

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
Кафедра технології виробництва

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ»

Дніпро – 2019

Розповсюдження та тиражування без офіційного дозволу Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара заборонено.

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Технологія машинобудування» для студентів денної форми навчання, які навчаються за спеціальностями 133 «Галузеве машинобудування», 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка», 132 «Матеріалознавство».

Укладачі: В.О. Перерва, кандидат технічних наук
О. В. Федосов, кандидат технічних наук
Т. М. Булана, кандидат технічних наук

Рецензент А. Ф. Санін, професор, доктор технічних наук

Затверджено на засіданні кафедри технології виробництва

Протокол № _ від «___» _____ 2019 р.

Методичні вказівки обговорено науково-методичною радою ФТФ, ухвалено Вченою Радою ФТФ, протокол № 6 від «26» листопада 2019 р..

Коротка анотація видання. Уміщено вказівки до виконання практичних робіт із дисципліни «Технологія машинобудування». Зокрема, викладено зміст, порядок виконання й оформлення, до кожної роботи подано теоретичну інформацію щодо базових понять. Подано вступ до технології машинобудування, розглянуті питання забезпечення точності механічної обробки та раціонального проектування технологічних процесів механоскладальних робіт. Наведено формулювання індивідуальних завдань студентам.

Для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка», 132 «Матеріалознавство» та студентів інших спеціальностей.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Методичні рекомендації щодо виконання та оформлення практичних робіт.....	5
2 Перелік практичних робіт.....	6
Практична робота № 1 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	6
Практична робота № 2 Визначення типу виробництва	17
Практична робота № 3 Обґрунтування вибору способу отримання заготовки	20
Практична робота № 4 Розробка технологічного процесу обробки деталі	25
Список літератури.....	31
Додаток А Класифікація матеріалів за групами. Конструктивна форма деталі.	33
Додаток Б Визначення серійності виробництва заготовок.....	34
Додаток В Діапазони виливок, поковок, штамповок, прокату за масою..	35
Додаток Г Коди виду заготовок	35
Додаток Д Вибір можливих видів і способів виготовлення заготовок...	36
Додаток Е Приклад виконання роботи з теми «Обґрунтування вибору способу отримання заготовки».....	37

ВСТУП

Дані методичні вказівки щодо виконання практичних робіт складені на основі навчальної та робочої навчальної програми з дисципліни «Технологія машинобудування».

Під час виконання практичних робіт студент набуває навичок:

- 1) самостійного розв'язання практичних завдань, які є підготовчим етапом до виконання курсового проекту;
- 2) вибору сучасного технологічного устаткування та засобів технологічного оснащення;
- 3) розробки сучасних технологічних процесів виготовлення та механічної обробки деталей з використанням новітніх технологій та застосуванням сучасних матеріалів і методів обробки;
- 4) критичного оцінювання виконаних завдань з існуючими конструкціями.

Під час виконання практичних робіт використовують робочі креслення деталей. Усі необхідні розрахунки базуються на знаннях, отриманих при вивченні таких дисциплін, як вища математика, фізика та механіка, матеріалознавство та технологічні основи створення машин, ТММ, деталі машин та основи конструювання машин, вантажопідйомна транспортна техніка, технічні основи створення машин та ін.

У результаті проведення практичних занять студент повинен:

- 1) закріпити теоретичні знання з даної дисципліни, а також тих, що вивчалися раніше;
- 2) вміти користуватися довідковою та нормативною літературою та стандартами;
- 3) навчитися оформляти текстову технічну документацію.

1 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Практичні роботи передбачають ознайомлення з конструкціями існуючих у машинобудуванні деталей, розвиток уміння вибирати матеріали та методи обробки деталей, виконувати аналіз технологічності конструкції деталей, вибирати тип виробництва та способи отримання заготовки, розробляти технологічний процес виготовлення деталі.

Варіанти числових значень студент обирає з таблиць відповідно до останньої цифри шифру залікової книжки або за завданням викладача.

Усі практичні роботи слід виконувати в зошиті обсягом 10 – 12 аркушів або на аркушах форматом А4, обов'язково залишаючи поля для зауважень викладача. Роботи мають бути оформлені акуратно.

Виконуючи розрахунки, спочатку слід навести буквенний вираз із вказівкою смислового значення вхідних до нього параметрів, а потім підставити цифрові величини і виконати розрахунок з точністю до одного знака після коми.

Графічні роботи слід виконувати олівцем з використанням креслярських інструментів, дотримуючись ДСТУ і вимоги ЄСКД без додавання фотографій та інших копій з підручників (що не допустимо).

Сторінки і рисунки слід пронумерувати. Після виконання завдання необхідно навести список використаної літератури, вказати дату виконання роботи, поставити свій шифр і підпис.

Після виконання повного практичного курсу студенти мають оформити роботи підшиванням їх у брошуру з використанням титульної сторінки.

У процесі захисту виконаних робіт студенти мають орієнтуватися у різноманітті видів матеріалів та деталей, методів їх виготовлення та обробки, пояснити методику розрахунку, уміти оформляти маршрутні та операційні карти, а також карти ескізів, дати логічне обґрунтування виконаних розв'язань. Завдання оцінюється диференційованою оцінкою.

2 ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Практична робота № 1

Тема. Аналіз технологічності конструкції деталі

Мета: виявити недоліки конструкції за даними, що містяться в кресленнях і технічних вимогах; за допомогою розрахунків з'ясувати, чи є деталь технологічною, тобто такою, яку можна виготовляти в умовах виробництва; проаналізувати, наскільки правильно сформульовані технічні умови, норми і вимоги.

Короткі теоретичні відомості

Сукупність властивостей виробу, які визначають пристосованість його конструкції до досягнення оптимальних витрат при виробництві та експлуатації, при заданих показниках якості, обсязі випуску та умовах виконання робіт і визначає поняття *технологічності виробу*.

Технологічність конструкції – поняття комплексне і визначається у взаємному зв'язку заготівельних процесів, механічної обробки, складання та контролю. Комплексність поняття технологічності розповсюджується також на сферу проектування, виготовлення та експлуатації. Недооцінювання ТК на стадії проектування призводить до коректування креслень, подовження терміну підготовки виробництва та додаткових витрат.

Технологічність конструкції – поняття відносне. Конструкція може бути технологічною для одного типу виробництва і нетехнологічною для іншого. Технологічність конструкції може бути різною для різних підприємств з різними виробничими можливостями.

Аналіз технологічності конструкції деталі полягає в порівнянні показника початкової конструкції з варіантом, відпрацьованим на технологічність. Це необхідно для підвищення продуктивності праці, зниження витрат на виготовлення, техобслуговування і ремонт виробів при забезпеченні необхідної якості.

Основними засобами, які пов'язані з вимогами поліпшення технологічності конструкцій *під час проектування* є:

1) раціональне розчленування конструкції на окремі вузли, які мають повні функції та призначення;

2) складальна одиниця повинна складатися мінімальною кількістю складальних процесів (болтові з'єднання, зварювання, клепання тощо), мати можливість регулювання і мати мінімум складових деталей;

3) по можливості має виконуватися вимога конструктивної і технологічної спадкоємності, яка полягає у запозиченні кращих розробок із попередніх розробок, або з інших виробів, які одночасно розроблюються – усе це підвищує серійність виробництва і скорочує витрати на підготовку виробництва;

4) бажано, щоб здійснювалася повна уніфікація складових частин у конструкціях виробів, які створюються – це призведе до скорочення необхідної кількості типорозмірів різальних та вимірювальних інструментів, скорочення номенклатури запасних частин, скорочення трудомісткості, собівартості тощо;

5) раціональне обмеження марок і сортamentів матеріалів та їх недефіцитність для того, щоб не ускладнювати отримання заготовок, їх обробку, зберігання й транспортування;

6) оптимально призначати шорсткість для того, щоб не виникали додаткові витрати при обробці деталей;

7) забезпечення найбільшого рівня взаємозамінності, що дає змогу скласти вузли без пригонки.

Під час виготовлення заготовок основними вимогами технологічності є аналіз конструкції деталі, при цьому визначають:

1) вибір раціонального методу отримання заготовки;

2) вибір базових поверхонь заготовки та їх взаємозв'язок з базовими поверхнями при механічній обробці;

3) форму і характер внутрішніх порожнин, отворів, уклонів, товщини, сполук стінок, місця накопичення металу;

4) раціональність вимог до точності і шорсткості поверхонь.

Види оцінювання технологічності: якісна та кількісна.

Якісне оцінювання характеризує технологічність конструкції узагальнено і допускається на всіх стадіях проектування, як попередня.

Кількісне оцінювання технологічності виробу (конструкції) здійснюється в тому випадку, якщо воно істотно впливає на технологічність даної конструкції.

Якісне оцінювання технологічності деталей слід проводити за:

– матеріалом (вказати його характеристику і застосування в машинобудуванні, перерахувати деякі види деталей, що виготовляються з даного матеріалу, а також зробити висновки про правильність його вибору);

– геометричною формою (вказати форму деталі, конфігурацію оброблюваних поверхонь і вибрати метод отримання заготовки);

– якістю поверхонь (визначити точність поверхонь деталі та їх якість; вибрати інструменти та устаткування для обробки поверхонь);

– проставлянням розмірів (мусить бути взаємозв'язок з конструкторськими, технологічними й вимірвальними базами, містити необхідну кількість розрізів, видів і перерізів);

– допустимими способами отримання заготовок (назвати можливі недоліки у технологічності деталі та шляхи їх усунення).

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів знаходять за формулою:

$$K_{ye} = \frac{Q_{y.e}}{Q_e}, \quad (1)$$

де $Q_{y.e}$ – кількість уніфікованих елементів; Q_e – загальна кількість елементів у деталі.

Коефіцієнт вживаності стандартних оброблюваних поверхонь:

$$K_{n.cm} = \frac{D_{o.c}}{D_{m.o}}, \quad (2)$$

де $D_{o.c}$ – кількість поверхонь деталі, які обробляються стандартним інструментом; $D_{m.o}$ – кількість поверхонь деталі, що піддаються механічній обробці.

