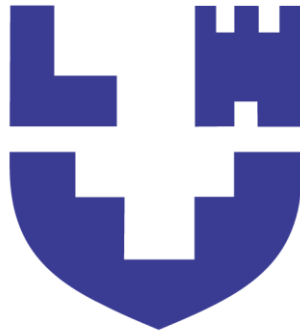


**Міністерство освіти та науки України
Луцький національний технічний університет**



**ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕХАНІЧНИХ КОМПОНЕНТІВ
РОБОТОТЕХНІКИ**

Конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
ОП «Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи»
галузі знань 13 Механічна інженерія
спеціальності 131 Прикладна механіка
денної та заочної форм навчання

Луцьк 2024

УДК 621.(07)

Т38

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ

Директор бібліотеки _____

Н.П. Поліщук

Рекомендовано до видання вченою радою факультету транспорту та механічної інженерії ЛНТУ, протокол № _____ від « ____ » _____ 2024 року.

Голова вченої ради факультету транспорту та механічної інженерії _____ І.С. Мурований

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри прикладної механіки та мехатроніки ЛНТУ, протокол № _____ від « ____ » _____ 2024 року.

Завідувач кафедри прикладної механіки та мехатроніки _____

Р.Г. Редько

Укладач: _____

Т.Н. Гальчук, кандидат технічних наук,
доцент кафедри прикладної механіки та
мехатроніки ЛНТУ

Рецензент: _____

Л.О. Гуменюк, кандидат технічних
наук, доцент, кафедри автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій
ЛНТУ

Відповідальний
за випуск: _____

Р.Г. Редько, кандидат технічних наук,
доцент, завідувач кафедри прикладної
механіки та мехатроніки ЛНТУ

Т38

Технологія виготовлення механічних компонентів робототехніки [Текст]:
Конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОП
«Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи» галузі знань 13
Механічна інженерія спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форм
навчання / уклад. Т.Н. Гальчук. – Луцьк: ЛНТУ, 2024. – 68 с.

У виданні викладено зміст теоретичного матеріалу за тематикою дисципліни
«Технологія виготовлення механічних компонентів робототехніки» та подано перелік
рекомендованої літератури.

Призначене для здобувачів вищої освіти спеціальностей: 131 Прикладна механіка
освітньої програми «Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи».

© Т. Н. Гальчук, 2024

ЗМІСТ

	<i>Змістовий модуль 1. Основи проектування техпроцесів виготовлення механічних компонентів робототехніки</i>	4
Тема 1.	Будова техпроцесів та операцій.....	4
Тема 2.	Проектування одиничних техпроцесів виготовлення механічних компонентів робототехніки.....	11
Тема 3.	Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу	17
Тема 4.	Детальна розробка оптимального варіанта технологічного процесу.....	22
	<i>Змістовий модуль 2. Технологія виготовлення та складання механічних компонентів робототехніки.....</i>	37
Тема 5.	Технологія виготовлення станин, рам, корпусних деталей та валів.	37
Тема 6.	Технологія виготовлення деталей зубчатих передач, важелів, вилок, шатунів.....	49
Тема 7.	Розробка технологічного процесу складання.....	57
Тема 8.	Характеристика складальних процесів	64
	Список рекомендованої літератури.....	66

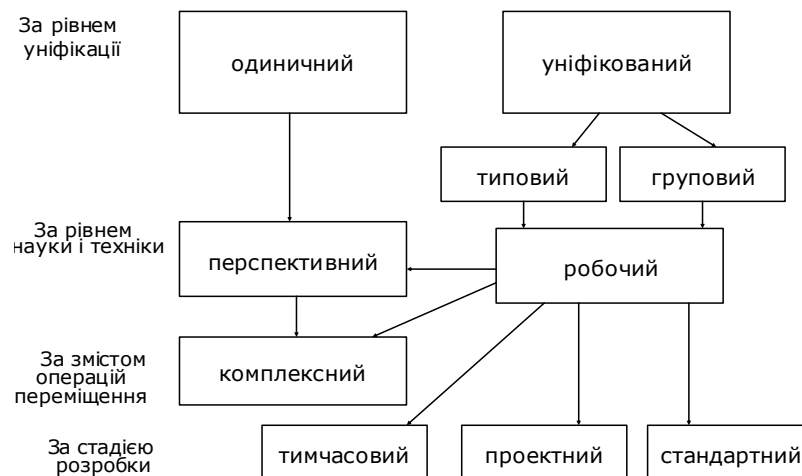
Змістовий модуль 1. Основи проектування техпроцесів виготовлення механічних компонентів робототехніки

Тема 1. Будова техпроцесів та операцій

У залежності від умов виробництва і від призначення технологічних процесів, що проектуються, використовують різні форми і види технологічних процесів.

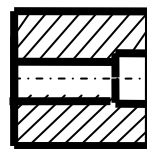
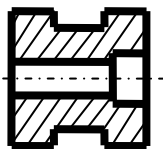
Вид технологічного процесу визначається кількістю виробів, що охоплюються процесом (один виріб, група однотипних або різнотипних виробів).

Види технологічних процесів

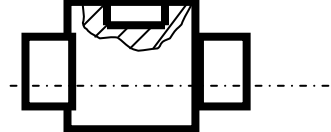
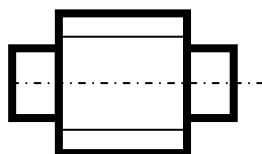


За рівнем уніфікації:

- одиничний – розробляється для виготовлення оригінальних деталей незалежно від типу виробництва.
Оригінальна деталь – це деталь одного найменування, типорозміру і виконання.
- уніфікований – розробляється для деталей, які мають спільні технологічні та конструктивні ознаки для умов серійних виробництв;
- групові – розробляються для деталей із спільними технологічними ознаками;



- типові – розробляються для деталей з спільними конструктивними ознаками.



Групові техпроцеси проектуються таким чином, щоб на одному робочому місці можна було обробити декілька деталей, що об'єднані спільними технологічними ознаками з використанням мінімального переналагодження або повною його відсутністю.

Характерна різниця між типовими та груповими техпроцесами – “вузька” спеціалізація робочих місць.

За рівнем науки і техніки:

- перспективний – розробляється на базі останніх досягнень науки і техніки для одного певного підприємства з врахуванням можливості використання цих досягнень в майбутньому на даному підприємстві;
- робочий – виконується на основі робочої технологічної конструкторської документації, розробляється лише для конкретних деталей і впроваджується на конкретному підприємстві, де ці деталі виготовляються.

За стадією розробки:

- проектний – розробляється за попередньою технологічною документацією;
- стандартний – регламентується стандартами галузі або підприємства і відноситься лише до стандартного обладнання;
- тимчасовий – термін дії якого обмежений певним періодом часу через відсутність необхідного обладнання або у зв'язку з аварією до заміни його на більш сучасне. Використовується частіше у складальному виробництві.

За змістом операцій переміщення:

- комплексний – в склад його входять не лише операції механічної обробки, складання але й операції транспортні, контрольні, нанесення лакофарбового покриття. Розробляється для умов автоматизованого виробництва.

Види технологічних документів:

- Маршрутні карти (МК).
- Операційні карти (ОП).
- Карти ескізів (КЕ).
- Карти технологічного процесу (КТП).

Форми опису техпроцесів

Маршрутний опис – приводять у маршрутних картах скорочений опис всіх технологічних операцій у послідовності їх виконання без вказування технологічних переходів та режимів різання. Використовують в одиничному, малосерійному, дослідницькому виробництвах.

Операційний опис – приводять в операційних картах повний опис технологічних операцій у послідовності їх виконання з вказуванням переходів, режимів різання і трудомісткості. Використовується у масовому та серійному виробництві, для виготовлення особливо складних деталей в малосерійному та одиничному виробництві.

Маршрутно-операційний опис – включає в себе оформлення двох видів документів – маршрутної та операційної карти. Скорочений опис технологічної операцій у послідовності їх виконання дається у МК. Повний опис окремих (найбільш складніших операцій) дається у ОК. До кожної операційної карти додається карта ескізів.

Принципи проектування техпроцесів

Під час проектування технологічного процесу з ціллю забезпечення максимальної продуктивності і мінімальної собівартості необхідно забезпечити виконання двох основних принципів:

- **концентрації** (укрупнення);
- **диференціації** (роздрібнення).

За принципу **концентрації** технологічна операція включає в себе велику кількість простих переходів. Технологічний процес, який побудований на даному принципі складається з невеликої кількості складних операцій. За концентрації можливе поєднання чорнової та чистової обробки.

Переваги: збільшення точності взаємного розміщення поверхонь; збільшення продуктивності за рахунок одночасного оброблення декількох поверхонь; скорочення допоміжного часу за рахунок встановлення та переустановлення деталей; зменшується протяжність виробничого циклу.

Недоліки: необхідність використання дорогого і високоточного обладнання незалежно від виду обробки; використання висококваліфікованих робітників.

За принципу **диференціації** технологічні операції з невеликою кількістю технологічних переходів; технологічний процес складається з великої кількості простих технологічних операцій.

Переваги: чистові та чорнові операції розділені в часі і в просторі; можливість використання обладнання малої точності; використовується менш кваліфікована робоча сила.

Недоліки: збільшується протяжність робочого циклу; збільшуються виробничі площі.

Принцип концентрації використовується для малосерійного, середньосерійного виробництва, автоматизованого виробництва з використанням верстатів з ЧПК.

Принцип диференціації використовується в багатосерійному та масовому виробництві.

Два принципи дуже зв'язані між собою і на практиці їх практично не розділяють.

Умови для проектування технологічного процесу

Технологічний процес проектується:

- для умов нового виробництва;
- під час реконструкції підприємства;
- під час переходу в умовах діючого підприємства на випуск нової продукції;
- під час впровадженні нової технології та нового обладнання.

Початкові дані для проектування технологічного процесу

- Робочі креслення складальних одиниць та деталей, на які розробляється технологічний процес.
- Програма випуску деталей та виробів.
- Умови проектування технологічного процесу.
- Типові технологічні процеси при обробці деталі.
- Характеристики технологічного обладнання.
- Нормативи з розрахунку режимів різання, норм часу, тарифно-кваліфікаційні довідники.

Критерії проектування техпроцесів

Кожен з етапів проектування техпроцесів відрізняється багатоваріантністю, тому для правильного прийняття рішення використовують критерій оцінки.

Існує два критерії:

- Забезпечення максимальної продуктивності
(не завжди справджується і не на всіх етапах використовується).
- Собівартість прийняття рішення (економічний ефект).

Послідовність проектування техпроцесів

- Аналіз технологічності конструкції деталі.
- Визначається тип виробництва і організаційна форма технологічного процесу, що реалізується.
- Визначається метод отримання заготовки.
- Вибирається метод обробки окремих поверхонь.
- Проводиться вибір технологічного обладнання.

- Встановлюється маршрут обробки і обґрунтовуються установочні бази.
- Розробляється структура технологічної операції і визначається зміст технологічного процесу.
- Проводиться вибір ріжучого та вимірювального інструменту, а також конструкції стандартизованих пристроїв.
- Проводиться розрахунок режимів різання, припусків технологічних норм часу.
- Уточнюється склад технологічного обладнання.
- Проводиться конструювання спеціального та допоміжного інструменту спеціальних пристроїв.
- Визначається технологічно-економічні показники розробленого варіанту технологічного процесу.

Структура технологічної операції

Структура технологічної операції визначається:

- Кількістю заготовок, що одночасно встановлюються в пристрій (одно-, багатомісна обробка).
- Кількістю інструменту, що використовується під час виконанні операції (одно-, багатоінструментна обробка).
- Послідовністю роботи інструменту під час виконанні операції.

Види структур технологічної операції

з **послідовною обробкою** – послідовний вступ інструменту в обробку або послідовне розміщення декількох заготовок в пристрої.

з **паралельною обробкою** – паралельне розміщенні заготовок, що оброблюються в пристрої і одночасна обробка декількох поверхонь однієї або декількох заготовок.

з **паралельно-послідовною обробкою** – багатомісна обробка заготовок, що розміщені в пристрої в декілька рядів вздовж і впоперек подачі.

Технологічна операція з послідовною обробкою

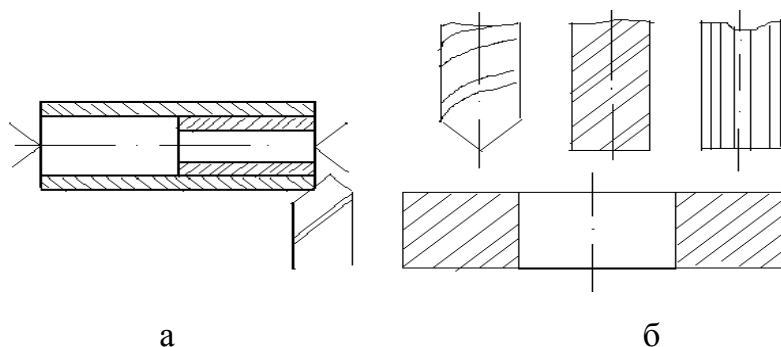


Рис. 1: а) одним інструментом; б) декількома інструментами

Основний час для однієї та послідовної обробки визначають, як суму основного часу усіх переходів операції: $T_o = \sum T_{oi}$.

Допоміжний час для однієї послідовної одноінструментальної обробки:

$$T_d = T_{ус} + T_{уп} + T_{інд},$$

де $T_{ус}$ – час на встановлення заготовок, пристроїв-дублерів (супутників) в робочі позиції;

$T_{уп}$ – час на запуск і зупинку верстата, переключення швидкостей і подач, переміщення супортів, кареток, головок;

$T_{інд}$ – для верстатів з ЧПК на переміщення частин верстату в нові позиції, поворот ділильних пристроїв, кондукторів, переміщення заготовок на нову позицію.

Допоміжний час для одномісної послідовної багатоінструментальної обробки:

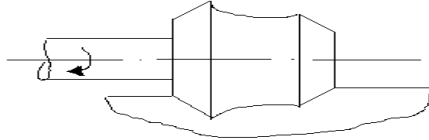
$$T_d = T_{ус} + T_{уп} + T_{інд} + T_{з.і.},$$

де $T_{з.і.}$ – час на зміну інструмента під час виконанні окремих переходів операції (поворот різцевої, револьверної головки; заміна швидкозмінних кондукторних втулок тощо).

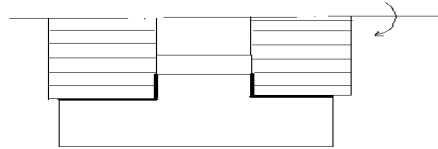
Використовується для верстатів типу “оброблювальний центр”.

Одномісна паралельна обробка:

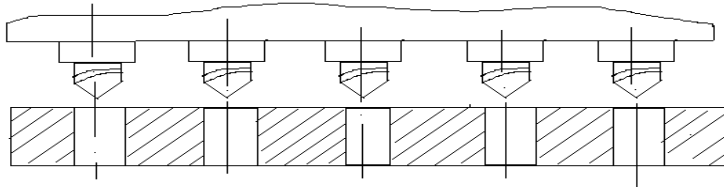
- обробка фасонним інструментом;



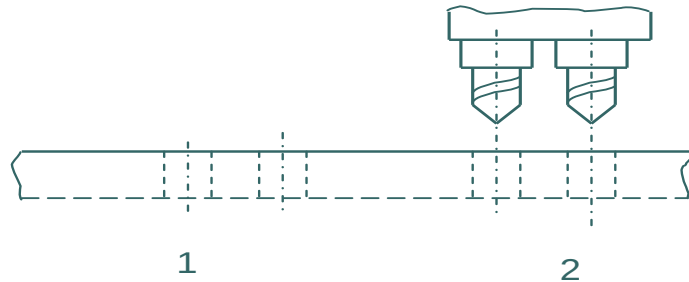
- обробка набором інструментів;



- одночасна паралельна багатоінструментальна обробка;



- паралельно-послідовна багатоінструментальна обробка;



Основний час для одномісної паралельної обробки T_{oi} виконання окремих переходів суміщається і загальна тривалість основного часу T_o операції визначається T_{ol} лімітуючого інструменту (найбільш тривалого) переходу і кількості заготовок z , які одночасно обробляються.

$$T_o = T_{ol}.$$

Допоміжний час визначається за формулою:

$$T_d = T_{ус} + T_{уп} + T_{інд}.$$

Багатомісна обробка дає можливість суміщати основний і допоміжний час, забезпечуючи найвищу продуктивність.

Здійснюється за 3-ма варіантами:

- 1-заготовки встановлюються на верстаті одночасно і одночасно обробляються одним або декількома інструментами;
- 2-заготовки встановлюються у пристрій незалежно одно від одної і обробляються одночасно або послідовно;
- 3- обробка здійснюється на столі (барабані), що неперервно обертається при неперервній зміні оброблювальних заготовок.

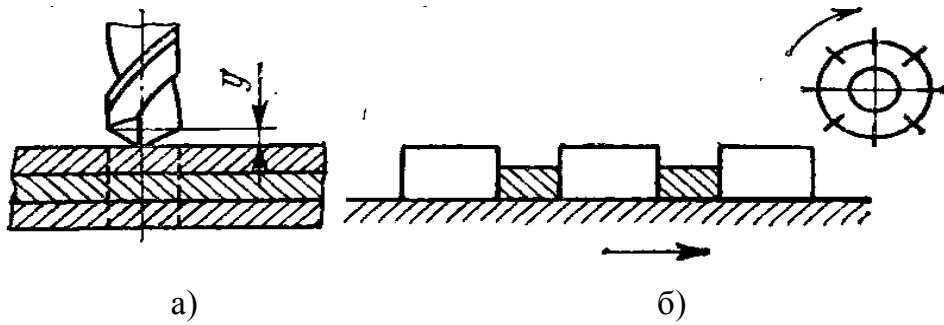


Рис. 2. Схеми багатомісної послідовної обробки одним інструментом:
а) свердління тонких заготовок; б) фрезерування заготовок встановлених вздовж подачі.

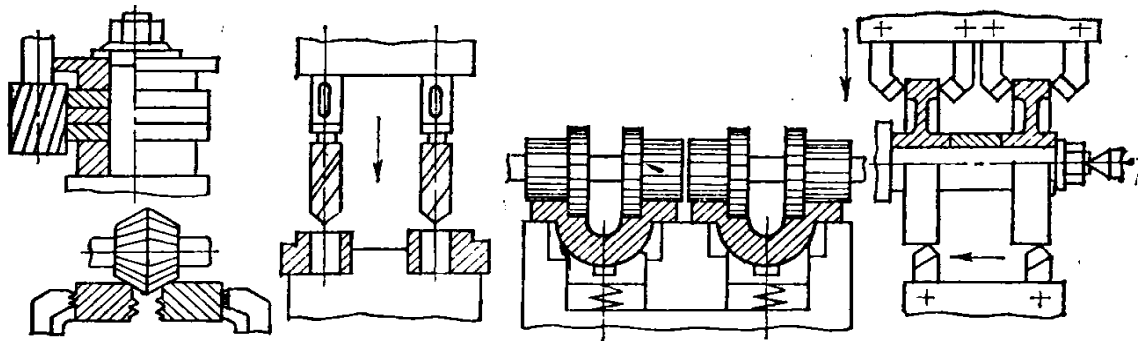


Рис.3. Схеми багатомісної паралельної багатоінструментальної обробки з одночасним встановленням заготовок

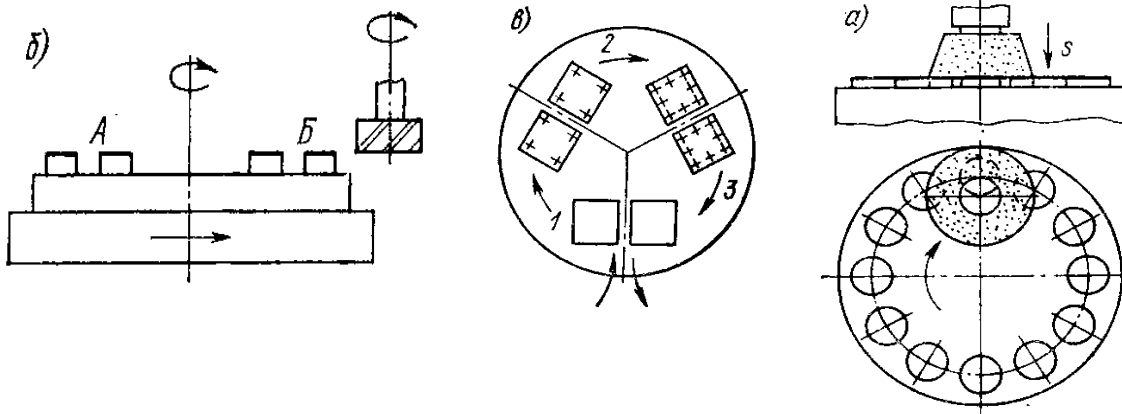


Рис.4. Схеми багатомісної паралельно-послідовної обробки заготовок:
а) з одночасним встановленням заготовок (площинне шліфування); б) з роздільним встановленням заготовок (фрезерування на поворотному столі); в) з роздільним встановленням заготовок (обробка на вертикальному напівавтоматі)

Оброблювальні заготовки

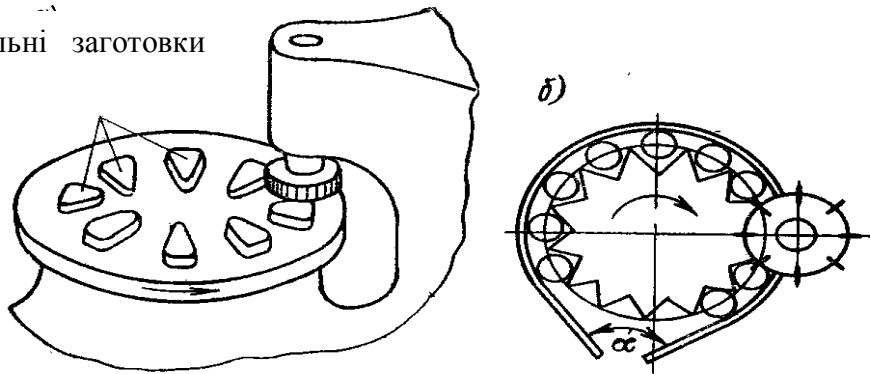


Рис.5. Схеми багатомісної паралельно-послідовної обробки заготовок:

а) з безперервною зміною заготовок (*неперервне фрезерування*); б) з безперервною зміною заготовок (*фрезерування торців валиків*)

То та Тд для багатомісної паралельної багатоінструментальної обробки для одночасного встановлення заготовок затрати То і Тд розподіляються між кількістю z одночасно оброблювальних заготовок: $To = Tol/z$; $T_d = (T_{yc} + T_{yn}) / z$.

То та Тд для багатомісної послідовної одноінструментальної обробки з одночасним встановленням заготовок не дає можливості суміщати То, так як для паралельної обробки, тому $To = \sum To_i / z$; $T_d = (T_{yc} + T_{yn}) / z$,

де z – кількість послідовно оброблювальних заготовок;

Тоі – основний час обробки кожної заготовки.

То та Тд для багатомісної послідовної одноінструментальної обробки з роздільним встановленням заготовок дозволяє суміщати То і Тус: $To = \sum To_i$; $T_d = T_{yn}$; в окремих випадках $T_d = T_{yn} + T_{ind}$.

То та Тд для багатомісної паралельно-послідовної одноінструментальної обробки з роздільним встановленням заготовок дозволяє суміщати То і Тус:

$$To = Tol / z; T_d = (T_{yn} + T_{ind}) / z.$$

То та Тд для багатомісної паралельно-послідовної одноінструментальної обробки з неперервним встановленням і зміною оброблювальних заготовок повністю перекриває $T_d = 0 \rightarrow To$. То визначається відношенням часу одного оберту стола (барабана) і кількості встановлених на ньому заготовок.

Кількісна оцінка структури операції – визначається коефіцієнтом Кс.о. суміщення То операції: $K_{c.o.} = To / \sum To_i$,

де То – основний час операції, хв; $\sum To_i$ – сума всіх елементів основного часу переходів операції, хв.

Кс.о змінюється від 0 до 1. Кс.о=1 - за відсутності суміщення переходів.

