50,0	51,5	51,5	53,0	56,0	58,0
	Чистова	-	-	-	56,0	56,0	58,0	58,0	61,5	63,0
	Тонка	-	-	-	68,0	60,0	60,0	61,5	65,0	67,0
Більше 70 до 80	Чорнова	-	-	-	47,5	47,5	49,0	50,0	51,5	54,5
	Напівчистова	-	-	-	56,0	56,0	58,0	58,0	61,5	63,0
	Чистова	-	-	-	61,5	63,0	63,0	63,0	67,5	69,0
	Тонка	-	-	-	66,0	67,0	67,0	69,0	71,0	73,0

Таблиця А17 – Допуски розмірів до 10000 мм (згідно з СТ СЕВ 145-75 і СТ СЕВ 177-75)

Номінальні розміри, мм	Квалітети									
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Позначення допусків									
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8
Допуски, мкм										
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14
Більше 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18
» 6»10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22
»10»18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27
»18»30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33
»30»50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39
»50»80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46
»80»120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54
»120»180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63
»180»250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72
»250»315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81
»315»400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89
»400»500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97
»500»630	4,5	6	9	11	16	22	30	44	70	100
»630»800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125
»800»1000	5,5	8	11	15	21	29	40	56	90	140
»1000»1250	6,5	9	13	18	24	34	46	66	105	165
»1250»1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195
»1600»2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230
»2000»2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280
»2500»3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330
»3150»4000	16	23	33	45	60	84	115	165	260	410
»4000»5000	20	28	40	55	74	100	140	200	320	500
»5000»6300	25	35	49	67	92	125	170	250	400	620
»6300»8000	31	43	62	84	115	155	215	310	490	760
»8000»10000	38	53	76	105	140	195	270	380	600	940
Кількість одиниць допуску в допуску даного квалітету										
	1*	1,4*	2*	2,7*	3,7*	5,1*	7	10	16	25

Продовження таблиця А17

Номінальні розміри, мм	Квалітети									
	9	10	11	12	13	14**	15**	16**	17**	18**
	Позначення допусків									
	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	Допуски, мкм			Допуски, мм						
До 3	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1,0	1,4
Більше 3 до 6	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
»6»10	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
»10»18	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
»18»30	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
»30»50	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,0	1,6	2,5	3,9
»50»80	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3,0	4,6
»80»120	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
»120»180	100	160	250	0,4	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0	6,3
»180»250	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
»250»315	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
»315»400	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
»400»500	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4,0	6,3	9,7
»500»630	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7,0	11,0
»630»800	200	320	500	0,8	1,25	2,0	3,2	5,0	8,0	12,5
»800»1000	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9,0	14,0
»1000»1250	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
»1250»1600	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5,0	7,8	12,5	19,5
»1600»2000	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6,0	9,2	15,0	23,0
»2000»2500	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7,0	11,0	17,5	28,0
»2500»3150	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21,0	33,0
»3150»4000	660	1050	1650	2,6	4,1	6,6	10,5	16,5	26,0	41,0
»4000»5000	800	1300	2000	3,2	5,0	8,0	13,0	20,0	32,0	50,0
»5000»6300	980	1550	2500	4,0	6,2	9,8	15,5	25,0	40,0	62,0
»6300»8000	1200	1950	3100	4,9	7,6	12,0	19,5	31,0	49,0	76,0
»8000»10000	1500	2400	3800	6,0	9,4	15,0	24,0	38,0	60,0	94,0
	Кількість одиниць допуску в допуску даного квалітету									
	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

*Кількість одиниць допуску вказано для розмірів понад 500 мм. Для розмірів до 500 мм допуски в квалітетах від 01 до 4 визначені за такими формулами: $IT01 = 0,3 + 0,008D_u$; $IT0 = 0,5 + 0,0012D_u$; $IT1 = 0,8 + 0,020D_u$; $IT2 = \sqrt{IT1 \times IT3}$; $IT3 = \sqrt{IT1 \times IT5}$; $IT4 = \sqrt{IT3 \times IT5}$; (IT – в мкм; D_u – в мм).

** Квалітети 14-17 для розмірів менше 1 мм не передбачені.

*** Допуски по 18 квалітету приведені додатково до СТ СЕВ 145-75 і СТ СЕВ 177-75.

Додаток Б

Таблиця Б1 – Вибір класу точності поковок

Основне деформувальне обладнання, технологічні процеси	Клас точності				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипні гарячештампувальні преси:					
відкрите штампування				+	+
закрите штампування		+	+		
витискування			+	+	
Горизонтально-кувальні машини				+	+
Преси гвинтові, гідравлічні				+	+
Гарячештампувальні автомати		+	+		
Штампувальні молоти				+	+
Калібрування об'ємне (гаряче і холодне)	+	+			
Прецизійне штампування	+				

Таблиця Б2 – Конструктивна характеристика штампованих заготовок

Конструктивна характеристика поковок	Позначення і визначення конструктивних характеристик	Примітка
1. Клас точності	T1 – 1-й клас T2 – 2-й – // – T3 – 3-й – // – T4 – 4-й – // –	Визначається згідно таблиці 4
2. Група сталі	M1 – сталь з масовою часткою вуглецю до 0,35% включно і сумарною масовою часткою легуючих елементів до 2,0% включно; M2 – сталь з масовою часткою вуглецю понад 0,35 до 0,65% включно чи сумарною масовою часткою легувальних елементів понад 2,0 до 5,0% включно; M3 – сталь з масовою часткою вуглецю понад 0,65% чи сумарною масовою часткою легувальних елементів понад 5,0%	При призначенні групи сталі визначальним є середній масовий вміст вуглецю і легувальних елементів (Si, Mn, Cr, Ni, Mo, V, W)
3. Ступінь складності	C1 – 1-а ступінь C2 – 2-а – // – C3 – 3-я – // – C4 – 4-а – // –	Встановлюється згідно з розрахунком співвідношення Q_n/Q_{op}
4. Конфігурація поверхні роз'єднання штампа	П – плоска; I _C – симетрично вигнута; I _H – несиметрично вигнута	

Таблиця Б3 – Коефіцієнт (K_p) для орієнтованого визначення розрахункової маси поковки

Група	Характеристика деталі	Типові представники	K_p
1	Подовженої форми		
1.1	З прямою віссю	Вали, осі, цапфи, шатуни	1,3-1,6
1.2	Із зігнутою віссю	Важелі, сошки рульового керування	1,1-1,4
2	Круглі і багатогранні в плані		
2.1	Круглі	Шестерні, ступиці, фланці	1,5-1,8
2.2	Квадратні, прямокутні, багатогранні	Фланці, ступиці, гайки	1,3-1,7
2.3	З відростками	Хрестовини, вилки	1,4-1,6
3	Комбінованої конфігурації (сполучаються елементи груп 1 і 2)	Кулачки поворотні, колінчасті вали	1,3-1,8
4	З великим обсягом необроблюваних поверхонь	Балки передніх осей, важелі переключення коробок передач, буксирні гаки	1,1-1,3
5	З отворами, заглибленнями, що не виготовлені в поковці при штампуванні	Пустотілі вали, фланці, блоки шестерень	1,8-2,2

Таблиця Б4 – Густина для деяких матеріалів

Матеріал	Густина, г/см^3	Границя міцності, МПа	Питома міцність
Сталь 40	7,7	600	78
Чавун СЧ 30	7,6	320	42
Алюмінієвий сплав	2,7	300	111
Титановий сплав ВТ6	4,5	1000	222
Мідний сплав ЛС59-1	8,89	400	45

Таблиця Б5 – Визначення вихідного індексу

Маса поковки, кг	Група сталі			Ступінь складності поковки				Клас точності поковки					Вихідний індекс
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5	
до 0,5 вкл.													1
> 0,5 до 1,0													2
> 1,0 до 1,8													3
> 1,8 до 3,2													4
> 3,2 до 5,6													5
> 5,6 до 10,0													6
> 10,0 до 20,0													7
> 20,0 до 50,0													8
> 50,0 до 125,0													9
> 125,0 до 250													10
													11
													12
													13
													14
													15
													16
													17
													18
													19
													20
													21
													22
													23

Таблиця Б6 – Припуски на механічну обробку

Вихідний індекс	Товщина деталі																										
	до 25			25-40			40-63			63-100			100-160			160-250			зв. 250								
	Довжина, ширина, діаметр, глибина і висота деталі																										
	до 40			40-100			100-160			160-250			250-400			400-630			630-1000			1000-1600			1600-2500		
	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √	100 12,5 √	10 1,6 √	1,25 √
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	—	—	—	—	—	—
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	—	—	—	—	—	—
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	—	—	—
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5
21	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1
22	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7
23	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7	7,1	9,1	10,0

Таблиця Б7 – Зміщення по поверхні роз'єднання штампів

	Припуски для класів точності, мм											
	Плоска поверхня роз'єднання											
	T1	T2	T3	T4	T5							
			Симетрично вигнута поверхня роз'єднання									
			T1	T2	T3	T4	T5					
			Несиметрично вигнута поверхня роз'єднання									
			T1	T2	T3	T4	T5					
до 0,5 вкл.	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3					
> 0,5 до 1,0 вкл.			0,2		0,3			0,4				
> 1,0 до 1,8 вкл.			0,2	0,3		0,4	0,5					
> 1,8 до 3,2 вкл.	0,2	0,3	0,4		0,5			0,6				
> 3,2 до 5,6 вкл.				0,3		0,4	0,5		0,6	0,7		
> 5,6 до 10 вкл.	0,3	0,4	0,5		0,6			0,7			0,9	
> 10 до 20 вкл.				0,4		0,5	0,6		0,7	0,9		1,2
> 20 до 50 вкл.												
> 50 до 125 вкл.	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,6	2,0					
> 125 до 250 вкл.								0,4	0,5	0,6	0,7	0,9

Таблиця Б8 – Вигнутість і відхилення від площини і прямолінійності

Найбільший розмір поковки	Припуски для класів точності				
	T1	T2	T3	T4	T5
до 100 вкл.	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
> 100 до 160 вкл.	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
> 160 до 250 вкл.	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
> 250 до 400 вкл.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
> 400 до 630 вкл.	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
> 630 до 1000 вкл.	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
> 1000 до 1600 вкл.	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
> 1600 до 2500 вкл.	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0

Таблиця Б9 – Відхилення міжосьової відстані

Відстань між центрами осі	Припуски для класів точності				
	T1	T2	T3	T4	T5
до 60 вкл.	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
> 60 до 100 вкл.	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
> 100 до 160 вкл.	0,2	0,2	0,3	0,5	0,8
> 160 до 250 вкл.	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2
> 250 до 400 вкл.	0,3	0,5	0,8	1,2	1,6
> 400 до 630 вкл.	0,5	0,8	1,2	1,6	2,0
> 630 до 1000 вкл.	0,8	1,2	1,6	2,0	2,5
> 1000 до 1600 вкл.	1,2	1,6	2,0	2,5	4,0
> 1600 до 2500 вкл.	1,6	2,0	2,5	4,0	6,0

Таблиця Б10 – Мінімальна величина радіуса заокруглення зовнішніх кутів поковок в залежності від глибини порожнини штампа

Маса поковки, кг	Мінімальна величина радіуса заокруглення, мм, при глибині порожнини штампа, мм			
	до 10 включ.	10-25	25-50	зв. 50
до 1,0 вкл.	1,0	1,6	2,0	3,0
> 1,0 до 6,3 вкл.	1,6	2,0	2,5	3,6
> 6,3 до 16,0 вкл.	2,0	2,5	3,0	4,0
> 16,0 до 40,0 вкл.	2,5	3,0	4,0	5,0
> 40,0 до 100,0 вкл.	3,0	4,0	5,0	7,0
> 100,0 до 250,0 вкл.	4,0	5,0	6,0	8,0

