

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Г.І. Костюк, Н.В. Руденко

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ
РОБОТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Частина 2

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2009

УДК 621.793:621.902:621.865

Костюк Г.І. Технологічні основи роботизованого виробництва: навч. посібник / Г.І. Костюк, Н.В. Руденко. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2009. – Ч. 2. – 128 с.

Розглянуто такі питання: жорсткість і вібрації технологічної системи (завдяки тепловим деформаціям і впливу працюючого робітника), інформаційне забезпечення виробничого процесу, часові зв'язки у виробничому процесі (інформаційне забезпечення технологічних завдань, компоненти часових зв'язків, види й форми організації виробничого процесу), основи технічного нормування, шляхи скорочення витрат часу на виконання операцій, економічні зв'язки у виробничому процесі та скорочення витрат на усі складові, технологічність конструкції виробу та вибір найбільш економічного варіанта технологічного процесу, основи розроблення технологічного процесу виготовлення деталей та складання машин, розрахунок припусків, схеми базування, точність базування, затискні елементи й компонування пристроїв. Висвітлено теоретичні основи створення гнучких технологічних систем високої та надвисокої продуктивності.

Для студентів машинобудівних вузів спеціальностей «Робототехнічні системи та комплекси», «Технологія машинобудування», «Інтегроване виробництво».

Іл.: 79. Табл.: 6. Бібліогр.: 24 назви

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. Б.М. Арпентьєв,
д-р техн. наук, проф. Ю.В. Тимофєєв

© Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», 2009 р.

ПЕРЕДМОВА

Перша частина навчального посібника «Технологічні основи роботизованого виробництва» була видана у 2008 році. Друга частина посібника завершує розгляд питань технології роботизованого виробництва. При цьому наведено порівняльні дані про технологічну підготовку серійного, масового або штучного виробництва з роботизованим.

Розглянуто такі питання: жорсткість і вібрації технологічної системи (завдяки тепловим деформаціям і впливу працюючого робітника), інформаційне забезпечення виробничого процесу, часові зв'язки у виробничому процесі (інформаційне забезпечення технологічних завдань, компоненти часових зв'язків, види й форми організації виробничого процесу), основи технічного нормування, шляхи скорочення витрат часу на виконання операцій, економічні зв'язки у виробничому процесі та скорочення витрат на усі складові (шляхи скорочення підготовчо-заключного часу, шляхи скорочення витрат часу, структура часових зв'язків в операціях технологічного процесу, умови праці й продуктивності), економічні зв'язки у виробничому процесі (скорочення витрат на матеріали завдяки скороченню відходів і втрат металу в процесі виготовлення машин і використанню дешевих матеріалів, скорочення витрат на заробітну плату, на утримування, амортизацію й експлуатацію засобів праці, скорочення накладних витрат), технологічність конструкції виробу та вибір найбільш економічного варіанта технологічного процесу (технологічність конструкції виробу, уніфікація конструкцій машин, типізація технологічних процесів, групова технологія, вибір найбільш економічного технологічного процесу), основи розроблення технологічного процесу виготовлення деталей та складання машин (послідовність розроблення технологічного процесу виготовлення та збирання), розрахунок припусків, схеми базування, точність базування, затискні елементи пристроїв і компонування пристроїв. Висвітлено теоретичні основи створення гнучких роботизованих технологічних систем високої та надвисокої продуктивності.

Надано нові концепції створення гнучких роботизованих технологічних систем високої та надвисокої продуктивності (розроблено авторами), що дозволяють з сучасних позицій створювати нові технологічні системи та проводити розрахунки з продуктивності, основних параметрів точності їх виготовлення та економічні аспекти цих питань.

1. ЖОРСТКІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ

Дослідження жорсткості матеріалу різальних верстатів та їхніх вузлів були початі К.В. Вотіновим у 1936 році. Запропоновано було під жорсткістю розуміти здатність вузла чинити опір появі пружних віджимань і вимірювати її відношенням збільшення навантаження до збільшення пружного віджимання, що одержують при цьому:

$$j = \frac{\Delta P}{\Delta \alpha},$$

де ΔP – збільшення навантаження, а $\Delta \alpha$ – збільшення пружного віджимання.

При дослідженні використовували схему, показану на рис 1.1, а.

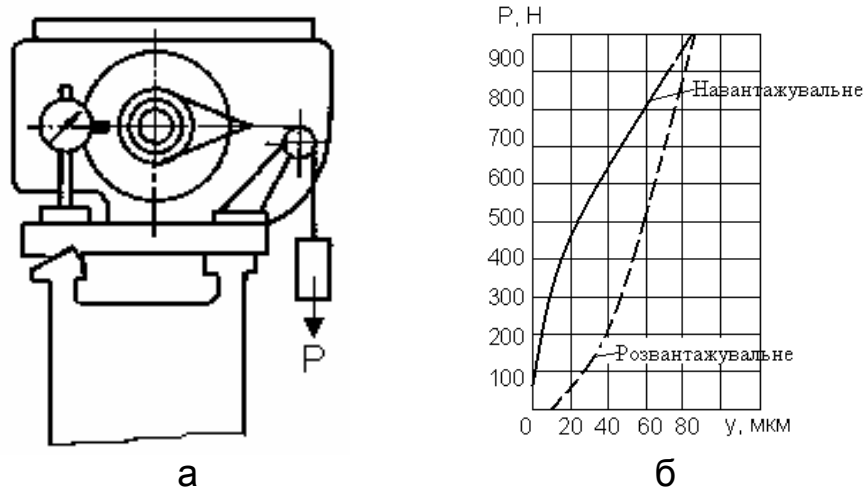


Рис. 1.1. Навантаження шпинделя верстата (а) і його переміщення (б)

В міру збільшення вантажу, підвішеного на тросі, за допомогою індикатора визначали переміщення шпинделя. Отримані дані заносили на графік і будували навантажувальну галузь характеристики (рис. 1.1, б) жорсткості вузла. Потім, поступово зменшуючи навантаження, фіксували дані для побудови розвантажувальної галузі. Площа петлі гістерезису, що утворилася, являє собою роботу, витрачену на подолання сил тертя, контактних деформацій і т.п. У наступні роки дослідженню жорсткості верстатів було присвячено багато робіт. Так, Б.С. Балакшиним наведено пояснення явищ, що викликають під дією сили P переміщення точки A рухомої деталі 1 щодо нерухомої деталі 2 (рис. 1.2). Спочатку під дією сили P відбувається переміщення деталі 1 до зіткнення з деталлю 2. Подальше збільшення сили P приводить послідовно до виникнення контактних деформацій на ділянці контакту; перекидання

деталі 1; контактного деформування стику і, нарешті, власного деформування деталей 1 і 2. Усі зміни супроводжувалися переміщенням точки А. Графік, що фіксував навантаження і викликані нею переміщення (рис. 1.2), є характеристикою жорсткості комплекту з двох деталей. При перших дослідженнях жорсткості натрапили на два незрозумілих явища, що були названі “нескінченна жорсткість” і “негативна жорсткість”.