Розмір програмного завдання залежить від об'єму випуску продукції, що виготовляється протягом планового інтервалу часу. Визначає тип виробництва, встановлює доцільний вид технологічного процесу. В умовах масового і багатосерійного виробництва є основою для визначення такту або ритму випуску продукції: $t_b = F/N$ (год/шт); $\tau_b = N / F$ (шт/год),

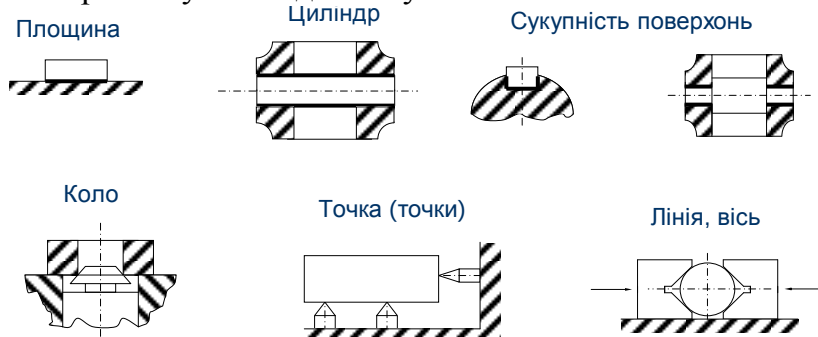
де N – річна програма випуску; F – річний фонд часу верстату.

Виробництво організовується за принципом масового, якщо операції мають $T_{шт}$ однакове або кратне тривалості циклу та забезпечується повне завантаження верстатів. В цьому випадку є доцільним використання поточних ліній. Виробництво організовується за принципом серійного, якщо операції мають $T_{шт}$ неоднакове або

некратне тривалості циклу та не забезпечується повне завантаження верстатів. У цьому випадку є доцільним використання перемінно-поточних ліній.

Тема 2. Проектування одиничних техпроцесів виготовлення механічних компонентів робототехніки

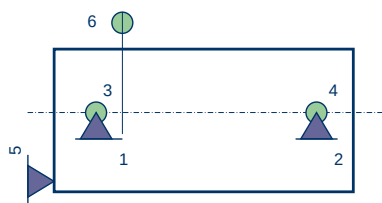
База – це поверхня або сполучення поверхонь, вісь, точка, які належать заготовці або виробу і використовуються для базування.



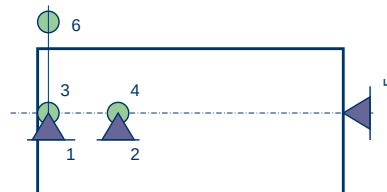
Базування – надання заготовці або виробу потрібного положення відносно вибраної системи координат.

Теоретичні схеми базування

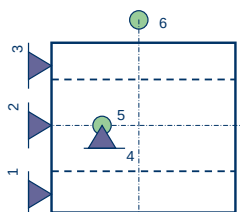
встановлення в центрах



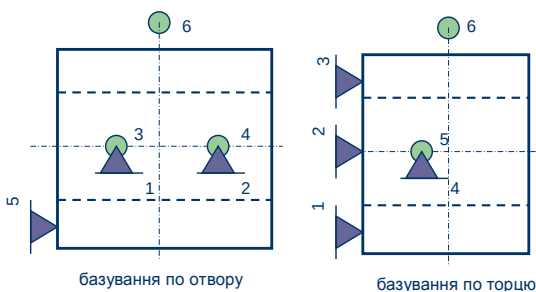
встановлення в патроні по зовнішньому діаметру без упору в торець



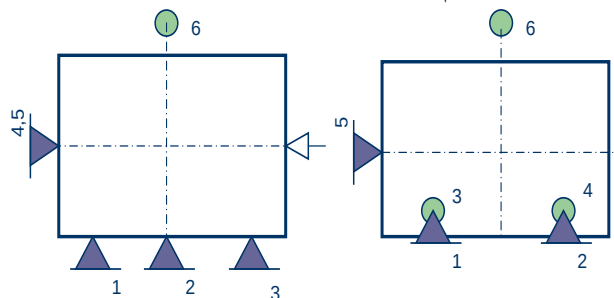
встановлення в патроні з розтискуванням і базуванням по торцю



встановлення на оправку



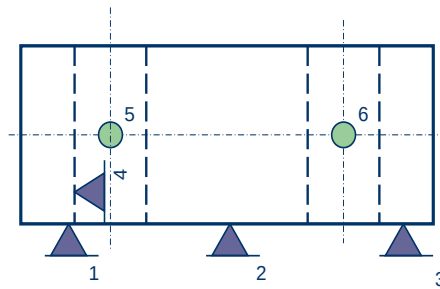
встановлення в лещатах



базування в машинних лещатах

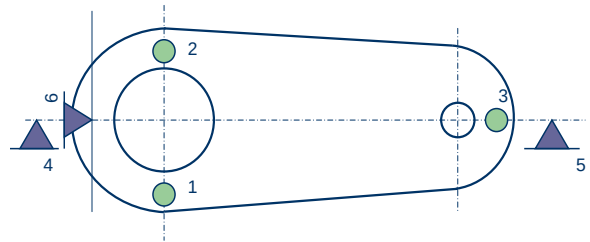
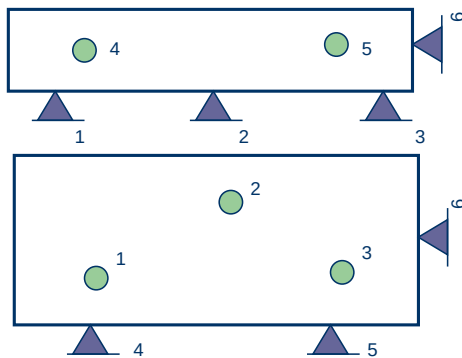
базування в призматичних лещатах

встановлення на циліндричний та зрізаний палець



встановлення на площину основи
і дві бокові сторони

встановлення у призмах



Характеристика об'єкта виробництва, службове призначення, технічні умови

На основі вивчення креслення деталі, умов її роботи у вузлі дають опис призначення деталі в механізмі, класифікують поверхні, визначають вплив точності виготовлення деталі та її шорсткості на роботу машини.

Виходячи з вищевказаного потрібно встановити доцільність наведених вимог до деталі за точністю та якістю. За відсутності окремих даних на робочому кресленні деталі, наприклад, маси, розмірів, допусків їх визначають самостійно. Також, якщо відсутні на кресленні деталі технічні вимоги, вони розробляються з врахуванням службового призначення деталей і умов їх виготовлення.

Аналіз технологічних вимог до деталі рекомендується проводити у такій послідовності:

- формулюються технічні вимоги, вказуються цифрові дані допустимих відхилень;
- вказуються можливі наслідки невиконання сформульованих технічних вимог;
- виконується ескізна схема контролю сформульованої технічної вимоги за допомогою універсальних чи спеціальних засобів контролю, наводиться схема і методика контролю; даються рекомендації щодо методу отримання заготовки із вказаного у завданні матеріалу.

Аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічність деталі оцінюють за двома рівнями – якісним і кількісним.

Якісну оцінку технологічності деталей проводять за матеріалом, геометричною формою, якістю поверхонь, за проставленими розмірами і можливих способах виготовлення заготовки. Під час аналізу технологічності зазначають:

- можливість обробки площин та отворів на прохід;
- можливість використання для обробки отворів револьверних головок, агрегатних верстатів;
- необхідність підрізування торців з внутрішньої сторони;

- жорсткість деталі;
- наявність зручних базових поверхонь;
- можливість багато різцевої обробки деталі і т.д.

Кількісну оцінку проводять за основними та допоміжними коефіцієнтами технологічності.

Основні:

- працеемність виготовлення: $K_{n.в} = \frac{П_{пр}}{П_б}$,

де $П_{пр}$ – працеемність проектного варіанта;

$П_б$ – працеемність базового варіанта.

- технологічна собівартість: $K_{m.с} = \frac{C_{пр}}{C_б}$,

де $C_{пр}$ – собівартість проектного варіанта;

$C_б$ – собівартість базового варіанта.

Допоміжні:

- коефіцієнт уніфікації: $K_{ун.ел} = \frac{Q_{ун.ел}}{Q_{заг.ел}} > 0,6$,

де $Q_{ун.ел}$ – кількість уніфікованих елементів деталі;

$Q_{заг.ел}$ – загальна кількість елементів деталі.

- коефіцієнт точності обробки: $K_{тч} = \left(1 - \frac{1}{A_{сер}}\right) > 0,8$,

де $A_{сер} = \frac{n_1 + 2n_2 + \dots + 19n_{19}}{\sum_{i=1}^{19} n_i}$ – середня точність обробки.

- коефіцієнт якості обробки: $K_{ш} = \frac{1}{B_{сер}} < 0,32$,

де $B_{сер} = \frac{0,01n_1 + \dots + 80n_{14}}{\sum_{i=1}^{14} n_i}$ – середня шорсткість поверхонь по ряду Ra, мкм.

- коефіцієнт використання матеріалу: $K_{в.м} = \frac{m_d}{m_{заг}}$,

де m_d – маса деталі;

$m_з$ – маса заготовки.

Рекомендовані такі значення $K_{в.м}$:

Прокат	0,2 ... 0,5
Лиття	0,5...0,65
Пластичне деформування	0,5...0,75
Точні методи лиття	0,6...0,85

Вибір обладнання

Проводять після попередньої розробки технологічних операцій, тобто, коли визначено: методи обробки поверхонь (точіння, свердління, фрезерування тощо); точність поверхонь; шорсткість поверхонь; припуск на обробку; ріжучий інструмент; такт випуску; тип виробництва.

Вимоги під час вибору верстатів

- Забезпечення виготовлення деталі у відповідності з ТВ креслення.
- Технічні характеристики верстату повинні відповідати розмірам оброблюваної деталі.
- Продуктивність верстату повинна забезпечувати випуск деталей при найменшому використанні однакових верстатів.
- Верстат повинен забезпечувати найменші затрати на обробку, мінімальну собівартість виготовлення, швидку окупність витрат на його придбання.
-

Використання верстатів при різних типах виробництва

Тип виробництва	Технологічне обладнання
одиначне	універсальне
серійне	універсальне, спеціальне, частково спеціалізоване
масове	універсальне, спеціальне, спеціалізоване, автоматичні лінії

Верстати з ЧПК використовуються відповідно до групи верстатів:

Група верстатів	Тип виробництва
токарна	масовий, серійний, одиничний
свердлильно - розточувальна	серійний, одиничний
фрезерувальна	серійний, одиничний
шліфувальна	серійний

Умови використання верстатів з ЧПК

- Обробка отворів складної форми.
- Побудова техпроцесу за принципом концентрації (*концентрація найбільшої кількості однотипних видів обробки на одному робочому місці*).
- Зменшення частки допоміжного часу на обробку.
- Обробка декількох аналогічних деталей на одному верстаті в умовах серійного виробництва (*зменщується час на переналагодження верстату*).

Введення багатOVERSTATного обслуговування

Вибір методу одержання заготовки

Метод отримання заготовок для деталей машин визначається: *призначенням деталі; конструкцією деталі; матеріалом деталі; технічними вимогами до деталі; економічністю виготовлення деталі.*

Вибрати заготовку – встановити спосіб її отримання, назначити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри і вказати допуски.

Найчастіше використовуються заготовки із **прокату, штамповані та виливки.**

Заготовки із прокату

Прокат використовується для безпосереднього виготовлення деталі або в якості початкової заготовки за пластичного деформування.

Сортовий прокат:

- Круглий – для виготовлення гладких і ступінчатих валів з найбільшим перепадом діаметрів ступенів, стаканів Ø до 50мм, втулки із зовнішнім Ø до 25мм.

- Квадратний, шестигранний, смугастий - кріпильні, невеликі деталі типу важелів, тяг, планок і клинів.

Листовий: для виготовлення фланців, кілець, плоских деталей різної форми, циліндричні полі втулки.

Труби: для виготовлення циліндрів, втулок, гільз, шпинделів, стаканів, барабанів, роликів, валів.

Спеціальний прокат використовують в умовах масового або багатосерійного виробництва, що в значній мірі знижує припуски и об'єм механічної обробки.

Заготовки штамповані

Вид штамповки	Rz, мкм	Маса	Найменша товщина стінок або діаметр
на молотах і пресах	320...160	до 200кг	2,5мм
з наступною чеканкою	40...10	до 100кг	2,5мм
на ГKM	320...160	0,1...100кг	Ø до 315мм
видавлюванням	320...80	0,1...100кг	Ø 200мм

Область використання серійне та масове виробництво.

Деталі типу кілець, втулок, деталі із наскрізними або глухими отворами доцільно отримувати на ГKM.

Заготовки литі

Методи лиття:

- Лиття в піщані форми – трудомісткий, з ручною та машинною формовкою.
- Лиття в землю – за металевою моделлю для машинної формовки, виливки масою до 10...15т, товщина стінок неменше 3...8 мм.
- Лиття в оболонкові форми – для відповідальних фасонних виливок із сталі та алюмінію, маса до 150 кг, точність 12...14 квалітет, Rz 40...10, товщина стінок неменше 3...5 мм для сталевих виливок і 1...1,5 мм для алюмінієвих.
- Лиття в кокіль – доцільне при величині партії не менше 300...500 шт. для дрібних заготовок і 30...50 шт. для крупних заготовок. Маса виливок 0,25...7т, точність 13...15 квалітет, Rz 80...10.
- Лиття по моделі, що виплавляється – для заготовок складної форми із любых сплавів, величина партії більше 100 шт. Маса виливок до 50 кг, мінімальна товщина стінок 0,5 мм. Точність 11...12 квалітет, Rz 40...10.
- Лиття під тиском – для фасонних виливок із цинкових, алюмінієвих, магнієвих і латунних сплавів. Доцільний при величині партії 1000 шт. і більше. Маса виливок до 100 кг, мінімальна товщина стінок 0,5 мм. Точність 11...12 квалітет, Rz 20.
- Лиття центробіжне – під час виготовлення деталей, що мають форму тіл обертання. Маса виливок – 0,01...3т, мінімальна товщина стінок – 0,5мм. Точність 13...15 квалітет, Rz 160...40.

Класи точності виливок

Для виливок встановлено три класи точності, які встановлюються в залежності від програми випуску, способу отримання заготовки, але основним фактором під час вибору класу точності є собівартість.

1-ий клас точності характерний для масового і багатосерійного виробництва за об'єму випуску більше 10000 шт/рік.

2-ий клас точності характерний для серійного і багатосерійного виробництва за об'єму випуску 1000... 10000 шт/рік.

3-й клас точності характерний для одиничного, малосерійного виробництва за об'єму випуску до 1000 шт/рік.

Групи складності виливок

I – подовжені деталі типу тіл обертання. Виливаються стаціонарним, центробіжним литтям. До них відносять: *втулки, вкладиші, гільзи, труби, циліндри, колінчаті та розподільчі вали тощо*. Відношення довжини до діаметру в таких деталях більше одиниці.

II – деталі типу дисків: *маховики, диски муфт зчеплення, шків, диски, корпуси підшипників*.

III – прості по конфігурації коробчасті плоскі деталі, для формовки яких непотрібно великої кількості стержнів. До цієї групи відносять: *бокові та нижні кришки двигунів, кришки коробок швидкостей, передніх бабок, супорти верстатів, кронштейни, планки, вилки, важелі*.

IV – закриті корпусні деталі коробчастого типу, всередині яких монтується механізми машин. (блоки і головки циліндрів автомобільних, тракторних та інших двигунів, корпуси коробок передач, картери двигунів, корпуси мостів автомобілів та тракторів, картери рульового управління, передні бабки, коробки подачі і фартухи токарних верстатів тощо).

V – крупні і важкі коробчасті деталі, на яких монтують вузли та механізми машин. До них відносять: *коробчасті литі рами тракторів і с/г машин, станини металорізальних верстатів, ливарних машин, а також пресів, компресорів тощо*. У середині таких деталей не монтують ніяких механізмів, тобто вони служать як несучі конструкції.

Характеристика методів лиття

Вид лиття	Rz, мкм	Маса	Найменша товщина стінок або маса
У землю при ручному формуванні по дерев'яній моделі	320...80	не обмежена	3...8 мм
У землю при машинному формуванні по дерев'яній (металевій) моделі	80...20	10...15 т	3...8 мм
Лиття в оболонкові форми (сталь)	40...10	до 100 кг	1...1,5 мм
Центробіжне лиття	160...40	0,01...3 т	0,5 кг
Лиття під тиском	до 20	100 кг	0,5 мм
Лиття в кокіль	80...10	0,5...7 т	до 0,5 мм

Розрахунок за мінімальною величиною приведених витрат

Доцільність застосування того чи іншого методу отримання заготовки оцінюють за техніко-економічними показниками.

Собівартість заготовок з прокату визначається формулою: $S_{заг} = M + \sum C_{o.з.}$, де М – витрати на матеріал заготовки, грн:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000},$$

де Q – маса заготовки, кг; S – ціна 1 кг матеріалу заготовки, грн; q – маса готової деталі, кг; S_{відх} – ціна 1 т відходів, грн.

Технологічна собівартість заготівельних операцій: $\sum C_{з.о} = \frac{C_{п.з} \cdot T_{ум(ум-к)}}{60 \cdot 100},$

де $C_{п.з}$ – приведені затрати на робочому місці, коп/год; $T_{шт(шт-к)}$ – штучний або штучно-калькуляційний час виконання заготівельної операції.

Вартість заготовок, отриманих всіма іншими способами, визначається за формулою:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} Q \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000},$$

де C_i – базова вартість 1 т заготовок, грн; k_T, k_c, k_g, k_m, k_n – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу й об'єму виробництва.

Економічний ефект

➤ за **використанням матеріалу** на річну виробничу програму випуску деталей без урахування технологічних витрат:

$$E_m = (Q'_3 - Q''_3)N,$$

де Q'_3 – витрата матеріалу на деталь при першому методі отримання заготовки, кг;
 Q''_3 – витрата матеріалу на деталь за другого методу отримання заготовки, кг; N – річний об'єм випуску деталей, шт.

➤ **вибраного виду виготовлення заготовки в грошовому вираженні** на річну виробничу програму випуску:

$$E = (S'_{заг} - S''_{заг})N,$$

де $S'_{заг}$ – вартість заготовки, отриманої при першому методі, грн.; $S''_{заг}$ – вартість заготовки, отриманої за другого методу, грн.

Вибір методу обробки поверхонь

Вибір методу обробки поверхонь проводять шляхом визначення числа ступенів обробки на основі розрахунків уточнення. Порядок розрахунків такий:

1) загальне уточнення: $K = \frac{T_{до}}{T_{дд}},$

де $T_{до}$ – допуск на розмір заготовки;
 $T_{дд}$ – допуск на розмір деталі;

2) визначається кількість необхідних технологічних переходів: $n = \frac{\lg K}{0,46}.$

3) округляється розрахункова кількість необхідних технологічних переходів до найближчого меншого значення (для зменшення трудомісткості);

4) знаходиться різниця між квалітетом заготовки і деталі та по прийнятим технологічним переходам розподіляють його по закону прогресивного зменшення; визначається точність проміжних розмірів заготовки в процесі механічної обробки.

Тема 3. Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу

У характеристиці проектного варіанта:

- ➔ обґрунтовується технічна доцільність впровадження нового процесу,
- ➔ його переваги у порівнянні з базовим.

Визначення порівняльної економічної ефективності варіантів базується на порівнянні якісних та кількісних оцінок варіантів, їх переваг та недоліків.

Якісний та кількісний аналіз варіантів ТП

Якісний аналіз без розрахунків зводиться до оцінки: *краще-гірше, більше-менше, дешевше-дорожче.*

Кількісний аналіз полягає у розрахунку і порівнянні витрат суспільної праці, обумовлених виробництвом відповідної продукції за варіантами.

Необхідною умовою одержання правильних результатів при розрахунку економічної ефективності є порівняння варіантів. Для цього необхідно, щоб по кожному варіанту приймалися:

- один і той самий склад та річний об'єм продукції (робіт);
- одна і та сама якість і термін отримання продукції (робіт);
- подібні умови праці та техніки безпеки.

За розрахунків порівняльної економічної ефективності використовується **показник економії** за наведеними затратами:

$$E_p = (C'_0 - C''_0) \cdot N,$$

де C'_0 , C''_0 – наведені витрати відповідно за базовим варіантом технологічного процесу і варіанту, що проектується, грн.

Приведені часові затрати $C_{п.з} = C_з + C_{ч.з.} + E_H (K_б + K_в)$, грн,

де $C_з$ – основна та додаткова зарплата із нарахуваннями, коп/год.; $C_{ч.з.}$ – часові затрати по експлуатації робочого місця, коп/год.; $K_б$, $K_в$ – питомі часові капіталовкладення відповідно у будівлю і верстат, грн/год.; $E_H=0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Основна і допоміжна зарплати $C_з = C_{т.ф} \cdot 1,53 \cdot K \cdot Y$, коп/год

де $C_{т.ф}$ – годинна тарифна ставка верстатника, грн/год; K – коефіцієнт, що враховує зарплату наладчика; Y – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування.

Часові затрати з експлуатації робочого місця у випадку зниженого завантаження верстату ($\eta_з < 60\%$) коректується за допомогою коефіцієнта ϕ , якщо верстат не можливо до завантажити, *наприклад, як в масовому виробництві*.

Скоректовані затрати в годину, коп/год:

де ϕ – поправочний коефіцієнт:

$$\phi = 1 + \frac{\alpha \cdot (1 - \eta_з)}{\eta_з}, \quad C_{ч.з.}^к = C_{ч.з.} \cdot \frac{\phi}{1,14},$$

де $\alpha \approx 0,3 \dots 0,5$ – частка постійних затрат в собівартості часових на робочому місці; $\eta_з$ – коефіцієнт завантаження верстату.

Капітальні вкладення у верстат і будівлю, коп/год:

$$K_б = \frac{Ц \cdot 100}{F_\delta \cdot \eta_з}, \quad K_в = \frac{F \cdot 78,4 \cdot 100}{F_\delta \cdot \eta_з}.$$

де $Ц$ – балансова вартість верстата, грн;

F – виробнича площа, яку займає верстат, м²: $F = f \cdot k_f$,

(де f – виробнича площа, яку займає верстат, м²; k_f – коефіцієнт, який враховує додаткову виробничу площу);

$F_d=4029$ год – дійсний річний фонд часу роботи верстату; $\eta_з$ – коефіцієнт завантаження верстату (для *серійного виробництва* – 0,8; для *масового* – за фактичним завантаженням верстата).

Вартість механічної обробки, коп./год:

$$C_o = \frac{C_{п.з.} \cdot T_{шт.(шт-к)}}{60 \cdot K_в},$$

де $T_{шт (шт-к)}$ – штучний або штучно-калькуляційний час на операцію, хв; $K_в=1,3$ – коефіцієнт виконання норм; $C_{п.з.}$ – часові приведені затрати на операцію, коп/год.

Початкові дані для проведення розрахунку технологічної собівартості: оптова ціна верстатів, площа верстатів в плані, коефіцієнт завантаження верстатів, потужність електродвигуна верстату, працеемність операцій $T_{шт}$ або $T_{шт-к}$, річна програма випуску деталей, тип виробництва, кількість верстатів, що обслуговуються одним робітником.

Розрахунки ведуться за тими операціями, в яких зменшилася працездатність їх виконання або які відсутні в базовому чи проектному варіантах. У кінці роблять висновок про доцільність розробки та впровадження нового технологічного процесу. *Для наглядного порівняння вартості доцільно проводити це порівняння у формі таблиць.*

У разі відсутності базового варіанту проектується 2-3 варіанти механічної обробки. За робочий приймається той варіант, який під час виконання порівняльного аналізу дає більш високі технологічні і техніко-економічні показники.

Виробнича програма. Типи та організаційної форми виробництва

Виробнича програма виготовлення деталі зазначається у завданні на роботу. Види виробничої програми залежно від вибраного типу виробництва поділяються на точну, приведену, умовну.

Виробнича програма називається точною, коли номенклатура виробів та деталей точно встановлена і забезпечена кресленнями, специфікаціями і технічними умовами. Проектування згідно точної програми передбачає детальну розробку техпроцесу виготовлення кожної деталі з нормуванням часу обробки по операціях.

Доцільно використовувати для масового та багатосерійного виробництва, а також виробництва з потоковою формою організації техпроцесу.

Умовна виробнича програма використовується для обробки деталей виробу, конструкції яких ще не розроблені і точна номенклатура виробів, що виготовляються, не відома (*наприклад, проектування експериментальних цехів*), вибираються умовні представники. За прийнятими умовними представниками проводять проектування.