Таблиця Б11 – Допуски і допустимі відхилення лінійних розмірів поковок, мм

Вихідний індекс	Найбільша товщина поковки																	
	до 40		40-53		63-100		100-160		160-250		зв. 250							
	Довжина, ширина, діаметр, глибина і висота поковки																	
	до 40		40-100		100-160		160-250		250-400		400-630		630-1000		1000-1600		1600-2500	
1	0.3	+0.2 -0.1	0.4	+0.3 -0.1	0.5	+0.3 -0.2	0.6	+0.4 -0.2	0.7	+0.5 -0.2	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0.4	+0.3 -0.1	0.5	+0.3 -0.2	0.5	+0.4 -0.2	0.7	+0.5 -0.2	0.8	+0.5 -0.3	0.9	+0.6 -0.3	—	—	—	—	—	—
3	0.5	+0.3 -0.2	0.6	+0.4 -0.2	0.7	+0.5 -0.2	0.8	+0.5 -0.3	0.9	+0.6 -0.3	1.0	+0.7 -0.3	1.2	+0.8 -0.4	—	—	—	—
4	0.6	+0.4 -0.2	0.7	+0.5 -0.2	0.8	+0.5 -0.3	0.9	+0.6 -0.3	1.0	+0.7 -0.3	1.2	+0.8 -0.4	1.4	+0.9 -0.5	—	—	—	—
5	0.7	+0.5 -0.2	0.8	+0.5 -0.3	0.9	+0.6 -0.3	1.0	+0.7 -0.3	1.2	+0.8 -0.4	1.4	+0.9 -0.5	1.6	+1.1 -0.5	2.0	+1.3 -0.7	—	—
6	0.8	+0.5 -0.3	0.9	+0.6 -0.3	1.0	+0.7 -0.3	1.2	+0.8 -0.4	1.4	+0.9 -0.5	1.6	+1.1 -0.5	2.0	+1.3 -0.7	2.2	+1.4 -0.8	2.5	+1.6 -0.9
7	0.9	+0.6 -0.3	1.0	+0.7 -0.3	1.2	+0.8 -0.4	1.4	+0.9 -0.5	1.6	+1.1 -0.5	2.0	+1.3 -0.7	2.2	+1.4 -0.8	2.5	+1.6 -0.9	2.8	+1.8 -1.0
8	1.0	+0.7 -0.3	1.2	+0.8 -0.4	1.4	+0.9 -0.5	1.6	+1.1 -0.5	2.0	+1.3 -0.7	2.2	+1.4 -0.8	2.5	+1.6 -0.9	2.8	+1.8 -1.0	3.2	+2.1 -1.1
9	1.2	+0.8 -0.4	1.4	+0.9 -0.5	1.6	+1.1 -0.5	2.0	+1.3 -0.7	2.2	+1.4 -0.8	2.5	+1.6 -0.9	2.8	+1.8 -1.0	3.2	+2.1 -1.1	3.6	+2.4 -1.2
10	1.4	+0.9 -0.5	1.6	+1.1 -0.5	2.0	+1.3 -0.7	2.2	+1.4 -0.8	2.5	+1.6 -0.9	2.8	+1.8 -1.0	3.2	+2.1 -1.1	3.6	+2.4 -1.2	4.0	+2.7 -1.3
11	1.6	+1.1 -0.5	2.0	+1.3 -0.7	2.2	+1.4 -0.8	2.5	+1.6 -0.9	2.8	+1.8 -1.0	3.2	+2.1 -1.1	3.6	+2.4 -1.2	4.0	+2.7 -1.3	4.5	+3.0 -1.5
12	2.0	+1.3 -0.7	2.2	+1.4 -0.8	2.5	+1.6 -0.9	2.8	+1.8 -1.0	3.2	+2.1 -1.1	3.6	+2.4 -1.2	4.0	+2.7 -1.3	4.5	+3.0 -1.5	5.0	+3.3 -1.7
13	2.2	+1.4 -0.8	2.5	+1.6 -0.9	2.8	+1.8 -1.0	3.2	+2.1 -1.1	3.6	+2.4 -1.2	4.0	+2.7 -1.3	4.5	+3.0 -1.5	5.0	+3.3 -1.7	5.6	+3.7 -1.9
14	2.5	+1.6 -0.9	2.8	+1.8 -1.0	3.2	+2.1 -1.1	3.6	+2.4 -1.2	4.0	+2.7 -1.3	4.5	+3.0 -1.5	5.0	+3.3 -1.7	5.6	+3.7 -1.9	6.3	+4.2 -2.1
15	2.8	+1.8 -1.0	3.2	+2.1 -1.1	3.6	+2.4 -1.2	4.0	+2.7 -1.3	4.5	+3.0 -1.5	5.0	+3.3 -1.7	5.6	+3.7 -1.9	6.3	+4.2 -2.1	7.1	+4.7 -2.4
16	3.2	+2.1 -1.1	3.6	+2.4 -1.2	4.0	+2.7 -1.3	4.5	+3.0 -1.5	5.0	+3.3 -1.7	5.6	+3.7 -1.9	6.3	+4.2 -2.1	7.1	+4.7 -2.4	8.0	+5.3 -2.7
17	3.6	+2.4 -1.2	4.0	+2.7 -1.3	4.5	+3.0 -1.5	5.0	+3.3 -1.7	5.6	+3.7 -1.9	6.3	+4.2 -2.1	7.1	+4.7 -2.4	8.0	+5.3 -2.7	9.0	+6.0 -3.0
18	4.0	+2.7 -1.3	4.5	+3.0 -1.5	5.0	+3.3 -1.7	5.6	+3.7 -1.9	6.3	+4.2 -2.1	7.1	+4.7 -2.4	8.0	+5.3 -2.7	9.0	+6.0 -3.0	10.0	+6.7 -3.3
19	4.5	+3.0 -1.5	5.0	+3.3 -1.7	5.6	+3.7 -1.9	6.3	+4.2 -2.1	7.1	+4.7 -2.4	8.0	+5.3 -2.7	9.0	+6.0 -3.0	10.0	+6.7 -3.3	11.0	+7.4 -3.6
20	5.0	+3.3 -1.7	5.6	+3.7 -1.9	6.3	+4.2 -2.1	7.1	+4.7 -2.4	8.0	+5.3 -2.7	9.0	+6.0 -3.0	10.0	+6.7 -3.3	11.0	+7.4 -3.6	12.0	+8.0 -4.0
21	5.6	+3.7 -1.9	6.3	+4.2 -2.1	7.1	+4.7 -2.4	8.0	+5.3 -2.7	9.0	+6.0 -3.0	10.0	+6.7 -3.3	11.0	+7.4 -3.6	12.0	+8.0 -4.0	13.0	+8.6 -4.4
22	6.3	+4.2 -2.1	7.1	+4.7 -2.4	8.0	+5.3 -2.7	9.0	+6.0 -3.0	10.0	+6.7 -3.3	11.0	+7.4 -3.6	12.0	+8.0 -4.0	13.0	+8.6 -4.4	14.0	+9.2 -4.8
23	7.1	+4.7 -2.4	8.0	+5.3 -2.7	9.0	+6.0 -3.0	10.0	+6.7 -3.3	11.0	+7.4 -3.6	12.0	+8.0 -4.0	13.0	+8.6 -4.4	14.0	+9.2 -4.8	16.0	+10.8 -6.0

Таблиця Б12 – Допустима величина зміщення

	Допустима величина зміщення по поверхні роз'єднання штампа, мм							
	Плоска поверхня роз'єднання штампа							
	T1	T2	T3	T4	T5			
		Симетрично вигнута поверхня роз'єднання штампа						
		T1	T2	T3	T4	T5		
			Несиметрично вигнута поверхня роз'єднання штампа					
T1	T2		T3	T4	T5			
до 0,5 вкл.	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	
> 0,5 до 1,0 вкл.	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	
> 1,0 до 1,8 вкл.	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
> 1,8 до 3,2 вкл.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	
> 3,2 до 5,6 вкл.	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	
> 5,6 до 10 вкл.	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	
> 10 до 20 вкл.	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	
> 20 до 50 вкл.	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	
> 50 до 125 вкл.	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2	
> 125 до 250 вкл.	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2	4,0	

Таблиця Б13 – Допустима величина залишкового облою

	Допустима величина залишкового облою, мм								
	Плоска поверхня роз'єднання штампа								
	T1	T2	T3	T4	T5				
		Симетрично вигнута поверхня роз'єднання штампа							
			T1	T2	T3	T4	T5		
			Несиметрично вигнута поверхня роз'єднання штампа						
T1			T2	T3	T4	T5			
до 0,5 вкл.	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
> 0,5 до 1,0 вкл.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
> 1,0 до 1,8 вкл.	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	
> 1,8 до 3,2 вкл.	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	
> 3,2 до 5,6 вкл.	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	
> 5,6 до 10 вкл.	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	
> 10 до 20 вкл.	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	
> 20 до 50 вкл.	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	
> 50 до 125 вкл.	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	3,5	
> 125 до 250 вкл.	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	3,5	4,0	

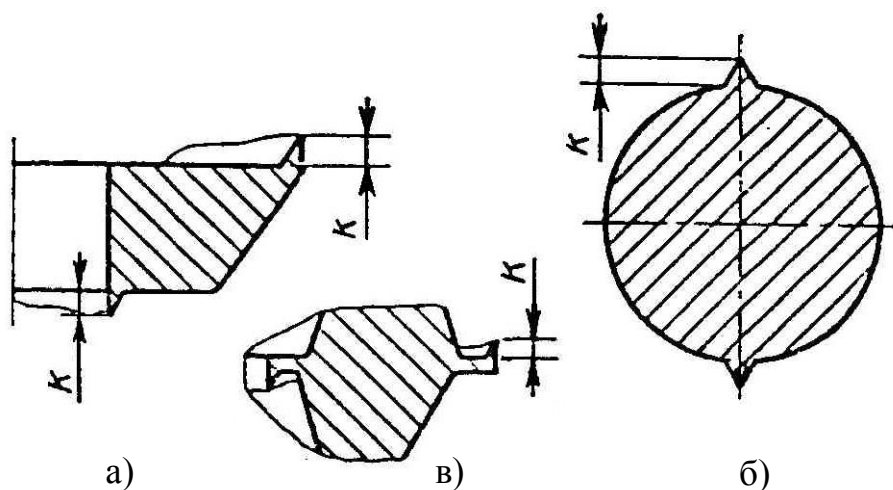


Рисунок Б1 – Облой

Таблиця Б14 – Допустима величина облою

Маса поковки, кг	Ступінь складності поковки	Допустима величина задирки при максимальному розмірі поперечного перерізу поковки по поверхні роз'єднання штампа, мм				
до 0,5 вкл.	C1, C2	1,0	2,0	—	—	—
	C3	2,0	3,0	—	—	—
	C4	3,0	4,0	—	—	—
> 0,5 до 3,2 вкл.	C1, C2	2,0	3,0	4,0	—	—
	C3	3,0	4,0	5,0	—	—
	C4	4,0	5,0	6,0	—	—
> 3,2 до 5,6 вкл.	C1, C2	3,0	4,0	5,0	—	—
	C3	4,0	5,0	6,0	—	—
	C4	5,0	6,0	7,0	—	—
> 5,6 до 20,0 вкл.	C1, C2	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
	C3	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
	C4	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
> 20,0 до 50,0 вкл.	C1, C2	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
	C3	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
	C4	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
> 50,0	C1, C2	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
	C3	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
	C4	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0

Таблиця Б15 – Допустиме відхилення від концентричності пробитого отвору

Найбільший розмір поковки	Допустиме найбільше відхилення від концентричності пробитого отвору для класів точності, мм				
	T1	T2	T3	T4	T5
до 100 вкл.	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
> 100 до 160 вкл.	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5
> 160 до 250 вкл.	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0
> 250 до 400 вкл.	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5
> 400 до 630 вкл.	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
> 630 до 1000 вкл.	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0

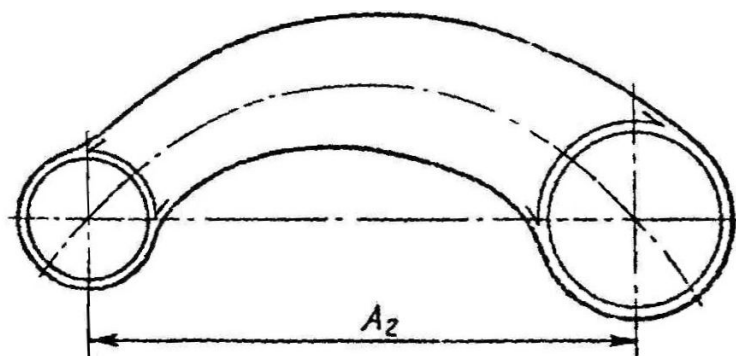


Рисунок Б2 – Вигнутість заготовки

Таблиця Б16 – Допустиме відхилення для вигнутості, площинності, прямолінійності

Найбільший розмір поковки	Допустиме відхилення по вигнутості, площинності для класів точності, мм				
	T1	T2	T3	T4	T5
до 100 вкл.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
> 100 до 160 вкл.	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
> 160 до 250 вкл.	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
> 250 до 400 вкл.	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
> 400 до 630 вкл.	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
> 630 до 1000 вкл.	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
> 1000 до 1600 вкл.	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2
> 1600 до 2500 вкл.	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0

Таблиця Б17 – Допустиме відхилення міжосьової відстані

Міжцентрова відстань	Допустиме відхилення міжосьової відстані для класів точності, мм				
	T1	T2	T3	T4	T5
до 60 вкл.	±0,10	±0,15	±0,20	±0,25	±0,30
> 60 до 100 вкл.	±0,15	±0,20	±0,25	±0,30	±0,50
> 100 до 160 вкл.	±0,20	±0,25	±0,30	±0,50	±0,80
> 160 до 250 вкл.	±0,25	±0,30	±0,50	±0,80	±1,20
> 250 до 400 вкл.	±0,30	±0,50	±0,80	±1,20	±1,60
> 400 до 630 вкл.	±0,50	±0,80	±1,20	±1,60	±2,00
> 630 до 1000 вкл.	±0,80	±1,20	±1,60	±2,00	±3,00
> 1000 до 1600 вкл.	±1,20	±1,60	±2,00	±3,00	±4,50
> 1600 до 2500 вкл.	±1,60	±2,00	±3,00	±4,50	±7,00