Коефіцієнт оброблюваності поверхонь:

$$K_{n.ob} = 1 - \frac{D_{m.o}}{D_{zag}}, \quad (3)$$

де D_{zag} – загальна кількість поверхонь деталі.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м} = \frac{q}{Q}, \quad (4)$$

де q – маса деталі, кг; Q – маса заготовки, кг.

При цьому, якщо $K_{в.м} < 1$, то деталь можна вважати технологічною.

При виготовленні деталей, переважно на верстатах, основними способами підвищення технологічності є:

- 1) створення конструктивних форм сполученням стандартних нормалізованих поверхонь;
- 2) поверхні, які оброблюються, повинні мати мінімальні розміри;
- 3) плоскі поверхні бажано обробляти за один прохід з досягненням однакової якості;
- 4) на поверхнях деталі треба передбачати канавки для виходу різальних інструментів;
- 5) деталь повинна мати достатню жорсткість та розвинуту опорну поверхню для зручності та надійності її установки на верстаті;
- 6) обробку декількох отворів, які розташовані на паралельних осях, можливо здійснювати на установці, якщо розміри отворів на кожній осі збільшуються в один бік;
- 7) витрати на обробку вала значно скоротяться, якщо діаметри поверхонь зменшуються в один бік або від середини до кінців. Крім того, однакова довжина ступенів дозволяє вести одночасну обробку одним налагоджуванням.

Добре організований складальний процес під час складання виробу за окремими конструктивно-технологічними вузлами до повної технологічної готовності можливий при:

- 1) заміні різьбових з'єднань на з'єднання зварюванням, клепанням, гнуттям;
- 2) можливості установки вузлів на базову деталь простими рухами;
- 3) наявності спеціальних елементів (отворів, приливів, рим-болтів тощо) для зручності транспортування крупногабаритних та важких деталей;
- 4) забезпеченні можливості зручного та вільного підведення механізованого інструмента до місць з'єднань деталей скорочує витрати часу на складання;
- 5) можливості складати виріб без складних пристроїв та поворотів базової деталі при сталій установчій базі;
- 6) забезпеченні єдиного можливого взаємного положення деталей або вузлів конструкції.

Завдання до теми

Визначити якісні та кількісні показники технологічності для деталі, зображених на рисунках 1 – 10. Дані подані у таблиці 1

Таблиця 1 – Дані до задачі 1

№ варіанта	Назва деталі	Матеріал деталі
1	Корпус	Сталь 40Л
2	Серьга	Чавун Сч18
3	Зубчате колесо	Сталь 45Л
4	Фланець	Чавун Сч18
5	Опора	Чавун Сч18
6	Втулка	Сталь 45Л
7	Фланець	Сталь 30Л
8	Втулка	Сталь 45Л
9	Кришка	Чавун Сч20
10	Корпус	Чавун Сч20