Виробнича програма називається приведеною, коли всі вироби умовно наводяться до декількох типових машин, які є найбільш характерними для кожної групи машин.

Використовують для серійного, малосерійного і одиничного виробництва. При цьому всю номенклатуру виробів, яка підлягає виготовленню в проектному цеху, розбивають на групи, подібних за конструктивними і технологічними ознаками. В кожній групі вибирається типовий представник. На нього розробляється операційний техпроцес, на основі якого визначається працездатність виготовлення типового виробу (деталі). Трудомісткість інших виробів (деталей), які входять в дану групу, встановлюється за допомогою загального коефіцієнта приведення K_o , який враховує зміну за: масою K_m , серійністю $K_{сер}$, складністю $K_{скл}$ механічної обробки кожного з них.

$$K_o = K_m \cdot K_{сер} \cdot K_{скл}.$$

Зміна за масою виробу визначається за формулою:

$$K_m = \sqrt[3]{\left(\frac{Q_x}{Q}\right)^2},$$

де Q_x - маса умовного виробу;

Q – маса виробу типового представника.

Коефіцієнт приведення за серійністю визначається за формулою:

$$K_{сер} = \left(\frac{B}{B_x}\right)^n,$$

де B – річний випуск виробу-представника;

B_x – річний випуск приведенного виробу;

n – показник степеня

($n=0,15$ – для середнього і легкого машинобудування; $n=0,2$ – для важкого машинобудування).

Коефіцієнт приведення за складністю $K_{скл}$ визначається за формулою:

$$K_{скл} = \left(\frac{H_x}{H} \right)^{0,5},$$

де H_x – число оригінальних деталей у приведеному виробі;

H – число оригінальних деталей у виробі представнику.

Приведена програма визначається множенням заданої програми випуску виробів на K_o .

Приклад розрахунку приведеної програми

Найменування виробу	Програма								
	Задана				Наведена				
	Коротка характеристика або модель	Річна кількість штук	Маса, т		Коефіцієнт приведення				Наведена кількість виробів на річну програму
			одного виробу	річної програми	за масою	за серійністю	за складністю	загальний	
А	М1	400	0,8	320	1,0	1,0	1,0	1,0	400
Б	М2	200	0,8	160	1,0	1,12	1,3	1,46	292
В	М3	100	0,4	40	0,63	1,22	1,5	1,16	116
Всього	-	700	-	520	-	-	-	-	808

Розрахунок кількості обладнання виробничої ділянки

Розрахункова кількість обладнання, необхідна для виконання кожної операції:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт(шт-к)}}{60 \cdot F_o \cdot \eta_n},$$

де N – річна програма випуску, шт.; $T_{шт(шт-к)}$ – штучно-калькуляційний час;

$F_o = 4029$ – дійсний річний фонд роботи обладнання, год.; $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Заокруглюється m_p в більшу сторону до цілого числа і отримуємо кількість робочих місць “Р”.

Працесмність обробки штучний (штучно-калькуляційний) час: $T_{шт(шт-к)} = T_o \cdot \phi_k$,

де ϕ_k – поправочний коефіцієнт, який залежить від типу виробництва і методу обробки поверхні (виду верстату); T_o – основний час, як сума основного часу за всіма технологічними переходами, які входять в дану операцію.

Нормативний коефіцієнт завантаження обладнання $\eta_{з.н.}$:

- для малосерійного виробництва **0,8÷0,9**;
- для середньосерійного виробництва **0,75÷0,85**;
- для багатосерійного і масового виробництва **0,65÷0,75**.

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m}{P}.$$

Дійсний коефіцієнт завантаження обладнання за формулою:

Якщо $\eta_{з.ф.} \geq \eta_{з.н.}$, то необхідно збільшувати “Р” до тих пір, поки $\eta_{з.ф.} \leq \eta_{з.н.}$.

Визначення типу й організаційної форми виробництва

Кількість операцій, що виконуються на цьому обладнанні за формулою:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}$$

У подальших розрахунках отримане значення “О”.

Коефіцієнт закріплення операції визначається за формулою: $K_{з.о} = \frac{O}{P}$,

де O – сума технологічних операцій, які виконуються всіма підрозділами; P – кількість робочих місць.

Види виробництва

- $K_{з.о} < 1$ – масове,
- $1 \leq K_{з.о} < 10$ – багатосерійне,
- $10 \leq K_{з.о} < 20$ – середньосерійне,
- $20 \leq K_{з.о} < 40$ – дрібносерійне,
- $K_{з.о} \geq 40$ – одиничне.

Форми організації виробництва

- ▶ **Групова** – характерна для серійного виробництва. Обладнання розміщується за технологічною ознакою.
- ▶ **Предметна** – характерна для серійного, деколи для масового, виробництва. Обладнання розміщується по ходу техпроцесу, характерного для декількох типів виробництв. Деталі обробляються партіями.
- ▶ **Поточно-серійна** – характерна для середньо- і багатосерійного виробництва. Обладнання розміщується по ходу техпроцесу. Деталі обробляються партіями. Біля верстатів є бункери-накопичувачі.
- ▶ **Неперервний потік** – характерний для масового виробництва. Обладнання розміщується по ходу техпроцесу. Час на всіх операціях синхронізований.

Визначення форми виробництва

Добовий випуск виробів: $N_d = \frac{N}{254}$,

де N – програма випуску, шт/рік; 254 – кількість робочих днів у році.

Добова продуктивність поточної лінії: $Q_d = \frac{F_d}{T_{ум.сер}} \cdot \eta_{з.ф.сер}$,

де $F_d = 952 \text{ хв}$ – добовий фонд роботи обладнання за двозмінної роботи;

$T_{ум.сер}$ – середній штучно-калькуляційний час всіх операцій;

$$T_{ум.сер} = \frac{\sum T_{ум.кі}}{n}$$

де n – кількість операцій; $\eta_{з.ф.сер}$ – середнє значення коефіцієнта завантаження обладнання.

Якщо добовий випуск виробів менше добової продуктивності поточної лінії, яка завантажується хоча б на 60%, то застосовується групова форма організації виробництва, якщо навпаки – поточна.

$N_c < Q_c \cdot 0,6$ – групова, $N_c > Q_c \cdot 0,6$ – поточна.

Показники виробництва

Для поточної форми організації виробництва:

- такт випуску виробів, хв/шт: $t_a = \frac{60 \cdot F_d}{N}$,

- ритм випуску, шт/хв: $\tau_s = \frac{N}{60 \cdot F_0}$

Для групової форми організації виробництва:

- кількість деталей в партії: $n = \frac{N \cdot a}{254}$,

де a – періодичність запуску в днях ($a=3, 6, 12, 24$ дні);

- число змін по обробці партії деталей на дільниці: $C = \frac{T_{ум.сер.} \cdot n}{476 \cdot 0,8}$,

де 476 – дійсний фонд роботи обладнання в одну зміну, хв;

Спр – прийняте число змін;

Прийняте число деталей в партії:
$$n_{np} = \frac{C_{np} \cdot 4760,8}{T_{ум.сер.}} .$$

Тема 4. Детальна розробка оптимального варіанта технологічного процесу

Розрахунок похибки базування:

1. Похибка базування під час встановлення на площину
2. Похибка базування під час встановлення за зовнішньою циліндричною поверхнею на призму.
3. Похибка базування під час встановлення за отвором.
4. Похибка базування під час встановлення за конусним отвором.
5. Похибка базування під час встановлення в центрах.
6. Похибка базування під час встановлення на площину і два отвори.

Похибка базування під час встановлення на площину

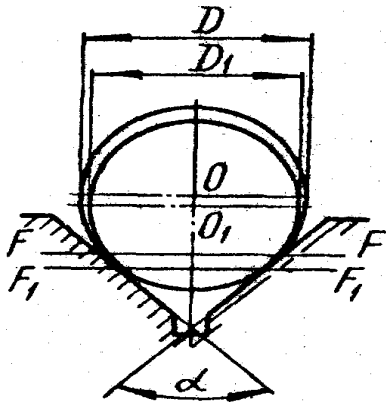
Під час встановлення заготовки на площину, яка є конструкторською базою, похибка базування дорівнює нулю.

Під час встановлення заготовки на площину, яка не є конструкторською базою, похибка базування дорівнює допуску на розмір, що безпосередньо зв'язує технологічну і конструкторську бази.

У загальному випадку, коли технологічна й вимірювальна бази не паралельні (кут між ними α), вона визначається залежністю $\omega_b = T \cdot \cos \alpha$.

Похибка базування під час встановлення за зовнішньою циліндричною поверхнею на призму

Технологічною базою за таким встановленням є площина, яка проходить через твірні дотику циліндра з робочими поверхнями призми. Під час коливання діаметра в партії заготовок у межах допуску TD від D до $D1-TD$ технологічна база займає положення відповідно F-F і F1-F1. Таким чином, у всіх випадках має місце похибка базування внаслідок не суміщення баз.



Величина похибки базування під час встановлення зовнішньої циліндричної поверхні на призму залежить від допуску на діаметр циліндра, кута призми і положення конструкторської бази. Похибка базування під час встановлення заготовки циліндричними поверхнями на призму визначається виразом:

$$\omega_6 = k \cdot T,$$

де k - коефіцієнт; T - допуск діаметра бази, мм.

Похибка базування під час встановлення за отвором

Похибка базування під час встановлення за циліндричним отвором на жорстку оправку з'являється внаслідок наявності зазору між отвором і оправкою.

Конструкторська база – вісь отвору, а технологічна база – поверхня отвору.

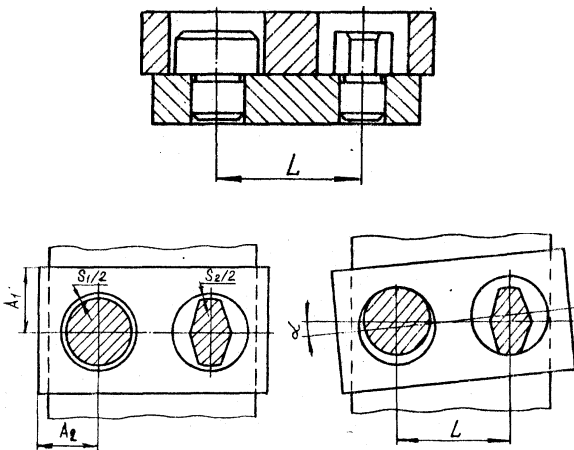
Неспівпадіння баз унаслідок наявності зазору приводить до появи похибки базування:

$$\omega_6 = S_{\max} = S_{\min} + T_A + T_B,$$

де $S_{\max}$, $S_{\min}$ – максимальний і мінімальний зазори між отвором заготовки і оправкою; T_A, T_B – відповідно допуск на діаметр отвору і оправки.

Максимально можливе неспівпадання осі отвору й осі обробленої зовнішньої поверхні (ексцентриситет) при цьому $e = 0,5 \cdot \omega_6$.

Похибка базування під час встановлення на площину і два отвори



Похибки базування :

1. В напрямках розмірів A_1 і A_2

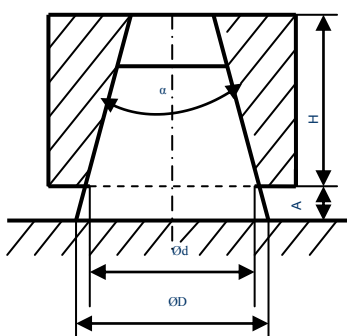
$$\omega_{A1} = \omega_{A2} = S_{\max}$$

2. Найбільший можливий кут перекосу деталі

$$\omega_6 = \tan \alpha = \frac{S_{1\max} + S_{2\max}}{2L},$$

де $S_{1\max}$, $S_{2\max}$ – максимальний зазор у з'єднанні базового отвору відповідно з першим і другим пальцем; L - відстань між центрами базових отворів (номінальний розмір). Посадка отворів на пальці H7/f7 або H7/g7.

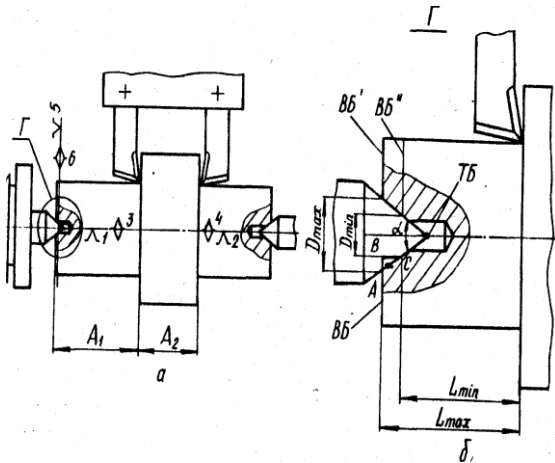
Похибка базування під час встановлення за конусним отвором



Похибка базування під час встановлення деталі на жорсткий конусний палець в напрямку розміру H виникає в результаті зміни розміру A , яке відбувається через коливання величини d конусного отвору.

$$\omega_6 = \frac{T_a}{2 \tan \frac{\alpha}{2}}$$

Похибка базування під час встановлення в центрах



Виникає внаслідок похибки виконання центровий отворів. Не забезпечується фіксоване положення вала в поздовжньому напрямку (рис. а). Вимірювальна база (лівий торець вала) і технологічна база (вершина центрового отвору) не збігаються. У партії заготовок внаслідок неоднакової глибини центрових отворів їх діаметр змінюється від D_{min} до D_{max} . (рис. б). За підтискання заднім центром буде змінюватись положення лівого торця вала відносно встановленого на розмір A різця. Тоді похибка базування $\omega_6 = L_{max} - L_{min}$, з трикутника ABC

$$\omega_6 = \frac{\omega_D}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$$

Визначення похибки обробки:

- на першій операції обробляються поверхні, які в подальшому використовуються як базові.
- після першої операції базування (за подальшої обробки) здійснюється по обробленій поверхні.
- за можливістю, необхідно намагатись досягнути принципу єдності баз і принципу постійності баз.

Найбільш поширений метод отримання прогресивного базування – за допомогою розмірних ланцюгів.

Сумарна похибка обробки повинна бути меншою допуску на розмір:

$W_{\Sigma} < T_{обр}$. Це стосується всіх розмірів, які отримуються на кожній технологічній операції.

В загальному випадку очікувана похибка обробки: $W_{\Sigma} = W_{н.р.} + W_{т.с.} + W_{уст.}$, де $W_{н.р.}$ – похибка налагоджуваного розміру;
 $W_{т.с.}$ – похибка технологічної системи;
 $W_{уст.}$ – похибка установки.

Примітка: $W_{н.р.}$ та $W_{т.с.}$ – в сумі дорівнюють середній статистичній точності і визначаються за таблицею. $W_{уст.}$ – залежить від способу встановлення деталі на верстаті і від способу її закріплення.

Розрахунок похибки обробки проводять у такій послідовності:

- на кожну операцію креслиться ескіз обробки в довільному масштабі. На ескіз наносять: розміри, які витримуються із відхиленнями; похибки установки; похибки технологічної системи;
- всі поверхні, що обробляються, показуються товстішою лінією.

Налагоджувальна технологічна база:

- налагоджувальними технологічними базами називаються поверхні заготовок, по відношенню до яких орієнтуються поверхні, що оброблюються, пов'язані з ними безпосередніми розмірами, і які утворюються при одному установі з поверхнями заготовок, що оброблюються.
- заготовка може мати декілька налагоджувальних баз.

Розрахунок операційних припусків та розмірів

Загальний припуск – шар матеріалу, видалений з поверхні початкової заготовки, в процесі механічної обробки, з метою отримання готової деталі.

$$z_{\text{заг}} = D_{\text{поч.заг}} - D_{\text{дет.}}$$

Припуски поділяються на:

- ✓ мінімальний,
- ✓ максимальний,
- ✓ операційний.

Операційний припуск – це шар матеріалу, який видаляється із заготовки під час виконання однієї технологічної операції. Операційний припуск рівний сумі проміжних припусків, тобто, припусків на окремі переходи, які входять в операцію.

Існує три методи визначення припусків:

- розрахунок припусків за теорією Кована;
- розрахунок на основі технологічних зв'язків технологічного процесу;
- табличний метод.

Розрахунок припусків за теорією Кована – оснований на визначенні мінімального припуску на механічну обробку.

■ *$Z_{\min}$ – мінімальний розрахунковий припуск на окрему операцію – різниця найменшого граничного розміру до обробки і найбільшого граничного розміру після обробки на даній операції;*

■ *$Z_{\max}$ – максимальний операційний припуск – різниця найбільшого граничного розміру до обробки і найменшого граничного розміру після обробки на даній операції.*

$$Z_{i \max} = Z_{i \min} + T_{Ai-1} + T_{Ai}$$

■ *Номінальний (розрахунковий) операційний припуск – різниця номінальних розмірів до і після обробки на даній операції.*

$$Z_{i \text{ ном}} = Z_{i \text{ ном}(\min)} + T_{Ai-1}$$

Різниця між максимальним і мінімальним значенням припуску називається допуском на припуск: $Tz = z_{\max} - z_{\min}$.

Найменший операційний припуск складається з окремих елементів, зв'язаних з різними похибками.

$$z_{\min} = z_1 + \sqrt{z_2^2 + z_3^2},$$

де z_1 – шар матеріалу, який необхідно зняти із заготовки для усунення нерівностей після попередньої обробки R_{zi-1} і дефектного шару h_{i-1} , який виник у зв'язку з корозією, наклепуванням і т. д.

Для тіл обертання $z_1 = 2 \cdot (R_{zi-1} + h_{i-1})$.

R_{zi-1} і h_{i-1} – знаходяться з довідників і залежать від методу отримання заготовки та способу обробки.

Для всіх методів механічної обробки R_{zi-1} і h_{i-1} задані окремо, а для заготовок в довідковій літературі подається їх сума.

z_2 – шар матеріалу, який видаляється для компенсації похибки форми і просторових відхилень, в розміщенні оброблюваних поверхонь відносно базових.

Величина припуску z_2 залежить від конструктивних особливостей деталі або заготовки і від методу отримання заготовки.

У технічній літературі просторове відхилення прийнято позначати літерою ρ .

У тих випадках, коли діють декілька просторових відхилень знаходять їх сумарне значення за правилом складання векторів:

$$\rho_{\text{сум}} = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2 + \dots + \rho_i^2}$$

z_3 – шар металу, який знімається для компенсації похибки установки заготовки (похибка базування і закріплення).

Похибка базування враховується для 1-го переходу, якщо деталь оброблюється без переустановлення, якщо обробка ведеться з переустановленням, то похибка базування враховується для кожного переустановлення.

Для практичного використання, формула для визначення мінімального припуску, приймає вигляд:

✓ для площини : $z_{\min} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}$;

✓ для тіл обертання $2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$.

Таблиця для розрахунку припусків

Технологічні переходи обробки поверхні	Елемент припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм.	Розрахунковий розмір, мм.	Допуск, мкм.	Граничні значення розміру, мм.		Граничні значення припусків, мм	
	$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_i				dmin	dmax	Zmin	Zmax
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Під час заповнення таблиці у графу:

■ 1 – записуються всі технологічні переходи, за допомогою яких обробляються поверхні, на які розрахований припуск.

■ 2 – висота мікронерівностей R_z вибирається за таблицями для всіх технологічних переходів.

■ 3 – величина дефектного шару h_i вибирається за таблицями для всіх технологічних переходів.

■ 4 – просторові відхилення ρ розраховуються для заготовки і залежать від способу її отримання. На всі наступні переходи остаточні просторові відхилення ρ визначаються за формулою: $\rho_1 = \rho_{\text{заг}} \cdot k_y$, $\rho_2 = \rho_1 \cdot k_y$ і т.д,

де k_y – коефіцієнт уточнення, який залежить від способу обробки і вибирається за таблицями.

■ 5 – похибка установки ε_i залежить від способу установки деталі в пристрої.

■ 6 – графа “розрахунковий припуск” визначається за формулою:

$$Z_{\min} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}$$

■ 7 – графа “розрахунковий розмір” заповнюється, починаючи із кінцевого розміру, який береться із креслення деталі.

Кожен наступний розмір отримується відніманням (для отворів), додаванням (для валу) розрахункового припуску кожного технологічного переходу.

■ 8 – значення допуску кожного переходу приймаються за таблицею у відповідності з квалітетом того чи іншого виду обробки.

- 9 – графа $d_{\max}$ отримується:
 - ✓ для отвору заокругленням розрахункового розміру d_p до точності допуску відповідного переходу;
 - ✓ для валу додаванням відповідного допуску до $d_{\min}$.
- 10 – графа $d_{\min}$ отримується:
 - ✓ для отвору відніманням із $d_{\max}$ допуску відповідного переходу;
 - ✓ для валу заокругленням d_p до значення допуску.
- 11 – граничні значення припусків:
 - ✓ для отворів $Z_{\min.пр}$ – різниця найбільших граничних розмірів і $Z_{\max.пр}$ – відповідно різниця найменших граничних розмірів.
 - ✓ для вала $Z_{\max.пр}$ – різниця найбільших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходу, а $Z_{\min.пр}$ – різниця найменших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходу.
- Загальні припуски $Z_{\max}$ і $Z_{\min}$ сумуються.

Розрахунок режимів різання, вибір обладнання

Найвигіднішими режимами різання є такі котрі забезпечують найменшу собівартість обробки за умови виконання всіх вимог щодо якості продукції і продуктивності.

Режими різання можна визначити двома методами:

1. Розрахунок за допомогою формул (розрахунково-аналітичний метод);
2. Статистичний метод (за допомогою табличних даних).

Елементи режиму різання в основному встановлюються в такому порядку:

Глибина різання (t):

Завжди потрібно прагнути видалити весь припуск, за один прохід. Однак це не завжди можливо, так як не можливо забезпечити необхідну якість і точність обробки. Тому глибина різання, як правило рівна величині операційного припуску. Зокрема при чорновій обробці – назначають максимально рівну всьому припуску або більшій його частині.

- *Якщо поверхня обробляється один раз, то знімається весь припуск.*
- *Якщо поверхня обробляється два рази, то припуск ділиться відповідно на 70% і 30%.*
- *Якщо поверхня обробляється три рази, то припуск відповідно ділиться в співвідношенні: 70%:20%:10%*

2. Подача (S):

Необхідно прагнути до роботи з максимальними подачами. Але маємо ряд заперечень - при чорновій вибирають максимально можливу виходячи з умови жорсткості і міцності системи ВПД; $N_{пр}$ і т.д.;

Наприклад :

За грубої обробки, коли знімаються великі і нерівномірні припуски, великі подачі можуть привести до недопустимих вібрацій і поломок інструментів і механізмів станка.

За чорнового точіння спочатку вибирають подачу за відповідною таблицею довідника в залежності від оброблюваного матеріалу, діаметра деталі, глибини різання і матеріалу ріжучого інструмента. Вибрану подачу перевіряють за пружністю державки різця і пластинки твердого сплаву. Перевірка подачі за

пружністю державки $S_{\text{держ}}$ проводиться, виходячи з того, що різець розглядається як

консольна балка: $P_z \cdot l = \sigma_u \cdot W = \frac{\sigma_u \cdot BH^2}{2},$

де l – виліт різця;

σ_u – допустимий опір згину матеріалу державки;

W – момент опору перерізу різця;

B – ширина державки різ;

H – висота державки різця.

Враховуючи, що сила різання $P_z = C_{pz} \cdot t^{x_{pz}} \cdot S^{y_{pz}},$ знаходимо величину подачі:

$$S_{\text{дер.}} = y_{pz} \sqrt{\frac{BH^2 Gh}{6C_{pz} \cdot t^{x_{pz}} \cdot l}}, \text{ мм/об.}$$

Експериментально встановлено, що максимальне навантаження на пластинку не повинне перевищувати $P_{\text{пл}} = 34t^{0,77} \cdot C^{1,35} \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin \psi} \right)^{0,8},$

де t – глибина різання, мм;

c – товщина пластинки, мм;

ψ – головний кут в плані, град.

Якщо розрахункові величини $S_{\text{держ}}$ і $S_{\text{пл}}$ виявляться меншими, ніж подача, встановлена за таблицею, то перш, ніж вибрати найменшу із них, потрібно спробувати створити умови для її збільшення шляхом зменшення вильоту різця або збільшення січення державки. Це можна зробити за рахунок застосування більш товстої пластинки твердого сплаву. В випадку обробки не жорстких деталей може виявитись необхідною перевірка по прогину деталі. Стріла прогину не повинна перевищувати 0,2...0,4 мм.