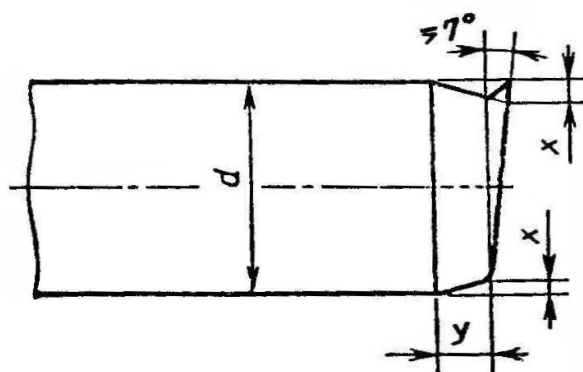


Рисунок Б3 – Допустиме відхилення торця стрижня після відрізання від прутка

Таблиця Б18 – Допустиме відхилення торця стрижня

Діаметр прутка (d)	Допустиме відхилення, мм	
	x	y
до 40 включно	0,08d	1d
> 40	0,07d	0,8d

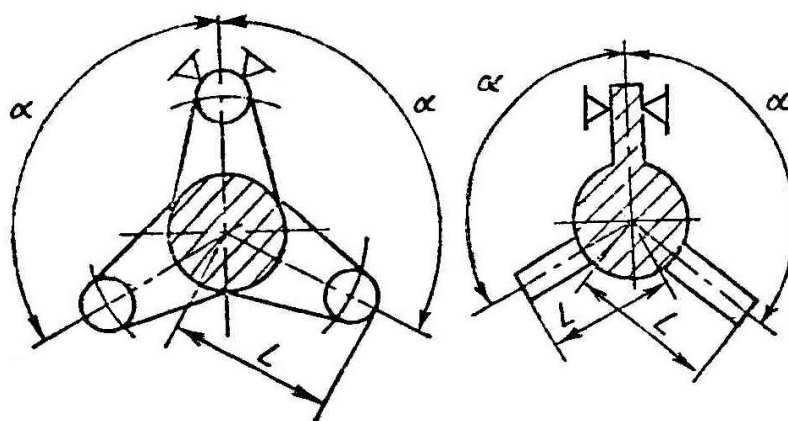


Рисунок 42 – Відхилення від кутових елементів:

L – довжина елемента (відстань від вісі поковки до торця елемента)

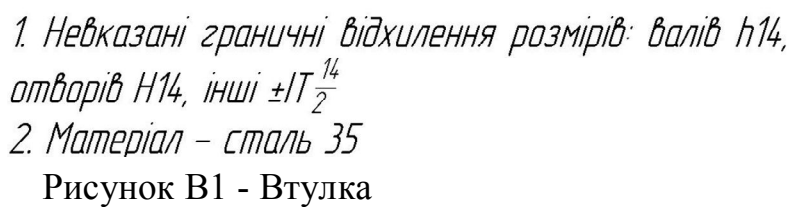
Таблиця Б19 – Допустиме відхилення кутових елементів

Довжина елемента (L), мм	Допустиме відхилення кутових елементів поковки для класів точності, мм				
	T1	T2	T3	T4	T5
до 25 вкл.	$\pm 0^\circ 45'$	$\pm 1^\circ 00'$	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 2^\circ 00'$	$\pm 2^\circ 30'$
> 25 до 60 вкл.	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 45'$	$\pm 1^\circ 00'$	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 2^\circ 00'$
> 60 до 100 вкл.	$\pm 0^\circ 15'$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 45'$	$\pm 1^\circ 00'$	$\pm 1^\circ 30'$
> 100 до 160 вкл.	$\pm 0^\circ 10'$	$\pm 0^\circ 15'$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 45'$	$\pm 1^\circ 00'$
> 160	$\pm 0^\circ 05'$	$\pm 0^\circ 10'$	$\pm 0^\circ 15'$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 45'$

Таблиця Б20 – Допуск радіусів заокруглення

Радіус заокруглення	Допуск радіусів заокруглення для класів точності, мм				
	T1	T2	T3	T4	T5
до 4 вкл.	0,5	0,5	0,5	1,0	2,0
> 4 до 6 вкл.	0,5	0,5	1,0	2,0	3,0
> 6 до 10 вкл.	1,0	1,0	2,0	3,0	5,0
> 10 до 16 вкл.	1,0	2,0	3,0	5,0	8,0
> 16 до 25 вкл.	2,0	3,0	5,0	8,0	12,0
> 25 до 40 вкл.	3,0	5,0	8,0	12,0	20,0
> 40 до 60 вкл.	5,0	8,0	12,0	20,0	30,0
> 60 до 100 вкл.	8,0	12,0	20,0	30,0	50,0

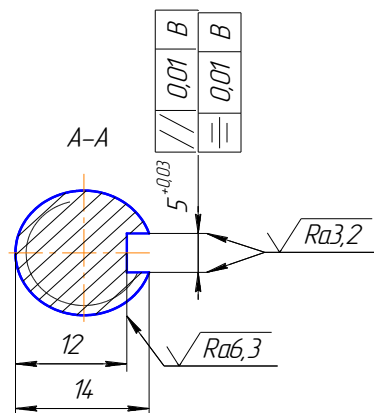
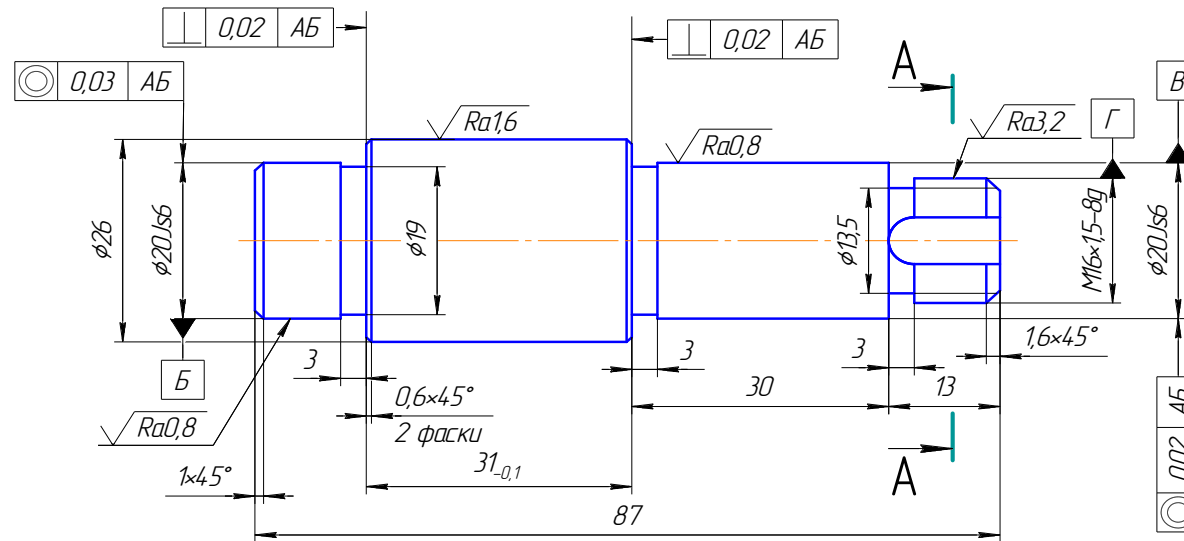
$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$



Таблиця В1 - Маршрут механічної обробки деталі «Втулка»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосовання
1	2	3	4
005	Правити пруток	Прес И5526	
010	Відрізати групову заготовку Ø34 в розмір 2000	Абразивно–відрізний 8Б242	Спеціальний пристрій
015	Торцювати кінці прутка фасками під кутом 20°	Токарний ХС-151	
020	Центрувати торець під свердління, свердли́ти і зенкувати отвір Ø16Н7 до Ø15,79 ^{+0,11} під розвертання, точити поверхню Ø28е8 до Ø28,4 ^{-0,13} під шліфування, проточити канавки А (b = 3) і Б (b = 4,7Н12), фаску остаточно. Відрізати деталь в розмір 40,5	Токарний автомат 1Е140	Патрон цанговий
025	Промити деталь	Машина для миття	
030	Повісити бірку з номером деталі на тару	Шпонково–фрезерний 6930	Верстатні лещата
035	Підрізати другий торець до розміру 40, точити і розточити фаски. Розвернути отвір Ø16Н7 ^(+ 0,018) остаточно	Токарно –револьверний 1П340ПЦ	Патрон цанговий Вкладиш Ø28
040	Шліфувати поверхню Ø28е8 ^(-0,040/-0,073) з підшліфовкою торця остаточно	Круглошліфувальний 3М153Е	Оправка, центри, хомутик, прилад активного контролю
045	Промити деталь	Машина для миття	
050	Технічний контроль	Плита за ГОСТ 10905–75	
055	Нанесення покриття		

$\sqrt{Ra6,3}$ (✓)



Вид заготовки – прокат.

Матеріал – сталь 45.

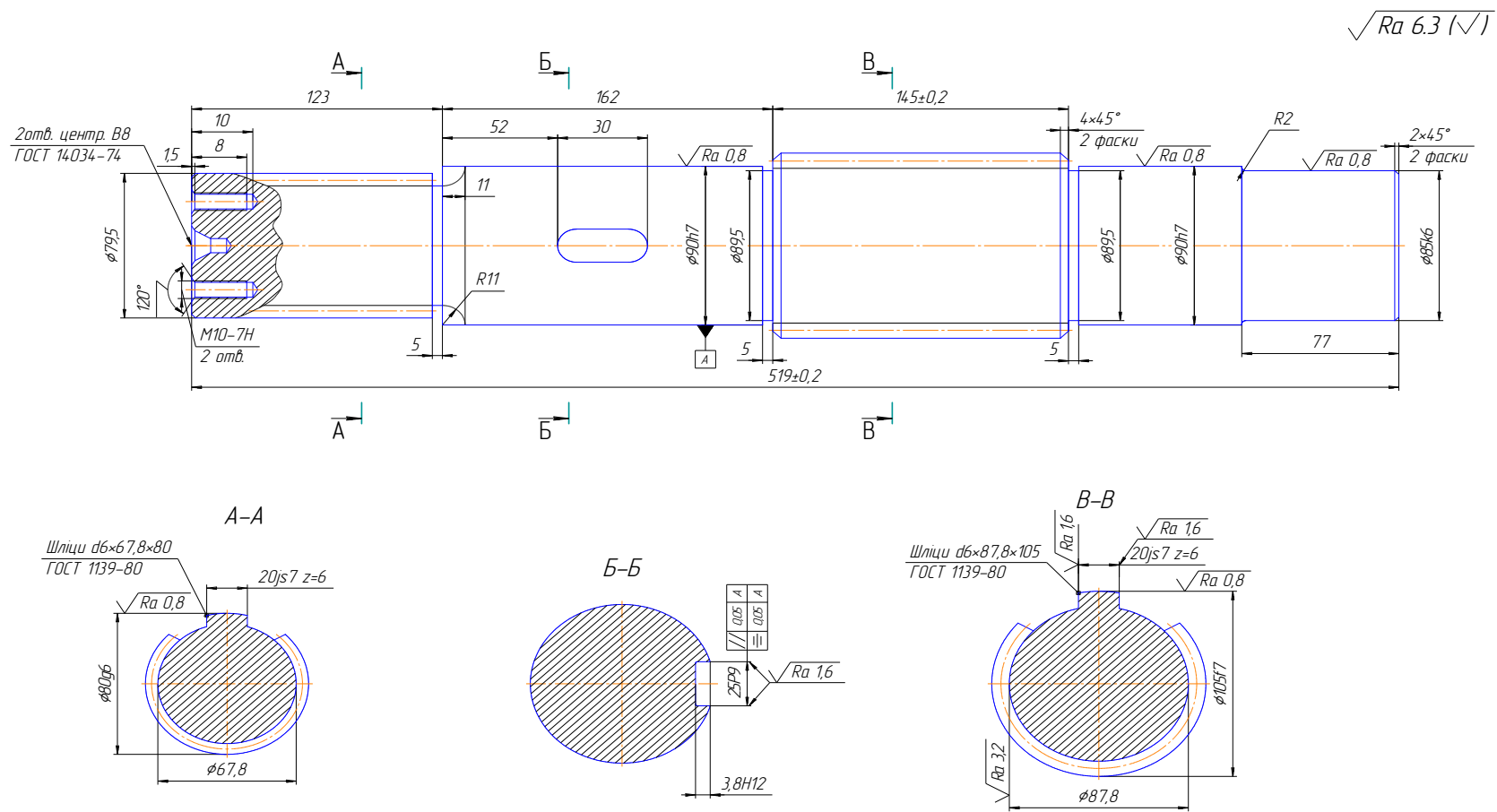
Число деталей з заготовки – 31.