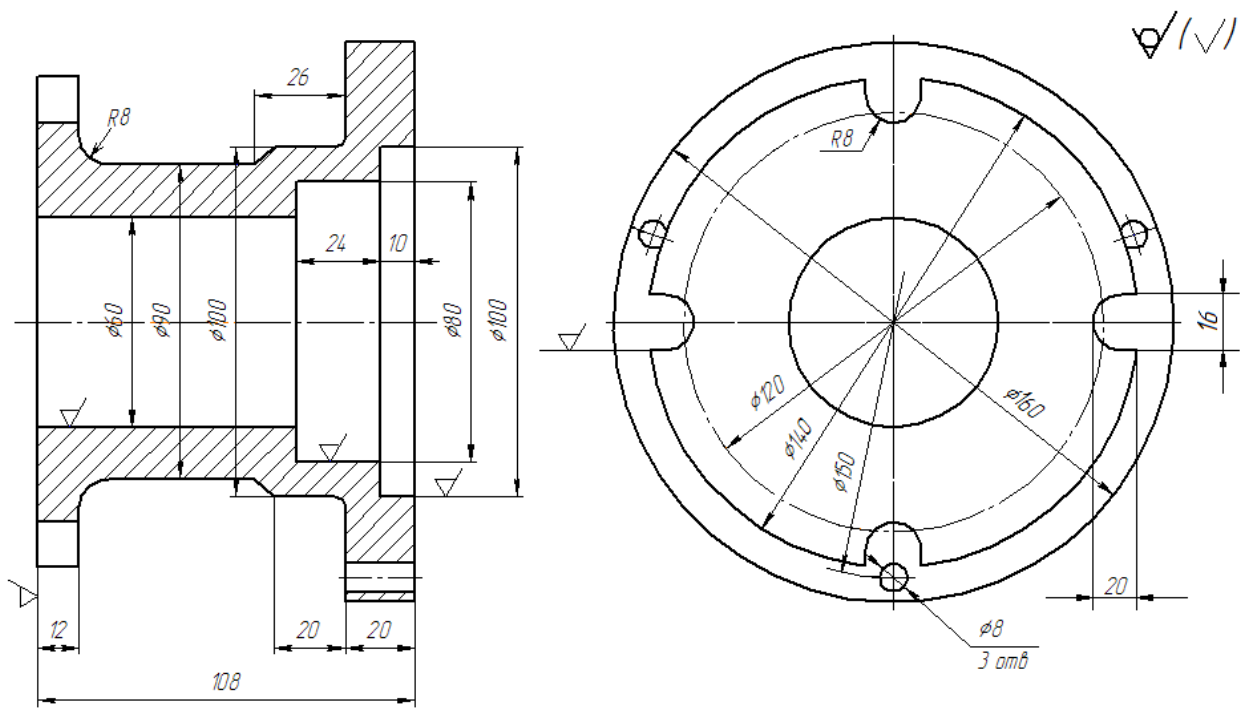


Рис. 1 – Корпус

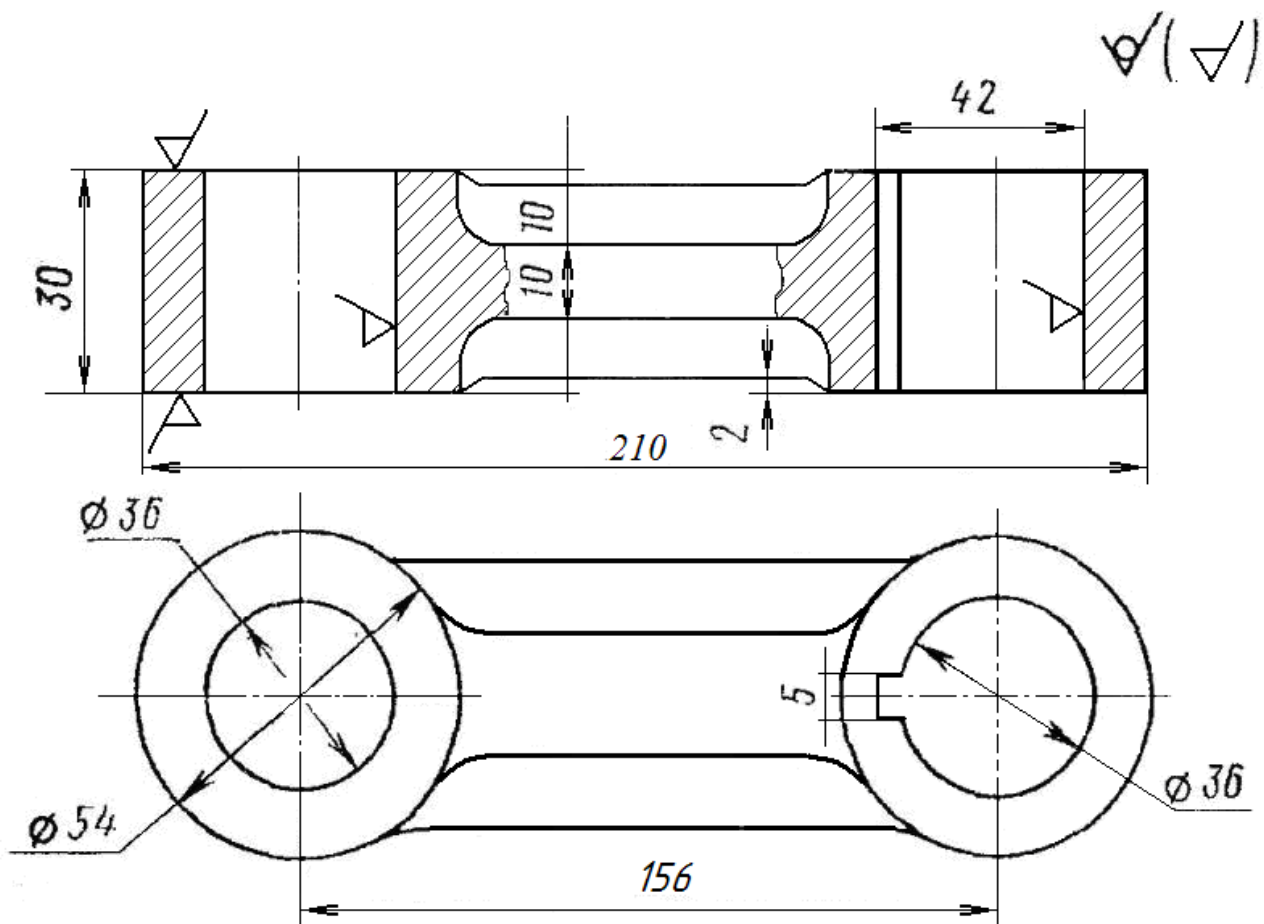


Рис. 2 – Серга

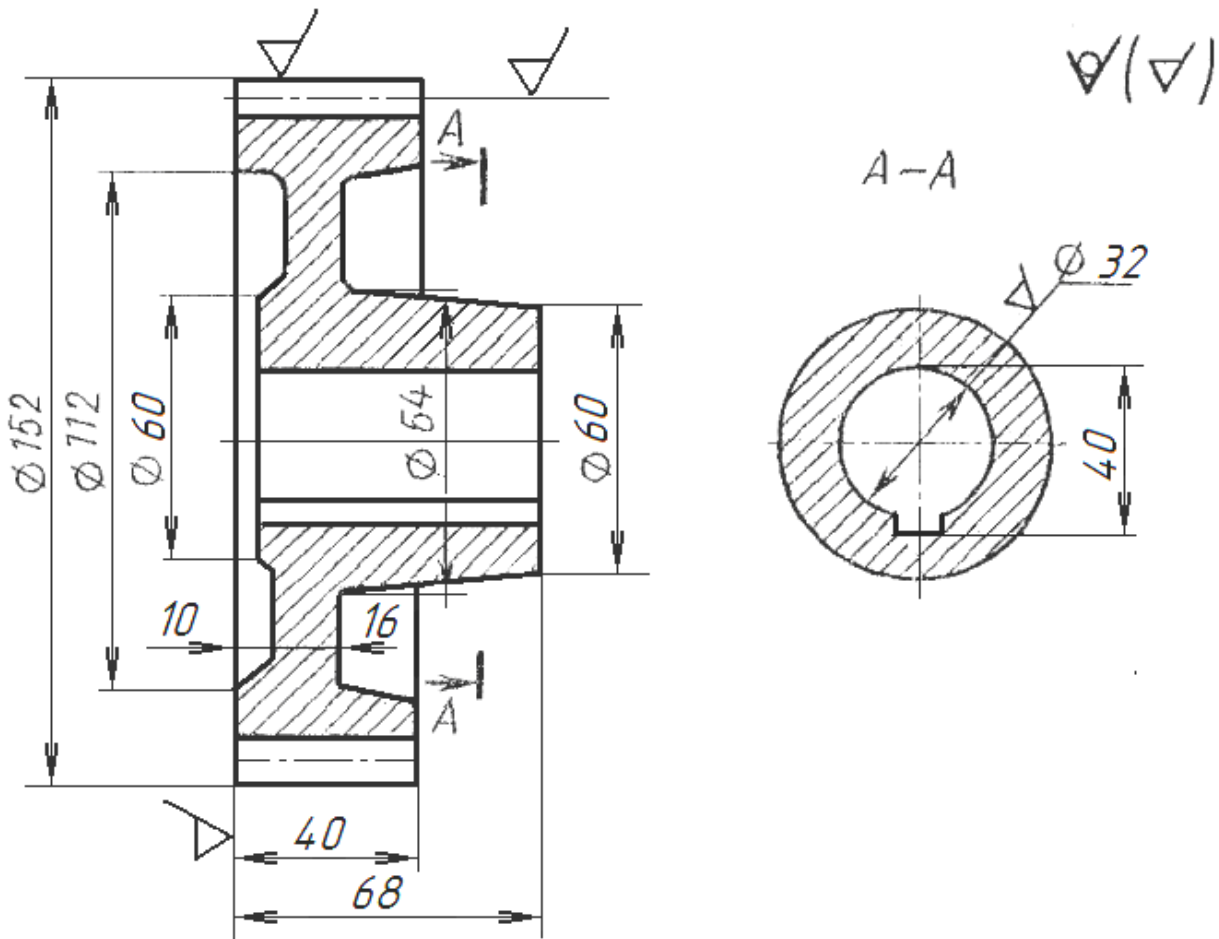


Рис. 3 – Зубчатое колесо

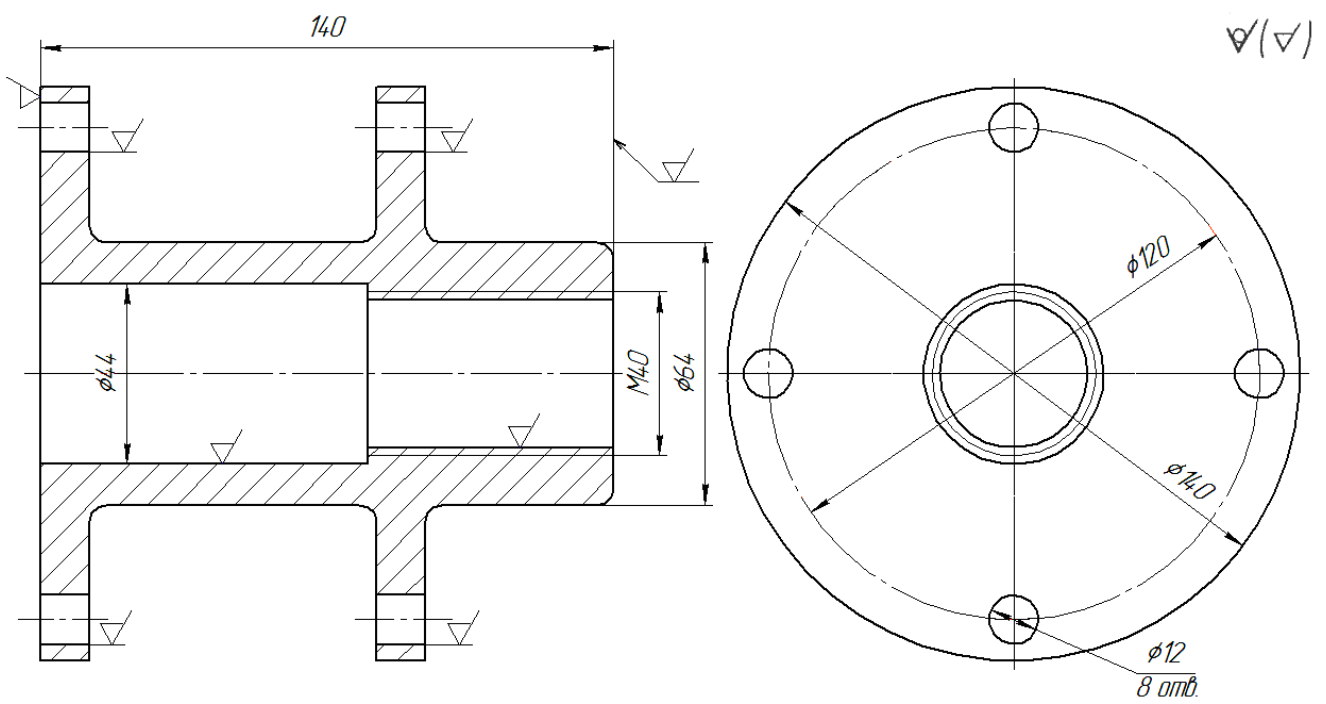


Рис. 4 – Фланец

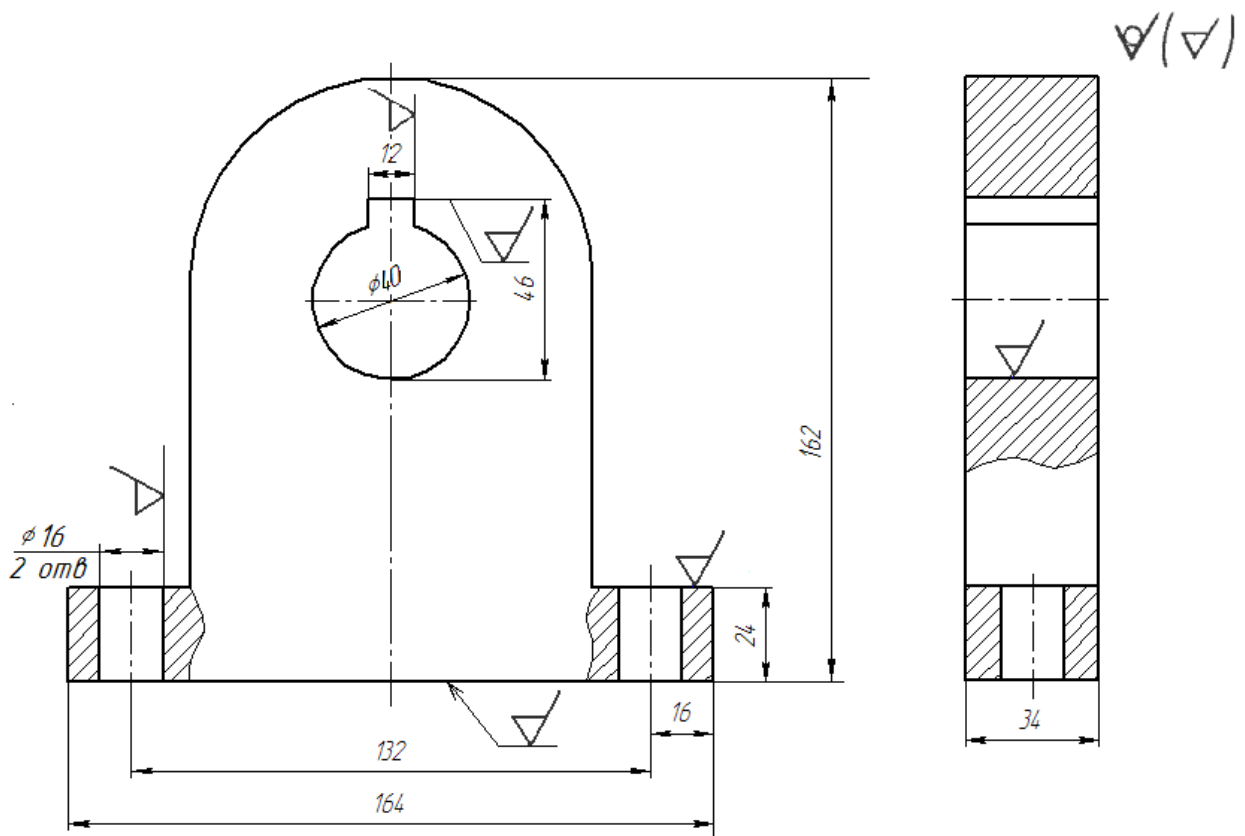


Рис. 5 – Опора

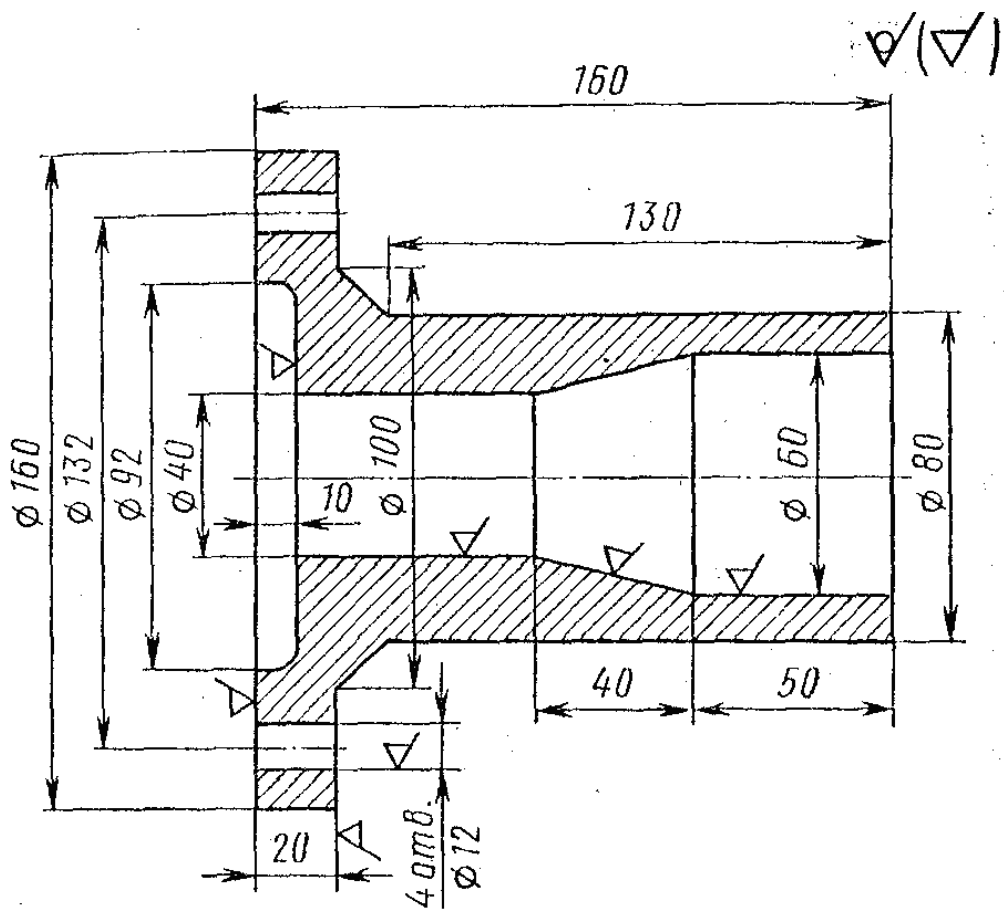


Рис. 6 – Втулка

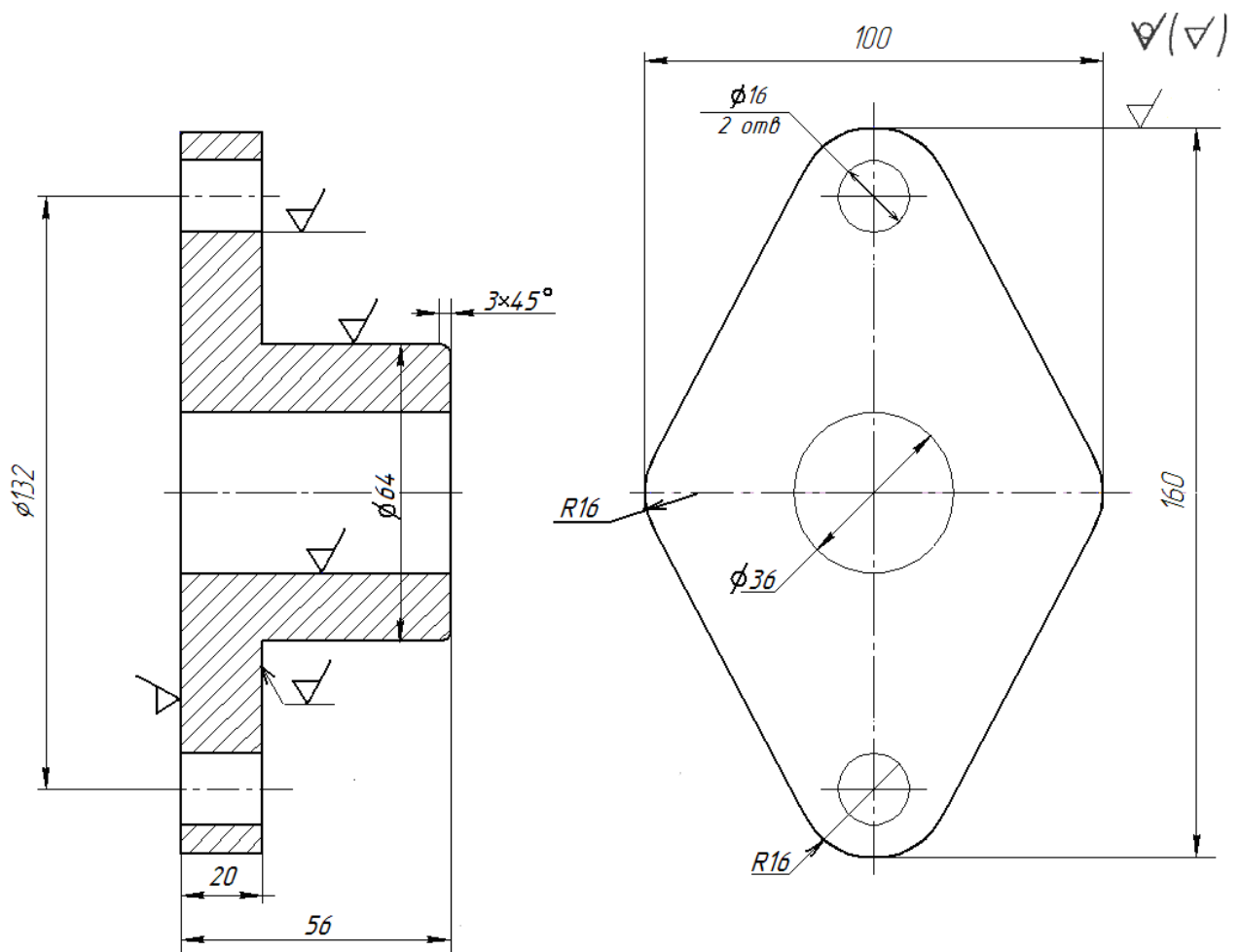


Рис. 7 – Фланец

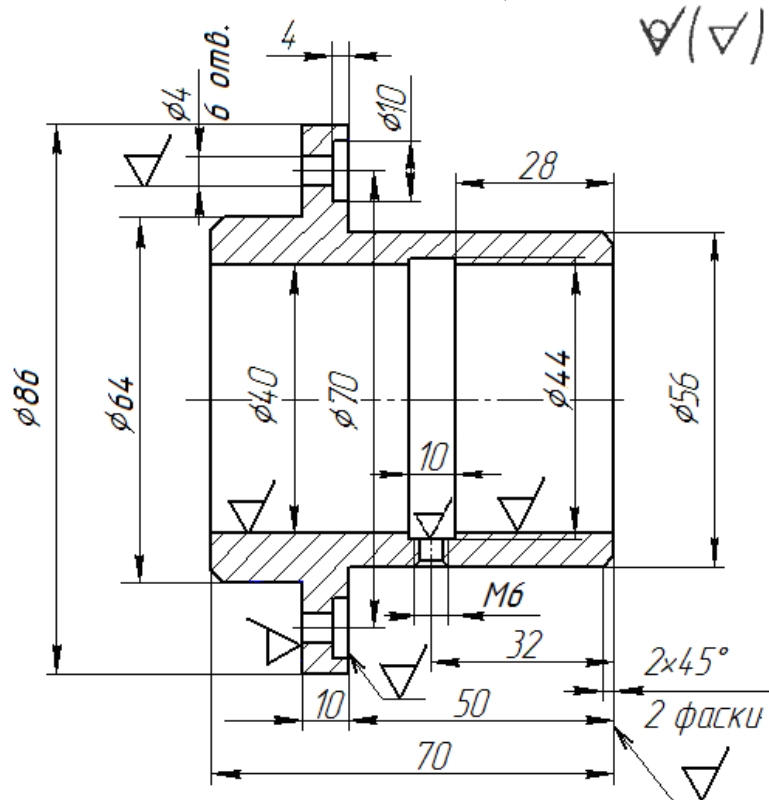


Рис. 8 – Втулка

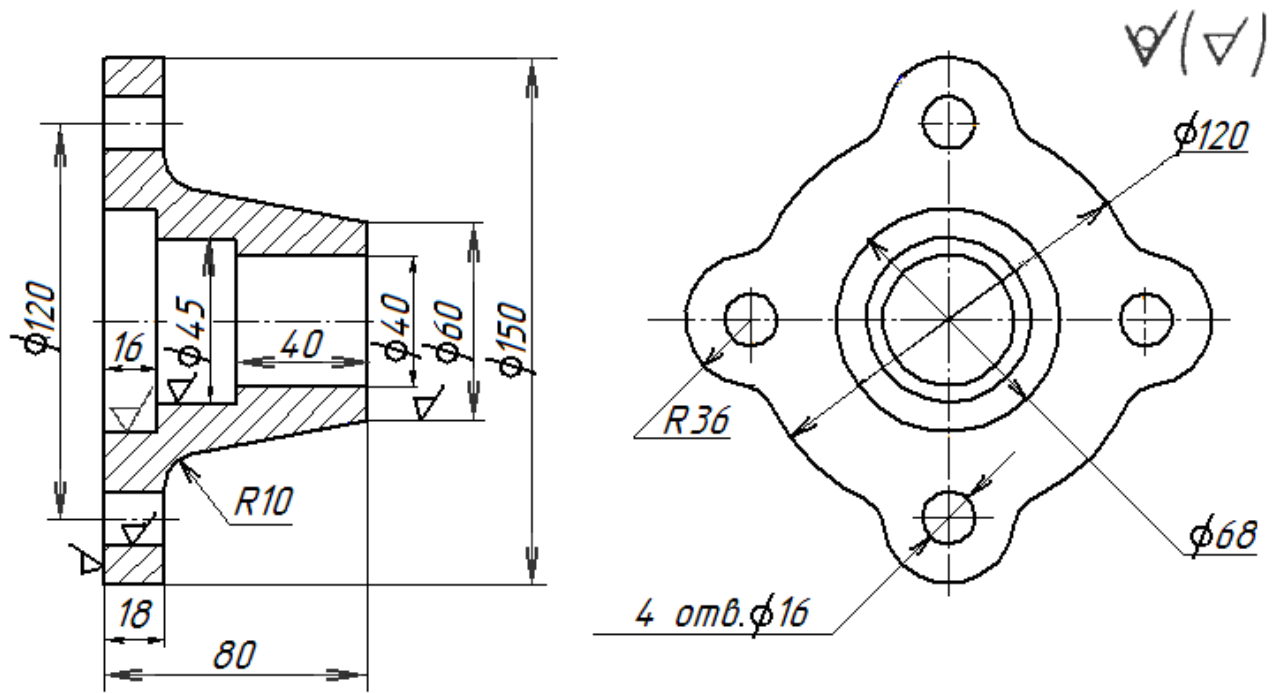


Рис. 9 – Кришка

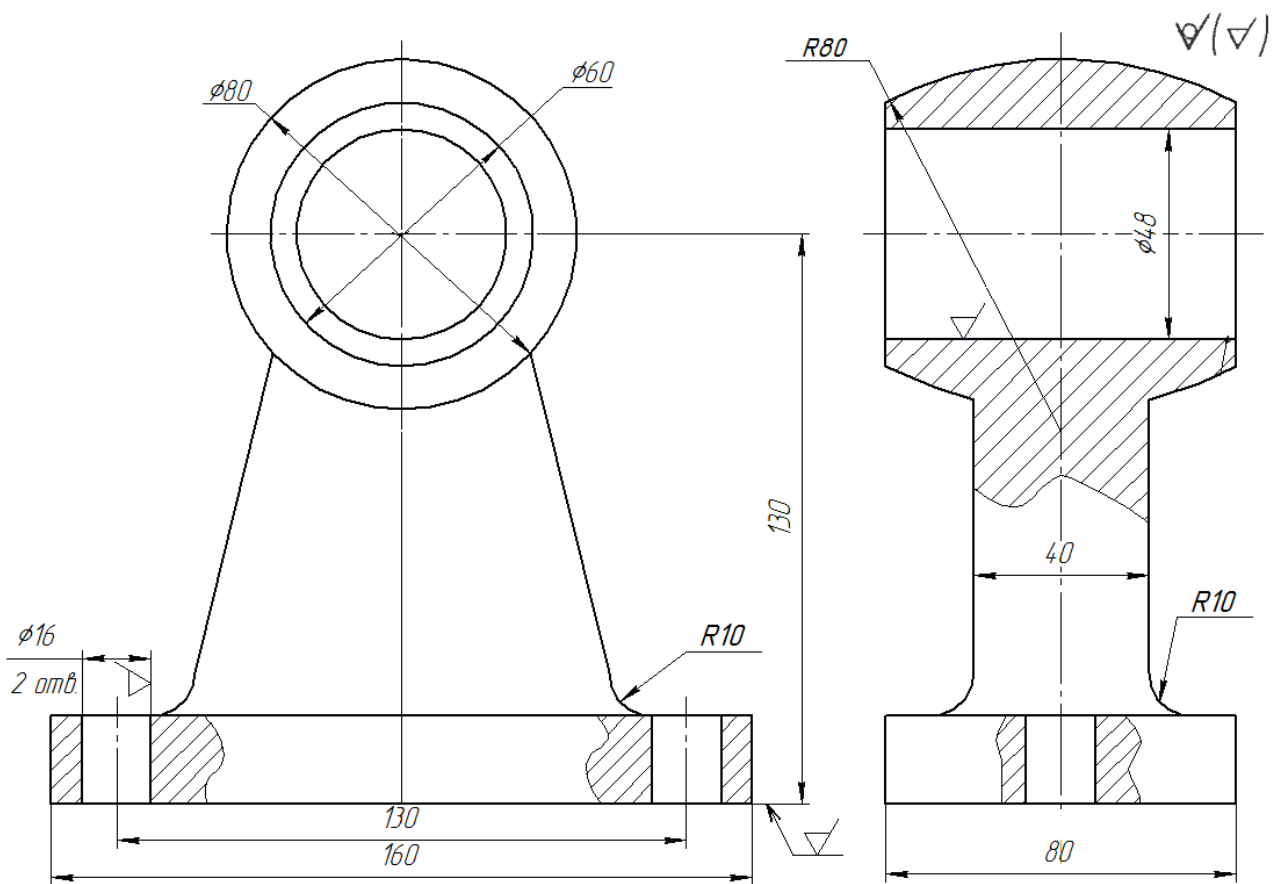


Рис. 10 – Корпус

Обсяг, послідовність розрахунку

1. Провести якісне оцінювання технологічності деталі за:

- матеріалом (вказати його характеристику і застосування в машинобудуванні, а також зробити висновки про правильність його вибору);
- геометричною формою (вказати форму деталі, конфігурацію оброблюваних поверхонь і вибрати метод отримання заготовки);
- якістю поверхонь (визначити точність поверхонь деталі та їх якість; вибрати інструменти та устаткування для обробки поверхонь);
- допустимими способами отримання заготовок (назвати можливі недоліки у технологічності деталі та шляхи їх усунення).

2. Виконати необхідні розрахунки для визначення кількісного оцінювання технологічності деталі за формулами 1 – 4. Дані для визначення якісного оцінювання слід брати з таблиці 1.

Контрольні питання

1. Що таке технологічність конструкції? Яка необхідність є у проведенні аналізу технологічності деталі?
2. За допомогою яких чинників вона визначається?

Література: [2, 4, 7, 14, 15]

Практична робота № 2

Тема. Визначення типу виробництва

Мета: закріпити знання про основні типи виробництва; навчитись правильно визначати тип виробництва, оскільки від цього залежать подальші розрахунки режимів різання, нормування технологічного процесу, вибір маршрутного технологічного процесу механічної обробки деталі, інструмента та пристосування.

Короткі теоретичні відомості