Максимальну величину прогину розраховують за такими залежностями:

– під час закріплення в патроні: $f = \frac{P_y L^3}{3EI};$

– під час обробки в центрах: $f = \frac{P_y L^3}{70EI};$

– під час обробки в патроні з підтиснутим заднім центром:

$$f = \frac{P_y L^3}{140EI},$$

де f – прогин деталі;

P_y – радіальна складова сили різання;

L – відстань між опорами або виліт деталі, мм;

E – модуль пружності;

I – момент інерції.

За чистового точіння величина подачі обмежується вимогами до шорсткості обробленої поверхні і точності її розмірів. Технологічно допустимі подачі для цих випадків приводяться в таблицях.

Під час перевірки на прогин деталі стріла прогину повинна бути в такій залежності: $f \leq 0,25T,$

де T – допуск на діаметр.

- за чистової вибирають в залежності від необхідної точності та шорсткості.

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n, \text{ мм/хв або } S_m = S \cdot n, \text{ мм/хв.}$$

де S_z – подача в мм на 1 зуб інструмента (розгортки, фрези і т.д.), мм/зуб;

S – подача в мм на 1 оберт заготовки чи інструменту, мм/об;

z – число зубів інструменту;

n – число обертів, об/хв.

3. Стійкість (T , хв) – період роботи інструменту до затуплення вибирається із таблиці для одноінструментальної обробки. Для багатоінструментальної обробки та за багатоінструментального обслуговування T необхідно збільшити. Орієнтовно можна приймати для багатоінструментальної обробки: $T_{mi} = T \cdot K_{mv}$,

де K_{mv} – коефіцієнт зміни періоду стійкості за багатостатного обслуговування.

4. Швидкість різання (v , м/хв) – розраховують за формулою, що встановлено для певного виду обробки, і має загальний вигляд: $v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}}$,

де C_v – постійний коефіцієнт, характерний нормативним умовам обробки;

T – період оптимальної стійкості, хв;

m – показник відносної стійкості;

x_v, y_v – показники степеня при t і S .

Для оптимального дійсного значення v вводиться загальний коректуючий коефіцієнт на швидкість різання, який враховує змінені умови обробки в порівнянні з нормативними, і визначається: $K_v = K_m \cdot K_u \cdot K_n$,

де K_m – коефіцієнт, який характеризує властивості оброблюваного матеріалу;

K_u – коефіцієнт, який характеризує властивості інструментального матеріалу;

K_n – коефіцієнт, який характеризує геометричні властивості ріжучого інструменту.

$$\text{Тоді } V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m t^{x_v} S^{y_v}}.$$

5. Число обертів (n_p , об/хв.)

За знайденою швидкістю різання підраховують число обертів шпинделя верстату:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}.$$

Число оборотів шпинделя коректується, шляхом заокруглення в меншу сторону відповідно до паспортних даних верстату.

У разі відсутності паспортних даних верстату за таблицями знаходиться максимальна та мінімальна частота обертання шпинделя та число швидкостей шпинделя.

Значення стандартного знаменника геометричної прогресії: $\varphi^{z_{cm}-1} = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}$,

звідси $\varphi = \left(\frac{n_{\max}}{n_{\min}} \right)^{\frac{1}{z_{cm}-1}}$. Тоді $n_1 = n_{\min} \times \varphi, \dots, n_i = n_{i-1} \times \varphi$.

За результатами розрахунку остаточно приймається, як дійсне число обертів n_d , найближче значення n_i до розрахункового числа обертів n_p шпинделя верстату.

6. Дійсна швидкість різання (v_d , м/хв)

Перераховується дійсна швидкість різання:

- для обертального руху $V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000}$, м/хв;
- для поступального руху $V_d = \frac{l}{1000 \cdot t_x}$, м/хв.

де D – діаметр обробки деталі, мм;

n – число обертів, об/хв;

l – довжина ходу, мм;

t_x – час одного ходу, хв.

7. Сила різання (P_z , Н)

Під силою різання розуміють її головну складову P_z , яка визначає потужність різання ($N_{різ}$) і крутний момент ($M_{кр}$) на шпинделі верстата. Силкові залежності розраховують за емпіричними формулами.

В загальному P_z – тангенціальна сила різання визначається за формулою:

$$P_z = C_p \cdot t \cdot S^{0,75},$$

де C_p – коефіцієнт, який залежить від матеріалу заготовки та величини кутів заточування інструменту.

t – глибина різання, мм.

S – подача інструменту, мм/об.

$$N_e = \frac{P_z \cdot v_d}{60 \cdot 102} \text{ кВт},$$

де P_z – тангенціальна сила різання, Н.

V_d – швидкість різання, м/хв.

Методика розрахунку режимів різання за багатоінструментальної обробки відрізняється від викладеної. Внаслідок розбіжності в конструкції інструментів і умов роботи в одній наладці, стійкість їх буде різною. Інструмент, для якого стійкість виражена в кількості деталей оброблених до затуплення, буде найменшою, прийнято називати лімітуючим.

Для конкретного налагодження багатоінструментальної обробки, перш за все виявляють лімітуючий інструмент, після чого для цього інструменту визначають найвигіднішу швидкість різання. Ця швидкість повинна забезпечити вибраний для нього період стійкості. Найвигідніший період стійкості лімітуючого інструменту повинен бути значно більшим, ніж для умов одноінструментальної обробки. Це пояснюється великою складністю налагодження інструментів, які входять до неї.

Глибина (t) різання, як за одноінструментальної обробки, визначається припуском. Припуск повинен бути знятий за можливістю за один хід, а за підвищених вимог до точності та шорсткості за два ходи – чорновий і чистовий.

Подача (S), як і за одноінструментальної обробки, повинна призначатися максимально можлива. Величину подачі обмежують: міцністю механізмів приводу і подачею верстата; міцністю інструменту; міцністю заготовки; жорсткістю технологічної системи; шорсткістю технологічної системи.

Потужність верстата, як правило, не обмежує подачу: за недостатчі потужності в більшості випадків потрібно не знижувати подачу. У зв'язку з цим, перевірка прийнятих подач за силовими паспортними даними верстата є обов'язковою.

Швидкість різання (v) приймають однаковою з одноінструментальною обробкою в таких випадках:

а) обробка чистовим інструментом, коли зміна v приводить до недопустимого зростання шорсткості поверхні;

б) обробки металів, що мають різко виражений оптимум v , відхилення від якого приводить до різкого зниження v .

Швидкість різання зменшуються:

а) за заданим співвідношенням між v ;

б) у випадку, коли інструменти повинні працювати з однаковою хвилинною подачею ($S_{хв.}$) або з однаковим основним часом на обробку (T_o);

в) за недостатньої потужності верстата ($N_{вер.}$);

г) в зв'язку з необхідністю зростання періоду стійкості інструменту (T) за багатоінструментальної обробки.

Швидкість різання може підвищуватися:

1) якщо інструменти повинні працювати з однаковою довжиною ходу;

2) для операцій ритм, яких не зв'язаний з ритмом інших операцій;

3) коли продукція дільниці, цеху і т.д. повинна випускатися комплексно.

Технічне нормування

Технічне нормування в широкому розумінні цього поняття являє собою встановлення технічно обґрунтованих норм витрат виробничих ресурсів. В цьому разі під виробничими ресурсами розуміється енергія, сировина, матеріали, інструменти, робочий час і т. д.

Нормування праці здійснюється методами технічного нормування і дослідно-статистичним нормуванням.

Технічне нормування праці – це сукупність методів і прийомів по виявленню резервів робочого часу і встановленню необхідної норми праці. Завданнями технічного нормування являється покращення організації праці, встановлення правильної міри праці.

За технічного нормування праці, тобто, за розрахунково-аналітичного визначення норми часу, технологічна операція розкладається на елементи машинні, машинно-ручні і ручні, на переходи ходу, прийоми і рухи. При цьому кожний елемент піддається аналізу як окремо, так і в з'єднанні з складними елементами.

Перед розрахунком норми часу проводиться аналіз структури нормуючої операції з метою її покращення шляхом викидання з неї зайвих прийомів і рухів, шляхом зменшення шляху руху, звільнення робочого від виконання підсобних робіт по підношенню матеріалів, заточування інструментів і т.д.

Норми часу, які визначаються аналітичним методом, називаються технічно обґрунтованими або просто технічними нормами.

Технічно обґрунтована норма часу – це час, необхідний для виконання одиниці роботи, встановлений розрахунком, виходячи із раціонального використання в даних умовах продуктивності праці робочого (живої праці) і засобів праці (речової праці) з врахуванням передового виробничого досвіду.

Призначення технічної норми часу не обмежується визначенням оплати за працю і її продуктивністю. Технічні норми, є основою для визначення потрібної кількості і завантаження обладнання, виробничої потужності відрізків і цехів, являються основою оперативного (календарного) планування.

Дослідно-статистичний метод нормування, який приймається в умовах одиничного і малосерійного виробництва, пропонує встановлення норм часу на основі порівняння з нормами і фактичною трудомісткістю виконання в минулому аналогічної роботи. Норма часу встановлюється на всю операцію.

Нормування по роботі, виконаній в минулому не інтенсифікує виробництво, так як узаконює недоліки існуючих в минулому технічних процесів, не стимулює запровадження прогресивних форм організації праці, запровадження більш продуктивного обладнання тощо.

Класифікація витрат робочого часу

Витрати робочого часу на протязі робочого дня розділяють на нормовані і ненормовані витрати.

До нормованих відносяться затрати, необхідні для виконання заданої роботи і тому підлягаючі включенню в склад норми часу. До ненормованих затрат робочого часу, котрі не входять в склад норми, відносяться втрати робочого часу. Втрати робочого часу можуть бути внаслідок виконання робочим випадкової і позапланової роботи, такої як відлучення за майстром, наладчиком, документацією, інструментом, транспортними засобами, затрати з провини робочого в зв'язку з запізненням, прогулом, передчасним покиданням робочого місця і т. д.

Нормовані затрати робочого часу діляться на підготовчо-заклучний час, оперативний час, час обслуговування робочого місця, час переривів на відпочинок і на особисті потреби робітника.

Норма підготовчо-заклучного часу – $T_{н.з}$ – це норма часу, на підготовку робочих і засобів виробництва до виконання технологічної операції і приведення їх в початковий стан після її закінчення.

Він представляє затрати часу на:

- 1) отримання матеріалів, інструментів, пристосувань, технологічної документації і завдання;
- 2) ознайомлення з роботою, технологічною документацією, кресленням;
- 3) встановлення інструментів, пристосувань, налагодження обладнання на відповідний режим роботи;
- 4) знімання пристосувань і інструментів після закінчення обробки;
- 5) здавання готової продукції, залишків матеріалів, пристосувань, інструментів, технологічної документації.

Підготовчо-заклучний час витрачається один раз на всю партію оброблюваних виробів, які виготовляються без перерви, по даному робочому завданню і не залежить від кількості виробів в партії.

При нормуванні $T_{н.з}$ визначається за нормативами з урахуванням типорозміру станка, пристосування, конструкції і маси оброблюваної заготовки і т.д.

Норма оперативного часу $T_{он}$ – це норма часу на виконання технологічної операції, яка складається із суми норм основного часу T_o і не перекриваючого або допоміжного часу $T_г$: $T_{он} = T_o + T_г$.

Затрати оперативного часу на виконання технологічної операції повторюється з кожною одиницею виробу або через строго визначену їх кількість.

Норма основного часу T_o – це норма часу на досягнення безпосередньої мети даної технологічної операції або переходу за якісною і кількісною зміною предмету праці.

Основний час T_o являє собою час протягом якого здійснюється зміна розмірів і форми заготовки, зовнішнього вигляду і шорсткості поверхні, стану поверхневого шару або взаємного розміщення окремих частин складальної одиниці. Основний час може бути машинним, машинно-ручним, ручним і апаратним.

Для токарних, свердильних, різьбярських робіт, зенкерування, розгорткування і фрезерування основний машинний час визначається за формулами:

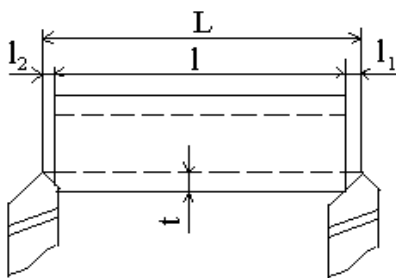
$$T_o = T_m = \frac{Li}{S_{xв}} = \frac{Lz}{nst}, \quad L = l + l_1 + l_2,$$

де T_m – машинний час, хв; L – довжина шляху інструменту, мм; l – довжина оброблюваної поверхні, мм; l_1 – величина врізання інструменту, мм; l_2 – величина сходу інструмента, мм;

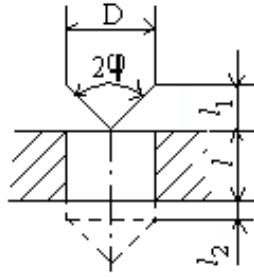
i – число ходів; $S_{xв}$ – хвилинна подача, мм/хв; n – частота обертання шпинделя або інструмента, об/хв; s – подача на один оберт шпинделя, мм/об; t – глибина різання на сторону, мм; z – припуск на сторону, мм.

Довжина врізання і перебігу залежить від методу обробки і геометрії інструменту.

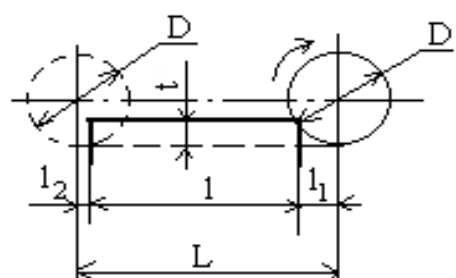
Наприклад:



під час точіння



під час свердління



під час фрезерування

Під час розрахунку основного часу під час обробки за методом пробних ходів і промірювань довжина шляху інструменту L збільшується з врахуванням додаткової довжини на взяття пробних стружок.

Норма допоміжного часу T_e являє собою норму часу на здійснення дій, які створюють можливість виконання основної роботи, передбаченої даною технологічною операцією. Цей час враховує затрати робочого часу на виконання таких прийомів як встановлення і зняття деталі, пуск і зупинка станка, підвід і відвід інструменту, переміщення стола або супорта, зміна інструменту.

Допоміжний час може бути ручним (ввімкнути – вимкнути станок і т.д.), механізованим (встановлення і зняття деталі краном) і машинним (швидкий підвід супорта).

Допоміжний час визначається сумуванням його складових елементів, приведених в таблицях. При цьому в його склад входять затрати на:

- час на встановлення і зняття деталі,
- час пов'язаний з переходом,
- час переміщення частин станка,
- час на зміну режиму роботи станка,
- час на зміну інструменту.

Час на встановлення і зняття заготовки дається в нормативах на весь комплекс „встановити і зняти заготовку“ в залежності від її ваги, типу пристосування, способу базування, закріплення і т.д.

Час пов'язаний з переходом, включає в себе час на підвід інструменту до заготовки, ввімкнення і вимкнення подачі, відвід інструменту.

Час обслуговування робочого місця $T_{обсл}$ – являє собою частину штучного часу, затраченого виконавцем на підтримку засобів технічного оснащення в працездатному стані і догляд за ними.

В умовах масового виробництва машинних і автоматизованих операціях $T_{обсл}$ ділиться на час технічного і час організаційного обслуговування.

Час технічного обслуговування T_{tex} – це час, затрачений працівником на догляд за робочим місцем, на протязі даної конкретної роботи – зміни інструментів, регулювання інструментів і т. д. Час T_{tex} визначається в % від $T_{осн}$.

Час організаційного обслуговування $T_{орз}$ – це час, затрачений на догляд за робочим місцем на протязі робочої зміни, час на розкладання і збирання інструменту, час на огляд обладнання, час на змазування, чистку і т.д. $T_{орз}$ визначається в % до оперативного $T_{опер}$.

Час на обслуговування робочого місця $T_{обс} = T_{tex} + T_{орз}$ встановлюється за нормативом і в багатьох випадках становить (до 4...8%) від $T_{оп}$.

Час на особисті потреби $T_{відп}$ – це частина штучного часу, затраченого людиною на особисті потреби і за виснажливих робіт на додатковий відпочинок.

Час на відпочинок $T_{від}$, виробничу гімнастику й особисті потреби регламентовано законодавством і визначається у відсотках від $T_{оп}$ тобто. $T_{від} \approx 2,5\% T_{оп}$.

Після визначення норми часу на всі операції уточнюється виробництво. У розрахункових формулах приймається фактична норма часу для кожної операції.

Для оцінки процесу механічної обробки будуються графіки завантаження обладнання (рис.6, а), а також за основним часом (рис.6, б) і (або) за потужністю.

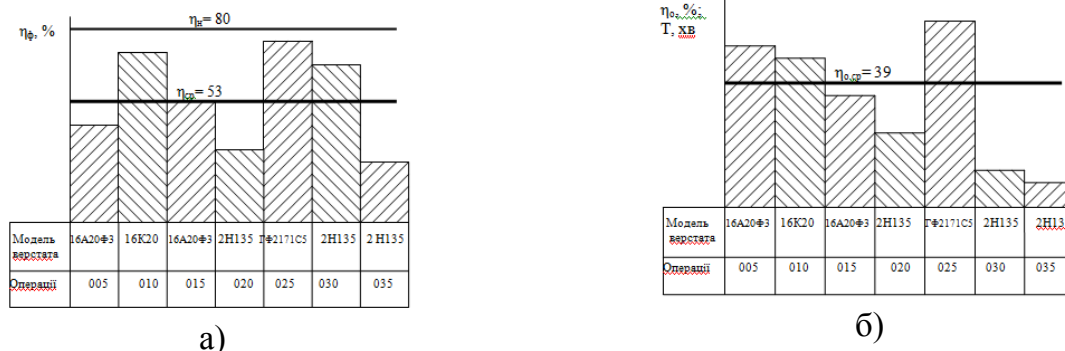


Рис. 6. Графіки завантаження обладнання

Під час побудови графіків по горизонтальній осі рівними інтервалами умовно зображують верстати технологічного процесу (верстати вказують позначенням моделі, доцільно також вказувати номер або найменування операції). По вертикалі у вигляді прямокутників у відсотках або відносних одиницях відкладають відповідно коефіцієнт завантаження обладнання, основний час роботи обладнання, потужність. Для побудови графіка завантаження обладнання значення коефіцієнта завантаження верстатів приймається за уточненим розрахунком. Для побудови графіка завантаження за основним часом коефіцієнт використання обладнання за основним часом визначається для масового виробництва за формулою: $\eta_o = \frac{T_o}{T_{ит}}$, для серійного

виробництва за формулою: $\eta_o = \frac{T_o}{T_{ит-к}}$.

Структура норми часу

Норма часу – це регламентований час виконання деякого об'єму роботи в конкретних виробничих умовах одним або декількома виконавцями відповідної кваліфікації.

В машинобудуванні норма часу, зазвичай, встановлюється на технологічну операцію.

Технічно обґрунтована норма часу $T_{ш-к}$ складається із норми підготовчо-заключного часу на партію оброблених деталей $T_{п-з}$ і норми штучного часу $T_{ш-к}$,

де $T_{ш-к} = T_{ш} + T_{п-з} / n$, – норма штучно-калькуляційного часу;

n – кількість заготовок в оброблюваній партії.

Норма штучного часу – це норма часу на виконання об'єму роботи, рівна одиниці нормування: $T_{ш} = T_o + T_{\epsilon} + T_{обс} + T_{відп} = T_{оп} + T_{обс} + T_{відп}$.

Технічна норма часу під час обробки деталей на токарних автоматах, верстатах з ЧПК, багатоопераційних верстатах

Основний час обробки деталей на токарних автоматах визначається як сума часу на всі несумісні технологічні переходи і допоміжні ходи: $T_o = T_{техн} + T_{доп}$,

де $T_{техн}$ – час на технологічні переходи;

$T_{доп}$ – час на допоміжні ходи.

Час на технологічні переходи під час обробки на одношпиндельних автоматах:

$$T_{техн} = 60 \cdot \frac{\sum n_{пер}}{n}, \text{ с}$$

де $\sum n_{пер}$ – сумарне число обертів шпинделя на всі несумісні технологічні переходи;
 n – частота обертання шпинделя, об/хв.

На багатошпиндельних токарних автоматах, де обробка проводиться паралельно в чотирьох, шести або восьми позиціях (чотирьох-, шести- або восьмишпиндельні автомати), час на технологічні переходи визначається за найбільш тривалим

технологічним переходом: $T_{техн} = 60 \cdot \frac{n_{пер}}{n}, \text{ с}$.

Час на допоміжні ходи $T_{доп}$ визначається на основі схеми обробки деталі і паспортних даних автомата:

- під час обробки на одношпиндельних автоматах $T_{доп}$ включає час на подачу і затиск прутка, час на несумісні повороти revolverної головки та інші допоміжні ходи;

- під час обробки на багатошпиндельних автоматах $T_{доп}$ включає час на поворот шпиндельного блоку (барабана), підведення і відведення супортів.

Під час обробки на одношпиндельних і багатошпиндельних автоматах основний час рівний протяжності циклу обробки, тобто, $T_o = T_{цик}$.

У тих випадках, коли схема обробки передбачає виготовлення за час циклу двох, трьох або більше деталей, основний час $T_o = \frac{T_{цик}}{Q}$,

де Q – число деталей, що обробляється.

Під час обробки деталей на верстатах з ЧПК, багатоопераційних верстатах типу „оброблювальний центр” і робототехнічних комплексах (модулях) основний час визначається як сума часу на всі несумісні технологічні переходи і часу на допоміжні ходи верстату, в тому числі підвід і відвід супортів, автоматичну зміну інструменту, переключення частоти обертання шпинделя: $T_o = \frac{L_1}{n_1 \cdot S_{01}} + T'_{доп} + \frac{L_2}{n_2 \cdot S_{02}} + T''_{доп}$ і т.д. за числом переходів.

Час обробки деталі на верстатах з ЧПК визначається під час обробки керуючої програми.

Норма штучно-калькуляційного часу під час роботи на одному верстаті з ЧПК в умовах серійного виробництва $T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{n}$,

де $T_{шт-к}$ – норма штучно-калькуляційного часу, хв.;

$T_{п.з}$ – підготовчо-заклучний час, хв.;

n – кількість заготовок в партії, що запускається у виробництво.

Штучний час на обробку деталі $T_{шт} = T_o + T_d + T_{п.з} + T_{п.}$,

де T_o – основний час на операцію, хв.;

$T_d = T_{у.з} + T_{д..х..п}$ – додатковий час, що включає час $T_{у.з}$ на установку і зняття заготовки і допоміжний час $T_{д..х..п}$, пов'язаний із виконанням допоміжних ходів і переміщень під час обробки поверхні, хв.;

$T_{обс}$ – час обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{п.}$ – час на особисті потреби, хв.

Оперативний час роботи верстату з ЧПК $T_{оп} = T_o + T_{у.з} + T_{д..х..п}$, хв.

Час роботи верстату за програмою керування (час циклу обробки) $T_{п.у}$ рівний повному оперативному часу роботи верстату: $T_{п.у} = T_o + T_{д..х..п} = T_{оп.н.}$

Елементи $T_{шт}$ визначаються так само, як і для обробки на верстатах з ручним управлінням.

Час виконання допоміжних ходів і переміщень під час обробки поверхні $T_{д..х..п}$, включає комплекс прийомів, пов'язаних із позиціонуванням, прискореним переміщенням робочих органів верстату, підводом інструменту вздовж осі в зону обробки із послідуочим відводом, автоматичної зміни ріжучого інструменту шляхом повороту револьверної головки (різцетримача) або із інструментального магазину. Під час складання програми управління необхідно враховувати можливість поєднання прийомів і призначати таку послідовність виконання переходів обробки, щоб $T_{д..х..п}$ був мінімальним.

Так як способи установки і закріплення заготовок під час обробки на верстатах з ЧПК принципово не відрізняються від способів, що використовуються верстатах з ручним управлінням, то $T_{у.з}$ визначають за нормативами для верстатів з ручним керуванням.

У склад робіт з організаційного обслуговування робочого місця включені: огляд, нагрівання системи ЧПК і гідросистеми, отримання інструмента, змащення і очищення верстату протягом зміни, прибирання робочого місця в кінці зміни.

До технічного обслуговування робочого місця відносять: зміну затупленого інструмента, корекція інструменту на задані розміри, регулювання і підналагодження верстату протягом зміни, вилучення стружки із зони різання в процесі роботи.