Невказані граничні відхилення розмірів: валів h14, отворів H14, інші $\pm \frac{IT14}{2}$

Рисунок В2 - Вал

Таблиця Б2 - Маршрут механічної обробки деталі «Вал»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
005	Рубати пруток Ø28, витримуючи розмір 3000	Прес КБ 934	
010	Правити пруток(у міру потреби)	Прес И5526	
015	Торцювати кінці прутка фасками під кутом 20°	Токарний ХС-151	
020	Підрізати і центрувати торець, точити шийку під різьбу М16×1,5–8g, шийку Ø20Js $\left(\begin{smallmatrix} +0,0065 \\ -0,0065 \end{smallmatrix}\right)$, під шліфування, Ø26, Ø20Js $\left(\begin{smallmatrix} +0,0065 \\ -0,0065 \end{smallmatrix}\right)$, під шліфування, проточити 3 канавки b=3, точити фаски, відрізати деталь, витримуючи розмір 88	Токарний автомат 1Б240–6К	Наладка, цанговий патрон
025	Підрізати другий торець, витримуючи розмір 12,8 $_{-0,1}^{+0,1}$, центрувати торець і точити фаску	Токарний 16Т02П	Цанговий патрон
030	Фрезерувати шпоночний паз b=5, витримуючи розмір 14 остаточно	Шпоночно–фрезерний 6930	Лещата
035	Зачистити заусенці	Вібраційна машина ВМПВ–100	
040	Накатати різьби М16×1,5–8g	Різьбонакатний А9518	Ніж
045	Шліфувати шийку Ø20Js6 $\left(\begin{smallmatrix} +0,0065 \\ -0,0065 \end{smallmatrix}\right)$ з підшліфовкою торця Ø26/Ø20Js6, витримуючи розмір 30 остаточно	Круглошліфувальний 3У10В	Центри, хомутик
050	Шліфувати шийку Ø20Js6 $\left(\begin{smallmatrix} +0,0065 \\ -0,0065 \end{smallmatrix}\right)$ з підшліфовкою торця Ø26/Ø20Js6, витримуючи розмір 13	Круглошліфувальний 3У10В	Центри, хомутик
055	Промити деталь	Машина для миття	
060	Повісити бірку з номером деталі на тару		
065	Технічний контроль	Плита по ГОСТ 10905–86	
070	Нанесення антикорозійного покриття		



Невказані граничні відхилення розмірів: валів h14, отворів H14, інших $\pm IT \frac{14}{2}$
 Вид заготовки – прокат.
 Матеріал – сталь 45.

Рисунок В3 - Шліцевий вал

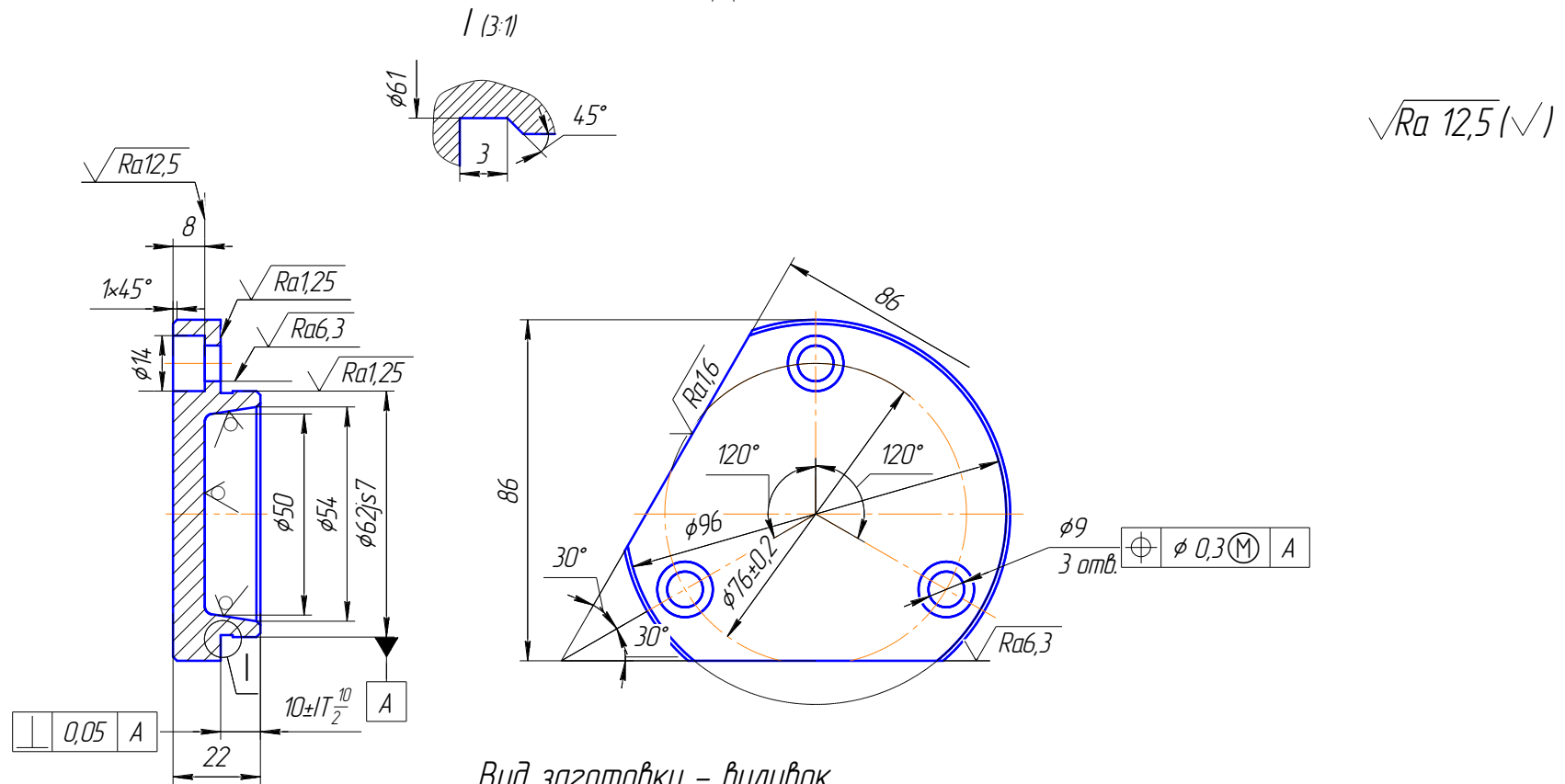
Таблиця Б3 - Маршрут механічної обробки деталі типу «Шліцевий вал»

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, обладнання	Оснащення
1	2	3	4
005	Відрізати заготовку	Фрезерно-відрізний	Призматичні тиски
010	Термічна обробка		
015	Фрезерувати торці в розмір $519 \pm 0,2$ і центрувати з двох сторін одночасно	Фрезерно-центруючий 2Г942	Пристосування при верстаті
020	Точити: шийки $\varnothing 80g6$ до $\varnothing 85$; $\varnothing 90h7$ до $\varnothing 95$ і фаски	Токарний 16К20Ф3	Обертальний центр, повідковий патрон
025	Точити: шийки $\varnothing 85k6$ до $\varnothing 90$, $\varnothing 90h7$ до $\varnothing 95$ і фаски Точити: шийки $\varnothing 80g6$ до $\varnothing 80$; $\varnothing 105f7$ до $\varnothing 105,5h4$, фаски, $\varnothing 90h6$ до $\varnothing 90,5h4$, проточити дві канавки $B=5$	Токарний 16К20Ф3	Те саме
030	Точити шийки $\varnothing 80g6$ до $\varnothing 85,5h4$; $\varnothing 90h6$ до $\varnothing 90,5h14$, фаски, канавки $B=5$	Токарний 16К20Ф3	Те саме
035	Фрезерувати шпонковий паз 6	Шпоночно-фрезерний 6930	Самоцентруючі тиски
040	Обробити два різьбових отвори М10 на глибину 10	Радіально-свердлильний 2А554	Пристосування для свердління на торцях валів
045	Фрезерувати шість шліців в розмір 20js, до $\varnothing 87,8$	Шліцефрезерний горизонтальний напівавтомат 5А352ПФ2	Центри, поводок
050	Фрезерувати шість шліців в розмір 20js, до $\varnothing 67,8$	Те саме	Те саме
055	Зачистити заусенці	Механізований верстат	
060	Шліфувати шийки $\varnothing 80g6$, $\varnothing 90h7$, $\varnothing 105f7$; торець Д	Круглошліфувальний 3М53ДФ2	Центри, поводок
065	Шліфувати шийки $\varnothing 85k6$ і $\varnothing 90h7$	Те саме	Те саме

Продовженн таблиці В3

1	2	3	4
070	Промити деталь	Машина для миття	
075	Технічний контроль		
080	Нанесення антикорозійного покриття		

Додаток Г



Вид заготовки – виливок.
Матеріал – чавун СЧ 20.
Число деталей з заготовки – 1.

Невказані граничні відхилення розмірів: валів $h14$, отворів $H14$, інші $\pm \frac{IT14}{2}$

Рисунок Г1 - Фланець

Таблиця Г1 - Маршрут механічної обробки деталі «Фланець»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
005	Лиття		
010	Обробка і очищення виливка		
015	Малярна		
020	Підрізати торець $\varnothing 62$ js7/ $\varnothing 54$ остаточно і $\varnothing 96$ / $\varnothing 62$ js7 остаточно, точити поверхню $\varnothing 62$ js7 під шліфування, точити канавку B=3 і фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий пневматичний патрон
025	Підрізати торець $\varnothing 96$ і точити поверхню $\varnothing 96$	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий патрон
030	Свердли́ти та зенкувати 4 отвори $\varnothing 9$ / $\varnothing 14$, фрезерувати 2 лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердильно-фрезерний 21105Н7Ф4	Наладка УСП
035	Притупити гострі кромки	Верстат механізований	Трьохкулачковий патрон
040	Шліфувати поверхню $\varnothing 62$ js7 та шліфувати торець $\varnothing 96$ js7 остаточно	Універсально-шліфувальний 3У131ВМ	
045	Помити деталь		
050	Технічний контроль		
055	Нанесення антикорозійного покриття		

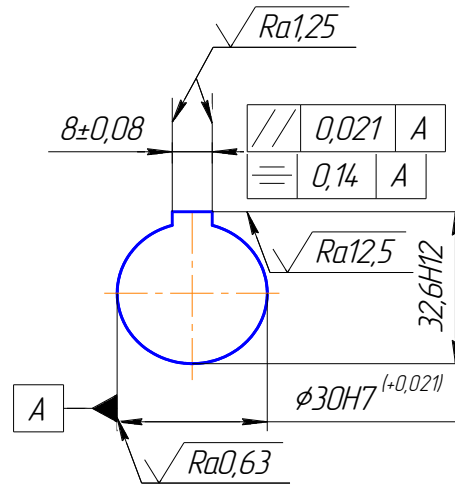
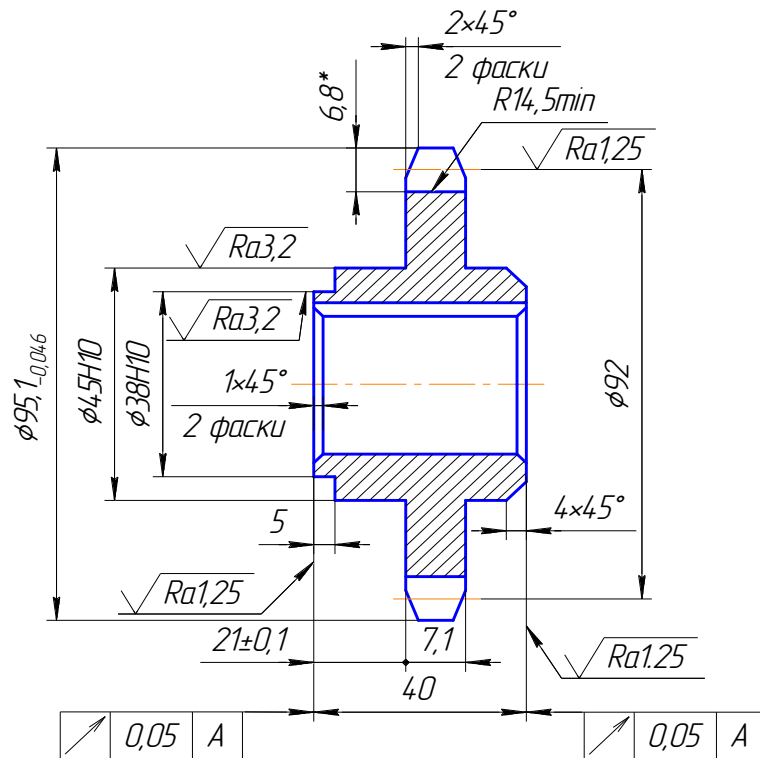
Таблиця Г2 - Маршрут механічної обробки деталі «Стакан»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обрубка і очищення виливка		
015	Підрізати торці Ø130Js6/Ø90H7, торця Ø190(правий торець), точити поверхню Ø130Js6, точити канавку, розточити отвори Ø80 і Ø90H7, з підрізанням внутрішнього торця Ø90H7/ Ø80	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
020	Підрізати торці Ø190(лівий торець), торець Ø144, розточити отвір Ø116H7, обточити поверхні Ø190 і конічну поверхню Ø144×45°	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
025	Термічна обробка		
030	Підрізати торець Ø130Js6/Ø90H7 остаточно, точити поверхню Ø130Js6 з підрізанням торця Ø190(правий торець) під шліфування, фаски, канавку остаточно. Розточити отвір Ø90H7 з підрізанням внутрішнього торця Ø90H7/ Ø80 і отвір Ø80, канавки 3×Ø96 остаточно, притупити гострі кромки	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон

Продовження таблиці Г2

1	2	3	4
035	Підрізати торці Ø144/Ø116H7, точити поверхню Ø190, конусну поверхню Ø144×45° остаточно. Розточити отвори Ø90H7, з підрізанням внутрішнього торця Ø90H7/ Ø80 під тонке розточування виточки Ø116H7 і двох канавок 3×Ø96	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
040	Свердли 5 отворів Ø11, два отвори Ø10,2 під різьбу М12 – 7Н, зенкувати 5 отворів Ø11/Ø17, фаски 2×60°, нарізати різь М12. Фрезерувати лиски у розмір 120	Багатоцільовий вертикальний фрезерно-свердильний ГФ2171	Наладка УСПО
045	Зачистити заусенці	Машина для зняття заусенців	
050	Розточити два отвори Ø90H7	Алмазно – розточний (спеціальний)	Установочне пристосування
055	Шліфувати Ø130Js6 з підшліфуванням торця Ø190(правий торець)	Круглошліфувальний напівавтомат 3У131ВМ	Спеціальна оправка
060	Промити деталь	Машина для миття	
065	Технічний контроль		
070	Нанесення антикорозійного покриття		

Додаток Д



$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$

Вид заготовки – штамповка
Матеріал – Сталь 45.
Число деталей з заготовки – 1.

Зубці обробити ТВЧ на глибину 1...3(мм) до твердості 45...50 HRC.
Невказані граничні відхилення розмірів: валів h14, отворів H14, інші $\pm \frac{IT14}{2}$
Клас точності – 2, крок спряженого ланцюга – 12,7, діаметр ролика – 8,51.

Рисунок Д1 - Зірочка

Таблиця Д1 - Маршрут механічної обробки деталі «Зірочки»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
005	Відрізати заготовку	Абразивно-відрізний 8Б262	Лещата
010	Кування		
015	Термічна обробка		
020	Підрізати торці $\varnothing 95,1/\varnothing 45$ і $\varnothing 45/\varnothing 30H7$ попередньо, обточити зовнішню поверхню $\varnothing 95,1_{-0,46}$ і $\varnothing 45$ попередньо. Розточити і обточити фаски.	Токарний напівавтомат з ЧПК КТ141	Трикулачковий патрон
025	Підрізати торці $\varnothing 38/\varnothing 30H7$ і $\varnothing 95,1/\varnothing 45$ попередньо. Обточити зовнішні поверхні $\varnothing 38$ і $\varnothing 45$ попередньо. Розточити і обточити фаски.	Токарний напівавтомат з ЧПК КТ141	Трикулачковий патрон
030	Протягнути отвір $\varnothing 30H7$	Горизонтально-протяжний 7512	Жорстка опора
035	Протягнути паз В=8Н9 остаточно	Горизонтально-протяжний 7512	Напрямна втулка
040	Підрізати торці $\varnothing 38/\varnothing 30H7$ і $\varnothing 95,1/\varnothing 45$ остаточно. Обточити зовнішні поверхні $\varnothing 38$ і $\varnothing 45$, $\varnothing 95,1_{-0,46}$ і R=14,5 остаточно. Розточити і обточити фаски.	Токарний з ЧПК 16Б16Ф3	Спеціальна оправка
045	Технічний контроль		
050	Фрезерувати 22 зуба (m=12,7) остаточно.	Зубофрезерний 53А20В	Пристосування
055	Зачистити заусенці	Вібробункер	
060	Помити деталь	Миюча машина	
065	Технічний контроль		
070	Термічна обробка	Установка в ТВЧ	
075	Шліфувати отвір $\varnothing 30H7$ остаточно	Внутрішньо-шліфувальний 3А227АФ2	Індуктор Трикулачковий патрон
080	Промити деталь	Миюча машина	
085	Технічний контроль		
090	Нанести антикорозійне покриття		

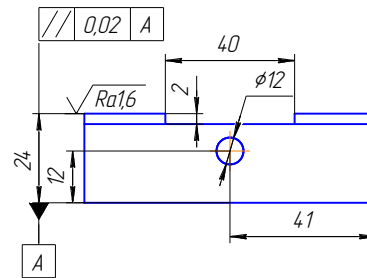
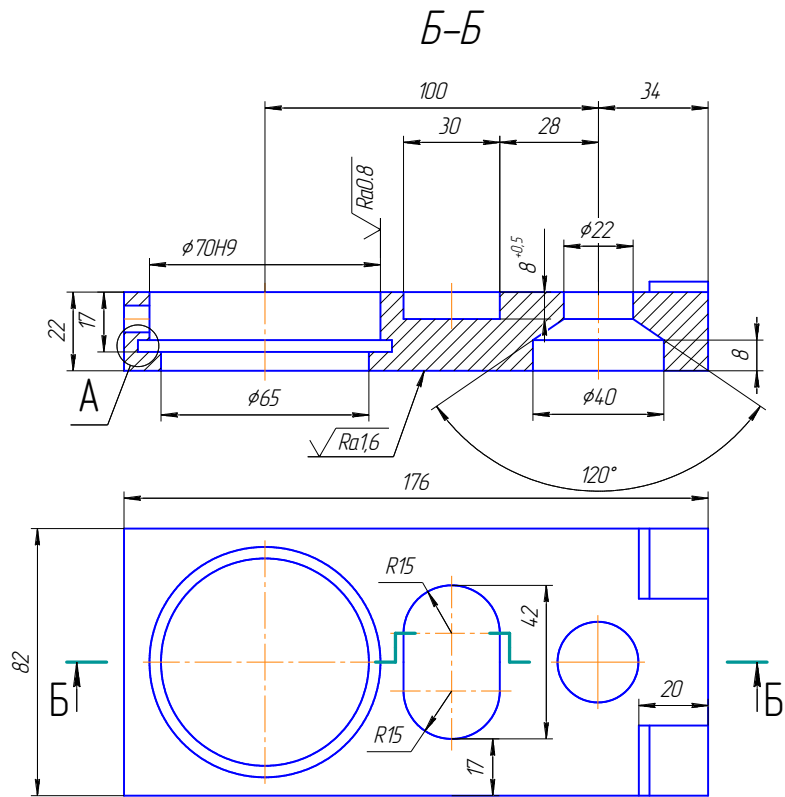
Таблиця Д2 - Маршрут механічної обробки деталі «Зубчасте колесо з шліцевим отвором»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
1	2	3	4
005	Відрізати заготовку	Абразивно-відрізний	Лещата
010	Кувальна		
015	Термічна обробка(відпал)	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
020	Підрізати торці Ø115h11/Ø62h6 і Ø62h6/Ø32H7попередньо. Точити зовнішню поверхню Ø62h6 з підрізанням торця попередньо. Обробити отвір під Ø32H7 до Ø30. Обточити і розточити фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
025	Підрізати торець Ø115h11/Ø32H7 попередньо. Точити зовнішню поверхню Ø115h11 попередньо. Обточити і розточити фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
030	Протягнути восьми - шліцьовий отвір Ø32H7×Ø38H11×6D9 під шліфування	Протяжний 7512	Жорстка опора
035	Підрізати торець Ø115h11/Ø62h6 остаточно, торці Ø62h6/Ø32H7 і Ø115h11/Ø32H7 під шліфування. Точити зовнішню поверхню Ø62h6 з підрізанням торця остаточно і поверхню Ø115h11 під шліфування. Проточити паз В = 10Н1. Точити фаски.	Токарний з ЧПК КТ141	Спеціальна оправка
040	Технічний контроль		
045	Фрезерувати 44 зуба (m = 2,5) під шліфування (по две деталі)	Зубофрезерний 53А20В	Пристосування

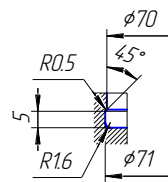
Продовження таблиці Д2

1	2	3	4
050	Закруглити 44 зуба ($m = 2,5$) остаточно	Зубозакругляючий напівавтомат 5E580	Пристосування
055	Зачистити заусенці на торцях зубців	Одношпиндельний напівавтомат для зняття фасок 5B525	Трикулачковий патрон
060	Калібрувати восьмишліцевий отвір	Прес ЛС6–НА	Підставка
065	Термічна обробка		
070	Шліфувати зовнішню поверхню $\varnothing 115h11$ і торець $\varnothing 115h11/\varnothing 32H7$ остаточно	Круглошліфувальний 3Т161Д	Грибкова оправка
075	Шліфувати отвір $\varnothing 32H7$ і торець $\varnothing 62h6/\varnothing 32H7$ остаточно	Внутрішньошліфувальний 3А227АФ2	Пристосування
080	Шліфувати $\varnothing 62h6$ і торець остаточно	Круглошліфувальний 3Т161Д	Грибкова оправка
085	Шліфувати бокові сторони шліців остаточно	Спеціальний	Трикулачковий патрон
090	Шліфувати 44 зуба ($m = 2,5$) остаточно	Зубошліфувальний 5В833	Оправка
095	Промити деталь	Машина для миття	
100	Технічний контроль		
105	Нанесення антикорозійного покриття		

Додаток Е

 $\sqrt{Ra_{12,5}} (\sqrt{I})$ 

Buđ A

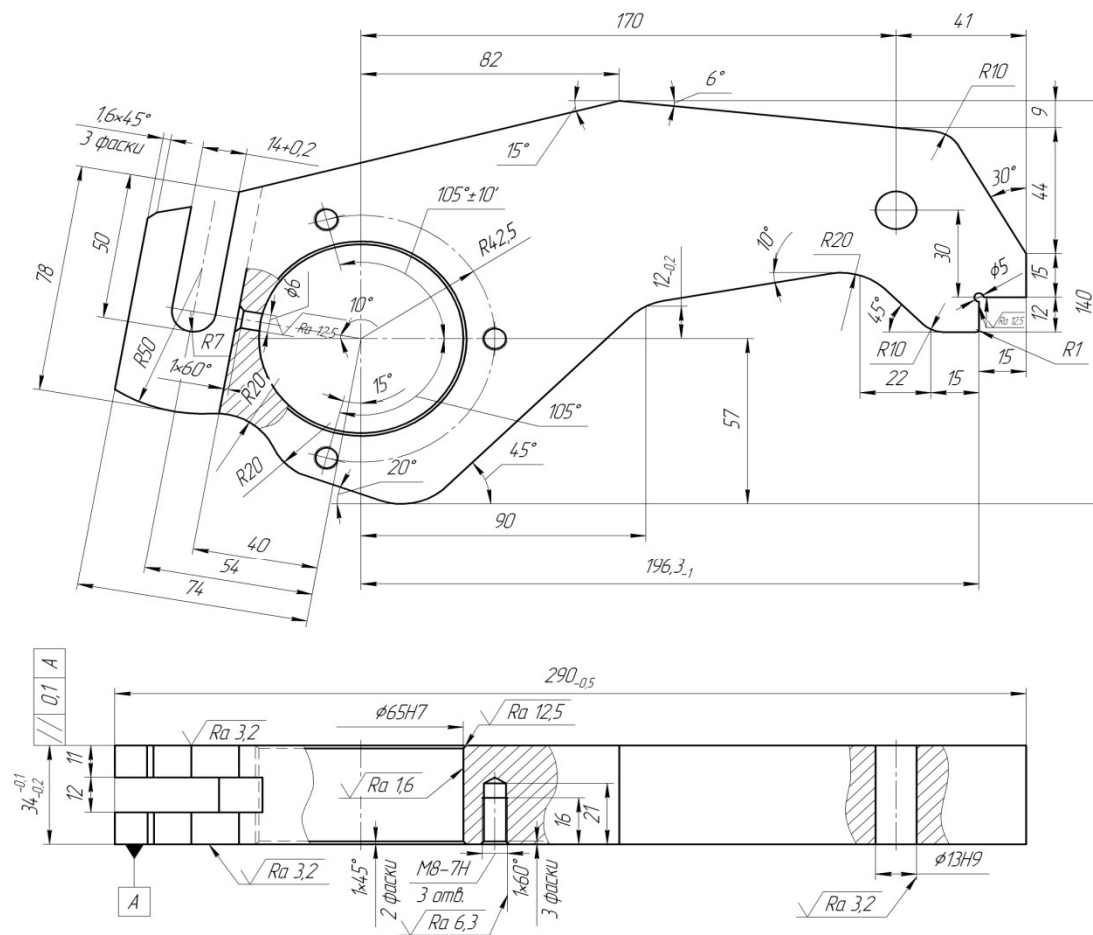


Невказані граничні відхилення розмірів: валів h14, отворів H14, інші $\pm \frac{IT14}{2}$
Вид заготовки – полоса.
Матеріал – Сталь 45.
Число деталей із заготовки – 1.