Тип виробництва як загальна організаційно технічна характеристика залежить від:

- розміру виробничої програми;
- характеристики продукції;
- технічних і економічних умов здійснення виробничих процесів.

У машинобудуванні розрізняють три типи виробництва – одиничне, серійне, масове. Причому, на одному й тому ж підприємстві можуть існувати різні типи виробництва.

За *одиночного виробництва* повторюваність виробів незначна або відсутня. Технологічне обладнання – універсальне, пристрої теж універсальні і, дуже рідко, спеціальні. Малий ступінь деталізації технологічних процесів (маршрутні технологічні процеси). Нормування робіт укрупнене. Кваліфікація робітників висока.

Серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним і масовим. Розрізняють такі серійні виробництва: малосерійне (МСВ), середньосерійне (ССВ), крупносерійне (КСВ). За серійного виробництва повторюваність партій (серій) періодична. Технологічне обладнання універсальне, частково спеціалізоване і спеціалізоване. Заготовки: прокат, кокільне лиття, штамповки. Технологічні процеси розробляються більш детально і формуються у вигляді маршрутно-операційних або операційних карт. Собівартість виготовлення де-

талей середня. Форми організації – предметна та потоково-серійна.

Масове виробництво характеризується безперервним виготовленням обмеженої номенклатури на вузькоспеціалізованих робочих місцях. Технологічні процеси розроблюються детально. Кваліфікація робітників низька. Форми організації виробничих процесів – масова прямотечійна (пульсуючий потік) та безперервно потокова.

Потокова форма характеризується тактом випуску деталей.

Такт випуску – це час у хвилинах, протягом якого виготовляється один виріб (деталь) при 100 % виконанні програми випуску:

$$t = 60 \cdot \frac{F_{\partial} \cdot m}{N_p}, \quad (5)$$

де F_{∂} – дійсний фонд часу роботи потокової лінії за рік при роботі в одну зміну, *годин*; m – число робочих змін; N_p – річна програма випуску деталей, *шт.*