Розмір партії визначається за фактичними даними або розрахунково: $n = \frac{N}{a}$,

де N – річна програма випуску деталей, шт.;

a – число запусків в рік, для умов серійного виробництва $a = 4; 6; 12$ або 24. Найбільш оптимальним для розрахунків приймати $a = 12$.

Підготовчо-заклучний час $T_{п.з}$ під час обробки на верстатах з ЧПК складається із затрат часу $T_{п.з1}$, із затрат $T_{п.з2}$, що враховує додаткову роботу, і часу $T_{п.з3}$ на пробну обробку деталей: $T_{п.з} = T_{п.з1} + T_{п.з2} + T_{п.з3}$.

В затрати $T_{п.з.1}$ включено час на отримання завдання, креслення, технологічної документації на робочому місці на початку роботи і на здачу в кінці зміни. В більшості випадків приймається $T_{п.з.1} = 12 \text{ хв}$ для всіх верстатів з ЧПК.

Час на обробку пробної заготовки $T_{п.з.3}$ враховується в тих випадках, коли на верстатах не проводять корекцію інструменту. Для верстатів типу „оброблювальний центр” та інших, на яких після обробки першої деталі проводять корекцію інструмента на задані розміри, цей час включено в нормативи на технічне обслуговування верстатів.

Тема 5. Технологія виготовлення станин, рам, корпусних деталей та валів

Технологія обробки деталей групи “вали”

Виготовлення валів

Види валів: гладкі; ступінчаті; із фланцями і буртами; суцільні; полі та ін. Конструктивні особливості валів: шийки валів можуть мати шпонкові пази, шліци, різь; в місцях переходу ступенів валу роблять канавки; торці валів мають фаски; вали жорсткі – $l/d < 15$; вали нежорсткі – $l/d \geq 15$.

Матеріали валів: якісні вуглецеві сталі 25,30 та леговані хромисті сталі 15Х, 45Х. Леговані в порівнянні з конструкційними використовуються рідше оскільки мають високу вартість; знижену пластичність.

Заготовки валів із прокату отримують методом відрізання від гарячекатаних та холоднотянутих нормальних прутків, після чого вони одразу підлягають механічній обробці. Заготовки такого виду в основному використовують в одиничному та малосерійному виробництві, а також під час виготовлення валів з невеликою кількістю ступенів і незначною різницею їх діаметрів. На виробництві (з великим масштабом випуску, а також під час виготовлення валів більш складної ступінчатої конфігурації, що значно відрізняються за діаметром) заготовки доцільно отримувати методами пластичного деформування, такими як ковка, штамповка, періодичний прокат, шляхом обтиснення на ротаційно-кованих машинах. Ці методи дозволяють отримати заготовки по формі і розмірам найбільш близькі до готової деталі. При цьому значно зменшується металоємність, що характеризується коефіцієнтом використання матеріалу.

Основні операції під час обробки ступінчатих валів: підрізання торців, центрування, токарна обробка зовнішніх поверхонь, шліфування зовнішніх поверхонь, операції доводки, нарізання шліців, нарізання зубів.

Додаткові операції під час обробки ступінчатих валів: свердління дрібних отворів, нарізання в них різі, фрезерування різноманітних лисок, пазів, канавок, шліфування.

Для порожнистих валів додаткові операції: розточування та шліфування внутрішніх поверхонь.

Базами для обробки більшості валів є поверхні їх опорних шийок, але використовувати їх в якості технологічних баз для обробки зовнішніх поверхонь дуже важко, особливо за умови збереження принципу єдності баз. У більшості випадків технологічними базами є поверхні центрувальних отворів з обох сторін заготовки, що дозволяє обробляти майже всі зовнішні циліндричні поверхні за єдиних технологічних баз.

Обробка валів. Механічну обробку починають з операції підрізки, фрезерування торців і їх центрування. В залежності від типу виробництва використовують верстати: токарні, револьверні, центрувальні, фрезерно - центрувальні.

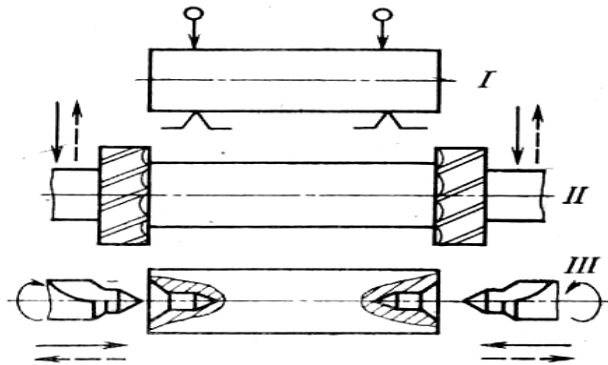


Рис.7. Схема обробки заготовки на фрезерно-центрувальному автоматі

Вибір верстату визначається типом виробництва і конструкцією валу. Одиначне виробництво – універсальне токарне обладнання та верстати з ЧПК. Мало- та середньосерійне виробництво – токарно-револьверні з ЧПК. Багатосерійне і масове виробництво – токарні багатопиндельні автомати, багаторізцеві та гідрокопірувальні автомати.

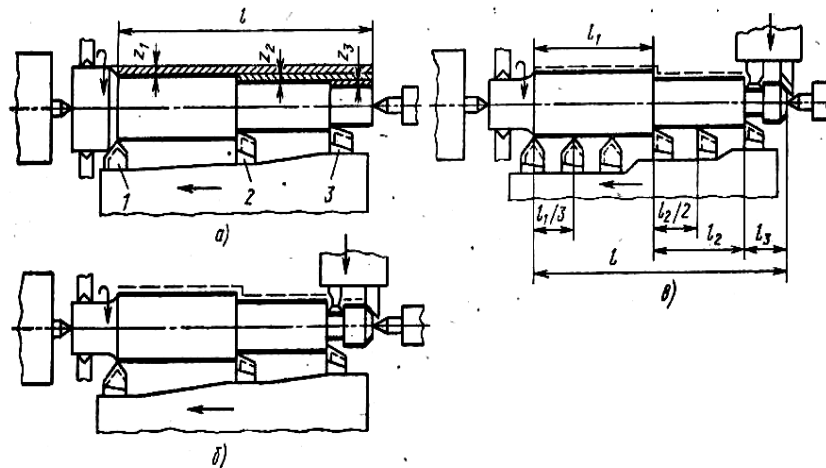


Рис.8. Обробка валу на багаторізцевому напівавтоматі

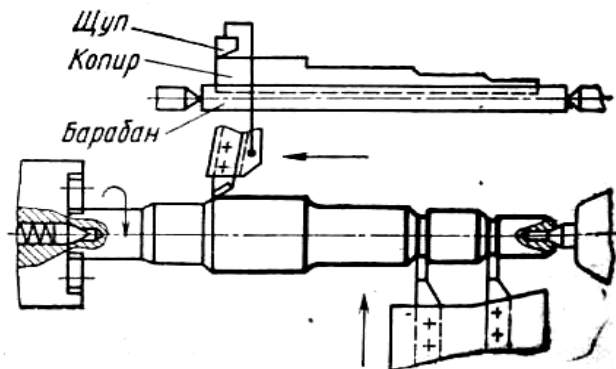


Рис.9. Обробка валу на гідрокопірувальному верстаті

Обробка шліців. Шліці нарізають методом фрезерування – цей метод є трудомісткий, виконується за порівняно невисоких режимів (швидкість 20...30 м/хв, подача 20 мм/хв). Нарізати шліці можна за 1 або 2 робочі ходи. Інструмент: черв'ячна

фреза. Базування: в центрах, а якщо короткі опорні шийки то зі сторони шпинделя базується по шліфованій опорній шийці в спеціальній оправці із зворотнім напуском.

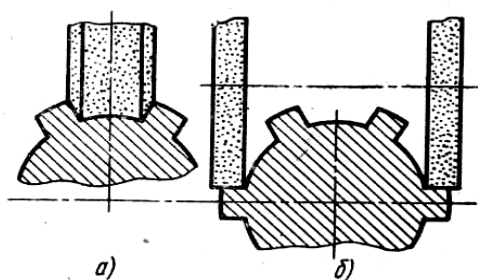


Рис.10. Схеми шліфування шліців: а) за внутрішнім діаметром; б) за зовнішнім діаметром

Стругання набором фасонних різців, які закріплені в різцевій головці, шорсткість отримана $Ra\ 2,5 \dots 1,25$ мкм. Протягування під час обробки відкритих шліцьових пазів. Шліци шліфують у загартованих валів на шліцешліфувальних напівавтоматах. Схеми шліфування залежать від способу центрування.

Обробка шпонкових пазів. Шпонкові пази залежно від їх форми оброблюються

пальцевими або дисковими фрезами. Технологічні бази: центрувальні отвори коли встановлення у центрах або зовнішні циліндричні поверхні для встановлення в призми. Використовуються також самоцентруючі лещата, якщо зменшують похибку установки до мінімуму. Обробляють на звичайних фрезерувальних верстатах, або на спеціальних, які працюють за маятниковим типом. Отримується висока якість поверхні. Найбільш продуктивним є метод фрезерування шпонкових канавок наскрізних за допомогою дискової фрези.

Обробка отворів. Для обробки великої кількості отворів агрегатний багатошпиндельний верстат. Під час свердління глибоких отворів ($l > 5d$)-горизонтально-свердлильні верстати для глибокого свердління. В одиничному і малосерійному виробництві використовують розмітку. В серійному і масовому – використовують кондукторні втулки.

Нарізання внутрішньої різі в отворах виконують мітчиками (з реверсом або без нього) на токарних і різьбонарізних верстатах. Для різьб великих діаметрів – різці, різьбонарізні головки, фрезами.

Нарізання зовнішньої різі: на токарно-гвинторізних верстатах - різцями, гребінками (в одиничному і малосерійному виробництві); на токарних і револьверних верстатах, автоматах і напівавтоматах - круглими плашками (не забезпечує високої якості різі), саморозкриваючою різьбонарізною головою; різьфрезерних верстатах – дисковими (довгі різі) і гребінчастими (короткі різі) фрезами; різешліфувальних верстатах – односторонніми або багаторічковими кругами (для різі високої точності, на загартованих деталях).

Технічний контроль валів. Перевіряють діаметральні розміри, довжини ступенів, розміри шліців, різьби. Перевірку здійснюють – скобами, шаблонами, шліцьовими і різьбовими кільцями. Перевірку биття шийки валу – встановлюють на призми базовими шийками, щуп індикатора встановлюється на шийку, що контролюється. Різниця показів індикатора при повороті валу вказує на величину биття.

Виготовлення шпинделів верстатів

Службове призначення шпинделів передавати оброблюваній заготовці або інструменту обертальний рух з певною кутовою швидкістю та крутним моментом. В якості опор шпинделів верстатів використовують підшипники кочення та ковзання. Шпиндель безпосередньо впливає і на точність виготовлення деталей. Перш за все це відноситься до опорних шийок, які виконують роль основних баз. У залежності від призначення розрізняють шпинделі: порожнисті, що мають наскрізний основний отвір, який по одному або на обох кінцях переходить в тонкий циліндричний або

конічний; шпindel, що має не наскрізний циліндричний або конічний отвір; суцільні, без осевого отвору.

Вимоги до точності шпинделя. За точністю шпинделі діляться на **5 груп**. Для шпинделів верстатів **Н і П** точності з опорами кочення використовують в основному підшипники 4-го класу точності. Для верстатів більш вищого класу точності використовують підшипники 2-го класу точності. У відповідності з цим і встановлюють вимоги до геометричної форми опорних шийок. Більш точні підшипники встановлюють в передню опору, менш точні – в задню. Наприклад, для верстатів **Н** точності в передню опору вставляють підшипники 4-го класу точності, а в задню 5-го класу.

Шорсткість поверхонь шпинделів. Шорсткість поверхонь і твердість опорних шийок, особливо для шпинделів, які працюють у підшипниках ковзання, впливає на стабільність положення шпинделя при експлуатації верстата. В залежності від класу точності верстата параметри шорсткості знаходяться в межах: для опорних шийок $Ra=0,32...0,04$ мкм; для виконавчих $Ra=0,63...0,04$ мкм.

Матеріали та заготовки для шпинделів. Вибір матеріалу для шпинделя визначається типом верстату і умовами роботи шпинделя. Переважно використовують високоміцний (магнієвий) чавун, що за міцністю не поступається сталі. Для виготовлення пустотілих шпинделів використовують поковки із сірого чавуну СЧ15, СЧ21. В залежності від серійності та якості заготовок використовують поковки, рідше – сталі відливки (методом центробіжного лиття у металічні форми), прутковий матеріал і труби. Заготовки для одиничного і дрібносерійного виробництва - із прокату або з поковок, отриманих за допомогою вільного кування; для багатосерійного виробництва – сталі шпинделі виготовляють гарячою висадкою на ГKM.

Технологічні бази під час обробки шпинделів є його опорні шийки, але використовувати їх в якості технологічних баз в більшості операцій неможливо, особливо при обробці зовнішніх циліндричних поверхонь. В цьому випадку за технологічні бази приймають центрові отвори. Під час обробки шпинделів не вдається зберегти принцип єдності баз, у зв'язку з складністю профілю шпинделя, тому на різних операціях проходить зміна баз.

Технологічний процес обробки шпинделів

- Поділяється на чорнову і чистову обробку.
- Чистову і кінцеву обробку опорних шийок і співвісних з ними зовнішніх поверхонь проводять на спеціальних пробках або оправках з зацентрованими отворами, по мірі необхідності інколи в ТП включають операції правки шпинделя після ТО, особливо для тих шпинделів, що виготовляються з цементованих сталей, тому що вони підлягають довгочасному нагріванню.
- У залежності від серійності виробництва чорнову та чистову обробку зовнішніх поверхонь шийок шпинделя проводять на токарних, багаторізцевих та гідрокопіювальних верстатах.
- Багаторізцеві верстати дозволяють використовувати декілька різців та скорочувати довжину робочих ходів.
- Гідрокопіювальний – внаслідок їх швидкохідності та великої жорсткості дозволяє вести обробку на високих режимах різання, що значно скорочує основний та допоміжний час на обробку.

• Інколи після чорнової обробки шпинделя, його обробляють термічно. Найбільш поширений метод ТО – нормалізація, вона послаблює внутрішні напруження, покращує механічні властивості та оброблюваність матеріалу.

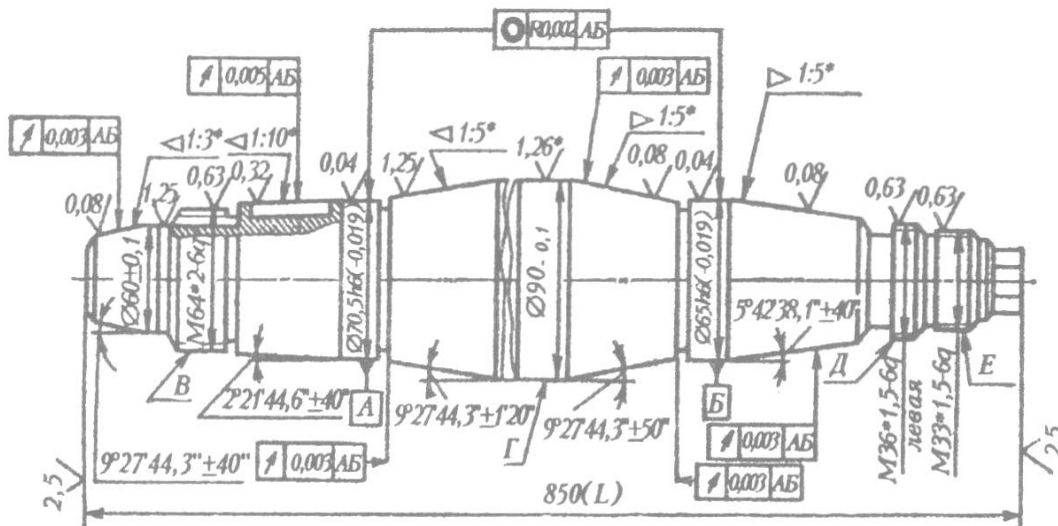


Рис.11. Ескіз шпинделя

Термічна обробка шпинделя. Вид термічної обробки (ТО), а також її режими залежать від марки вибраного матеріалу. Ціль ТО – підвищення зносостійкості поверхні опорних шийок (основних баз), виконавчих поверхонь та деяких інших поверхонь із збереженням “сирої” серцевини, що забезпечує високу початкову точність шпинделів і зберігає її протягом довгого періоду часу. Вказані вище поверхні підлягають закальці та послідовному відпуску, для досягнення HRC 46,5...52.

Поверхнєве загартування проводять декількома методами:

1. Поверхнєве загартування з нагріванням ТВЧ. Поверхневий шар нагрівається за короткий час 0,5...20 сек., в цей час інша частина металу залишається не нагрітою і це не допускає практично деформації заготовки; відпуск поверхні можна проводити також на установках ТВЧ і в шахтних печах (шпиндель нагрівають протягом 2,5 год за температури 180°C).
2. Поверхнева ТО азотуванням. Цим методом загартовують шпинделі, що виготовлені з сталей, які містять алюміній. Як правило, азотують шпинделі, що працюють в опорах ковзання, коли намагаються досягти мінімальної деформації для загартування. Твердість загартованої поверхні HRC 67...69. Поверхні, які підлягають азотуванню попередньо шліфують, залишаючи дуже невеликий припуск, що складає 0,05...0,06 мм. Цей процес нескладний, але протяжний.

Обробка поверхонь шпинделів після термічної обробки. Більшість операцій проводиться під час базування шпинделя в центрових пробках, що вставлені після ТО у конусні отвори або в центрові фаски. До кінцевої обробки зовнішніх поверхонь шийок та виконавчих поверхонь шпинделів обточують зовнішні поверхні шийок, нарізають різь, шліци, фрезерують якщо необхідно шпонкові пази.

✓ Різі, в залежності від вимог до точності типу виробництва, також нарізають на токарному верстаті різцями або на різьбофрезерних верстатах дисковими або гребінчастими фрезами.

✓ Шпонкові пази фрезерують на звичайних фрезерувальних або на спеціальних верстатах дисковими або пальцевими фрезами в залежності від форми пазу.

✓ Шліци нарізають на шліценарізному верстаті методом обкатки. Необхідна глибина і паралельність утворюючих поверхонь шпинделя відносно осі шпинделя найкраще забезпечити при установці шпинделя в центрах. Тому обробку пазів і шліців доцільно проводити після ТО в тих же пробках без переустановлення.

Кінцеві операції обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь шпинделів

- Операції кінцевої обробки опорних шийок центрального конуса для фіксування затискного патрона і виконавчої поверхні основного отвору. Ця точність досягається методом шліфування. Для досягнення більш високої точності правильності форми, шліфування ділять на попереднє та кінцеве.

- У шпинделів із основним отвором зовнішні поверхні шліфують на базі поверхонь основних отворів на пробках або на поверхнях фасок. Можуть також на циліндричних затискних оправках.

- Шпинделі без осевого отвору шліфуються під час встановлення в центрах. Використовують круглошліфувальні верстати.

Контроль шпинделів. Точність виготовлення шпинделів перевіряють у такій послідовності: перевірка правильності форми поверхонь; перевірка геометричних розмірів; перевірка положення поверхонь.

Вимірювальними базами при перевірці шпинделів в основному є поверхні його опорних шийок. Під час перевірки, шпиндель встановлюють опорними шийками з упором в один торець на призму контролюючої плити або спеціальних контролюючих пристроїв. Одна із призм обов'язково регулюється за висотою. Правильність геометричної форми перевіряють в декількох перерізах, перпендикулярних до осі шпинделя. Діаметральні розміри в залежності від ступені точності перевіряють скобами з відліковим пристроєм або мікрометром з ціною поділки 0,01мм. Овальність і конусоподібність перевіряють за допомогою скоби з відліковим пристроєм, а округлість за допомогою кругломіра. Відхилення утворюючої циліндричної поверхні від прямолінійності перевіряють індикатором, наконечник якого переміщається по утворюючій поверхні паралельно осі шпинделя (за різницею між максимальними і мінімальними показами судять про відхилення від паралельності). Відхилення від співвісності контролюють за допомогою індикатора обертаючи шпиндель навколо осі (перевірку проводять в двох крайніх перерізах поверхні, що контролюють).

Виготовлення ходових гвинтів

Службове призначення ходових гвинтів для перетворення обертального руху в поступальне лінійне переміщення за допомогою сполучених з ним гайкою різних вузлів верстата (супортів, кареток, фартухів, столів та ін.) із заданою точністю. Точність ходових гвинтів - від ступеня точності переміщення, яке забезпечують ходові гвинти, поділяють на 5 класів: 0, 1, 2, 3, 4. У металорізальних верстатах в основному застосовуються ходові гвинти 0-го і 2-го класів точності.

Характеристика ходових гвинтів. Основні показники, що характеризують параметри ходових гвинтів: діаметральні розміри, точність кроку різі, точність профілю різі, співвісність вісі гвинта з його опорними шийками, зносостійкість. Ходові гвинти мають недостатню жорсткість, оскільки їх довжина в багато разів більша за діаметр, тому при їх обробці під дією сил різання, а також під дією власної ваги виникають деформації.

Геометрія різі та канавок ходового гвинта. Профіль різі ходових гвинтів може бути: трапецієподібна, прямокутним, трикутним, напівкруглим. Профіль гвинтових канавок може бути напівкруглим і абочним.

Матеріали для ходових гвинтів. Ходові гвинти без термічного зміцнення виготовляють зі сталі А40Г, У10А. Сталі У10А і У12А добре обробляються, мають високу зносостійкість і за відомих умов термічної обробки не дають значних залишкових деформацій. Заготовки з цих сталей піддають відпалу і отримують твердість НВ 170...187. Ходові гвинти із зміцнюючим об'ємним загартуванням виготовляють із легованих сталей - ХВГ, азотованих - 40ХФА, 30ХЗВА. Заготовки з цих сталей піддають термічній обробці на твердість HRC 59...63.

Заготовки ходових гвинтів. В якості заготовки в основному використовують прутки відрізаний від сортового матеріалу діаметром, який максимально наближений до розрахункового діаметра заготовок з мінімальним припуском.

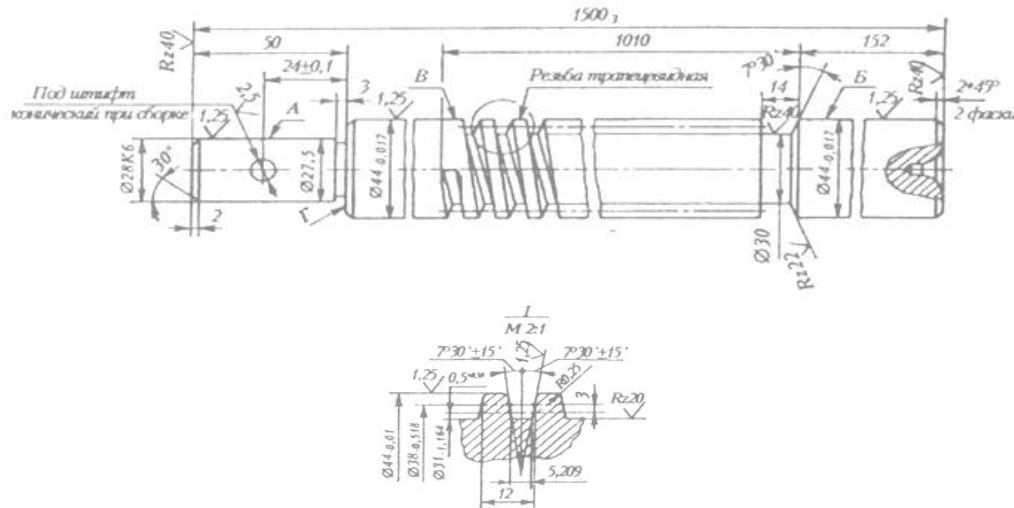


Рис.12. Ходовий гвинт із трапецієподібним профілем

Базові поверхні. Основними базами ходового гвинта є його опорні шийки, опорні бурти. Виконавчими поверхнями – поверхні гвинтової різі. Технологічними базами при виготовленні є поверхні центрувальних отворів і осі гвинта.

Особливості технологічного процесу виготовлення ходового гвинта:

- Заготовки ходових гвинтів не підлягають правці. Заготовки у вигляді прутків з гарячекатаної або каліброваної сталі повинні мати биття не більше 0,5 мм за усією довжиною.