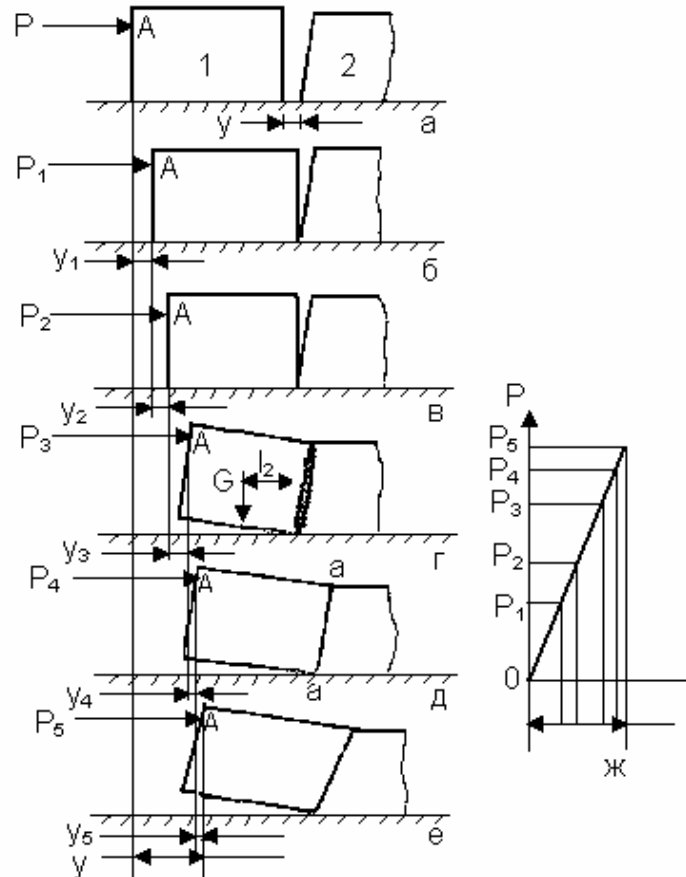


Рис. 1.2. Схема переміщення точки А деталі під дією сили P

У загальному випадку відносно переміщення точок являтиме собою суму переміщень, що відбуваються через наявність зазорів у стиках, поворотів, контактних і власних деформацій деталей з'єднання.

Тому, якщо користуватися загальноприйнятим поняттям жорсткості як здатністю вузла чи технологічної системи чинити опір переміщенню вибраних точок у напрямку дії сили, яка породжує це переміщення, необхідно знайти таку силу, що діяла б по нормалі до поверхонь деталей, яким належать вибрані точки.

Б.С. Балакшиним було введено поняття еквівалентної сили –

момент, який дорівнює сумі моментів діючих сил.

Наприклад, стосовно до супорта токарного верстата, момент еквівалентної сили дорівнює сумі моментів сили P різання і сили G ваги супорта, що діють відносно миттєвого полюса O повороту супорта.

Під **миттєвим полюсом** повороту розуміють точку, відносно якої здійснюється миттєвий поворот монтажної одиниці (МО) і деталі (рис. 1.3).

Від знака еквівалентної сили залежить напрямок її вектора. Якщо за позитивний напрямок прийняти дії моментів сил, що вказує поворот супорта відносно точки O проти годинникової стрілки, то у випадку, показаному на рис. 1.3, а, еквівалентна сила виявляється позитивною і різець буде переміщатися у бік заготовки. У випадку, показаному на рис. 1.3, б, напрямок еквівалентної сили виявиться протилежним і різець буде переміщатися від заготовки.

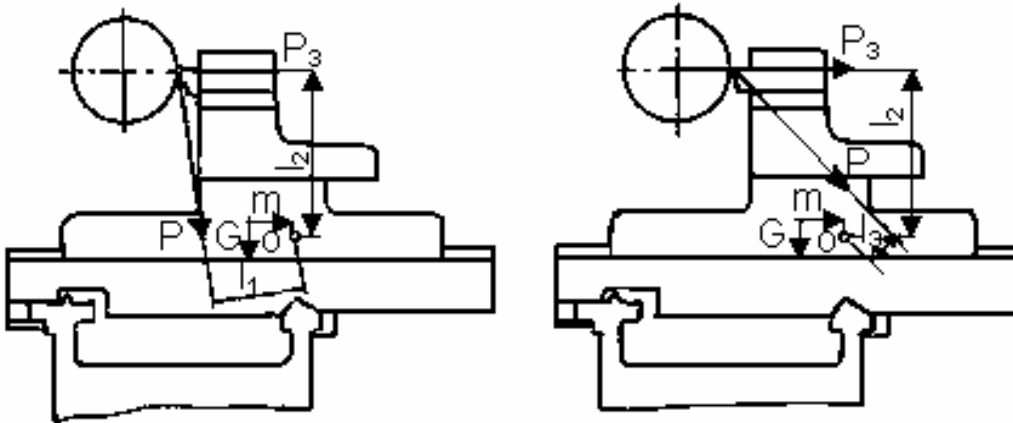


Рис. 1.3. Залежність напрямку дії еквівалентної сили від знака її моменту відносно миттєвого полюса повороту

Значення еквівалентних сил стосовно до розглянутих випадків являють собою:

$$P_e = (Pl_1 + Gm)/l_2,$$

$$P_e = (-Pl_3 + Gm)/l_2.$$

Використання поняття еквівалентної сили пояснює незрозумілі явища, що одержали назву "негативної" і "нескінченної" жорсткості.

Жорсткість технологічної системи є змінною. Значення характеристик жорсткості верстата в статичному стані й під час його роботи не однакові. Слід зазначити таке:

– під жорсткістю МО і технологічної системи варто розуміти їх здатність чинити опір переміщенню вибраної точки в напрямку дії сили, що породжує це переміщення;

- жорсткість слід вимірювати відношенням

$$j = \frac{\Delta P_e}{\Delta y};$$

- жорсткість є випадковою величиною і не може бути негативною чи нескінченно великою;

- умови вимірювання жорсткості вимагають строгої регламентації: слід указати координати точок виміру, прикладених навантажень і т.д.;

- величина, зворотна жорсткості, отримала назву піддатливості, мм/Н:

$$\omega = \frac{1}{j};$$

- це здатність МО чи технологічної системи змінювати відносне положення двох вибраних точок під впливом сили, прикладеної в напрямку її дії.