Тип виробництва можна орієнтовно визначити за ступенем спеціалізації робочих місць, який визначається коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (6)$$

де O – кількість різних операцій, що виконуються на робочому місці; P – кількість робочих місць для кожної операції.

Тип виробництва визначають за наступними значеннями $K_{з.о}$:

$K_{з.о} = 1$ – масове;

$1 < K_{з.о} < 10$ – великосерійне;

$10 < K_{з.о} < 20$ – середньосерійне;

$20 < K_{з.о} < 40$ – дрібносерійне;

$K_{з.о} > 40$ – одиничне.

Кількість верстатів для кожної операції визначають за формулою:

$$m = \frac{N_p \cdot T_{ум}}{60 \cdot F_{\partial} \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (7)$$

де $T_{шт}$ – середній штучний час, хв; $\eta_{з.н.}$ – середнє значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання, $\eta_{з.н.} = 0,75...0,8$.

Завдання до теми

Розрахувати коефіцієнт закріплення операцій для технологічного процесу обробки деталі. При цьому слід врахувати, що:

$N_p = 500$ – програма випуску деталей у рік;

$F_o = 2070 год$ – дійсний фонд часу роботи одного верстата при роботі в од-ну зміну ($m = 1$).

$T_{шт}$ – задано для певної деталі типу вал (різних розмірів) за табл. 2.

Таблиця 2 – Дані до практичної роботи 2

№ ва-ріанта	Операції		
	Фрезерно-центрувальна	Токарно-гвинторізна	Круглошліфувальна
1	$T_{шт} = 1,23 хв$	$T_{шт} = 3,08 хв$	$T_{шт} = 2,54 хв$
2	$T_{шт} = 1,34 хв$	$T_{шт} = 3,19 хв$	$T_{шт} = 2,67 хв$
3	$T_{шт} = 1,12 хв$	$T_{шт} = 2,93 хв$	$T_{шт} = 2,48 хв$
4	$T_{шт} = 1,45 хв$	$T_{шт} = 3,23 хв$	$T_{шт} = 2,73 хв$
5	$T_{шт} = 1,22 хв$	$T_{шт} = 3,06 хв$	$T_{шт} = 2,52 хв$
6	$T_{шт} = 1,42 хв$	$T_{шт} = 3,21 хв$	$T_{шт} = 2,69 хв$
7	$T_{шт} = 1,40 хв$	$T_{шт} = 3,19 хв$	$T_{шт} = 2,68 хв$
8	$T_{шт} = 1,46 хв$	$T_{шт} = 3,24 хв$	$T_{шт} = 2,74 хв$
9	$T_{шт} = 1,33 хв$	$T_{шт} = 3,18 хв$	$T_{шт} = 2,66 хв$
10	$T_{шт} = 1,41 хв$	$T_{шт} = 3,20 хв$	$T_{шт} = 2,65 хв$

Контрольні питання

1. Чим керуються при виборі типу виробництва?
2. Що таке такт та як його розраховують?