- Деколи в цілях зменшення залишкових деформацій, що викликані чорною обробкою, проводять ТО (штучне та природне старіння) перед чистовими операціями нарізання різі і обробкою опорних шийок ходового гвинта.

- Заготовки під гвинти великої довжини центрують спочатку з одного кінця, а потім після повороту на 180° з другого.

- Для створення додаткової технологічної бази заготовки шліфують на безцентрово- та круглошліфувальних верстатах, для цього встановлюють їх в центрах.

Методи нарізання різі:

- Фрезерування - на різьбофрезерному верстаті дисковою фрезою, обробка є чорною.

- Прорізними і профільними різцями - на токарних і різьбонарізних верстатах. В цьому разі їх різучі кромки роблять прямолінійними, а площину профілю різця встановлюють у площині, що проходить через вісь ходового гвинта. Чистове нарізання з великим кутом підйому різі рекомендують проводити трьома різними різцями.

■ Вихровим нарізанням, за допомогою різця на токарно-гвинторізному верстаті. Вихрове полягає в тому, що під час обертання оброблюваної заготовки і паралельному русі різцевої головки вздовж її осі з певним кроком, за один оберт заготовки здійснюється результуючий рух за гвинтовою лінією. Даний метод більш продуктивний, ніж фрезерування.

Технологічний процес виготовлення ходового гвинта токарного верстату

005. **Токарна.** Підрізати торці і зацентрувати.

010. **Токарна.** Проточити циліндричну поверхню і підрізати торець фланця.

015. **Токарна.** Точити канавку, обточити гострі кромки і фаски.

020. **Шліфувальна.** Шліфувати шийки гвинта попередньо.

025. **Токарна.** Нарізати різьбу.

030. **Токарна.** Прорізати поверхню по внутрішньому діаметру різьби, зняти фаски.

035. **Свердлильна.** Свердлити конусний отвір під штифт.

040. **Шліфувальна.** Шліфувати шийки вала остаточно.

045. **Токарна.** Правити гвинт, проточити бокові стінки різьби, зняти фаски по ниткам різьби.

050. **Токарна.** Нарізати різьбу остаточно.

055. **Шліфувальна.** Шліфувати шийки гвинта остаточно.

Контроль ходового гвинта. Параметри точності ходового гвинта: крок різі, кут профілю, відхилення від округлості – контролюють в залежності від класу точності ходового гвинта різними вимірювальними засобами, такими як: скоби з пристроями підрахунку, спеціальними і універсальними машинами. профільними шаблонами, спеціальними вимірювальними мікроскопами, приладами для вимірювання кроку різі (крокоміром).

Технологія виготовлення корпусних деталей

Службове призначення корпусних деталей, у більшості випадків, розміщення в них складальних одиниць і деталей. Основне **призначення** корпусних деталей забезпечити взаємну орієнтацію однієї деталі відносно іншої і необхідну точність просторового розміщення.

Види поверхонь корпусних деталей. У корпусних деталях розрізняють основні та допоміжні поверхні, а також вільні поверхні, які формують просторову форму деталі. Основні поверхні – за допомогою яких вони приєднуються до інших деталей. Допоміжні поверхні – це поверхні, в яких розміщуються інші деталі. Допоміжними поверхнями можуть бути плоскі, циліндричні поверхні або їх комбінація.

Види базових корпусних деталей:

- Корпусні деталі коробчатого типу мають прямолінійні форми, точні стінки і велику кількість отворів; діаметр основних отворів лежить в межах 50...540 мм, в деяких випадках мінімальний діаметр може бути <50 мм. За своїм виконанням можуть бути роз'ємними і нероз'ємними.
- Корпусні деталі з внутрішніми циліндричними поверхнями, як правило мають дуже високу точність внутрішніх поверхонь та малу шорсткість. Представниками цієї групи є блоки циліндрів автодвигунів.
- Корпусні деталі із складною формою внутрішніх поверхонь - основне призначення забезпечити рух рідини і газів з мінімальними втратами в потрібному напрямку.
- Корпусні деталі, що забезпечують правильний (або необхідний) поступальний або криволінійний рух (*корпуса супортів*).
- Кронштейни, кутники, стійки.

■ Плити, кришки, піддони.

Вимоги до точності корпусних деталей: точність форми базових поверхонь – площинність, прямолінійність; точність відносного взаємного розміщення поверхонь – паралельність, перпендикулярність; точність відстані між паралельними площинами; точність обробки діаметральних поверхонь та їх геометричної форми – округлість, овальність; непаралельність, не перпендикулярність осей отворів між собою та осей отворів і площин; підвищені вимоги до шорсткості оброблюваних поверхонь.

Матеріали заготовок корпусних деталей. Найбільш поширений чавун різних марок: СЧ14 – для виготовлення корпусних деталей машин, підйомно-транспортних машин, корпусів редукторів; СЧ21, СЧ24 – для виготовлення насосів; КЧ35 – для виготовлення коробок швидкостей верстатів, блоків циліндрів двигунів внутрішнього згорання. Ст3, Ст4 – для виготовлення зварних корпусних деталей. Леговані сталі використовують для корпусних деталей, що працюють при підвищених температурах. Під час роботи в агресивних середовищах використовують хромисті або хромонікелеві (12Х18Н9Т, 20Х23Н12), а також бронзи і латуні; для корпусних деталей малої маси алюмінієві та магнієві сплави.

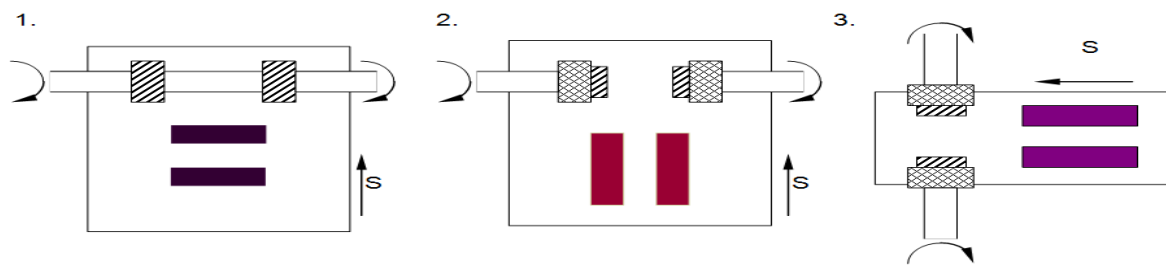
Заготовки корпусних деталей. Визначаються трьома факторами: марка матеріалу, габаритні розміри деталі, тип виробництва. Основними методами отримання заготовок для корпусних деталей є лиття та зварювання. Методом лиття отримується 90% заготовок із чавуну. Основні способи отримання литих заготовок корпусних деталей: лиття в піщано-глиняну форму; лиття в кокіль; лиття під тиском; лиття в оболонкові форми; лиття за моделями, що виплавляються (*тільки для малих за масою та габаритах деталей*).

Технологічний процес обробки різанням корпусних деталей основні етапи:

1. Чорнова та чистова обробка плоских поверхонь або площини і двох отворів, що в подальшому використовуються як технологічні бази.
2. Обробка інших зовнішніх баз.
3. Чорнова та чистова обробка головних отворів.
4. Обробка дрібних та різьбових отворів.
5. Кінцева обробка площин та головних отворів.
6. Контроль якості деталей, що обробляються.

Базування корпусних деталей. Вибір баз під час механічної обробки зумовлюється конструктивними особливостями і технічними вимогами. Частіше всього в якості базових поверхонь використовують основні поверхні деталі, також можуть використовуватися і допоміжні. Найбільше поширення отримали два методи: базування за трьома взаємозв'язаними площинами, за площиною і двома пальцями (один палець циліндричний, другий – зрізаний).

Методи обробки площин: фрезерування; стругання; обдирне шліфування; протягування; токарна обробка. Фрезерування скорочує допоміжний час на включення і виключення верстату; основний час за рахунок зменшення часу на врізання та перебіг інструменту. Використовується в малосерійному та серійному виробництвах. Обробка на поздовжньо - фрезерувальному верстаті. Всі деталі встановлюються на столі верстата і за один прохід обробляється декілька деталей.



В умовах багатосерійного виробництва використовується метод **протягування**, що забезпечує високу продуктивність, можливість за один прохід здійснювати чорнову та чистову обробку, високу стійкість за рахунок зняття малого припуску. Недоліками протягування є: використання дорогого інструменту, необхідність використання потужного обладнання, неможливість обробити деталі, що мають малу шорсткість. Обладнання: протяжні верстати вертикального та горизонтального виконання. В умовах масового виробництва з протягуванням може лише конкурувати неперервне фрезерування, яке може здійснюватися на карусельно – фрезерних або барабанно-фрезерних верстатах.

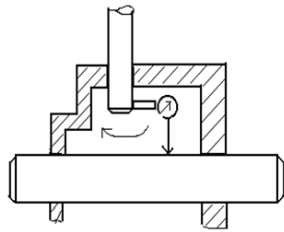
Методи обробки основних отворів корпусних деталей ставляться підвищені вимоги за якістю та точністю виготовлення геометричної форми. Свердла використовують в якості попереднього інструмента для обробки отворів, якщо великий діаметр, то набір свердел (30 мм і більше). Точність: для свердління - 9-10 квалітет; зенкерування, розгорткування – 7-8 квалітет. Для чистової обробки використовують розгорткування отворів, яке може бути одно-, двох, трьох- і багатократне. *Розгорткування попереджає похибку форми але не виправляє напрямку основного отвору.* В умовах серійного виробництва найбільше поширення отримало розточування отворів: горизонтальне, вертикальне, однократне і багатократне з використанням пристроїв із кондукторними направляючими втулками. В якості фінішної обробки використовується алмазне розточування. Під час обробки довгих основних отворів використовують методи пластичного деформування – розкатування. У серійному виробництві найбільш ефективні гнучкі виробничі системи (ГВС). До їх складу входять: багатоцільові верстати з ЧПК; транспортні лінії; автоматизовані склади (склад пристроїв – супутників, заготовок); роботи, маніпулятори.

Отвори кріплення обробляються в одиничному виробництві за розміткою, в серійному – за кондукторною плитою накладного або скальчатого типу. Обладнання: вертикально-свердлильні та радіально-свердлильні верстати. Для більшої точності обробка проходить за 2-3 проходи: зацентровка; свердління; нарізання різі машинним мітчиком. Для збільшення продуктивності обробки використовують багатошпиндельні та револьверні головки.

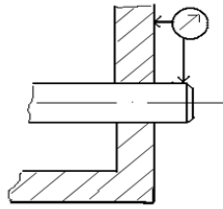
Контроль корпусних деталей:

- Прямолінійність і правильність розміщення основних (базових) поверхонь (рівнем або індикатором).
- Розміри і форму основних отворів (штангенциркулем, мікрометром, калібрами).
- Співвісність осей отворів (гладкими або східчастими оправками).
- Міжосьові відстані, паралельність і перекіс осей (мікрометром, індикаторним приладом, штангенциркулем).
- Перпендикулярність осей основних отворів до торців (оправками з індикатором, калібром).

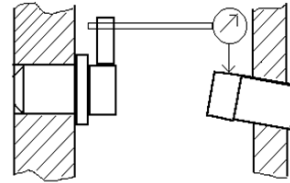
Найбільш поширені схеми контролю



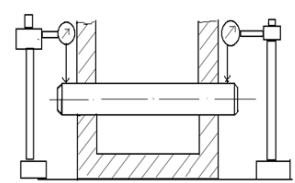
Перпендикулярність осей отворів



Перпендикулярність осей отворів



Співвісність двох отворів



Поворот осі отворів відносно бази

Виготовлення деталей типу станин

Службове призначення. Вироби, що служать для розміщення деталей та складальних одиниць, що визначають взаємне положення цих деталей, відносяться до рам та станин. Направляючі станини повинні: бути паралельними основі станини; володіти площинністю; витримувати прямолінійність направляючих; забезпечувати якість обробки. **За конструктивними ознаками** поділяються на: вертикальні; горизонтальні; суцільні; збірні. **За службовим призначенням:** станини без направляючих – основне призначення орієнтація деталей одна відносно іншої; станини з направляючими – забезпечення відносного необхідного переміщення деталей або складальних одиниць одна відносно іншої. **За траєкторією руху:** з прямолінійними направляючими; з круговими направляючими. **За видом тертя, що виникає у вузлах:** направляючі, в яких реалізовано тертя кочення; направляючі, в яких реалізовано тертя ковзання. **За формою направляючих:** з призматичними; з плоскими; з циліндричними. **За способом виконання:** суцільні; накладні.

Матеріали і заготовки станин. В якості матеріалів литих станин і рам найбільше поширення отримали чавуни СЧ15-32, СЧ21-40. Можуть використовуватись і литі сплави. Зварні станини виготовляють з листової сталі Ст 3, Ст 4, Ст 5. При цьому маса наплавленого металу не більше 2% маси станини і шви розташовані симетрично відносно осі симетрії станини. Станини і основи деяких верстатів виготовляють з бетону, залізобетону і полімер-бетону.

ТП виготовлення литої заготовки станини: виготовлення моделі → виготовлення форми → складання форми → виготовлення холодної форми → охолодження форми → вилучення заготовки → обрубання ливарної системи → контроль заготовки → усунення деформацій.

Технологічний процес виготовлення зварних станин: розмітка елементів простої конфігурації → газова різка або розкрій на гільйотинних ножицях → механічна обробка різанням → зварювання. Переваги: маса на 30...40% менша за тієї ж жорсткості ніж у литих заготовках; менша вартість обробки; можливість автоматизації виробництва; гнучкість. Недолік: велике короблення.

Вибір технологічних баз. Обробку станини з одного установа можливо, виконати якщо: ТП не переривається процесами старіння; конструкція станини дозволяє надійно закріпити її за необроблені поверхні; оброблювана система дозволяє підвести інструмент до заготовки. На практиці частіше всього станину неможливо оброблювати за одну установку. В якості технологічних баз можна вибрати: поверхні направляючих; поверхні, які є основними базами станини. Перший варіант гірший, тому що можна пошкодити оброблювані поверхні направляючих. Він використовується при автоматизованій обробці станини. За багатократною установки заготовки станини більш зручний другий варіант. Під час установки станини на

верстат використовують 2 способи: за трьома базовими поверхнями (класичний); вибором положення заготовки за оброблюваними поверхнями (необхідна точність досягається за рахунок використання гвинтових і клинових опор і домкратів, потребує більших затрат часу).

Технологічний процес виготовлення станин. У залежності від типу виробництва і технічних вимог, що ставляться до станини в даний час пропонується 6 варіантів технологічного процесу, які містять такі операції: попередня розмітка; повторна розмітка; обробка основи (чорнова, чистова); чорнова обробка площин; чистова обробка площин; обробка верхніх площин або направляючих; обробка торців; обробка головних отворів; обробка отворів кріплення; старіння; термообробка направляючих; кінцеві методи обробки площин і головних отворів.

Контроль станин здійснюють: в процесі виготовлення, під час складання станин, в процесі експлуатації. Контролюють властивості чавунних станин шляхом вирізанням зразків із спеціально передбачених у виливку приливів. Твердість вимірюється після чорнової і чистової обробки в декількох місцях переносними приладами. Шорсткість оброблюваних поверхонь визначається профілографом або візуальним порівнянням з еталоном.

Площинність вимірюють за фарбою, підрахунком число точок контакту вимірювальної лінійки. Фарбу “краплан” наносять тонким шаром, товщиною 2...5 мкм. Число точок контакту визначають на площині 25 × 25 мм, яка виділяється накладанням рамки. Площинність можна виміряти також оптичними плоскомірами. Прямолінійність направляючих контролюють за допомогою рівня. Для цього станину встановлюють на регулюючих опорах, щоб забезпечити нульове положення бульбашки. Потім переміщуючи рівень вздовж направляючих, через певні проміжки беруть звіт по шкалі рівня з ціною поділки 0,02 мм. За отриманими даними будують графік, який відображає профіль направляючої і визначають відхилення від прямолінійності. Паралельність поверхонь можна проконтролювати за допомогою рівня. Для цього рівень встановлюють на одну із направляючих (базову). Станину встановлюють за рівнем, потім рівень переносять на другу направляючу і відраховують відхилення від паралельності. Форму профілю направляючих контролюють спеціальним шаблоном і набором щупів.

Чорнова обробка станин: обдиральне шліфування (глибина різання до 4мм; коли поверхня не підлягає розмірній обробці); фрезерування; стругання (економічне і вигідне, коли знімають великі припуски при обробці).

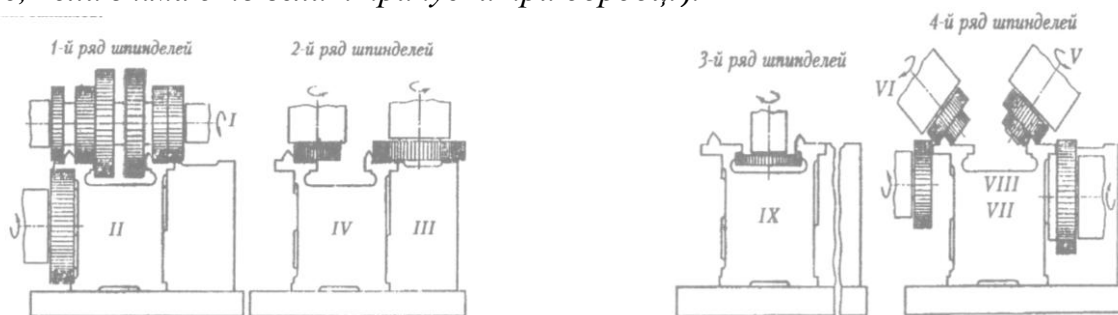


Рис.12. Схема обробки станини на 9-и шпиндельному поздовжньо - фрезерному верстаті

Для станин, які мають прямокутну форму рекомендується використовувати стругання або фрезерування. Станини, які мають кругові направляючі або форму

строго квадратну, доцільно обробляти методом торцевого обкатування на токарно – карусельних верстатах.

Старіння заготовок станин - процес перерозподілу залишкових, які виникають під час відливання і чорнової обробки. Найбільш старим технологічним процесом є природне старіння – процес перерозподілу внутрішніх напружень під дією нормальної температури без зовнішнього впливу. У залежності від марки матеріалу, товщини стінок, від маси самої станини старіння може здійснюватися протягом 2-3 місяців. Штучне старіння – це статичне перевантаження за даного технологічного процесу (нагрівання до 400...600 С⁰, протягом 4...12 год і охолодження до кімнатної температури протягом 5...6 год).

Чистова обробка направляючих станин. Для чистової обробки використовують такі методи як: стругання (малосерійному виробництві), фрезерування (масовому виробництві), торцеве обточування, шліфування.

Обробка кріпильних отворів виконується на: вертикально-свердлильних верстатах; радіально-свердлильних верстатах. З використанням поворотних пристроїв і накладних кондукторів.

Оздоблювальна обробка: тонке стругання; тонке фрезерування (для прямолінійних напрямних простого профілю); шліфування торцем або периферією круга (найбільш продуктивний метод); шабрування (для обробки направляючих особливо точних верстатів, великогабаритних станин)

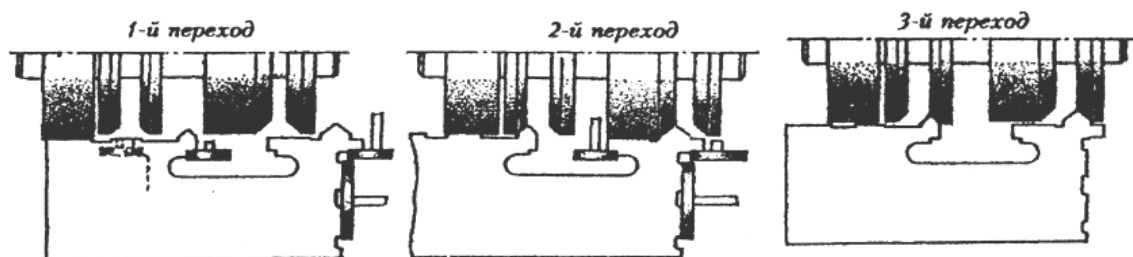


Рис.13. Схема встановлення шліфувальних кіл для обробки направляючих станини токарного верстата за 3-и переходи (5 кругів працюють периферією і 4 – торцем під час обробки)

Тема 6. Технологія виготовлення деталей зубчатих передач, важелів, вилок, шатунів

Технологія виготовлення деталей зубчатих передач

Службове призначення і типові конструкції циліндричних зубчатих коліс.

Циліндричні зубчаті колеса служать для передачі обертового руху між валами з паралельними осями та осями, що перетинаються.

Розрізняють:

- Силкові зубчаті колеса, що служать для передачі крутного моменту із змінною частоти обертання валів.
- Кінематичні передачі, які служать для точної передачі обертового руху між валами при відносно невеликих значеннях крутного моменту.

Основні механізми в яких використовуються циліндричні зубчаті колеса – це коробки передач тракторів та автомобілів, редуктори. Циліндричні зубчаті колеса виготовляють з косими і прямими зубами, також криволінійними зубами (в зубчатих передачах з осями коліс, що перетинаються). Встановлено 12 степенів точності зубчатих коліс. Для 1 і 2 степені точності граничні відхилення не даються.

Типи циліндричних зубчатих коліс

1. Одновінцеві колеса з достатньою довжиною базового отвору ($L/d > 1$).
2. Багатовінцеві колеса ($L/d > 1$)
3. Одновінцеві колеса ($L/d < 1$).
4. Зубчаті колеса вінці яких після обробки налагоджуються і закріплюються на маточині колеса і разом з ним утворюють одновінцеві та багатовінцеві колеса.
5. Зубчаті колеса – вали, що мають велику довжину.

Матеріали циліндричних зубчатих коліс вибирають в залежності від призначення коліс. Сталі – хромисті, хромонікелеві, хромомолібденові та інші цементуючі сталі. Сірі та модифіковані чавуни (для тихохідних малонавантажених передач). Ливарні сталі – вуглецеві (40Л, 50Л) та леговані (40ГЛ, ХГСЛ). Неметалеві матеріали – текстоліт, капрон тощо (працюють у парі з стальними або чавунними колесами).

Заготовки циліндричних зубчатих коліс прокат; поковки, які виконані вільною ковкою на кувальних молотах (форми заготовок не відповідає формі готової деталі, але механічна структура значно краща в порівнянні з заготовкою із прутка); штамповки – отримані на молотах, пресах та ГKM; виливки – отримані точним литтям.

Базові поверхні циліндричних зубчатих коліс для виготовлення плоских зубчатих коліс базовий торець (установча база) і отвір (подвійна опорна база), які в подальшому використовуються як технологічні бази на більшості операцій.

Обробка циліндричних зубчатих коліс

- Зубофрезерування виконується черв'ячною фрезою на одно – і двошпиндельному зубофрезерному верстаті. Зубофрезерування при $m < 3$ мм - за два робочі ходи.
- Зубодовбання – для багатовінцевих коліс, коли немає вільного виходу для фрези.
- Холодне накатування зубів.
- Шевінгування зубів – круглим шевером на шевінгувальних верстатах.
- Шліфування: копіюванням (полягає в тому, що шліфують впадини між зубами, копіюючи профіль круга); обкаткою зубів дисковими кругами з прямолінійними боковими сторонами, профілями рейки; черв'ячним кругом.
- Хонінгування – хон схожий на зубчате колесо.
- Притирання – притирки, у вигляді зубчатого колеса із чавуну, змащені абразивним порошком із маслом.