Унаслідок розсіювання значень припусків і характеристик властивостей матеріалів заготовок (наприклад, жорсткості) значення сили різання будуть також змінюватися від P^{HM} до P^{HB} . Якщо при цьому врахувати, що значення жорсткості технологічної системи випадкові і підлягають змінюванню від j^{HM} до j^{HB} , то, навіть при стабільному розсіюванні значень сили різання, значення поля ω_y розсіювання пружних переміщень і координати $\Delta\omega_y$ його середини не будуть залишатися постійними. Зміни характеристик розсіювання пружних переміщень у зв'язку зі зміною стану технологічної системи показані на рис. 1.4.

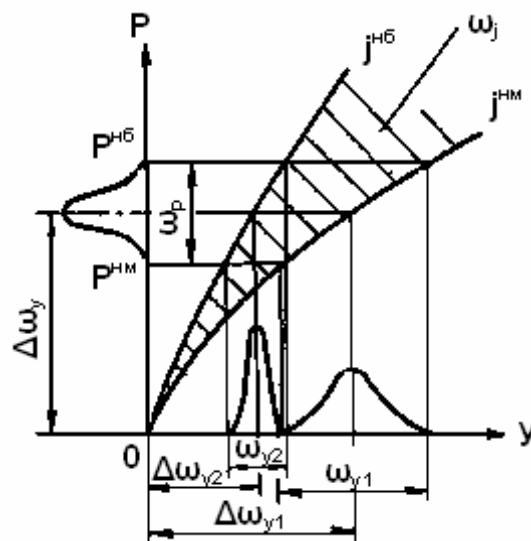


Рис. 1.4. Залежність значення і положення поля розсіювання пружних переміщень від жорсткості технологічної системи

Поле ω_j являє собою розсіювання значень жорсткості технологічної системи.

При виготовленні у великих кількостях однойменних деталей одночасно з жорсткістю технологічної системи можуть змінюватися і значення характеристик розсіювання припусків і жорсткості. Такі зміни спричиняють за собою зміни значень сил різання, що відобразиться на полі ω_y розсіювання пружних переміщень і координаті $\Delta\omega_y$ його середини і призведе до зміни точності деталей.

Наприклад, якщо при стабільній твердості технологічної системи в оброблення запустити нову партію заготовок валів, у яких при тому же полі розсіювання припусків, що й у попередній партії, середнє значення припусків виявиться великим, то це викличе зміну значення координати $\Delta\omega_y$ середини поля розсіювання значень сили різання (рис. 1.5, а), а отже, і координати $\Delta\omega_y$ середини поля розсіювання пружних переміщень.

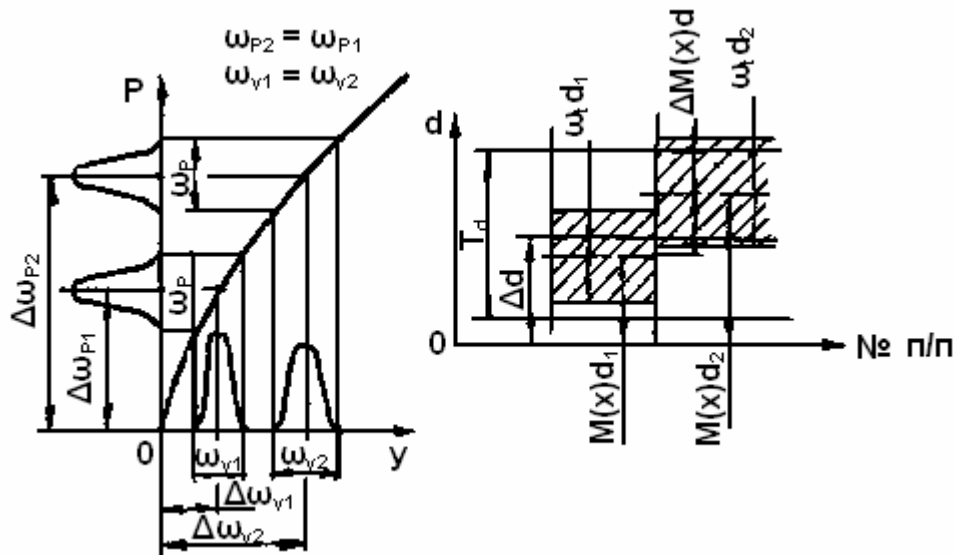


Рис. 1.5. Виявлення на точковій діаграмі зміни середнього значення припуску (жорсткості) у заготовок

На точковій діаграмі (рис. 1.5, б) відбудеться зсув центра групування $M(X)$ розмірів шийок валів, тобто відбудеться зсув миттєвого поля розсіювання ω без помітної зміни його значення. Аналогічною була би картина і при зміні середнього значення жорсткості заготовок.

По-іншому на точковій діаграмі відобразиться збільшення поля розсіювання значень жорсткості (припусків) заготовок при збереженні її середнього значення (рис. 1. 6).

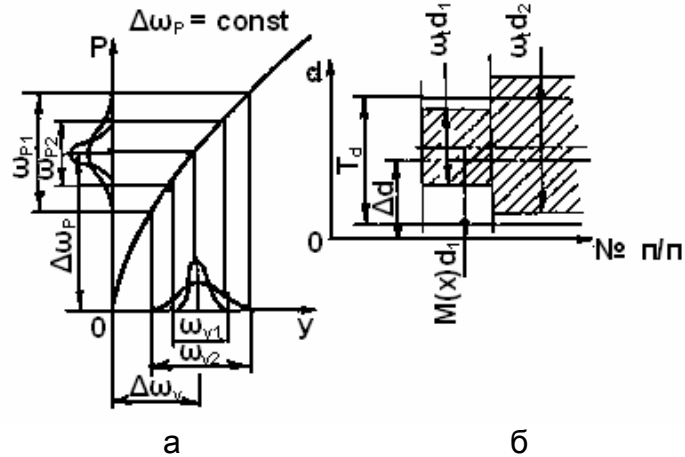


Рис. 1.6. Виявлення на точковій діаграмі зміни поля розсіювання жорсткості (припуску) заготовок

Збільшення поля розсіювання значень жорсткості (припуску) заготовок викликає збільшення поля розсіювання значень сили різання, що, у свою чергу, викликає збільшення поля розсіювання пружних переміщень і, у кінцевому підсумку, призведе до розширення миттєвого поля розсіювання розміру валів.

Нерівномірний припуск, що знімається з поверхні заготовки, неоднорідні властивості матеріалу в різних частинах заготовки, неоднакова жорсткість технологічної системи при обробленні заготовки в різних її перерізах призводять до відхилень форми обробленої поверхні деталі. Наприклад, видалення нерівномірного припуску з поверхні заготовки (рис. 1.7) викликає відхилення форми обробленої поверхні в поздовжньому перерізі деталі, у визначеній мірі поверхні, що повторює форму заготовки.