Література: [2, 4, 6]

Практична робота № 3

Тема. Обґрунтування вибору способу отримання заготовки.

Мета: узагальнити та систематизувати знання про способи отримання заготовок. Отримати практичні навички у визначенні та виборі раціонального методу отримання заготовки та за виконаним власноруч кресленням заготовки розрахувати її масу та вартість, а також визначити економічний ефект. Набути вміння самостійно робити висновки, користуватися довідковою літературою.

Короткі теоретичні відомості

Максимально наблизити геометричні форми і розміри заготовки до розмірів і форми готової деталі – одне з головних завдань у виробництві заготовок.

Вид заготовок і спосіб їх виготовлення для конкретної деталі визначаються такими основними показниками, як:

- конструктивна форма, розміри, маса та матеріал деталі;
- річна програма випуску та серійність виробництва;
- необхідна точність виготовлення заготовки;
- маса заготовки, шорсткість та якість поверхневих шарів матеріалу заготовки.

Кожен метод містить велике число способів отримання заготовок, тому завдання полягає у виборі такого методу, який має забезпечити найменшу собівартість деталі: понизити витрати на її виготовлення та значно скоротити трудомісткість механічної обробки.

Вибрати заготовку – означає встановити спосіб її отримання, позначити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри і вказати допуски на неточність їх виготовлення, а також виконати креслення заготовки, обчислити її масу та вартість.

Матеріал – одна з важливих ознак, що визначають метод отримання заготовок. Найширше використовувані матеріали об'єднані в 7 груп.

Для раціонального вибору заготовки необхідно одночасно враховувати всі вище перелічені дані, оскільки між ними існує тісний взаємозв'язок.

Остаточне рішення про метод отримання заготовки приймається після комплексного розрахунку собівартості заготовки і механічної обробки в цілому.

Для порівняння двох видів отримання заготовок слід скласти таблицю 3, до якої необхідно занести початкові дані для розрахунків собівартості заготовок за варіантами.

Собівартість виробництва заготовки, отриманої штампуванням на ГKM (або на молотах чи пресах), а також литтям у звичайні земляні форми та кокілі, литтям під тиском, литтям за моделями, що виплавляються, можна визначити за залежністю:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (8)$$

де C_i – базова вартість 1т заготовок, грн; $S_{відх}$ – вартість 1т відходів, грн; $Q = 1,20 \cdot q$ – маса заготовки на ГKM, кг; q – маса готової деталі, кг; $k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$ – коефіцієнти, які залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу, обсягу виробництва заготовок, ([2, 12,13] або з довідкової літератури).

Вартість заготовки, яку одержують з прокату:

$$S_{заг} = \frac{Q \cdot S}{1000} - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}. \quad (9)$$

Економічний ефект для зіставлення способів отримання заготовок, при яких технологічний процес механічної обробки не змінюється, визначають за формулою:

$$E_e = (S_{заг1} - S_{заг2}) \cdot N_p, \quad (10)$$

де $S_{заг1}, S_{заг2}$ – вартість заготовок, які зіставляють, грн;

N_p – річна програма випуску деталі, шт.

Завдання до теми

Чотириступінчастий вал зі сталі (рис. 11) виготовляють різними методами.

Розрахувати техніко-економічні показники та вибрати доцільний метод отримання заготовки. Накреслити ескіз заготовки за двома обраними варіантами способів отримання заготовки.

Дані до задачі наведені в таблиці 3. Усі записи розрахунків заносити до таблиці 4.

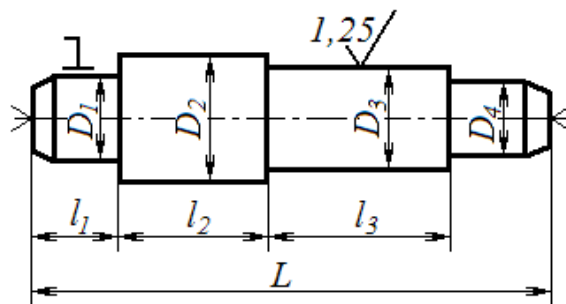


Рис. 11 – Чотириступінчастий вал

Таблиця 3 – Дані для розрахунків вартості заготовки за варіантами

Варіант	Діаметр шийок, мм			Довжина L, мм	Довжина ступенів, мм			Маса заготовки G_3 , кг	Матеріал (сталь)
	D_1, D_4	D_2	D_3		l_1	l_2	l_3		
1	30	50	40	220	45	55	85	2,0	45ХНМ
2	45	65	55	260	55	65	95	4,7	25
3	20	40	30	180	40	50	60	1,0	40ХН
4	50	75	60	350	70	120	80	8,2	35Х
5	25	45	35	200	40	50	70	1,5	35
6	60	80	70	300	80	120	50	9,1	40
7	40	60	50	280	50	70	90	4,1	45ХН
8	70	90	80	350	75	125	90	13,8	38Х2МЮА
9	35	55	45	240	50	60	90	2,9	45
10	55	75	65	300	65	85	85	7,5	40Х

Таблиця 4 – Порівняльна характеристика методів виготовлення деталі

N пор	Найменування показників	1-й метод	2-й метод
1	2	3	4
1	Вид заготовки		
2	Клас точності		
3	Група складності		
4	Маса заготовки Q , кг		
5	Вартість 1т заготовок, прийнятих за базу C_i , грн		
6	Вартість 1т відходів (стружки) $S_{відх}$, грн		

Обсяг, послідовність розрахунку

Виконання розрахунків слід почати з визначення різних чинників та параметрів деталей, використовуючи дані з таблиць додатків та довідкової літератури. Методика розрахунку подана у додатку Е.

1. Код групи визначають за таблицею додатку А на основі даних креслення деталі.

2. *Конструктивні форми* деталей загального машинобудування поділяють на 14 видів. Відповідний код обирають на основі порівняння реальної деталі з описом типових деталей, представлених у таблиці додатка А.

3. Щоб знайти *серійність виробництва*, необхідно знати масу деталі (згідно з кресленням) і задатися конкретною програмою випуску. Код серійності визначають за таблицею додатка Б.

4. За *масою* заготовки згруповані у 8 діапазонів, які вибирають за таблицями додатка В.

5. Коди виду заготовок із вказівкою конкретних способів виготовлення розшифровують згідно з таблицею додатка Г. Це рекомендаційна операція для цієї деталі на першому етапі розв'язання задачі.

Таким чином, визначивши коди за кожним з чотирьох чинників, складемо перелік можливих видів і способів отримання заготовок для цієї деталі згідно з таблицею додатка Д:

- 1) за кодом матеріалу деталі знаходимо відповідні рядки таблиці.
- 2) за кодом серійності виробництва уточнюємо місце рядка усередині відповідного матеріалу;
- 3) код конструктивної форми визначає остаточне місце рядка даних у відповідному коді серійності.;
- 4) код маси деталі уточнює горизонталь у рядку потрібного коду форми деталі, яка вказує перелік кодів виду заготовок.

6. Собівартість виробництва заготовок, без урахування витрат на попередню механічну обробку, для способів лиття і обробки тиском визначають за залежностями (8 – 10). При цьому, знаючи розміри ступенів вала, використовуючи програму Solid works, слід розрахувати масу деталі для кожного зі способів виготовлення деталі, або за формулами з довідкової літератури.

7. Зробити висновки.

Примітка. Приклад виконання подано у додатку Е.

Контрольні питання

1. Якими методами найчастіше виготовляють заготовки? Обґрунтуйте на прикладі заготовки, яку Ви розробляєте.
2. Як визначають економічний ефект від виготовлення заготовок різними способами?

Література: [2, 4, 12, 15]

Практична робота № 4

Тема. Розробка технологічного процесу обробки деталі

Мета: закріпити знання з даної теми, навчитися аналізувати креслення деталі, виконувати оцінювання технологічності, обирати вид заготовки, технологічні бази та схеми установки заготовок, визначати методи та маршрути обробки поверхонь, обирати технологічне верстатне обладнання, інструменти та пристосування; закріпити вміння оформляти технологічну документацію.

Короткі теоретичні відомості

Засобами технологічного оснащення є обладнання (металорізальні верстати, преси та ін.), різальні інструменти, засоби контролю, засоби механізації та автоматизації виробничих процесів. Їх обирають з урахуванням типу виробництва, програми випуску виробів, можливості групування операцій, застосування стандартного оснащення та обладнання.

У масовому та великосерійному виробництвах найчастіше застосовують швидкодіючі автоматизовані пристосування – універсальні та багатомісні. При використанні ж нестандартного різального та вимірювального інструменту, а також спеціальних пристосувань та переналагоджуваного оснащення, застосування яких мусить бути економічно обґрунтоване, слід максимально використовувати нормалізовані та уніфіковані вузли й елементи (приводи, столи та ін.). Також необхідно передбачати можливість організації безперервної потокової лінії.

Для дрібносерійного виробництва розробляється одиничний технологічний процес. Це дає можливість скорочувати час на підготовку виробництва, ефективно застосовувати універсальне обладнання та універсально-налагоджувальні пристосування. Для серійного виробництва технологічний процес найчастіше будують, орієнтуючись на використання *змінно-потоккових* або *групових потоккових ліній*, коли паралельно виготовляються партії деталей різних найменувань.