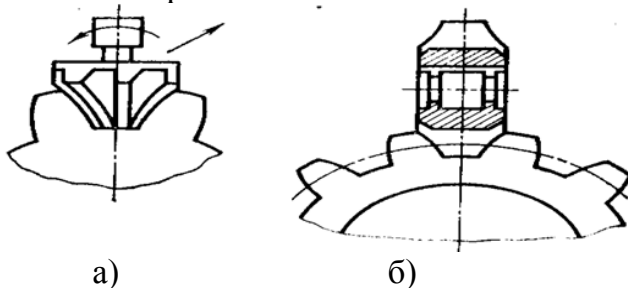


Рис.14. Схеми нарізання зубів зубчатих коліс методом копіювання:

- а) модульними пальцевими фрезами;
б) модульними дисковими фрезами

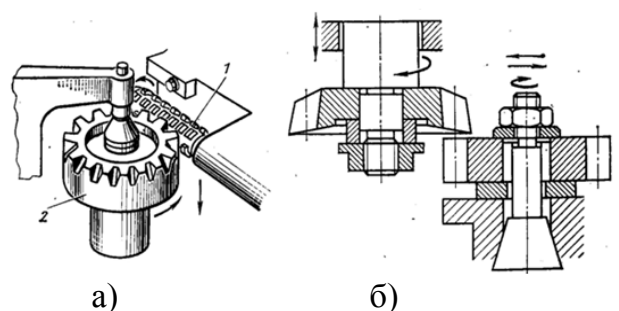
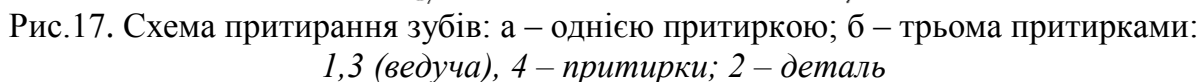
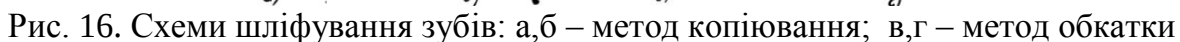


Рис.15. Схеми нарізання зубів зубчатих коліс методом обкатування:

- а) черв'ячними фрезами; б) довбачами



Матеріали та заготовки. Конічні зубчаті колеса виготовляються із вуглецевих сталей: загартованих – Ст40, Ст45; цементованих – Ст15, Ст20; леговано-

загартованих – Ст40Х. Заготовки в залежності від програми випуску – штамповки, поковки, круглий прокат.

Основні методи нарізання конічних зубчатих коліс

- Фрезерування дисковими і пальцевими модульними фрезами за методом копіювання на спеціальних або універсально-фрезерних верстатах. Дає можливість отримати 9-10 ст. точності. *Дискові фрези використовуються для чорнового нарізання прямозубих коліс в умовах багатосерійного виробництва і для чистового нарізання невеликих коліс невеликої точності в одиночному виробництві. Пальцеві фрези використовуються для нарізання великих зубчатих коліс ($\varnothing 3 \dots 5 \text{ м}$ і $m \leq 55 \text{ мм}$) невисокої точності з прямими і криволінійними зубами.*

- Стругання двома різцями за методом обкатки використовується для нарізання конічних коліс $\varnothing 50 \dots 1000 \text{ мм}$ і $m \leq 20 \text{ мм}$ з прямими і косими зубами. Нарізання зубів проводиться на спеціальних зубостругальних верстатах. Забезпечує 7-8 ст. точності.

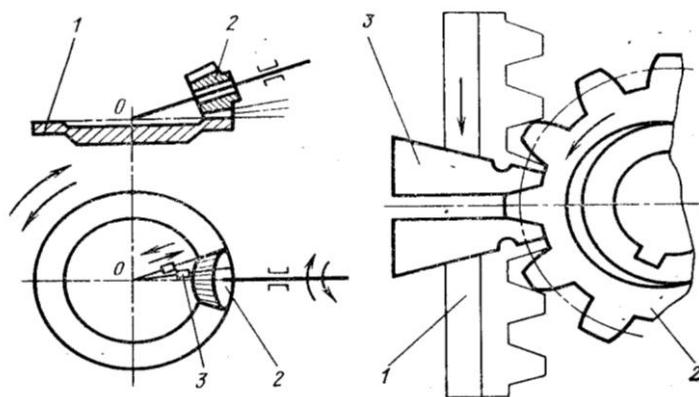


Рис.18. Схема стругання зубів прямозубого конічного колеса:

1 – уявне колесо; 2 – оброблювальна деталь; 3 – два зуба колеса 1, що є різучим інструментом

- Фрезерування двома дисковими фрезами за методом обкатки проводиться на спеціальних зубофрезерних верстатах в умовах багатосерійного виробництва. Нарізають прямозубі і конічні колеса $D < 320 \text{ мм}$ і $m < 8 \text{ мм}$. Колеса отримані цим методом, є взаємозамінними із колесами, що нарізані на зубостругальних верстатах. Дно впадин зубів таких коліс має ввігнуту форму.

- Нарізання зубів круговою протяжкою. Обробляються колеса малого діаметру за один оборот протяжки $D > 500 \text{ мм}$, проводиться чорнове і чистове прорізання впадин, а також зняття фасок і крайок зубів.

- Фрезерування торця різальними головками використовуються для нарізання конічних зубчатих коліс з криволінійними зубами. Обробка на спеціальних верстатах по методах копіювання або обкатки. Конічні колеса відносно високої точності з $m \leq 2,5 \text{ мм}$ нарізають за один робочий хід. При підвищених вимогах до точності, якщо $m > 2,5 \text{ мм}$, використовують чорнову та чистову обробку.

- Шліфування проводиться на спеціальних зубошліфувальних верстатах. Виконується шліфування дисками або тарілчастими кругами $\varnothing 150 \dots 270 \text{ мм}$.

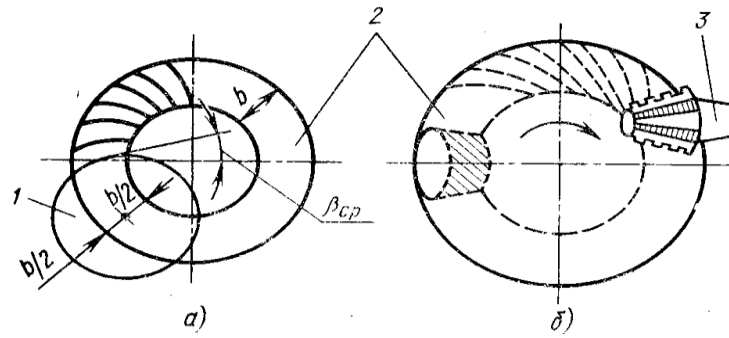


Рис.19. Схеми нарізання конічного колеса із криволінійними зубами:
а – різцевою головкою з профілем зуба по дузі кола; б – конічними черв'ячними фрезами;
1– утворююче коло; 2– деталь; 3– черв'ячна фреза

Контроль конічних зубчатих коліс. Накоплену похибку кругового кроку перевіряють на універсальному зубовимірювальному приборі з кутовим лімбом. Відхилення кругового кроку вимірюється за допомогою крокоміра. Радіальне биття зубчатого вінця перевіряється за допомогою конічного ролика та індикатора на приборі для циліндричних і конічних коліс. Товщину зуба контролюють штангензубоміром. Коливання вимірюваного міжосьового кута і коливання бічного зазору в передачі контролюється в двопрофільному зачепленні з еталонним колесом на контрольно - обкатному верстаті або на приборі для комплексної двопрофільної перевірки.

Службове призначення черв'ячних зубчатих коліс. Кінематичні використовуються в різних механізмах, ділільних ланцюгах, зуборізних та інших металорізальних верстатах для досягнення високої точності відносно повороту. В кінематичних передачах високої точності в ряді випадків передбачається регулювання точності відносно положення черв'яка і колеса. Силкові передачі використовуються в редукторах, коробках швидкостей, механізмах для передачі крутного моменту при великому передаточному відношенні. ДЕСТом передбачено 12 ст. точності черв'ячних передач, номери яких зростають із зменшенням точності. *Номери точності в ДЕСТах наведені для 3-9 степеней.* Кінематичні передачі відповідають 3...6 ступені, а силкові 5...9. Кожній ступені точності відповідають норми кінематичної точності і плавності роботи і контакту зубів, витків. Степінь точності передачі або пари визначається по одному з елементів: черв'яку, колесу або корпусу в якого найнижчий показник точності. Відповідно до ДСТУ встановлено 6 видів спряжень черв'яка з черв'ячним колесом: A, B, C, D, E, H і 8 видів допуску на боковий зазор: x, y, z, a, b, c, d, h (ці значення наведені в порядку бокового зазору і допуску на нього).

Конструктивні види черв'ячних зубчатих коліс. У машинобудуванні використовують циліндричні і глобоїдні черв'ячні передачі. Циліндричні передачі за формою гвинтової поверхні поділяються на: архімедова черв'ячна передача; евольвентна черв'ячна передача; конволютна черв'ячна передача; нелінійні черв'яки, що лежать у всіх перерізах криволінійних профілів. Поверхня витків черв'яків має мати високу твердість і малу жорсткість. За конструкціями поділяються на: черв'яки-вали, накладні черв'яки-втулки. Черв'ячні колеса бувають суцільними і складовими. У складових маточина з чавуну або сталі, а вінець із бронзи.

Матеріали та заготовки черв'ячних зубчатих коліс. Матеріал черв'яка має мати добрі антифрикційні властивості. Черв'яки швидкохідних високонавантажених

передач виготовляють із якісних вуглецевих сталей Ст40,Ст45, або легованих Ст40Х,Ст40ХН та інших. Найкращі результати під час використання цементованих сталей Ст15ХА, Ст20Х, Ст20ХВ та інші. Для виготовлення черв'ячних коліс у відповідальній передачі з великими швидкостями ковзання використовують бронзу, з малими швидкостями ($<2\text{ м/с}$) - чавуни СЧ21, СЧ15. Заготовки черв'ячних коліс в багатосерійному і масовому виробництві – штамповка, в малосерійному і одиночному – прутки, відливки.

Методи нарізання черв'яків:

- Гвинтова поверхня циліндричних черв'яків нарізається профільними різцями на токарно-гвинторізному верстаті або фрезами на універсально-фрезерних верстатах. *Фрезерування дисковими фрезами використовують для чорнового нарізання витків черв'яків. Пальцеві фрези використовуються для нарізання крупномодульних черв'яків в одиничному і малосерійному виробництві.*
- Нарізання черв'яків круглим довб'яком – в багатосерійному і масовому виробництві на спеціальному або універсальному зубофрезерному верстаті, оснащеному протяжним супортом. Під час обробки черв'як і довб'як обертаються і одночасно довб'як здійснює відносне переміщення вздовж осі черв'яка. Цим методом нарізаються архімедові і евольвентні черв'які.
- Нарізання кільцевими різцевими головками – в багатосерійному і масовому виробництві. Нарізання черв'яків торцевою різцевою головкою, яка оснащена пластинами із твердого сплаву виконується на вертикально-фрезерних верстатах, оснащених спеціальними пристроями. Нарізання черв'яків за методом обкатки виконується на універсальному і шліценарізному, зубофрезерних верстатах методом обкатки з радіально-тангенціальною або комбінованою подачею.
- Шліфування черв'яків виконується дисковими, чашковими і пальцевими кругами.
- Шевінгування кінцевий методом обробки (для коліс в 6 степені точності і вище). В якості інструмента використовується черв'ячний шевер. Шевінгування виконується після фрезерування методом обкатки з радіальною і круговою подачею.

Контроль черв'ячних пар. Для черв'яків 3 і 4 степені точності передбачено контроль похибки гвинтової лінії як в межах одного обороту, так і по всій довжині нарізаного черв'яка. Контроль проводять спеціальними приладами. Для черв'яків 5...9 степені точності контролюють відхилення осьового кроку, похибку профілю витка і радіального биття витків. Кут похибки профілю витка перевіряють шаблонами або спеціальними приладами для контролю кроку. Перевірка виконується в тому ж перерізі де профіль витка номінально прямолінійний. Радіальне биття витків черв'яка відносно опорних шийок перевіряється каліброваними роликами та індикаторами.

Технологія виготовлення деталей типу «не круглий вал»

Виготовлення важелів, вилок

Службове призначення важелів, вилок. Важелі, вилки, коромисла, прихвати та інші подібні деталі є кінематичними ланками механізмів машин і технологічної оснастки і належать до деталей типу важелі. Важелі, здійснюючи обертальний чи коливальний рух, передають необхідні сили і забезпечують задані закони руху.

Базування. Для досягнення необхідного положення важеля під час повороту, базування його в механізмі здійснюється за подвійною направляючою базою – циліндричному, шліцьовому або різьбовому отвору. Інші отвори, осі яких паралельні або перпендикулярні осі отвору є допоміжні бази і вони забезпечують базування приєднаних до них деталей. Торці важеля є опорними базами.

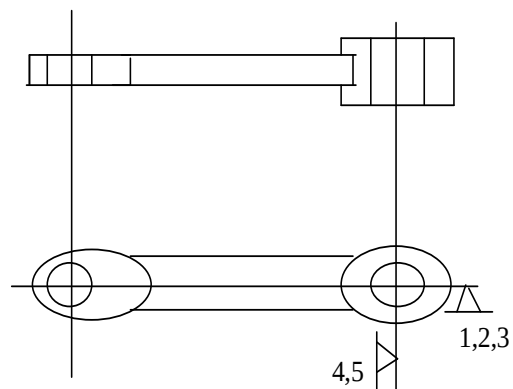


Рис. 20. Схема базування важеля

Технічні вимоги до важелів і вилок

- ✓ Отвори, що є основними і допоміжними базами, виготовляють у межах 6H...11H.
- ✓ Відхилення між осьових відстаней не повинні перевищувати $\pm 0.05 \dots 0.1$ мм.
- ✓ Осі отворів мають бути паралельні або перпендикулярні з допустимими відхиленнями 0,02/100 0,1/100 мм.
- ✓ Шорсткість торців $Ra=0.32 \dots 1.25$ мкм.
- ✓ Шорсткість поверхонь отворів $Ra=0.65 \dots 2.5$ мкм.

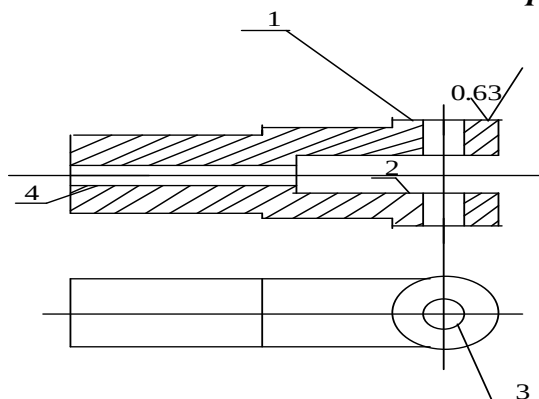
Матеріал для важелів і вилок. В якості матеріалів для важелів і вилок, які не підлягають ударним навантаженням - сірий чавун СЧ 12, СЧ 15. Для деталей, що працюють у важких умовах - СЧ 21, СЧ 24. Використовують також сталі: Ст5, конструкційні сталі Ст35, Ст45, Ст40Х, сталі ливарні 35Л, 45Л.

Заготовки. Чавунні – відливають у піщано-глиняні форми з машинною формовкою. Стальні заготовки відливають в оболонкові форми, а також литтям по моделям, що виплавляються (використовують в масовому виробництві, вага виливка до 3 кг). Заготовки використовуються також ковані, штамповані.

Технологічний процес виготовлення деталей типу важелів:

- **перша операція** – обробка торця, який буде в подальшому установочною базою. *Раціонально в цій операції одночасно обробляти два торця, щоб в подальшому забезпечити необхідну паралельність торців. Це можна забезпечити як фрезеруванням, так і методом протягування доцільно в умовах масового виробництва.*
- **друга операція** – розсвердлювання центрального отвору із утворенням фаски (на 2-й позиції). зенкерування отвору (на 3-й позиції). Базування по торці заготовки. Використовують трьохпозиційний агрегатний вертикально-свердильний верстат.
- **третя операція** – протягування шліців на вертикально-протяжному верстаті.
- **четверта операція** – обробка допоміжного отвору (розсвердлювання отвору, зенкерування, нарізання різьби мітчиком).
- **п'ята операція** – шліфування двох торців на агрегатному плоскошліфувальному верстаті за дві позиції.

Технологічний маршрут виготовлення вилки тяги



1. Протягування зовнішніх торців 1.
2. Обробка внутрішніх поверхонь 2 вилки **(фрезерування або протягування)**.
3. Розсвердли, зенкерувати, розвернути отвір 3 Свердли отвір 4. **(агрегатно-свердильний верстат)**

Виготовлення шатунів

Службове призначення шатунів. Шатуни є ланками шатунно-кривошипних механізмів, в основному поршневих двигунів внутрішнього згоряння. Вони служать для передачі сили від поршня до колінчатого вала двигуна. Під час роботи шатуни підлягають дії значних перемінних робочих навантажень і сил інерції. Для цього шатун повинен мати достатню міцність і жорсткість за найменшої маси. Службове призначення шатунів визначає їх конструкцію – це велика (кривошипна) і мала (поршнева) головки, які з'єднані з тілом по периферії.

Матеріали шатунів. В якості матеріалу для шатунів використовують: конструктивні сталі Ст40, Ст45; леговані сталі Ст45Г2, 8 ХНМА, 40ХНМА, 40ХН2МА; високоміцні чавуни; титанові сплави.

Технологічний процес обробки шатунів

№з/п	Операція	Обладнання	Технологічна база
1	Фрезерування торців головок	Фрезерний верстат	Зовнішні поверхні головок
2	Шліфування торців головок	Плоскошліфувальний верстат	Торці поперемінно
3	Протягування базових площадок на великій і малій головках	Протяжний верстат	Торці
4	Розточка отвору в малій головці	Агрегатний верстат	Торці
5	Фрезерування місць під гайки на великій головці	Горизонтально-фрезерний верстат	Малий отвір
6	Протягування площини стикування шатуна і кришки.	Протяжний-вертикальний верстат	Торці і бічні поверхні
7	Шліфування площини стику шатуна і кришки	Плоскошліфувальний верстат	Малий отвір і торці
8	Свердління, зенкерування і розгорткування отворів під болти у великій головці	Агрегатно-свердильний верстат	
9	Зенкування фасок в отворах під болти в шатуні	Вертикально-свердильний верстат	Стикові поверхні
10	Підрізка зенкером місць під болти і гайки в шатуні і кришці		
11	Збирання шатуна і кришки		

12	Чорнова розточка великої головки	Спеціальний свердлильний верстат	Малий отвір і торці
13	Зенкерування фасок в отворі великої головки	Вертикально-свердлильний верстат	Торці
14	Шліфування торців великої головки	Плоскошліфувальний верстат	Торці перемінно

Виготовлення фланців

Службове призначення фланців. Основне службове призначення фланців – обмеження осевого переміщення вала, встановленого на підшипнику, шляхом створення необхідного натягу або осевого зазору між торцем фланця і торцем зовнішнього кільця підшипника. Крім цього фланці виконують роль кришок отворів під вали, створюючи необхідні ущільнення. Конструкція фланців дуже різноманітна, однак всі вони кріпляться до корпусу за допомогою гвинтів, як правило, з потайними головками.

Базування. Основна конструкторська база у фланців – це посадочна циліндрична поверхня по розміру в корпусі. Установочна база – малий торець центруючого пояска, що прилягає безпосередньо до торця зовнішнього кільця підшипника.

Матеріали і заготовки. Фланці виготовляють із різноманітних матеріалів: чавуна СЧ 15; сталей Ст 30, Ст45. У залежності від програми випуску у якості заготовок для фланців застосовують: відливки, поковки і штамповки. За дуже великої програми випуску фланці можуть виготовлятися литтям за моделями, що виплавляються. В цьому випадку ряд поверхонь можуть не піддавати механічній обробці, а лише свердлити отвори для кріплення під болти.

Технологічний процес обробки фланців. На 1-ій операції обробляють посадочну поверхню циліндричного пояска, два торця і виточки. В якості баз на першій технологічній операції використовують зовнішню циліндричну поверхню фланця і торець великого фланця. Далі, на базі цих оброблених поверхонь обробляють циліндричну поверхню, торець і фаски великого фланця, кріпильні отвори і лиски (якщо вони передбачені конструкцією). Для операції точіння використовують багатошпиндельні вертикальні токарні напівавтомати. На цих верстатах може бути виконана повна токарна обробка всіх поверхонь і свердління кріпильних отворів. Обробка отворів може бути виконана на вертикально-свердлильному верстаті з використанням свердлильних головок або на агрегатних верстатах. У залежності від технічних вимог поверхні циліндричного пояска і торців можуть шліфуватися. Обладнання для серійного виробництва - токарна обробка може виконуватися на токарних верстатах з ЧПК. Обробка кріпильних отворів проводиться на вертикально-свердлильних верстатах по направляючим втулками. На вертикально-свердлильних верстатах з ЧПК із револьверною головкою на 6 інструментів. А також на фрезерно-свердлильних верстатах з револьверною головкою на 5 інструментів з одночасним фрезеруванням лисок.

Тема 7. Розробка технологічного процесу складання

Складання – це утворення роз'ємних або нероз'ємних з'єднань складових частин заготовки або виробу. Складання може здійснюватися простим з'єднанням деталей, їх запресовкою, скручуванням, зварюванням, пайкою, клепаанням, склеюванням і т. д. За об'ємом складання поділяється на:

- загальне складання, об'єктом якої є виріб в цілому (використовується в одиничному і малосерійному виробництві);
- вузлове складання, об'єктом є складова частина виробу, тобто, вузол або складальна одиниця (масове, багатосерійне виробництво).

За стадіями складання поділяється на такі види:

- 1) попереднє складання, тобто складання заготовок, складових частин або виробу в цілому, які в подальшому підлягають розбиранню.

Наприклад: попереднє складання вузла з метою визначення розміру нерухомого компенсатора.

- 2) проміжне складання, тобто складання заготовок, що виконується для подальшої їх спільної обробки.

Наприклад: попереднє складання корпусу редуктора з кришкою для подальшої спільної обробки отвору під підшипники.

- 3) складання під зварювання, тобто складання заготовок для їх подальшого зварювання. Може бути введене в потік вузлового або загального складання.

Наприклад: під час виготовлення машин, кузовів та кабін, елементи зварювання утримуються в спеціальних пристроях фіксаторами, цим забезпечується правильне положення елементів один відносно другого.

- 4) кінцеве складання, тобто, коли не передбачено послідуочого розбирання під час виготовлення.

Деколи може бути демонтаж, в склад якого входить часткове розбирання з метою підготовки виробу для пакування і транспортування.

Наприклад: складання великих парових турбін і т.д.

За методом утворення з'єднань: слюсарне складання, тобто складання за допомогою слюсарно-складальних операцій; монтаж, тобто встановлення за місцем призначення; електромонтаж, тобто монтаж електровиробів; зварювання; паяння; клепаання; склеювання.

Під час склеювання не проходить деформації і послаблення стінок деталей і непотрібне нагрівання вище 150°...200°С. З'єднання є стійкими проти дії гасу, води, кислоти, лугів. Використовують склеювання замість пайки на з'єднанні трубопроводів, але є обмеження, такі, що погано склеюються мідь та латунь, а також з'єднання трубопроводів, вони є не стійкими при підвищенні температури вище 60°.

За переміщенням виробу, що складається поділяється на: стаціонарне; рухоме.

За організацією виробництва: не поточне; групове; поточне.

Не поточне стаціонарне складання характеризується, тим, що весь процес складання і його складальних одиниць виконується на одній складальній позиції (на одному стенді, на одному робочому місці, або на ділянці підлоги в цеху).

Всі комплектуючі вироби поступають на цю позицію. Може виконуватись без поділу складальних робіт, тобто однією бригадою робітників послідовно (від початку до кінця). В цьому випадку використовується концентрований технологічний процес складання, який складається з невеликої кількості складних операцій.

Переваги: збереження незмінного положення основної базової деталі, що забезпечує високу точність; використання універсальних транспортних засобів, пристроїв, інструментів, що скорочує протяжність і вартість технічної підготовки виробництва.

Недоліки: значна протяжність загального циклу складання; потреба у висококваліфікованих робітниках, які можуть виконувати будь-яку складальну операцію; збільшення потреби в більшості випадків у великих складальних стендах і високих приміщеннях цехів, великий час займає монтаж стенду.

Область використання: одиничне і малосерійне виробництво важкого та енергетичного машинобудування; експериментальні та ремонтні цехи підприємств.

Не поточне стаціонарне складання з поділом складальних робіт – передбачає диференціацію процесу на вузлове та загальне складання. Складання кожної складальної одиниці та загальне складання виконуються в один і той же час різними бригадами і багатьма складальниками. Машина залишається нерухомою на одному стенді.

Розрахункова кількість робочих позицій або стендів для паралельного складання однакових об'єктів визначається за формулою: $\gamma_0 = (T_o - T_c) / T$,

де T – розрахунковий такт складання;

T_o – розрахункова працеемність всіх переходів складання одного об'єкта;

T_c – розрахункова працеемність переходів виконання яких узгоджено в часі з виконанням інших об'єктів.