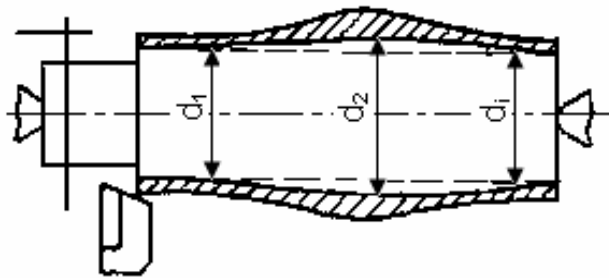


Рис. 1.7. «Копіювання» форми заготовки в поздовжньому напрямку

При обробленні заготовки нежорсткого вала (рис. 1.8, а), встановленої в центрах (передній центр рифлений) токарного верстата, причинами відхилень форми поверхні вала в поздовжньому перерізі буде змінна жорсткості технологічної системи в міру переміщення інструмента від задньої до передньої бабки верстата.

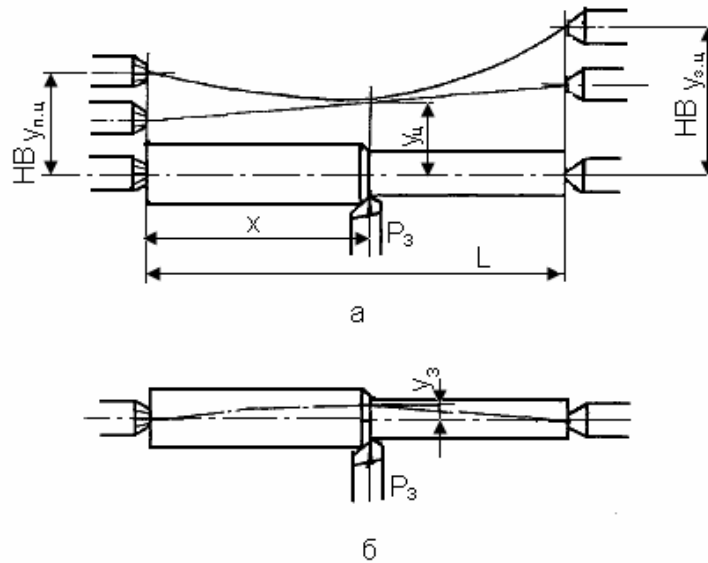


Рис. 1.8. Утворення пружних переміщень у технологічній системі при обробленні заготовки нежорсткого вала

У перерізі заготовки, що знаходиться на віддаленні від переднього центра на відстані x , пружне переміщення в технологічній системі під впливом еквівалентної сили P складається з переміщень центрів верстата $y_{ц}$, самої заготовки через її деформацію $y_{з}$, супорта $y_{с}$ і різця $y_{р}$:

$$y = y_{ц} + y_{з} + y_{с} + y_{р}.$$

Кожне з доданків наведеного рівняння може бути визначено. Наприклад, за аналогією з переміщенням твердої балки на двох пружних опорах можна визначити

$$y_{ц} = \left(1 - \frac{x}{l}\right)^2 \frac{P_e}{j_{п.ц}} + \left(\frac{x}{l}\right)^2 \frac{P_e}{j_{з.ц}},$$

де $j_{п.ц}$ – жорсткість переднього центра; $j_{з.ц}$ – жорсткість заднього центра.

Прогин вала в місці прикладання сили P_e

$$y_{з} = \frac{P_e x^2 (L - x)}{3EJL},$$

де E – модуль пружності матеріалу заготовки; J – момент інерції перерізу заготовки.

На всій довжині вала відхилення $y_{ц}$ і $y_{з}$ будуть доповнюватися пружними переміщеннями супорта і деформаціями різця.

Таким чином, пружне переміщення в технологічній системі на відстані x від передньої бабки може бути наведено як

$$y = \left(1 - \frac{x}{L}\right) \frac{P_e}{j_{п.ц}} + \left(\frac{x}{L}\right)^2 \frac{P_e}{j_{з.ц}} + \frac{P_e x^2 (L - x)^2}{3EJL} + \frac{P_e}{j_c} + \frac{P_e}{j_p}.$$

Похибки форми поверхні деталі можуть бути викликані й іншими причинами, пов'язаними з дією сил і жорсткістю технологічної системи. Жорсткість технологічної системи істотно впливає не тільки на точність виготовлення деталей, але і на продуктивність процесу оброблення. Прагнучи затримати розсіювання пружних переміщень у припустимих межах, обмежують коливання сили різання шляхом зниження режимів різання і збільшують число робочих ходів, тобто витрачають більше часу на оброблення.

Підвищення жорсткості технологічної системи є одним із засобів скорочення похибки динамічного настроювання і збільшення продуктивності оброблення. Існують такі основні шляхи збільшення жорсткості технологічних систем:

- підвищення власної жорсткості конструкції верстатів, пристроїв і різального інструмента шляхом скорочення числа ланок у конструкторських розмірних ланцюгах, більшої жорсткості самих деталей і застосування пристроїв, що забезпечують попередній натяг найбільш відповідальних елементів технологічної системи;
- забезпечення максимально досяжної жорсткості верстата, пристроїв та інструментів у процесі їхнього виготовлення. Особливо потрібно приділяти увагу контактній жорсткості поверхонь стиків деталей і якості збирання елементів технологічної системи;
- скорочення числа складових ланок у розмірних ланцюгах технологічних систем. Такого скорочення можна досягти, застосовуючи пристрої, що виключають чи зменшують вплив піддатливості верстата на точність виготовленої деталі;
- підвищення жорсткості заготовки шляхом застосування додаткових опор, зокрема люнетів;
- правильні умови та режими експлуатації технологічної системи;
- систематичний нагляд за устаткуванням і відновлення його первісної жорсткості регулюванням зазорів у рухомих з'єднаннях шабруванням третьових поверхонь і поверхонь, що зносилися, періодичний ремонт;
- різноманітність чинників, що впливають на жорсткість технологічної системи, які не дозволяють установити її розрахунковим шляхом. Звичайно жорсткість технологічної системи визначають емпіричними методами.

2. ВІБРАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ

Технологічна система з її пружними властивостями і процесами різання, тертя, процесами, що проходять у приводах, являють собою складну і замкнуту динамічну систему. Її замкнутість зумовлюється зв'язками між ланками системи, завдяки яким усякий вплив на систему ззовні чи те, що виникло в ній, сприймається всією системою. Частішають випадки, коли процес рівномірного різання порушується, ланки системи починають робити коливальні рухи, не передбачені схемою оброблення. Сталі коливання значної частоти називають **вібраціями**.