При розробці технологічного процесу керуються наступними принципами:

- у першу чергу обробляють ті поверхні, які є базовими при подальшій обробці;
- після цього обробляють поверхні з найбільшим припуском;
- далі виконують обробку поверхонь, зняття металу з яких найменшою мірою впливає на жорсткість заготовки;
- на початок технологічного процесу слід відносити ті операції, на яких можна чекати появи браку через приховані дефекти металу (тріщини, раковини і под.);
- поверхні, обробка яких пов'язана з точністю та допусками відносного розташування поверхонь (співвісності, перпендикулярності, паралельності і т. д.), виготовляють за одне встановлення;
- поєднання чорнової (первинної) та чистової (заключної) обробок в одній операції та на одному і тому самому устаткуванні небажане – таке поєднання допускається при обробці жорстких заготовок з невеликими припусками;
- при виборі встановлювальних (технологічних) баз слід прагнути до дотримання двох основних умов:

1) поєднання технологічних баз з конструкторськими (наприклад, отвір у корпусі насадної циліндрової фрези одночасно слугує посадочним місцем для облямування в процесі експлуатації та базою для більшості операцій);

2) постійності баз, тобто вибору такої бази, орієнтуючись на яку, можна провести всю або майже всю обробку (наприклад, центрові отвори вала, осі або хвостовики різального інструменту). Принцип базування заготовок повинен суворо відповідати ГОСТ 3.1107–81.

Перед розробкою технологічного процесу обробки деталі доцільно ознайомитися з методами виготовлення аналогічних деталей за літературними джерелами та в умовах діючого виробництва, а також проаналізувати доцільність вибору того чи іншого методу та раціональність використання різноманітного устаткування.

Користуючись основними положеннями технології машинобудування і використовуючи дані про економічну точність різних методів обробки повер-

хонь, необхідно скласти таблиці 5 та 6, у яких слід вказати маршрут обробки поверхонь деталей (у нашому випадку – для вала).

При цьому маршрутний технологічний процес механічної обробки деталі повинен відповідати встановленому типу виробництва, тому за основу береться типовий технологічний процес обробки деталі даного класу.

Таблиця 5 – Приклад вибору методів обробки поверхні деталі

Номер поверхні	Вид поверхні	Перехід	Показники якості		Маршрут обробки поверхні
			Квалітет точності	Шорсткість R_a , мкм	
1; 19	Плоска	1	14	12,5	Фрезерування
...
6, 15	Циліндрична	1	14	12,5	Точіння чорнове
		2	12	6,3	Точіння чистове
		3	9	3,2	Шліфування попереднє
		4	6	2,5	Шліфування остаточне
...
23	Плоска			R_z 160	Не обробляється

Таблиця 6 – Приклад запису змісту операцій технологічного процесу механічної обробки деталі «вал»

№ операції	Найменування операції	Зміст операції	Обладнання: модель, найменування
1	2	3	4
005	Фрезерно-центрувальна	1. Фрезерувати торець деталі поверхня 19. 2. Центрувати по черзі три отвори в правому торці вала. 3. Свердлити по черзі два отвори в правому торці пов. 2. ...	Фрезерно-центрувальний верстат МР-71М

Продовження таблиці 6

1	2	3	4
		10. Нарізати різьбу по черзі у двох отворах з боку правого торця вала. 11. Переустановити вал.	
010	Токарно-гвинто-різна
015	Токарно-гвинто-різна	1. Точити начорно шийку вала поверхні 12 з боку лівого торця за 7 проходів на довжині L= ... мм 2. Точити начорно шийку вала поверхні 15 з боку правого торця за 2 проходи. 3. Точити начорно шийку вала поверхні 17 з боку правого торця. 4. Точити начисто з боку правого торця шийки вала поверхонь 12, 15, 17; точити фаски поверхонь 13, 18.	Токарний 16К40
::
030	Контрольна	Повний контроль параметрів деталі	

Вибір технологічного устаткування для виконання технологічного процесу впливає на економічні показники виготовлення деталі, а тому необхідно враховувати характер виробництва, методи досягнення заданої точності при обробці, необхідну продуктивність, відповідність верстата розмірам деталі, потужність верстата, габаритні розміри і вартість верстата, зручність в експлуатації, кінематичні дані верстата (подачу, частоту обертання і т. ін.), можливість оснащення верстата високопродуктивними пристосуваннями.

Вибір технологічного верстатного устаткування необхідно виконати на кожну операцію технологічного процесу обробки деталі. Результати слід занести до зведеної таблиці 7.

Вибір устаткування: різального та контрольно-вимірювального інструменту, а також пристосувань проводять по кожній операції технологічного процесу обробки певної деталі зі зведенням усіх даних до таблиці 8.

Таблиця 7 – Коротка характеристика устаткування технологічного процесу обробки деталі – ... (вказати найменування деталі)

Найменування та модель устаткування	D_{\max} обробки, мм	L_{\max} обробки, мм	Число ступенів обертання	Межі чисел обертів	Число подач	Межі чисел подач	Потужність двигуна, кВт
Фрезерно-центрувальний верстат МР-71М							
...							
Круглошліфувальний 3М194							

Таблиця 8 – Вибір пристосувань, різального і контрольно-вимірювального інструменту технологічного процесу обробки деталі „вал”

№ операції	Модель верстата	Пристосування	Інструмент	
			Різальний	Вимірювальний

Устаткування вибирається й обґрунтовується на основі наступної інформації: плану розвитку даного виробництва; технологічних вимог до виробу; можливості технологічного оснащення відповідно до продуктивності, точності та надійності; витрат на виготовлення в задані терміни й експлуатацію; обліку вимог техніки безпеки і промислової санітарії.

Метод обробки визначає вид різального інструменту. Режими різання, марка оброблюваного матеріалу й умови протікання процесу обробки визначають матеріал різальної частини інструменту.

У першу чергу слід розглянути операції обробки базових поверхонь, потім намітити ряд чорнових, чистових і обробних операцій, переконавшись при цьому в точності вибору технологічних баз, а також у правильному чергуванні технологічних операцій.

Варіативність техпроцесу – це можливість виготовити задану деталь з прийнятним ступенем точності та рівнем якості, реалізуючи різні технологічні процеси, які відрізнятимуться видом заготовки, послідовністю технологічних операцій, інструментом, оснащенням, устаткуванням, продуктивністю показниками ефективності. При цьому слід урахувати, що:

- 1) при порівнянні варіантів вид заготовки враховувати не потрібно;
- 2) пропонувані варіанти повинні бути приведені до зіставного вигляду за об'єктом виробництва (деталь, ступінь точності, рівень якості), продуктивністю, соціальними чинниками і впливом на навколишнє середовище;
- 3) для скорочення обсягу розрахунків допускається розглядати варіанти технологічних процесів, що відрізняються один від одного не повністю, а лише окремими елементами (1 – 2 операції).

Завдання до теми

Розробити маршрут обробки ступінчастого вала (рис. 11), який виготовлено зі сталі в умовах дрібносерійного виробництва.

Вихідні дані для розробки технологічного процесу за варіантами слід обирати з таблиці 3 практичного завдання № 3.

Контрольні питання

1. Поясніть, що таке виробничий та технологічний процеси, назвіть їх структуру та характеристики.
2. Що таке маршрутні, маршрутно-операційні та операційні технологічні процеси та назвіть їхні особливості.
3. Як виконується побудова операцій технологічного процесу, вибір устаткування та інструментів?

Література: [2, 3, 4, 11, 14, 15].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабук В. В. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: учебное пособие / В. В. Бабук. – Мн.: Высшая школа, 1987. – 256 с.
2. Балабанов А. Н. Технологичность конструкций машин / А. Н. Балабанов. – М.: Машиностроение, 1987. – 459 с.
3. Барановский Ю. В. Режимы резания металлов: справочник. / Ю. В. Барановский. М.: –Машиностроение, 1972. – 508 с.
4. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич. – Мн.: Выш. школа, 1983. – 256 с.
5. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений / В. А. Горохов. – Мн.: Выш. школа, 1986. – 268 с.
6. Панов А. А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. / А. А. Панов. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
7. Юдин Е. Я. Охрана труда в машиностроении 8/ Е. Я. Юдин. – М.: Машиностроение, 1976. – 335 с.
8. Мельников Г. Н. Проектирование механосборочных цехов / Г. Н. Мельников, В. П. Вороненко. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
9. Пирогов Л. И. Методические указания по выполнению дипломного проекта / Сост. Л. И. Пирогов, В.И. Приходько. – Харьков: ХПИ, 1986.
10. Методические указания по оформлению технологической документации курсового и дипломного проектов по технологии машиностроения. – Кременчуг, 1992. – 56 с.
11. Методические указания «По оформлению графической и текстовой части курсового проекта по технологии машиностроения». – Кременчуг, 1989.
12. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места, на работы, выполняемые на металлорежущих станках (мелкосерийное производство) – М.: Экономика, 1988. – 366 с.
13. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х т. / В. И.

Анурьев. – М.: Машиностроение, 1982. – Том 1. – 728 с.

14. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. Том 1. – 664 с.

15. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. Том 2 – 496 с.