Організаційні форми складання



Рис. 21. Схема організаційних форм складання

Переваги: значне скорочення протяжності загального циклу складання; скорочення протяжності виконання окремих операцій за рахунок спеціалізованих робочих місць спеціалізації робітників і кращій організації праці; зниження потреб у висококваліфікованих робітниках; більш раціональне використання приміщень та обладнання, зменшення об'єму приміщення; скорочення собівартості складання.

Використовувати цю форму можливо лише за конструкції виробу, яка дає можливість поділу на технологічні складальні одиниці, що можуть складатися незалежно одне від одного, а це можливо за технологічності конструкції.

Область використання: серійне виробництво середніх по розміру і великих машин, що виготовляються в одиничному виробництві.

Непоточне рухоме складання характеризується послідовністю переміщення виробу, що складається від однієї позиції до іншої. Це переміщення може бути вільним або вимушеним. Техпроцес розбивають на окремі операції, що виконуються одним робітником (або невеликою групою).

Складання з вільним переміщенням – робітник виконавши свою операцію вручну або за допомогою механічних засобів переміщує виріб, що складається від однієї позиції до іншої. Складання може проходити на візках, що стоять на рельсах або на рольгангах і т.д.

Складання з вимушеним переміщенням – об'єкт складання переміщується конвеєром або візком, що з'єднані ланцюгом. складання може проходити на конвеєрі або біля нього. Необхідний поділ складальних операцій, створюються операційні заділи для синхронізації процесу.

Розрахункова кількість робочих позицій q_1 , які повинен послідовно пройти об'єкт:

$$q_1 = (T_o - T_c) / (t - t_n) \cdot \gamma_1; \quad \gamma_1 = (T_{on}^{\max} + t_n) / T;$$

де t_n – розрахунковий час на переміщення об'єкту з позиції на позицію;

γ_1 – це кількість паралельних потоків, які необхідні для виконання робочої програми.

$T_{on}^{\max}$ – протяжність найбільш працездатної операції складання.

Область застосування – перехід від складання одиничних виробів до їх серійного випуску.

Поточне складання характеризується тим, що під час побудови техпроцесу окремі операції виконуються за однаковий проміжок часу, який називають тактом (або за час кратний такту).

Може бути організована з вільним або вимушеним ритмом. За вільного ритму об'єкт передається на наступну позицію за мірою виконання робіт, за вимушеного (регламентованого) – регульованим ритмом, момент передачі на наступну позицію визначається сигналом (світловим або звуковим) або швидкістю руху конвеєра, який не перервно рухається або з періодичним рухом.

Якщо складання вручну, то швидкість переміщення приймають рівною 10...15 м/хв; за переміщення лотком або рольгангом – до 20 м/хв, для конвеєра з періодичним рухом – 30...40 м/хв, з неперервним рухом – 0,25...0,35 м/хв.

Загальна протяжність поточного складання визначається: $T_n = T \cdot n_n$,

де T – такт складання;

n_n – число робочих місць на поточній лінії, що залежить від кількості складальних і контрольних операцій.

Переваги: скорочення протяжності виробничого циклу; зменшення міжопераційних запасів; підвищення спеціалізації робітників; можливість автоматизації та механізації робіт; зниження трудомісткості на 35...50%.

Головною умовою організації поточного складання є забезпечення взаємозаміни вузлів, що складаються і окремих деталей, що входять в поточне складання. У

випадку необхідності виконання робіт по пригінці, вони повинні виконуватись за межами потоку на операціях попереднього складання.

Конструкція виробу повинна бути добре відпрацьована на технологічність. Поточне складання є регламентним при великих об'ємах випуску.

Поточне стаціонарне складання – вимагає найменших затрат на його організацію. Вона використовується під час складання великих і громіздких (незручних для транспортування) виробів. Всі об'єкти залишаються на робочих позиціях протягом всього періоду складання. Робітники згідно черги переходять по сигналу від одних об'єктів до інших через проміжок часу який рівний такту. Робітники виконують одну і ту ж закріплену за ними роботу.

Розрахункова кількість робітників для одного потоку:

$$q_2 = (T_o - T_c) / (T - t'_p) \cdot \gamma_2 ; \gamma_2 = (T_{on} + t'_p) / T ;$$

де γ_2 – кількість паралельних потоків;

t'_p – розрахунковий час, який необхідний робітникам для переходу.

Переваги форми: робота з встановленим тактом; короткий цикл складання; висока продуктивність праці; рівномірний випуск продукції.

Область застосування: серійне виробництво ряду машин, що мають недостатню жорсткість базових деталей, великі габаритні розміри та масу. Наприклад, виробництво важких верстатів, крупних дизелів, крупних авто.

Поточне рухоме складання – може бути з неперервно або періодично рухомими об'єктами. Має переваги, що роботи виконуються з тактом, дає можливість майже повністю поєднувати час затрачений на транспортування об'єктів, з часом їх складання.

Розрахункова кількість робочих позицій:

1) за неперервного руху об'єкта: $q_3 = (T_o - T_c) / (T - t_p t'') \cdot \gamma_3 ;$

2) з періодичним рухом: $q_4 = (T_o - T_c) / (T - t_n) \cdot \gamma_2 ; \quad \gamma_3 = (T_{on}^{\max} + t''_p) / T ;$

де t''_p – розрахунковий час, необхідний робітнику для повернення в початкове положення після виконання операції;

γ_3 – кількість паралельних потоків.

Довжина робочої частини конвеєра: $L_{роб.} = (L + l_1) \cdot (q_3 + 1),$

де L – довжина об'єкту, що збирається, м;

l_1 – проміжок між об'єктами складання, необхідний для зручності складання, м.

Технологічність конструкції складальної одиниці – це є сукупність властивостей, які виражаються у можливих оптимальних затратах праці, засобів, матеріалів, часу при технічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонтів і порівнянні з однотипними конструкціями. Того ж самого призначення під час забезпечення встановлених значень показників якості при прийнятих умовах (виготовлення, експлуатації і ремонту). До цих умов відносять – тип виробництва, його спеціалізацію і організацію, річна програма, повторюваність випуску, а також технологічний процес, що використовуються, особлива увага приділяється виробничій технологічності конструкції, що передбачає такі вимоги до оформлення конструкції, це можливість складання машин з однотипних складальних одиниць без повторного розбирання, максимальне використання стандартних і уніфікованих

деталей та одиниць, можливість зниження трудомісткості, скорочення протяжності циклу вузлового і загального складання.

Стандартизація – це регламентування конструкції та типорозмірів, які широко використовуються для машинобудівних деталей, вузлів і агрегатів.

Степінь стандартизації:
$$\eta_{cm} = \frac{N_{cm}}{N} \cdot 100\% ,$$

де N_{cm} – число стандартних деталей;

N – загального число деталей у виробі.

Уніфікація – складається з багатократного використання в конструкції одних і тих же елементів. Це сприяє скороченню номенклатури деталей, зменшенню вартості виготовлення спрощенню експлуатації та ремонту. Уніфікація конструктивних елементів дозволяє скоротити номенклатуру елементів. Уніфікації підлягають посадочні з'єднання, різьбові з'єднання, шпонкові і шліцеві з'єднання, зубчаті зачеплення і т.д. Уніфікація може бути внутрішньою і зовнішньою. Внутрішня – це коли в межах одного виробу, а зовнішня – це коли елементи запозичені з інших вузлів.

Степінь уніфікації оцінюється коефіцієнтом уніфікації. У загальному випадку це відношення кількості уніфікованих деталей до кількості усіх деталей:

$$\eta_{yn} = \frac{Z_{yn}}{Z} \cdot 100\% .$$

За масою – маса уніфікованих деталей до загальної маси деталей: $\eta_{yn} = \frac{m_{yn}}{m} \cdot 100\% .$

За вартістю – вартість уніфікованих деталей до загальної вартості виробу:

$$\eta_{yn} = \frac{\sum C_{yn}}{C} \cdot 100\% .$$

Недоліком першого показника є те, що він не враховує питомих значення уніфікованих деталей конструкції машини. Другий показник враховує долю маси уніфікованих деталей в загальній масі машин. Третій показник є найбільш правильним, але його визначення більш складне ніж попередніх.

Степінь внутрішньої уніфікації оцінюється такими показниками:

1) коефіцієнт повторювання:
$$\eta_n = \left(1 - \frac{N_n}{N_o} \right) \cdot 100\% ,$$

де N_n – число найменувань деталей виробу;

N_o – загальне число деталей виробу.

Визначається за специфікацією і характеризує досконалість конструкції зі сторони скорочення номенклатури деталей (40...60% у хороших конструкціях).

Для диференціальної оцінки використовують такі показники:

1) степінь уніфікованих оригінальних деталей:
$$\eta_\phi = \left(1 - \frac{N_{mp.piz}}{N_{piz}} \right) \cdot 100\% ;$$

2) степінь уніфікації елементів конструкції:
$$\eta_{el} = \left(1 - \frac{N_{mp}}{N_{el}} \right) \cdot 100\% ;$$

де N_{tr} – число прийнятих типорозмірів даних елементів;

N_{el} – загальне число даних елементів у виробі.

Наприклад: степінь уніфікації різей $\eta_{різ} = \left(1 - \frac{N_{тр.різ}}{N_{різ}}\right) \cdot 100\%$

в чисельнику число типорозмірів різей, а в знаменнику загальне число різьбових з'єднань.

Наприклад: степінь уніфікації елементів кріплення $\eta_{кр} = \left(1 - \frac{N_{тр.кр}}{N_{кр}}\right) \cdot 100\%$

в чисельнику число елементів кріплення, а в знаменнику загальне число деталей кріплення у виробі.

Технологічні документи для складальних робіт. В умовах одиничного виробництва обмежуються розробкою маршрутних технологічних карт і керуються в основному схемами складання (рис. 22).

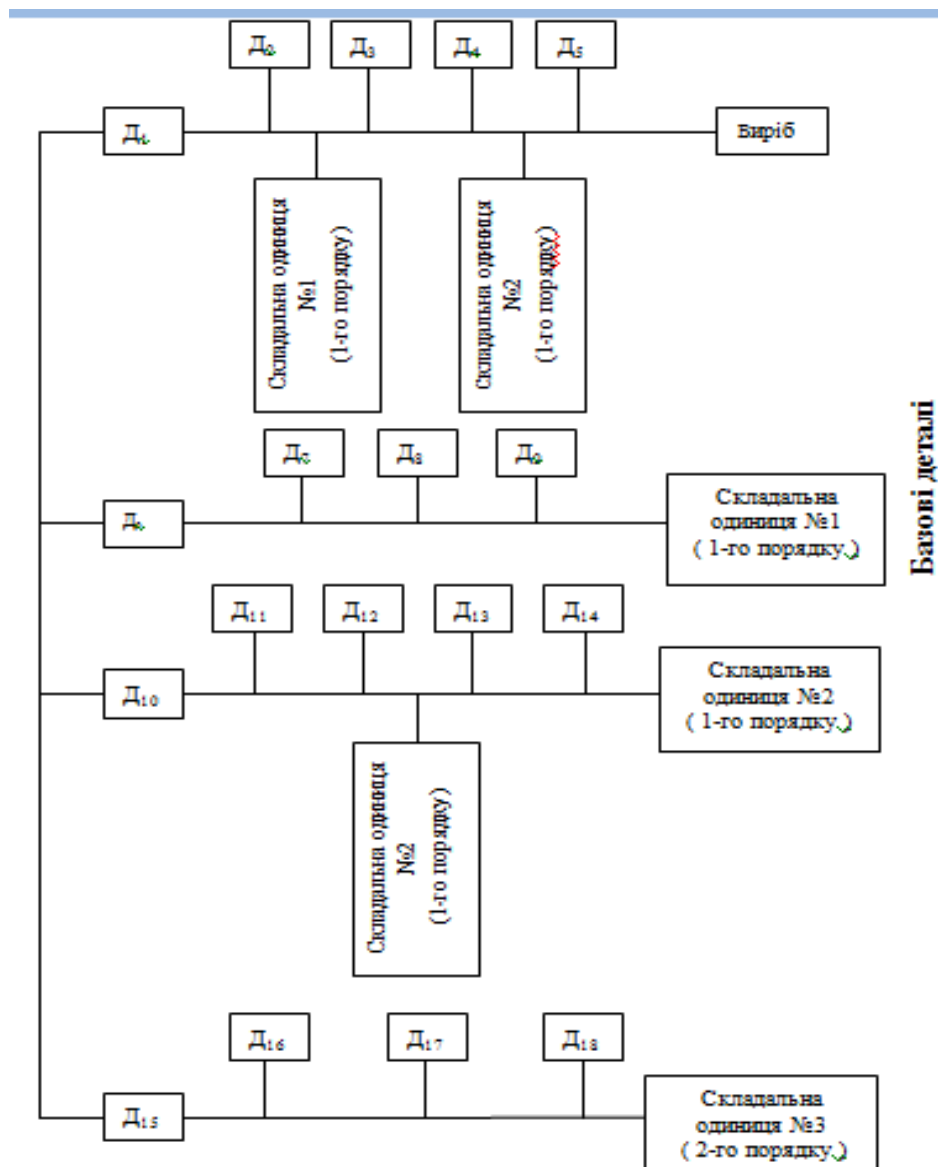


Рис.22. Схема складання складальної одиниці

У важкому машинобудуванні за одиничного випуску основними технологічними документами часто служать схеми загального складання і схеми вузлового складання, в яких вказується: трудомісткість робіт, від оснастки, цех з якого поступають деталі і т.д. В цьому разі на деякі відповідальні операції складаються типові інструкції. В

роботі широко використовують універсальне складальне обладнання і інструмент. У серійному виробництві розробляються маршрутно-операційні і операційні технологічні карти, при необхідності технологічні інструкції, комплектувальні карти, відомості оснастки і інші документи. Процес складання розділяють на загальне і вузлове, а також на технологічні операції і переходи, в багатосерійному – і на прийоми.

Під час формування техоперації в її склад включають однорідні роботи, це сприяє спеціалізації робітників і підвищенню продуктивності праці. Сильно концентровані операції розділяються, синхронізуються.

Інструмент та пристрої для складальних робіт. Механізація слюсарно-складальних робіт є важливою проблемою складального виробництва – це використання пристроїв і стендів, а також механізованих універсальних, уніфікованих і спеціальних складальних інструментів.

За своїм призначенням ручний механізований інструмент поділяють на групи: для різки матеріалу і підготовки кромки під зварювання; свердлильний; різьбонарізний; шліфувально-полірувальний і зачисний; гайко-гвинтозавертувальний; спеціальний інструмент. Ручний механізований інструмент за родом використання енергії може бути електричним, пневматичним, гідравлічним. Електрифікований інструмент поділяють на 2 типи: з обертальним рухом робочого органу (електродрилі, різьбонарізання, електрогайковерти, полірувальні машини і т.д.); з оберненопоступальним рухом робочого органу (електронапильники, електрошліфувальні машини).

Пневматичний інструмент поділяється на три групи: з обертальним рухом робочого органу (свердлильні машини, гайковерти, механічні викрутки); ударної дії (пневмомолот); тиснутої дії.

Складальні пристрої за типом приводу поділяються на: механічні; гідравлічні пневматичні; пневмогідравлічні. У залежності від призначення пристрої складання поділяються: пристрої – затискні; пристрої встановлюючі; пристрої робочі (для окремих операцій).

Нормування технологічного процесу складання

Важливою складовою розробки техпроцесу є нормування слюсарно – складальних робіт. Штучний час розраховується за формулою:

$$T_{ум} = T_{оп} \left(1 + \frac{A_{від} + A_{обс}}{100} \right) K,$$

де $T_{оп}$ – оперативний час на операцію і визначається, як сума основного і допоміжного часу: $T_{ум} = T_o + T_o$;

$A_{від}$ – це час на відпочинок і особисті потреби, визначається у % від оперативного часу;

$A_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця у % від оперативного часу;

K – поправочний коефіцієнт на операційний час, який враховує кількість прийомів, що виконуються робітником.

Нормування складальних робіт проводиться за нормативами часу на слюсарно-складальні роботи.

Під час складання виробу партіями розраховується штучно-калькуляційний час:

$$T_{ум.к} = T_{ум} + \frac{T_{п.з}}{n}.$$

Під час поточного складання в склад штучного часу включається час на переміщення виробу, який складається (за періодичного руху конвеєра) і на повернення робітника в початкову позицію (за неперервного руху конвеєра). Якщо даний час перекривається іншими елементами штучного часу, то він не враховується. На основі норм штучний і штучно-калькуляційний час визначають трудомісткість складання всього виробу, а також кількість робочих місць або позицій чи потоків, які необхідні для складання однакових виробів. Основним напрямком вдосконалення нормування під час виготовлення однотипних виробів є централізація і типізація нормування часу.

Тема 8. Характеристика складальних процесів

Випробування машин є заключною операцією їх виготовлення. Під випробуванням продукції розуміють експериментальне визначення значень параметрів показників якості продукції в процесі функціонування або під час імітації умов експлуатації, а також при відтворенні певних дій на продукцію по заданій програмі. Розрізняють контрольні і спеціальні або дослідницькі випробування. Контрольні випробування - проводяться з метою контролю якості продукції. До них відносяться прийомоздавальні випробування, які проводяться в наступному об'ємі:

- 1) *перевірка виробу в статичному стані* – це перевірка геометричної точності, жорсткості, плавності ходу, якості складання електрообладнання;
- 2) *перевірка на холостому ходу* – це перевірка плавності функціонування механізмів, потужності холостого ходу, надійності блокувань, рівень шуму, вібрації холостого ходу, температури нагрівання у підшипниках відповідальних вузлів;
- 3) *перевірка під навантаженням* – це безвідмовність роботи всіх механізмів при навантаженні найбільшим зусиллям, потужності або крутного моменту в якості роботи у виробничих умовах і експлуатаційних характеристик.

Спеціальні випробування проводять з метою визначення параметрів і показників якості проводять по спеціальній програмі.

Розрахунок основних показників процесу складання

Такт випуску – це інтервал часу через який періодично проводиться випуск виробів.

$$\text{Номінальний такт: } T_n = 60\Phi / N_p, \text{ (хв/шт)}$$

де Φ – річний фонд робочого часу в годинах;

N_p – річна програма випуску в штуках.

$$\text{Річний фонд часу роботи: } \Phi = DcT_{зм}\eta_p,$$

де D – це число робочих днів в році;

c – число робочих змін за день;

$T_{зм}$ – протяжність змін в годинах;

η_p – коефіцієнт, який враховує втрати часу на ремонт обладнання.

За двозмінного режиму роботи річний фонд складає 4140 годин, за роботи в одну зміну 2070 годин.

$$\text{Дійсний такт: } T_o = 60Dc(T_{зм}\eta_p - T_{об} - T_{від}) / N_p;$$

де $T_{об}$ – втрати часу на обслуговування робочого місця протягом зміни в годинах;

$T_{від}$ – втрати часу на відпочинок і власні потреби.

Ритм випуску – це кількість виробів певного найменування, які випускаються в одиницю часу (шт/хв):

- *номінальний (шт/хв)*: $R_n = 1/T_n$

- *дійсний (шт/хв)*: $R_o = 1/T_o$.

Продуктивність складального робочого місця – це є кількість об'єктів, що збираються на робочому місці в одиницю часу (шт/хв): $Q = tB_n / T_{шт}$;

де t – це робочий час до якого віднесена продуктивність (хв);

B_n – кількість робітників, які виконують операцію на даному робочому місці;

$T_{шт}$ – штучний час виконання складальної операції (хв).

Коефіцієнт завантаження – це степінь завантаження продуктивною роботою:

- *для завантаження робочого місця*: $K_{ni} = \frac{T_{шт}}{T_o B_n}$;

- *для потокової лінії*: $K_n = \frac{1}{n_n} \sum_{i=1}^m K_n$.

Коефіцієнт якості складального процесу: $K_{як.ск.} = (T_c + T_p + T_{шт}) / T_{ск}$,

де T_c – *працеемність складальної операції, яка вимагає простого поєднання деталей*;

T_p – *працеемність операцій по регулюванню спряжень, що проводиться переміщенням або поворотом деталей з наступним їх закріпленням*;

$T_{шт}$ – *працеемність операції подібних попередній, але з послідуною штифтовкою без розбирання*;

$T_{сб}$ – *загальна працеемність складання*.

Чим більший коефіцієнт якості, тим вища технологічність процесу.

Коефіцієнт розділення складального процесу: $K_{роз} = T_{сб.од.} / T_{сб}$;

де $T_{сб.од.}$ – *сумарна працеемність складання складальних одиниць*.

Чим більший $K_{роз.}$, тим вища якість складального процесу.

Коефіцієнт значимості пригоночних робіт: $K_{пр.} = T_{пр} / T_{с.сб.}$;

де $T_{пр}$ – *трудомісткість пригоночних робіт*;

$T_{с.сб.}$ – *трудомісткість складальних операцій*.

Чим вище $K_{пр.}$, тим вища якість складального процесу.

Коефіцієнт трудомісткості слюсарно-складальних робіт: $K_{тр} = T_{сл-сб} / T_{мсб}$;

де $T_{сл-сб}$ – *трудомісткість слюсарно-складальних робіт*;

$T_{мсб}$ – *загальна трудомісткість механоскладальних робіт по даному виробу*.

Розрахунки складальних розмірних ланцюгів

Під час з'єднання деталей машин в процесі складання необхідно забезпечити їх взаємне розміщення в межах заданої точності. Під точністю складання розуміють властивості процесу складання виробу забезпечити відповідність значень параметрів виробу заданим в конструкторській документації.

Одним із засобів визначення раціональних допусків, що забезпечують найбільшу економічну обробку деталі та складання машин є розрахунок та аналіз розмірних ланцюгів.

Під час розрахунку ланцюгів можуть бути використані різні методи розрахунку. Короткі технологічні розміри складальні ланцюги з кількістю ланок не більше 3 розраховуються по принципу повної взаємозаміни на максимум і мінімум. Конструкторські і складальні розмірні ланцюги в багатьох випадках мають 4, 5 і більше складових ланок, тому їх розрахунок повинен проводитись ймовірностним

методом по принципу неповної взаємозаміни. У цьому методі вимагається точність, яка забезпечується у раніше визначеній частині об'єктів шляхом включення в розмірний ланцюг складових папок без їх вибору, пригонки або зміни їх значень регулюванням. При цьому методі деяка частина деталей (до 0,27 %) не буде складатися і може потребувати заміни.

Список рекомендованої літератури

1. Горбатюк Є.О. Технологія машинобудування: навчальний посібник. Львів: "Новий Світ 2000", 2012. 358 с.
2. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування: підручник. Житомир: ЖДТУ, 2005. 357с.
3. Григурко І.О. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування): навч. посібник. Львів: Новий світ-2000, 2006. 576 с.
4. Гевко Б.М. Технологія обробки на верстатах з ЧПК: навчальний посібник. Тернопіль: ТДТУ, 2004 . 131 с.
5. Якімов О.В., Марчук В.І. Технологія машино- та приладобудування: навчальний посібник . Луцьк, 2005. – 710с.
6. Гарнець В. М. Механічна обробка заготовок різанням: навчальний посібник. К. : КНУБА, 2008. – 164 с.
7. Бондаренко С.Г. Технологія механоскладального виробництва: монографія. Ніжин: Аспект – Поліграф, 2008. – 360 с.
8. Божидарнік В., Григорєва Н., Шабайкович В. Технологія виготовлення виробів: навчальний посібник. Л.: Надстиря, 2006. 592с.

Т38 Технологія виготовлення механічних компонентів робототехніки [Текст]: Конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОП «Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи» галузі знань 13 Механічна інженерія спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форм навчання / уклад. Т.Н. Гальчук. – Луцьк: Луцький НТУ, 2024. – 68 с.

У виданні викладено зміст теоретичного матеріалу за тематикою дисципліни «Технологія виготовлення механічних компонентів робототехніки» та подано перелік рекомендованої літератури.

Призначене для здобувачів вищої освіти спеціальності 131 Прикладна механіка освітньої програми «Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи».

Комп'ютерний набір
Редактор

Т.Н. Гальчук
Т.Н. Гальчук

Підп. до друку .01. 2024р.
Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Таймс.
Ум. друк. арк. 4,625. Тираж 50 прим. Зам.

Відділ іміджу та промоції
Луцького національного технічного університету
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75
Друк – ВІП ЛНТУ