З виникненням вібрації коливаються верстат, пристрій, інструмент і заготовка, у результаті на поверхні заготовки виникають хвилі, підвищуються значення параметрів шорсткості. Вібрації супроводжуються характерним шумом, зниженням стійкості інструмента і навіть порушенням з'єднань деталей верстата і пристрою. Виникнення вібрацій знижує продуктивність процесу оброблення, тому що змушує працювати на знижених режимах.

Розрізняють два види вібрацій: **змушені** й **автоколивання**.

Причинами **змушених** вібрацій звичайно є коливання, передані ззовні; динамічна невідповідність швидкообертючих деталей верстата, різального інструмента чи заготовки; дефекти передач у верстаті; наявність зазору між деталями; переривчастий характер різання і т.п. У всіх цих випадках виникнення вібрації легко пояснено, тому що існує джерело вібрації.

На відміну від змушених коливань **автоколивання** являють собою незгасаючі коливання, що викликаються змінною силою, яка діє в процесі, що виконується. Автоколивання виникають у процесі різання за певних умов і продовжуються, поки ці умови не будуть змінені чи не припиниться процес різання.

При дослідженні автоколивань використовують механічну модель технологічної системи, показану на рис. 2.1.

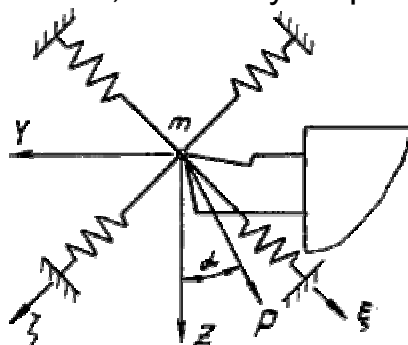


Рис. 2.1. Механічна модель технологічної системи з пружними зв'язками

У цій моделі заготовку розглядають як абсолютно тверде тіло, що має рівномірний обертальний рух. Весь коливальний процес пов'язаний тільки з переміщенням різця. Масу m коливальної системи розглядають зосередженою на вершині різця. Пружні зв'язки схематично наведені у вигляді пружин, на яких підвішено масу. Пружини спрямовані по головних осях ξ і ζ жорсткості системи. Сила P різання спрямована під кутом α до осі Z .

У процесі роботи різець, виведений через яку-небудь причину зі стану рівноваги, починає коливатися в двох напрямках. Його вершина переміщається щодо заготовки по замкнутій траєкторії, близькій до еліпса (рис. 2.2, а). При русі різця в напрямку дії сили від точки 1 до точки 4 глибина різання, а отже, і сила різання будуть більше, ніж при русі різця в напрямку, протилежному дії сили. На рис. 2.2, б показані переміщення вершини різця, що викликаються змінами сили різання.

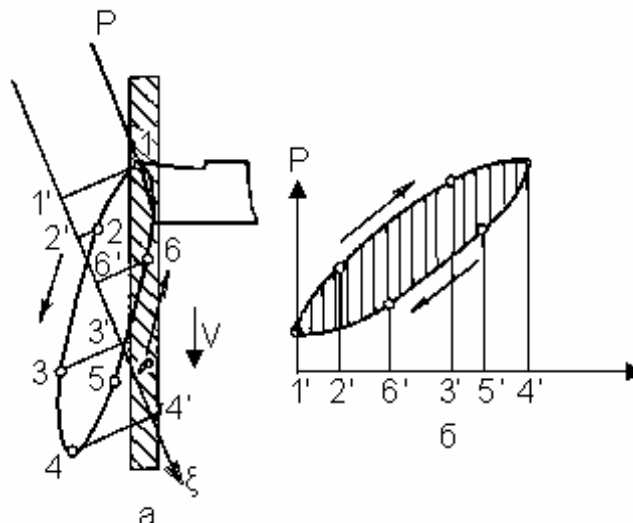


Рис. 2.2. Траєкторія переміщення вершини різця (а) і зміна сили різання за один цикл коливань (б)

Рух вершини різця розглянутої моделі описується системою рівнянь

$$mZ + h_z Z + C_z Z + C_{ZY} Y = P \cos \alpha;$$

$$mY + h_Y Y + C_Y Y + C_{YZ} Z = -P \sin \alpha,$$

де m – маса коливальної системи, приведеної до вершини різця; h_Y і h_z – коефіцієнти, що враховують сили опору; C_Y , C_z – коефіцієнти жорсткості, що показують відношення сил, прикладених до маси, до породжуваних ними переміщень; C_{YZ} , C_{ZY} – коефіцієнти додаткових пружних зв'язків, що накладаються на масу і перешкоджають її зсуву по іншій осі координат за принципом взаємозамінності, $C_{YZ} = C_{ZY}$; P – сила різання; α – кут між напрямком сили різання і віссю Z .

Вирішуючи цю систему рівнянь, можна одержати значення параметрів, що визначають рух різця в процесі вібрацій. Цей рух являє собою суму двох коливальних рухів, зсунутих за фазою в напрямку осей Y і Z:

$$Y = A_Y \sin \omega t;$$

$$Z = A_Z (\sin \omega t - \varphi),$$

де A_Y , A_Z – амплітуди переміщень вершини різця по відповідних осях координат; ω – частота коливань; φ – зрушення фаз коливань по різних осях.

Таким чином, процес різання стає джерелом автоколивань. У загальному випадку в автоколивальному процесі руху можуть брати участь або різець, або заготовка окремо чи одночасно.

Існують такі заходи щодо підвищення стійкості технологічної системи до вібрацій:

- підвищення жорсткості технологічної системи – усіх її складових ланок, включаючи заготовку. Збільшення жорсткості підвищує частоту власних коливань системи і зменшує їхню амплітуду;
- зменшення відцентрових сил у технологічній системі шляхом кращого балансування швидкообертючих деталей;
- вибір режимів різання, при яких оброблення заготовки буде здійснюватися за відсутності вібрацій;
- вибір інструмента, геометрія якого підвищує вібростійкість технологічної системи. З цією метою рекомендується застосовувати інструменти, що мають кути в плані більше 45° , передні кути – додатні, малий радіус при вершині, можливо малий задній кут, не працювати сильно затупленим інструментом;
- ізоляція технологічної системи від зовнішніх впливів у вигляді коливань інших верстатів, молотів, працюючих двигунів і т.п. засобами ізоляції служать віброопори, на які установлюють верстат;
- застосування віброгасників гідравлічних, механічних, ударної дії і т.д., що поглинають енергію коливального руху і знижують інтенсивність вібрацій (рис. 2.3).