Рисунок Е1 - Планка

Таблиця Е1 - Маршрут механічної обробки деталі «Планка»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
005	Відрізати заготовку від полоси	Абразивно-відрізний 8Б262	Лещата
010	Повісити бірку з проміром деталі на тару		
015	Фрезерувати дві поверхні в розмір 24,3 під шліфування і дві поверхні 82 остаточно.	Вертикально-фрезерний 6Т12	Гідролещата Двохпозиційна наладка
020	Фрезерувати два торці під розмір 176 остаточно.	Горизонтально-фрезерний 6Т82Г	Універсально-наладне пристосування з гідравлічним зажимом
025	Зачистити заусенці після фрезерування	Машина для зняття заусенців	
030	Шліфувати дві поверхні в розмір 24 остаточно	Плоскошліфувальний 3П722ДВ	Магнітна плита
035	Зачистити заусенці та притупити гострі кромки	Машина для зняття заусенців	
040	Фрезерувати два платика в розмір 20×40×2 остаточно. Свердлити, розточити і розвернути один отвір $\varnothing 65/\varnothing 71/\varnothing 70H9$ остаточно, фрезерувати паз В=30 і $h=8^{+0,5}$ остаточно, свердлити і зенкувати один отвір $\varnothing 22/\varnothing 45$ остаточно.	Розточувально-свердлильно-фрезерний з ЧПК і інструментальним магазином 2254ВМФ4	Наладка УСП двохпозиційна
045	Свердлити один отвір $\varnothing 12$	Вертикально-свердлильний 2Н125-1	Кондуктор
050	Зачистити заусенці	Машина для зняття заусенців	
055	Помити деталь	Миюча машина	
060	Технічний контроль		
065	Хімічне оксидування		
070	Нанесення антикорозійного покриття		



✓(✓)

Невказані граничні відхилення розмірів: валів $h14$, отворів $H14$, інших $\pm IT \frac{14}{2}$
Матеріал – сталь 20Х.

Рисунок Е2 - Важіль

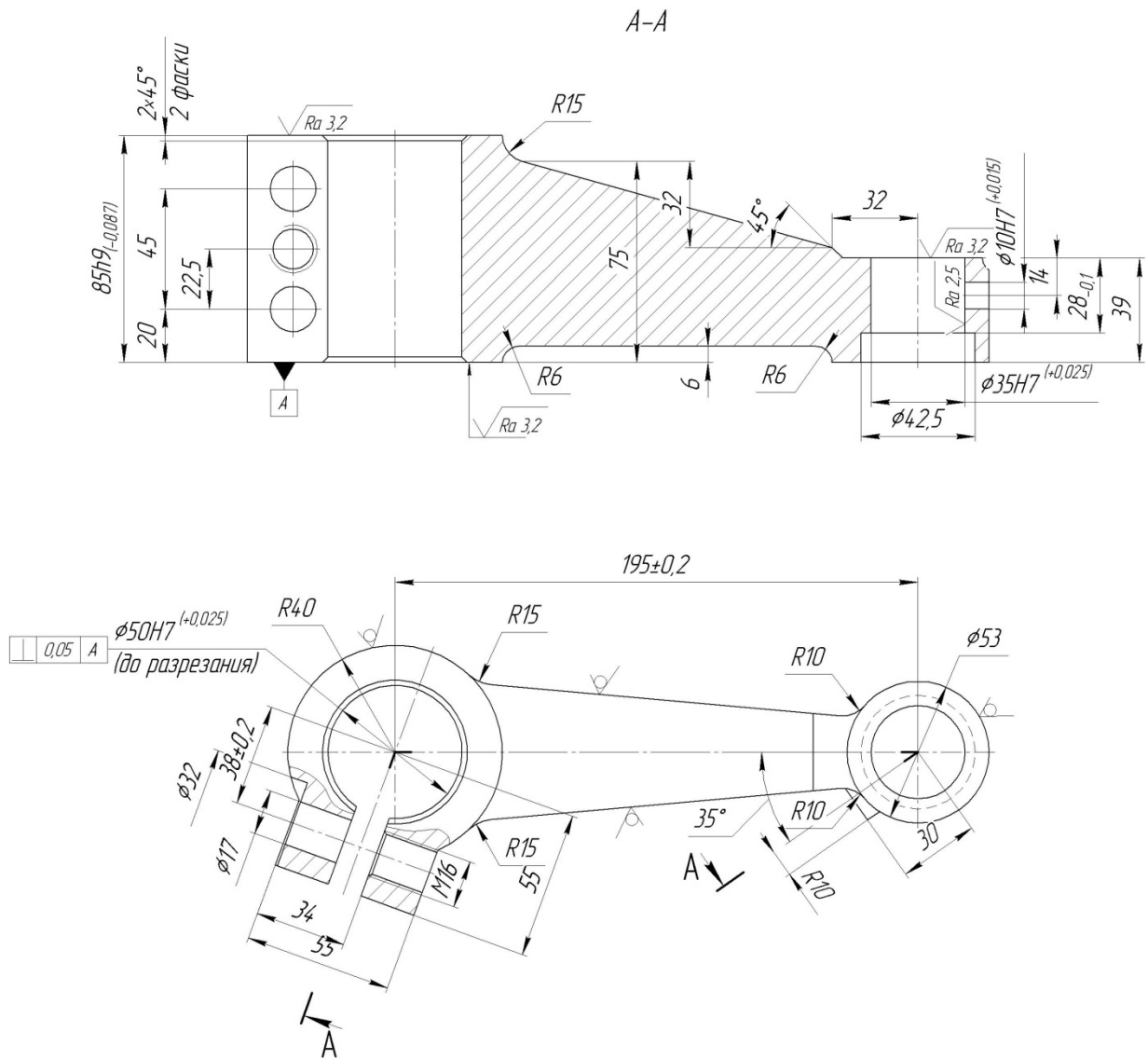
Таблиця Е2 - Маршрут механічної обробки деталі типу «Важіль»

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, обладнання	Оснащення
1	2	3	4
005	Вирізати заготовку з листа	Машина з ЧПК для вирізки	
010	Нанести бирку з номером деталі на тару		
015	Шліфувати дві площини в розмір 34,5 попередньо	Плоскошліфувальний з круглим висувним столом і вертикальним шпинделем підвищеної точності 3Е756Ф2	Магнітний стіл
020	Обробити отвори $\varnothing 65H7$ до $\varnothing 64,5$ і отвір $\varnothing 13H14$ до $\varnothing 13H9$ (технологічно)	Вертикальний розточувально-свердлильно-фрезерний з ЧПК і інструментальним магазином 2256ВМФ2	Наладка УСПО (УВПО)
025	Фрезерувати контур деталь остаточно, паз $B=14+0,2$ остаточно, три фаски $1,6 \times 45^\circ$ і паз $B=18^{+0,4}_{+0,1}$ остаточно. Свердли-ти отвір $\varnothing 5$ під вихід круга	Вертикальний консольний фрезерний з ЧПК і інструментальним магазином ГФ2171	Наладка УСПО (УВПО)
030	Фрезерувати уступ по розмірам 15 і 12 під шліфування	Горизонтальний консольно-фрезерний 6Т82Г	Пристосування
035	Зачистити заусенці	Машина для зняття заусенців	
040	Свердли-ти і нарізати різьбу М8-7Н в трьох отворах остаточно	Вертикальний свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2-1	Наладка УСПО (УВПО)
045	Свердли-ти отвір $\varnothing 6$, розсвердли-ти отвір $\varnothing 12$, зенкувати фаску остаточно	Радіально-свердлильний 2К52-1	Кондуктор
050	Термічна обробка		

Продовження таблиці Е2

1	2	3	4
055	Шліфувати дві площини в розмір $34_{-0,2}^{-0,1}$ остаточно	Плоскошліфувальний з горизонтальним шпинделем і прямокутним столом 3Е711ВФ2	Магнітна плита
060	Розточити отвір $\varnothing 65H7$ остаточно	Координатно-розточний 2431С	Нормальне кріплення
065	Шліфувати уступ 15×12 попередньо	Плоскошліфувальний з горизонтальним шпинделем і хрестоподібним столом 3Е711ВФ2	Пристосування
070	Шліфувати уступ 15×12 остаточно	Те саме	Те саме
075	Полірувати деталь		
080	Промити деталь	Машина для миття	
085	Технічний контроль		
090	Нанесення антикорозійного покриття		

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$



1. Невказані граничні відхилення розмірів: валів h14, отворів H14, інші $\pm IT \frac{14}{2}$
2. Матеріал – сталь 45/1

Рисунок Е3 - Ваяіль

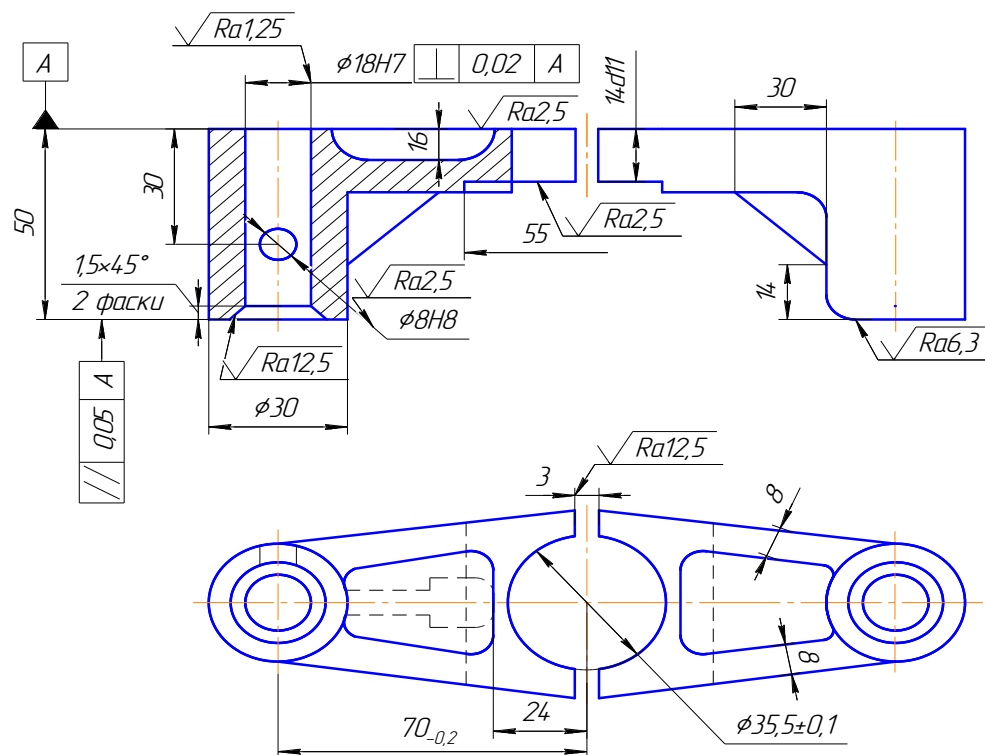
Таблиця Е3 - Маршрут механічної обробки деталі «Важіль»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обрубкування і очищення виливка		
015	Фрезерувати литники	Вертикально – фрезерний консольний 6Т13	Лещата
020	Повісити бирку з номером деталі		
025	Фрезерувати нижню площину з припуском на шліфування	Вертикально – фрезерний консольний 6Т13	Пристосування
030	Шліфувати нижню площину остаточно	Плоскошліфувальний з прямокутним столом і горизонтальним шпинделем підвищеної точності 3П722ДВ	

Продовження таблиці ЕЗ

1	2	3	4
035	У першій позиції: фрезерувати поверхню бобишок в розмір 85 і 39 остаточно, розточити отвори Ø50H7, Ø35H7 і фаски остаточно; цекувати виточку Ø42,5 остаточно. В другій позиції: обробити два отвори Ø32/ Ø17/ M16 і один отвір M12 остаточно, фрезерувати паз В = 3 остаточно	Багатоцільовий (свердлильно – фрезерно – розточний) вертикальний високої точності 2256ВМФ4	Наладка УСПО двопозиційна
040	Обробити отвір Ø10H7 остаточно	Радіально – свердлильний 2K52-1	Кондуктор
045	Зачистити заусенці	Машина для зняття заусенців	
050	Миюча	Машина для миття	
055	Технічний контроль		