Класифікація матеріалів за групами

Вид матеріалу	Код групи
Сталі вуглецеві	1
Чавуни	2
Ливарні сплави	3
Високолеговані сталі та сплави	4
Низьковуглецеві сталі	5
Леговані сталі	6
Прокатані матеріали	7

Конструктивна форма деталі

Основні ознаки деталі	Код
Вали гладкі круглого чи квадратного перерізу	1
Вали круглого перерізу з одним уступом або фланцем, з буртом або виїмкою без центрального отвору	2
Деталі з циліндричною, конічною, криволінійною та комбінованими формами поверхонь без центрального отвору та з отвором, довжиною $L \leq 0,5D$	3
Те саме, $0,5 < L < 2D$	4
Те саме, $L > 2D$	5
Деталі з циліндричною, конусною, криволінійною поверхнями, з гладкою або ступінчатою зовнішньою поверхнею з наскрізним чи глухим гладким або ступінчастим отвором	6
Деталі, круглі в плані або близькі до цієї форми, які мають гладку чи ступінчасту зовнішню циліндричну поверхню з одно- або двосторонніми уступами чи ступицями, з центральним отвором чи без нього, довжиною $0,5D_0 < L < 2D_0$	7
Деталі складної просторової форми	8
Деталі с подовженою, прямолінійною, вигнутою віссю та вісями, що перетинаються	9
Корпусні деталі, що мають поєднання призматичної, циліндричної та других форм зовнішньої поверхні з наявністю базових отворів та установочних площин, з порожниною чи без неї, тих, що мають на поверхні ребра, поглиблення, виступи, бобишки і отвори	10

Продовження додатка А

1	2
Деталі з призматичною, циліндричною або з поєднанням криволінійної чи призматичної форм зовнішніх поверхонь з привалочною поверхнею у вигляді прямокутних круглих фланців, що мають ребра, поглиблення, виступи	11
Коробчасті рознімні корпуси з настановною поверхнею, паралельною та перпендикулярною відносно площини роз'єму, такі, що мають одну або більше базових поверхонь, а також ребра, заглибини, виступи	12
Деталі простої конфігурації, обмежені гладкими і ступінчастими, плоскими, циліндричними і комбінованими поверхнями з наявністю ребер, буртів, бобишок, фланців і отворів	13
Тонкостінні порожнисті деталі з циліндричною, конічною і комбінованими формами зовнішньої поверхні, а також деталі типу дисків і кришок	14

Додаток Б

Визначення серійності виробництва заготовок

Вид заготовки	Програма випуску при масі деталі, кг			Код серійності
	10	100	1000	
Штамповка, поковка	500	250	60	1
	1000	400	300	2
	2500	1000	600	3
	3500	1000	600	4
Прокат	500	250	60	1
	1000	400	300	2
	3500	1000	600	3, 4
Виливка	2000	600	300	1
	12000	4000	1500	2
	30000	8000	7000	3, 4

Додаток В

Діапазони виливок, поковок та штамповок за масою

Маса, кг	Номер діапазону	Маса, кг	Номер діапазону
До 0,63	1	10,0 – 63	5
0,63 – 1,6	2	63 – 100	6
1,6 – 4,0	3	100 – 400	7
4,0 – 10,0	4	Понад 400	8

Діапазони діаметрів прокату

Маса, кг	Номер діапазону	Маса, кг	Номер діапазону
До 5	1	100 – 140	5
5 – 30	2	140 – 210	6
30 – 50	3	210 – 250	7
50 – 100	4	Понад 250	8

Додаток Г

Коди виду заготовок

Спосіб виробництва заготовок	Код	Коефіцієнт $K_{в.т.}$
Лиття в піщано-глинисті форми	1	0,7
Відцентрове лиття	2	0,85
Лиття під тиском	3	0,91
Лиття в кокіль	4	0,8
Лиття в оболонкові форми	5	0,9
Лиття за моделями, що виплавляються	6	0,91
Штампування на молотах і пресах	7	0,8
Штампування на ГKM	8	0,85
Вільне кування	9	0,6
Прокат	10	0,4
Зварні заготовки	11	0,95

Вибір можливих видів і способів виготовлення заготовок

Код ознаки				
Матеріал	Серійність	Конструктивна форма	Маса деталі	Вид заготовки (спосіб виготовлення)
1...3	1	–	1...6	1
	2...4	1	1...6	1, 4...6
			7	1, 4, 5
			8	1, 4, 5
		2	1...6	1, 4...6
			7	1, 4, 5
			8	1, 4
		3, 4	1...6	1, 2, 4...6
			7	1, 4, 5
			8	1, 2, 4
		5	1...6	1...6
			7	1, 2, 4, 5
			8	1, 2, 4
6	1...6	1, 2, 4...6		
	7	1, 2, 4, 5		
	8	1, 2, 4		
7	1...6	1...6		
	7	1, 2, 4		
	8	1, 4...6		
8, 9	1...6	1, 4...6		
	7	1, 4, 5		
	8	1, 4		
10	1...6	1, 3...6		
	7	1, 4, 5		
	8	1, 4		
11, 12	1...6	1, 3...6, 11		
	7	1, 4, 5, 11		
	8	4, 4, 11		
13	1...6	1...6		
	7	1, 2, 4, 5		
	8	1, 2, 4		
14	1...6	1, 2, 11		
	7, 8			
4...7	1	1...7 8 9 10...12 13, 14	1...8	9, 10 9 9, 10 11 9, 11
4...7	2...4	1 2...7 8 9 10...12 13, 14	1...8	9, 10 7...10 7, 9 7...9 11 7, 11

Приклад виконання роботи з теми

«Обґрунтування вибору способу отримання заготовки»

Визначити можливі види і способи отримання заготовок для деталі "Фланець".

Річна програма випуску – 1000шт

Маса деталі $M_d = 1,88$ кг

Матеріал сталь 15ХМ ГОСТ 4543-71.

Розв'язання

1. Визначаємо чотири основні показники деталі:

1) Матеріал – сталь 15ХМ ГОСТ 4543-71, низьковуглецева; за таблицею додатку А для заданої марки сталі визначуваний код – 5;

2) конструктивна форма – за таблицею додатку А; основні ознаки деталі – відповідно до креслення; визначуваний код конструктивної форми – 3;

3) серійність виробництва за таблицею додатку Б для виду заготовки – штампування з масою деталі $M_d = 1,88$ кг та програмою випуску 1000 – визначуваний код серійності – 4;

4) маса заготовки $M_x = 2,44...2,49$ кг або за формулою

$$M_x = \frac{M_d}{K_{в.м.}} = \frac{1,88}{0,8} = 2,35 \text{ кг};$$

за таблицею додатку В для $M_x = 2,44...2,49$ кг визначаємо код маси – 3.

2. Вибираємо можливі види і способи отримання заготовок для заданої деталі, враховуючи визначені раніше коди чотирьох основних показників деталі:

код матеріалу – 5,

код серійності – 4,

код конструктивної форми – 3,

код маси – 3.

За таблицею додатку Д на підставі знайдених кодів 5-4-3-3 з графі таблиці «Вид заготовки (спосіб виготовлення)» виписуємо рекомендовані коди видів 7,8,9,10. Використовуючи таблицю.6, розшифровуємо коди видів заготовок:

7 – штампування на молотах і пресах, 8 – штампування на горизонтально-кувальних машинах, 9 – вільне кування, 10 – прокат.

Остаточне рішення про вибір конкретного способу з отриманого переліку приймемо після визначення і порівняння собівартості отримання заготовки за формулами (8 – 10) для 7 і 9 видів або способів виготовлення, оскільки 8 і 10 способи не відповідають заявленій річній програмі.

Визначимо собівартість виробництва заготовок штампуванням на молоті у відкритому і закритому штампі за способом 7, заздалегідь розрахувавши базову вартість 1т заготовок необхідної маси і марки матеріалу.

Примітка. Усі ціни, подані у даній задачі – умовні. Для виконання практичної роботи слід указувати розцінки станом на 1 вересня кожного навчального року.

Спочатку знайдемо C_x оптової ціни для заготовки з проміжним значенням маси $M_x = 2,44$ кг з базової марки сталі 35 за формулою:

$$C_x = C_1 - \frac{(C_1 - C_2) \cdot (M_x - M_1)}{M_2 - M_1}, \text{ грн/т},$$

де C_x – шукана оптова ціна для заготовки з проміжним значенням маси M_x , грн.; $M_1 = 2,25$ кг – найближче значення маси, менше, ніж M_x , кг; $M_2 = 2,825$ кг – найближче значення маси, більше, ніж M_x , кг; $C_1 = 686$ грн – оптова ціна для заготовки масою M_1 , грн.; $C_2 = 651$ грн – оптова ціна для заготовки масою M_2 , грн.

$$C_x = 686 - \frac{(686 - 651) \cdot (2,44 - 2,25)}{2,825 - 2,25} = 686 - 11,56 = 674,44 \text{ грн.}$$

За формулою $C = C_x \cdot K_y$, грн/т , визначаємо базову вартість 1 т заготовок зі сталі 15ХМ за допомогою коефіцієнта K_y , який враховує конкретну марку матеріалу.

Так, $K_y = 1,0$ – для марок сталі 25, 35, 40; $K_y = 1,005$ – для сталі 45;

$K_u = 1,134$ – для сталі 35Х; $K_u = 1,137$ – для сталі 40Х;

$K_u = 1,3$ – для сталі 40ХН; $K_u = 1,31$ – для сталі 45ХН;

$K_u = 1,9$ – для сталі 45ХНМ; $K_u = 2,24$ – для сталі 38Х2МЮА.

$$C = 674,44 \cdot 1,2 = 809,33 \text{ грн}$$

За формулою (8) визначаємо собівартість виробництва заготовок штампуванням на молоті, заздалегідь узявши з таблиць довідкової літератури необхідні розрахункові коефіцієнти: $k_T = 1$ для гарячих штамповок класу точності Т5; вартість відходів $S_{відх} = 28 \frac{\text{грн}}{\text{т}}$ та інших визначимо: $S_{заг1} = 51 \text{ грн}$.

Визначимо собівартість виробництва заготовок вільним куванням на молоті за способом 9.

$$\text{Масу поковки знайдемо за формулою } M_x = \frac{M_{\partial}}{K_{\text{в.т.}}} = \frac{1,88}{0,6} = 3,13 \text{ кг}.$$

Група складності поковки 3.

Спочатку знайдемо Π_x оптову ціну для заготовки з проміжним значенням маси $M_x = 3,13 \text{ кг}$ з базової марки сталі 35 третьої групи складності поковки

$$\Pi_x = 506 - \frac{(506 - 485) \cdot (3,13 - 2,825)}{3,575 - 2,825} = 506 - 8,54 = 497,46 \text{ грн}.$$

За формулою $C = \Pi_x \cdot K_u \cdot \frac{\text{грн}}{\text{т}}$, визначаємо базову собівартість виробництва 1 тонни заготовок зі сталі 15ХМ за допомогою коефіцієнта $k_T = 1,2$ матеріалу, що враховує конкретну марку: $C = 497,46 \cdot 1,2 = 596,95 \text{ грн}$.

За формулою (8) визначаємо собівартість виробництва заготовок, отриманих вільним куванням

$$S_{заг2} = 48,37 \text{ грн}.$$

Таким чином, на основі порівняння собівартості отримання заготовки штампуванням на молоті і вільним куванням оптимальним способом виготовлення для заявленої річної програми слід рахувати вільне кування.