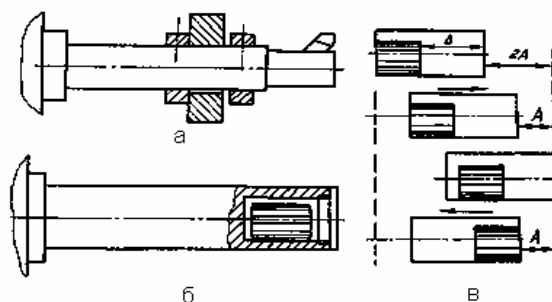


Рис. 2.3. Віброгасники ударної дії

Розмірний знос інструмента. У процесі оброблення заготовок інструмент зношується. Інтенсивність зношування інструмента залежить від властивостей матеріалу, з якого виготовлений інструмент, властивостей матеріалу заготовки, режимів оброблення, температури нагрівання, властивостей мастильно-охолодної рідини і т.ін.

При дослідженнях в галузі різання матеріалів мірою зношування інструмента частіше служить висота h ділянки, що утворилася на його задній поверхні. На точності же витриманих розмірів відбивається зношування інструмента по нормалі до оброблюваної поверхні, котрий називається розмірним зношуванням. Саме це зношування і розглядається далі.

Зношування інструмента в часі характеризується кривою (рис. 2.4, а), у якій прийнято виділяти три ділянки, що відповідають трьом періодам стійкості інструмента. При обробленні заготовок великих розмірів зношування інструмента призводить до похибок форми поверхонь, що оброблюються.

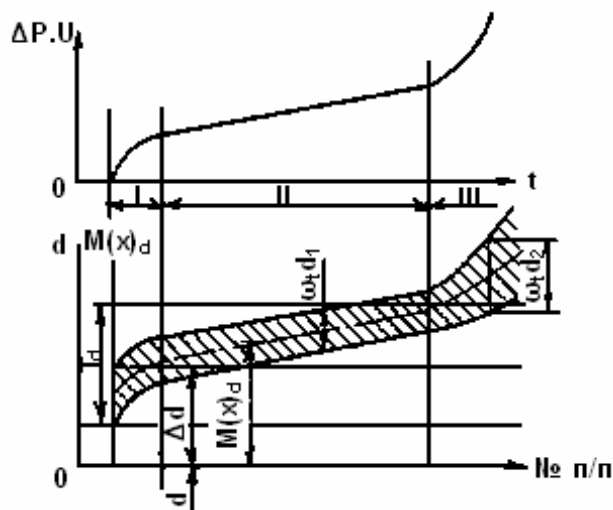


Рис. 2.4. Закономірність розмірного зношування інструмента і характер його виявлення на точковій діаграмі

При виготовленні партії порівняно невеликих деталей розмірне зношування різального інструмента супроводжується зсувом центра групування $M(x)$ розмірів, що витримуються. Так, при зношуванні інструмента, який характеризується графіком на рис. 2.4, а, точкова діаграма одержуваного розміру шейки вала матиме вигляд, показаний на рис. 2.4, б. Точкова діаграма показує, що зі зношуванням інструмента протягом I й II періодів його роботи значення миттєвого поля ω_{t_d} розсіювання розмірів d практично не змінюється. При

затупленні ж різця впливає не тільки інтенсивний зсув центра групування $M(x)_d$, але і збільшення значення ω_{td} . Пояснюється це таким способом. При обробленні заготовок гострим інструментом і інструментом, що затупився, будуть різними значення сили різання. У формулах, що визначають сили різання, ступінь затуплення інструмента враховують коефіцієнтом k_3 :

$$P_y = C_{P_y} t^{X_{P_y}} S^{y_{P_y}} k_M k_3.$$

Для спрощення, позначивши у формулі групу співмножників (за винятком k_3) через A , одержимо

$$P_y = A k_3.$$

Допустивши, що зміна стану процесу оброблення пов'язано тільки зі зміною значень P_y і що у силу зазначених вище причин значення P_y розсіюються в межах:

$$\omega_{P_y} = (P^{нб} - P^{нм}) k_3 = (A_2 - A_1) k_3;$$

при середньому значенні P_y

$$\bar{P}_y = 0,5(A_1 + A_2) k_3.$$

Для гострого інструмента $k_3 = 1$. Отже, $\omega_{P_y} = A_2 - A_1$ й $\bar{P}_y = 0,5(A_1 + A_2)$.

Із затупленням інструмента значення k_3 швидко зростає. Припустимо, що $k_3 = 1,5$. Тоді $\omega_{P_y} = (A_2 - A_1) 1,5$ й $\bar{P}_y = 0,5(A_1 + A_2) 1,5$. Виходить, що із затупленням різального інструмента збільшується поле розсіювання і середнє значення сили різання, а це призведе до збільшення поля ω_y і середнього значення пружних переміщень.

Вплив розмірного зношування на точність і продуктивність процесу оброблення знижують такі практичні заходи: підвищення якості матеріалу, що використовується для виготовлення інструмента; підвищення якості виготовлення і доведення інструмента; раціональний вибір режимів різання; стабілізація сил різання; скорочення вібрацій у технологічній системі; правильний підбір і застосування МОР; своєчасна компенсація розмірного зношування інструмента піднастроюванням технологічної системи; застосування автоматичних підналадників; своєчасна зміна інструмента для його переточування; застосування пристроїв діагностики стану інструмента.

2.1. Теплові деформації технологічної системи

У процесі оброблення заготовок ланки технологічної системи знаходяться під впливом різних джерел теплоти. Основними джерелами теплоти є механічна робота, яка витрачається на різання, і робота з подолання сил тертя рухомими деталями верстата. До цього додають теплоту, яка створюється роботою електричних і гідравлічних систем верстата, теплоту, що передається зовнішнім середовищем. Неоднаково нагрітими можуть бути заготовки, які надходять на оброблення. Зміни температури технологічної системи породжують додаткові просторові відносні переміщення її виконавчих поверхонь і, як наслідок, додаткові доданки похибки динамічного настроювання. Переміщення, що породжуються змінами температури, одержали назву **температурних деформацій**.

Розподіл теплоти в технологічній системі є нерівномірним. Одні її компоненти, навіть частини окремих деталей, нагріваються сильніше, інші – слабкіше.

Нагрівання деталей верстата відбувається в результаті роботи його механізмів, гідроприводів і електропристроїв. Теплота верстата передається також МОР, нагрівальними пристроями, що знаходяться поблизу верстата, повітрям у цеху. Ступеня найбільшого нагрівання у верстаті досягає шпindelна бабка. Температура її корпусу в різних точках може доходити до 30...70 °С, а шпindelів і валів – до 40...100 °С. Менше нагрівається станина. Відповідно до рівня нагрівання деталі верстата деформуються в трьох координатних напрямках, порушуючи тим самим первісну точність верстата.