✓(✓)

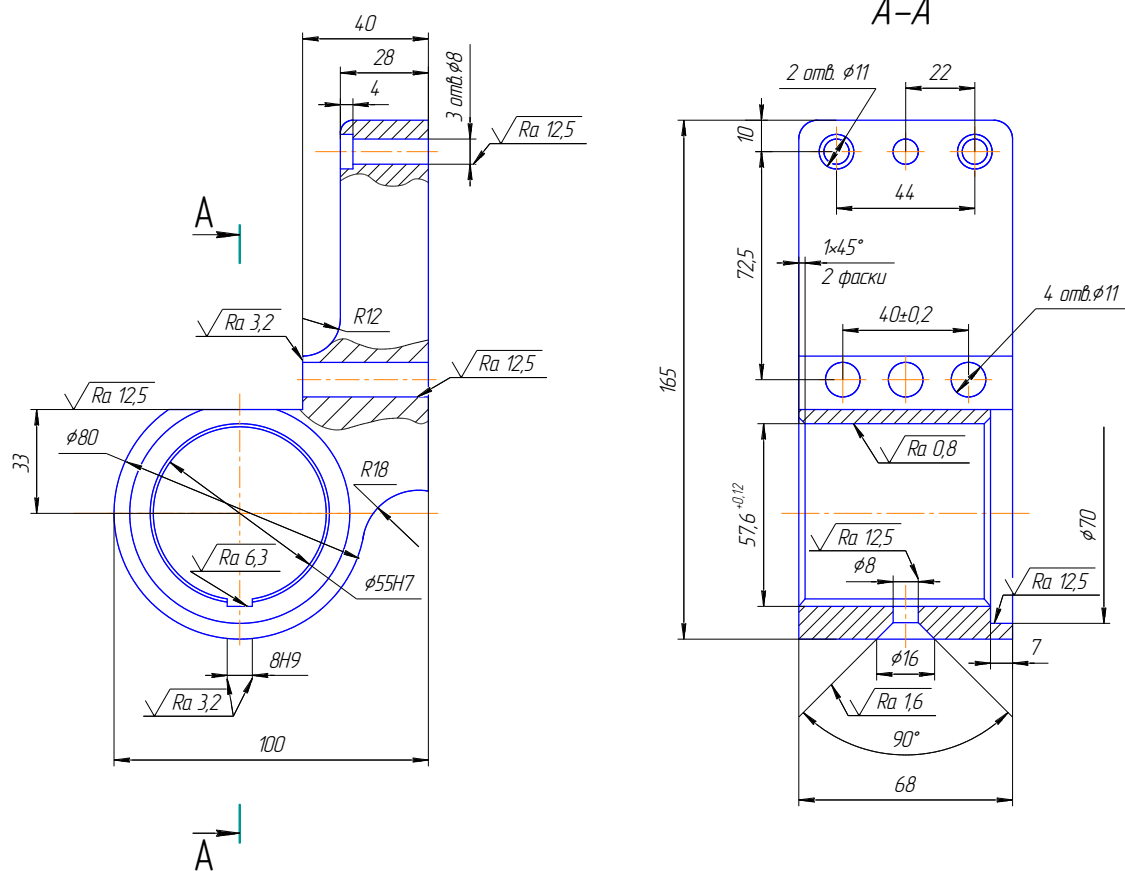


Невказані граничні відхилення розмірів: валів h14, отворів H14, інші $\pm \frac{IT14}{2}$
 Від заготовки – виливок.
 Матеріал – чавун СЧ 20.
 Число деталей з заготовки – 2.

Рисунок Е4 - Вилка

Таблиця Е4 - Маршрут механічної обробки деталі «Вилка»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
005	Лиття		
010	Обробка і очищення виливка		
015	Малярна		
020	Повісити бирку з номером деталі на тару		
025	В першій позиції: фрезерувати площину прилягання з припуском під шліфування. Свердлити, розточити та розвернути два отвори $\varnothing 18H7$, зенкувати фаски, розточити отвір $\varnothing 35,5 \pm 0,1$ остаточно. В другій позиції: фрезерувати заглиблення в розмір 14,2 під шліфування, зенкувати фаски $1 \times 45^\circ$ в двох отворах $\varnothing 18H7$.	Вертикально-фрезерний з ЧПК і інструментальним магазином ГФ2171	Наладка УСПО двохпозиційна чотирьохмісна
030	Свердлити один отвір $\varnothing 8H8$ під штифт, зенкерувати, розвернути отвір	Вертикально-свердильний з ЧПК 2Р135	Спеціальне пристосування
035	Притупити гострі кромки	Машина для зняття заусенців	
040	Термічна обробка		
045	Шліфувати площину прилягання остаточно	Плоскошліфувальний 3П722ДВ	Магнітна плита
050	Шліфувати заглиблення в розмір 14d11	Плоскошліфувальний 3П722ДВ	Магнітна плита
055	Притупити гострі кромки	Машина для зняття заусенців	
060	Промити деталь	Машина для миття	
065	Технічний контроль		
070	Нанесення антикорозійного покриття		

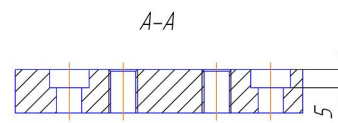
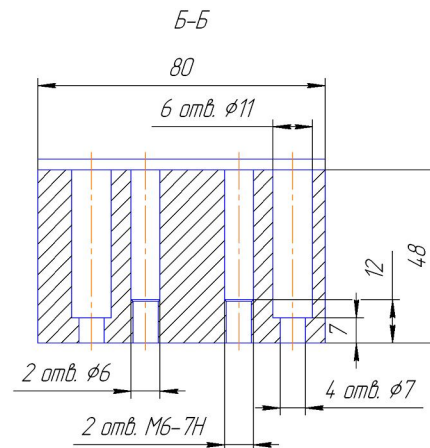
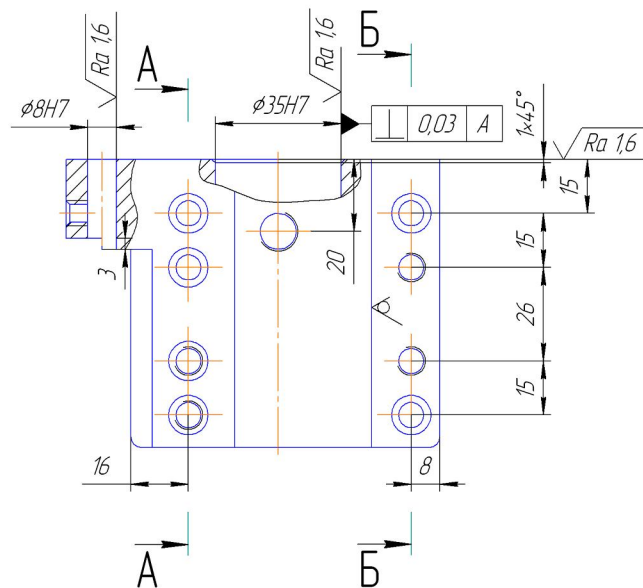
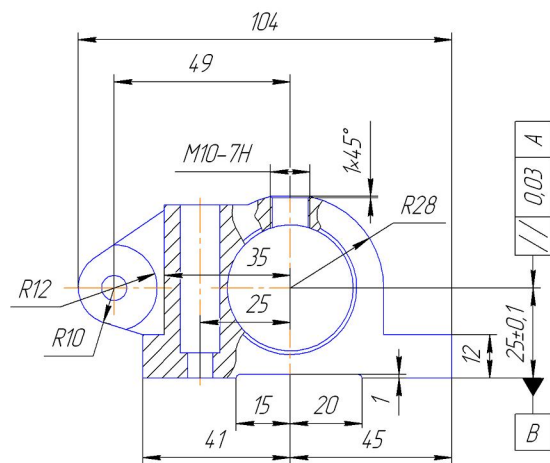


Невказані граничні відхилення розмірів: валів h14, отворів H14, інших $\pm \frac{IT14}{2}$.
Матеріал - чавун СЧ 20.

Рисунок Е5 - Кронштейн.

Таблиця Е5 - Маршрут механічної обробки деталі типу «Кронштейн»

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, обладнання	Оснащення
005	Лиття		
010	Обрубка та очищення виливка		
015	Малярна		
020	Нанести бирку з номером деталі на тару		
025	В першій позиції: фрезерувати площину прилягання в розміри 100 і 28 остаточно. Свердли чотири отвори Ø11. Свердли і розвернути два отвори Ø8 до Ø8H7 технологічно. У другій позиції: фрезерувати уступ в розміри 40 і 73 (R40+33) остаточно. Зенкувати два отвори Ø11 до Ø20 остаточно. В третій позиції: розточити отвір Ø55H7, виточку Ø70 з пропіловкою торця Ø55H7/Ø70 остаточно.	Розточувально-свердлильно-фрезерний з ЧПК і інструментальним магазином 2254ВМФ4	Наладка УСПО (УВПО) трьохпозиційна
030	Зенкувати фаску 1×45° в отворі Ø55H7	Вертикально-свердлильний 2Н135-1	Підставка
035	Протягнути паз b=8H9 остаточно	Горизонтально-протягувальний 7512	Пристосування
040	Притупити гострі кромки	Машина для зняття заусенців	
045	Промити деталь	Машина для миття	
050	Технічний контроль		
055	Нанесення антикорозійного покриття		



$\sqrt{Ra6,3}$ (✓)

Вид заготовки – виливок.
Матеріал – алюміній А/19.
Число деталей з заготовки – 1.

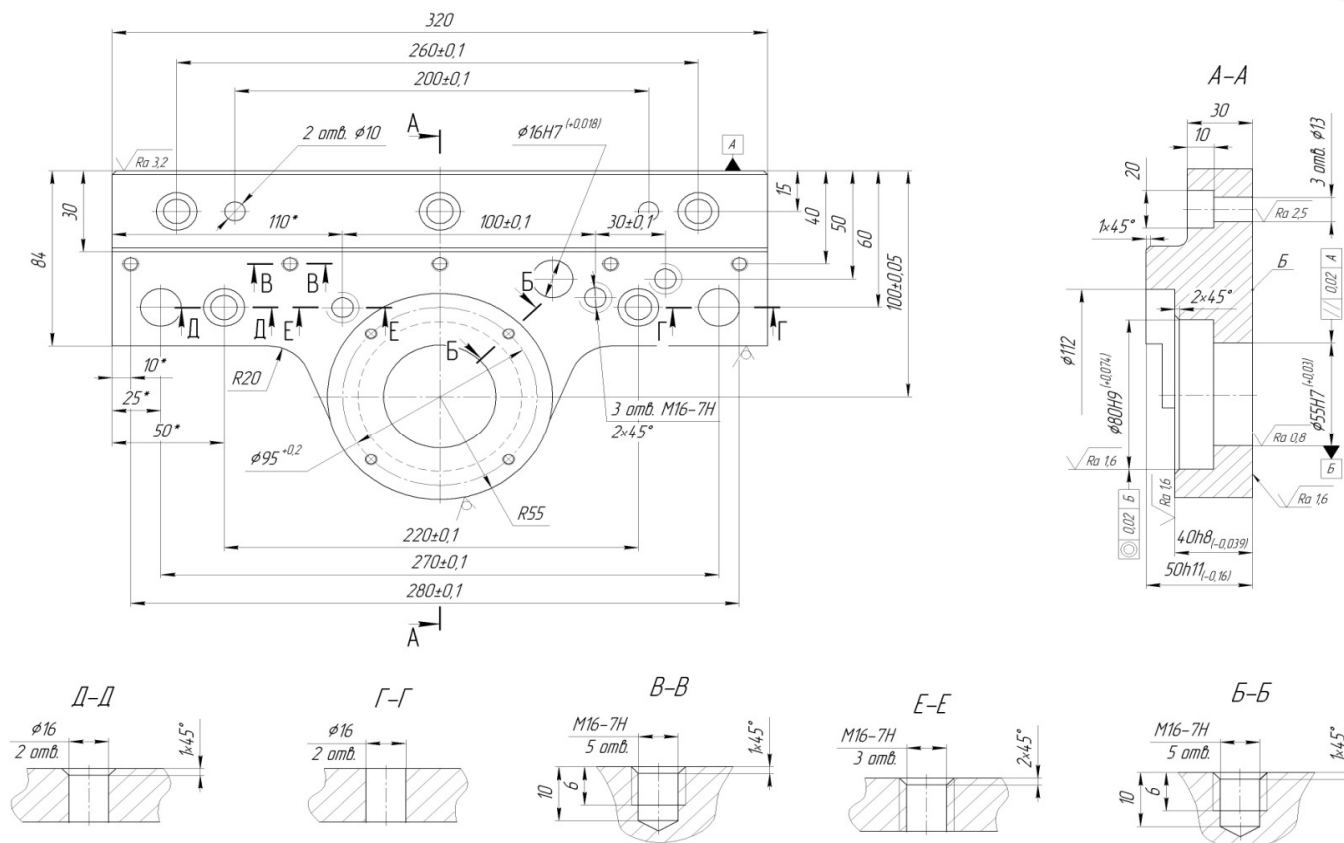
Невказані граничні відхилення розмірів: валів $h14$, отворів $H14$, інші $\pm \frac{IT14}{2}$