Теплові деформації різального інструмента викликає теплота, що відводиться із зони різання. Незважаючи на те, що частка теплоти, що надходить до інструмента, становить лише 2...5 %, її виявляється достатньо для нагрівання ріжучих крайок до 900 °С. У результаті, наприклад, зміна вильоту токарних різців середніх розмірів у процесі оброблення заготовки можуть доходити до 0,05...0,06 мм. Значення теплових деформацій різального інструмента залежать від швидкості і глибини різання, подачі та геометрії інструмента, його вильоту, ефективності охолодження і т. ін.

Теплові деформації верстата й інструмента проходять у просторі й призводять до відхилень відносного положення заготовки й інструмента, доданого ним у процесі настроювання технологічної системи. Відносне переміщення інструмента і технологічних баз заготовки служать причиною безупинної зміни значення поточного розміру, що, у свою чергу, відбивається на всіх геометричних показниках точності деталі: формі, відносному повороті, відстані та

розмірі поверхні, яка одержується.

Звичайно заготовки обробляють з перервами в роботі верстата, викликаними, наприклад, необхідністю заміни заготовок. На рис. 2.5 зображено графік, що показує теплові деформації токарного різця, які відбуваються під час оброблення заготовок і зупинок верстата для їхньої заміни. Зміна теплового стану різця і його вильоту спричиняють відхилення форми обробленої поверхні деталі.

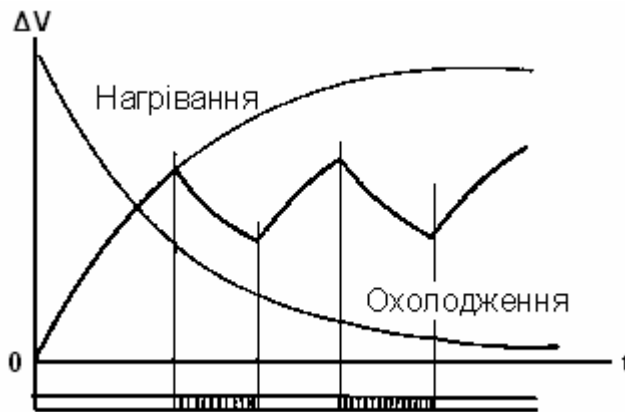


Рис. 2.5. Теплові деформації різця при роботі з перервами

Частина теплоти, що виділяється в зоні різання, передається в заготовку. Залежно від способу режимів оброблення відведення теплоти в заготовку може бути різним. Наприклад, при токарному обробленні він може становити до 10 % у загальному тепловому балансі, а при свердлінні – до 55 %. Отже, у процесі оброблення заготовка може значно нагріватися і деформуватися. Причому найбільші деформації виникають при обробленні тонкостінних заготовок. У більшості випадків поверхню заготовки обробляють поступово. Тому джерело теплоти в зоні різання безупинно (чи з перервами) переміщається по оброблюваній поверхні заготовки. На рис. 2.6 показано теплове поле циліндричної поверхні заготовки, що створюється уздовж її осі різцем.

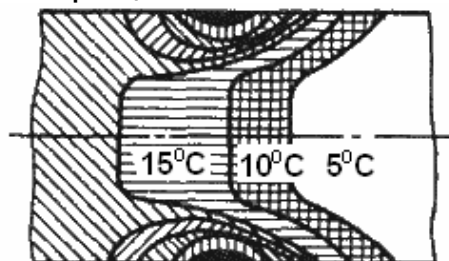


Рис. 2.6. Теплове поле, що рухається перед джерелом теплоти в поверхневих шарах заготовки

Попереду джерела теплоти в поверхневих шарах заготовки рухається випереджальна хвиля теплоти, що при підході різця до кінця заготовки істотно збільшує її нагрівання. З'ясовується це тим, що на межі двох середовищ (метал-повітря) погіршується теплопровідність і утрачає свою швидкість тепловіддача. Матеріал заготовки при цьому нагрівається і розширюється сильніше, із заготовки видаляється більший шар матеріалу. Разом зі змінами температур заготовки на різних її ділянках змінюється нагрівання різця і його виліт. У результаті після оброблення й охолодження заготовки її поверхня знаходить форму, показану на рис. 2.7.

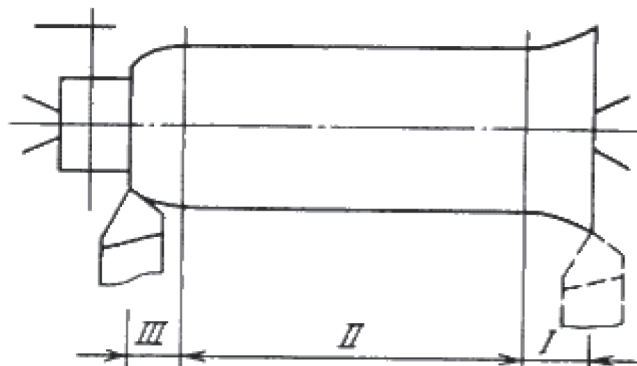


Рис. 2.7. Перекручування форми поверхні деталі під впливом теплового поля: I – ділянка, що утворилася при наростаючому нагріванні заготовки і різця на початку оброблення; II – ділянка, яка виникла при сталому тепловому полі; III – ділянка при погіршенні відведення теплоти наприкінці оброблення

Причиною зниження точності деталей також може бути і різний ступінь нагрівання заготовок, що надходять на оброблення, яке властиво масовому виробництву. Розбіжність умов оброблення заготовок на попередніх операціях, порушення черговості їхнього транспортування з однієї операції на іншу приводять до того, що на оброблення попадають і слабо, і сильно нагріті заготовки. Одержуючи додаткове нагрівання при обробленні на даній операції, заготовки будуть мати різну усадку при остиганні. У результаті цього відбудеться не тільки зсув $M(x)$, але і збільшення значення поля ω розсіювання розмірів у партії деталей (рис. 2.8).