Рисунок Е6 - Кронштейн

Таблиця Е6 - Маршрут механічної обробки деталі «Кронштейн»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
005	Лиття		
010	Обрубкування і очищення виливка		
015	Повісити бірку з номером деталі на тару		
020	Фрезерувати поверхню прилягання попередньо	Вертикально – фрезерний 6Т13	Пристосування
025	Фрезерувати торець отвору Ø35Н7 попередньо, розточити отвір Ø35Н7 попередньо	Багатоцільовий з ЧПК та інструментальним магазином ІР320МФ4	Наладка УСП двомісна
030	Притупити гострі кромки	Машина для зняття заусенців	
035	Термічна обробка		
040	Фрезерувати торець отвору Ø35Н7 остаточно, розточити і розвернути отвір Ø35Н7 остаточно, свердлити, зенкерувати і розвернути отвір Ø8Н7 остаточно	Багатоцільовий з ЧПК та інструментальним магазином ІР320МФ4	Наладка УСП
045	У першій позиції: фрезерувати поверхню прилягання і паз 35 (15+20) остаточно, свердлити чотири отвори Ø7, два отвори Ø6, свердлити і нарізати різь в двох отворах М6 – 7Н. В другій позиції: зенкувати чотири отвори Ø7 до Ø11 остаточно, розточити два отвори Ø6 до Ø11 остаточно, центрувати, свердлити і нарізати різь М10 – 7Н остаточно	Багатоцільовий з ЧПК та інструментальним магазином ІР320МФ4	Наладка УСП двопозиційна
050	Притупити гострі кромки	Машина для зняття заусенців	
055	Технічний контроль		
060	Консервація		

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$



Невказані граничні відхилення розмірів: валів h14, отворів H14, інші $\pm IT_2^{14}$
Матеріал – чавун СЧ-20

Рисунок Е7 - Кронштейн

Таблиця Д7 - Маршрут механічної обробки деталі «Кронштейн»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обрубкування і очищення виливка		
015	Малярна		
020	Повісити бірку з номером деталі на тару		
025	Фрезерувати поверхню Б в розмір 32 і протилежну поверхню в розмір 52 попередньо	Карусельно-фрезерний 6М23С13	Пристосування двопозиційне чотиримісне з гідравлічним зажимом
030	Притупити гострі кромки	Машина для зняття заусенців	
035	Фрезерувати верхню поверхню в розмір 86	Горизонтально-фрезерний 6Т82Г	Пристосування з гідравлічним зажимом
040	Фрезерувати два торця в розмір 324 попередньо	Горизонтально-фрезерний 6Т82Г	Пристосування двопозиційне з гідравлічним зажимом
045	Розточити отвір Ø55Н7 попередньо до Ø60	Горизонтально-розточний 2А614Ф1	Пристосування
050	Притупити гострі кромки	Машина для зняття заусенців	
055	Старити деталь		
060	Фрезерувати верхню поверхню Б в розмір 30,3 і протилежну поверхню в розмір 50,6 під шліфування	Карусельно-фрезерний 6М23С13	Пристосування двопозиційне чотиримісне з гідравлічним зажимом
065	Притупити гострі кромки	Машина для зняття заусенців	
070	Фрезерувати верхню поверхню в розмір 84 остаточно	Горизонтально-фрезерний 6Т82Г	Пристосування з гідравлічним зажимом

Продовження таблиці Е7

1	2	3	4
075	Фрезерувати два торця в розмір 320 остаточно	Горизонтально-фрезерний 6Т82Г	Пристосування двопозиційне з гідравлічним зажимом
080	Шліфувати поверхню Б в розмір 30 і протилежну поверхню в розмір 50 остаточно	Плоско-шліфувальний 3П722ДВ	Магнітна плита
085	Притупити гострі кромки	Машина для зняття заусенців	
090	Розточити отвір Ø55Н7, отвір Ø80Н9 і виточку Ø112 остаточно. Свердлити і зенкувати 3 отв. Ø13/Ø20; свердлити два отвори Ø16 і два отвори Ø10, свердлити, зенкувати і розвернути отвір Ø16Н7, свердлити і нарізати різьбу в одинадцяти отворах М6-7Н, свердлити і нарізати різьбу в трьох отворах М16-7Н, свердлити, розсвердлити і нарізати різьбу в отворі Ø20/М10×1-7Н	Горизонтальний розточно-свердлильно-фрезерний верстат з ЧПК і інструментальним магазином 2204ВМФ4	Наладка УСПО
095	Притупити гострі кромки	Машина для зняття заусенців	
100	Промити деталь	Машина для миття	
105	Технічний контроль		
110	Нанесення антикорозійного покриття		

✓(✓)

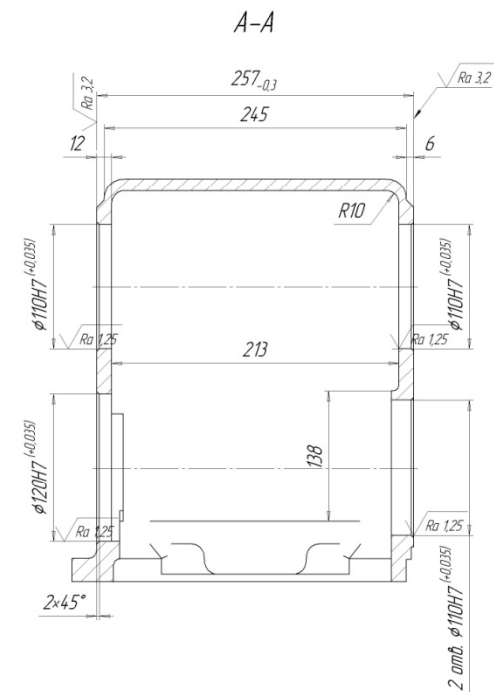
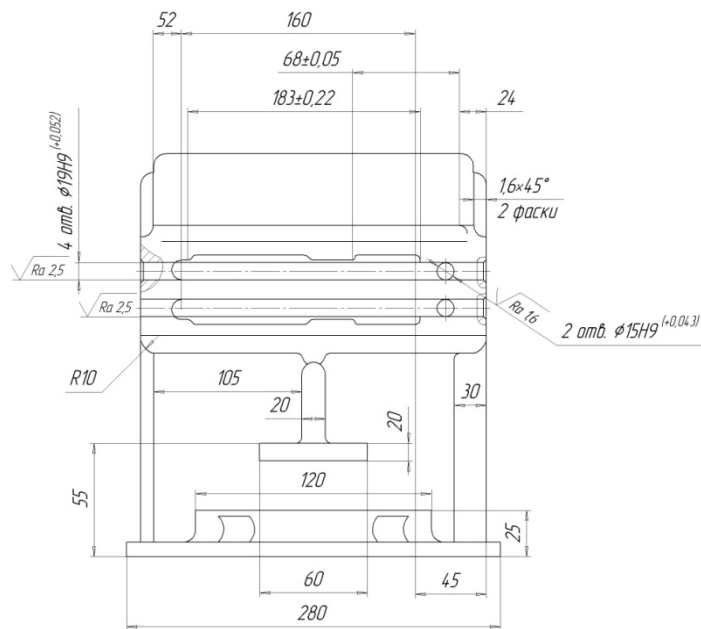
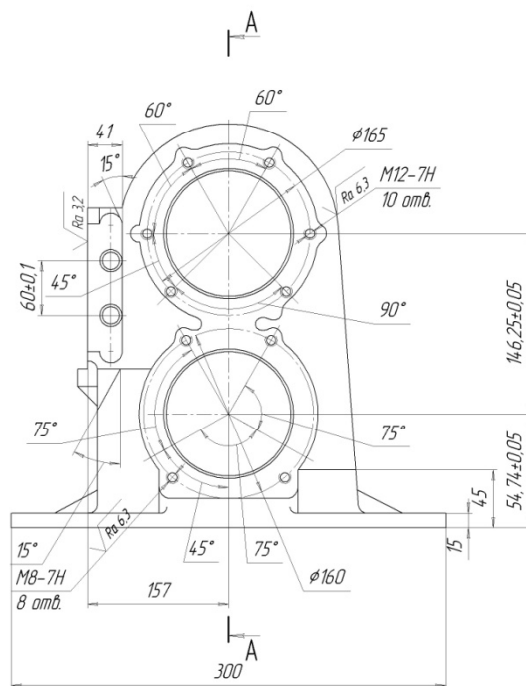


212

Таблиця Ж1 - Маршрут механічної обробки деталі типу «Корпус»

Операція	Зміст або найменування операції	Верстат, обладнання	Оснащення
005	Лиття		
010	Обрубка та очищення виливка		
015	Фрезерувати площину основи остаточно. Свердлити чотири отвори $\varnothing 13$ остаточно. Фрезерувати площину бобишки $\varnothing 20$ остаточно, свердлити і нарізати різь $M10 \times 1-7H$ в одному отворі остаточно. Фрезерувати торець $\varnothing 102$, витримуючи розмір 230 остаточно. Розточити виточки $\varnothing 80H7$; $\varnothing 90H13$ і фаску $1 \times 45^\circ$ остаточно. Фрезерувати канавку $b=2,2 \pm 0,5$ остаточно. Повернути стіл на 180° . Розточити виточки $\varnothing 80H7$; $\varnothing 90H13$ і фаску $1 \times 45^\circ$ остаточно. Фрезерувати канавку $2,2 \pm 0,5$ остаточно	Багатоцільовий з ЧПК і інструментальним магазином ИР500МФ4	Наладка УСПО (УПВО)
020	Притупити гострі кромки	Верстак	
025	Технічний контроль		
030	Нанесення антикорозійного покриття		

✓(✓)



1. Невказані ливарні радіуси заокруглень R5...10 мм
2. Невказані граничні відхилення розмірів: валів h14, отворів H14, інші $\pm IT_{\frac{14}{2}}$
3. Матеріал – чавун СЧ-18

Рисунок Ж2 - Корпус

Таблиця Ж2 - Маршрут механічної обробки деталі «Корпус»

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
005	Лиття		
010	Обрубкування і очищення виливка		
015	Фрезерувати ліву бокову площину попередньо і остаточно. Свердли, зенкерувати і розвернути два отвори Ø15H9,	Вертикально-фрезерний з ЧПУ з інструментальним магазином ГФ2171	Наладка УСПО
020	Фрезерувати передню площину остаточно, розточити отвір Ø110H7 і Ø120H7 остаточно, свердли і нарізати різьбу М12-7Н в десяти отворах остаточно. Фрезерувати виступ на лівій боковій площині остаточно, свердли і нарізати різь М8-7Н в восьми отворах остаточно, свердли, зенкерувати і розвернути два отвори Ø15H9 остаточно. Фрезерувати задню площину остаточно, розточити отвори Ø110H7 і Ø120H7 остаточно. Свердли і нарізати різь М8-7Н в восьми отворах остаточно, свердли, зенкерувати і розвернути чотири отвори Ø19H9 остаточно.	Верстак	Спеціальне пристосування
025	Притупити гострі кромки		
030	Технічний контроль		
035	Малярна		
040	Нанесення покриття		

ЗМІСТ

Вступ	3
1. Лабораторна робота №1. Аналіз службового призначення деталі..	5
2. Лабораторна робота №2. Визначення типу виробництва та форми організації роботи.....	11
3. Лабораторна робота №3. Дослідження технологічності конструкції деталі.....	24
4. Лабораторна робота №4. Дослідження можливих варіантів виготовлення заготовки деталі.....	33
5. Лабораторна робота №5. Вибір оптимального варіанту виготовлення заготовки на основі порівняння техніко-економічних показників.....	43
6. Лабораторна робота №6. Вибір чистових та чорнових технологічних баз для механічної обробки деталі.....	61
7. Лабораторна робота №7. Вибір кількості ступенів та способів механічної обробки поверхонь деталі.....	84
8. Лабораторна робота №8. Аналіз можливості використання типових технологічних процесів при проектуванні технологічного процесу механічної обробки деталі.....	104
Додатки	115

Навчальне видання

**М.І. Іванов, Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк,
О.М. Міщук, С.А. Шаргородський**

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО
МАШИНОБУДУВАННЯ**

Частина 2