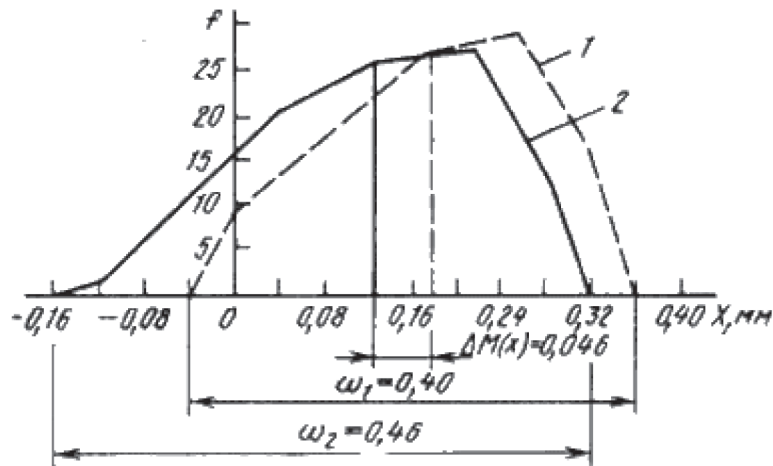


Рис. 2.8. Усадка деталей у міру їхнього остигання

У забезпеченні необхідної точності деталі теплові деформації технологічної системи і заготовок набувають особливої значущості на оздоблювальних операціях, де коливання припусків, а отже, сили різання і пружних переміщень виявляються незначними. Основними заходами щодо зменшення теплових деформацій є такі: застосування МОР; створення термоконстантних цехів; введення в конструкцію верстатів, пристроїв, що стабілізують температуру; прогрівання верстатів на холостому ході до початку роботи; скорочення перерв у роботі до мінімуму; настроювання технологічної системи на робочий розмір, що враховує вплив теплових деформацій; вбудовування у верстаті автоматичних підналадчиків; збільшення швидкості різання; шліфування заготовок кругами більшого діаметра; установлення перед відповідальними операціями термостатичних пристроїв, що вирівнюють температуру заготовок, які надходять на оброблення; чергування операцій у технологічному процесі з великим і меншим нагріванням заготовок; застосування транспортних засобів, що забезпечують дотримання черговості в проходженні заготовками операції технологічного процесу.

2.2. Вплив робітника на точність виготовлених деталей

Технологічний процес виготовлення деталей не може бути виконаний без участі людини. Залежно від рівня автоматизації технологічного устаткування ця участь може мати різні форми.

При виготовленні деталі на універсальних неавтоматизованих верстатах у функції робітника входить установлення заготовки, настроювання верстата, здійснення технологічного процесу оброблення заготовки і контроль точності виготовленої деталі.

Успішне вирішення задач, які має виконувати робітник, залежить від його кваліфікації, стану (ступінь стомлення, настроїв і т.п.), стану устаткування й умов, у яких йому доводиться працювати. На точності й характері розподілу відхилень розмірів деталей, виготовлених на універсальних верстатах, відбивається постійне побоювання робітника одержати непоправний брак. Цей психологічний чинник змушує робітника дотримуватися при виготовленні деталі "безпечних меж полів допусків", що призводить до зсуву центра групування розмірів деталей, які оброблюються.

При виготовленні деталей на настроєних напівавтоматичних верстатах функції робітника зводяться до установлення заготовки в пристрій, вмикання верстата і знімання заготовки чи виготовленої деталі. Настроювання верстата частіше здійснює наладник, він же контролює точність отриманих розмірів. Незважаючи на те, що роль кваліфікації робітника тут зведена до мінімуму, його вплив на точність виготовлених деталей може бути дуже істотною, тому що саме робітник забезпечує стабільне й надійне закріплення заготовки.

При виготовленні деталі на автоматичних верстатах робітник із безпосереднього виконавця технологічного процесу перетворюється в його керівника. В обов'язки працюючого входять ладнання верстата, спостереження за ходом технологічного процесу й усунення відхилень у ньому. Виконання цих функцій вимагає всебічних знань і навичок, тобто більш кваліфікованої праці. Наприклад, необхідно, щоб оператор, який обслуговує багатоопераційний фрезерно-розточувальний верстат із програмним керуванням, одночасно мав кваліфікацію фрезерувальника, свердлувальника, розточувальника, до тонкощів знав програмне керування і пристрій верстата.

На основі викладеного можна зробити такі висновки:

- якість виготовлених деталей знаходиться в прямій залежності від кваліфікації;
- створення сприятливих умов для праці, які полегшують фізичну і розумову діяльність працюючого, є одним із засобів підвищення якості продукції й продуктивності праці;
- у масовому і великосерійному виробництві при виконанні одноманітної і монотонної роботи варто періодично робити перестановку робітників з одних операцій на інші, створюючи тим самим різноманітність у їхній праці;
- при конструюванні пристроїв слід уникати ручних затискачів і застосовувати пневматичні, гідравлічні, електромеханічні затискачі, що забезпечує стабільність сил закріплення заготовок.

3. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ. ЧАСОВІ ЗВ'ЯЗКИ У ВИРОБНИЧОМУ ПРОЦЕСІ

Інформаційний процес є найважливішою складовою частиною виробничого процесу виготовлення машини. Інформація у виробничому процесі – це засіб, що здійснює підтримуючу і направляючу його дію.

3.1. Властивості технологічної інформації й інформаційні зв'язки

Технологічна інформація являє собою вказівку про те, що, як, коли, за допомогою чого треба зробити чи повідомити про результати зробленої дії, зміни первісних умов, повідомлення якихось даних і т. п.

Здійснення виробничого процесу включає в себе виконання ряду технологічних процесів виготовлення деталей і складання машини, доставлення до робочих місць технологічної документації, заготовок, складальних одиниць, інструментів, технологічного оснащення, складування заготовок і продукції, контроль ходу виробничого процесу і керування ним та інші дії, що забезпечують функціонування виробничого процесу й виготовлення якісної продукції.

Кожен етап процесу виготовлення машини супроводжується своїми інформаційними процесами, мета і зміст яких зумовлені специфікою розв'язуваних задач. Однак на будь-якому етапі при вирішенні конкретних технологічних і виробничих задач ведуть збирання, запит, пошук, збереження, перероблення, перетворення, передачу, використання інформації.

Технологічна інформація, що надходить на робоче місце, є вихідною в інформаційному процесі, який здійснюється при виконанні операції. Як виконання будь-якої операції, пов'язане з вирішенням багатьох технологічних задач (установлення заготовки, настроювання верстата, спостереження за ходом процесу оброблення й керування ним), так і аналіз отриманих результатів вимагають одержання, перетворення, передачі та інших дій з інформацією.

Таким чином, постановку задачі, її вирішення, повідомлення про те, що задачі вирішена, і оцінювання правильності рішення пов'язує замкнутий інформаційний контур, що може бути названий інформаційним зв'язком.

Інформаційний зв'язок – це замкнутий контур, утворений прямим і зворотним потоками інформації, що охоплює всі дії над інформацією, необхідні для вирішення виробничої чи технологічної задачі.

Входом в інформаційний контур є постановка задачі, виходом – результат її рішення. Замикає інформаційний контур зіставлення результату рішення з умовами технологічної задачі (рис. 3.1).

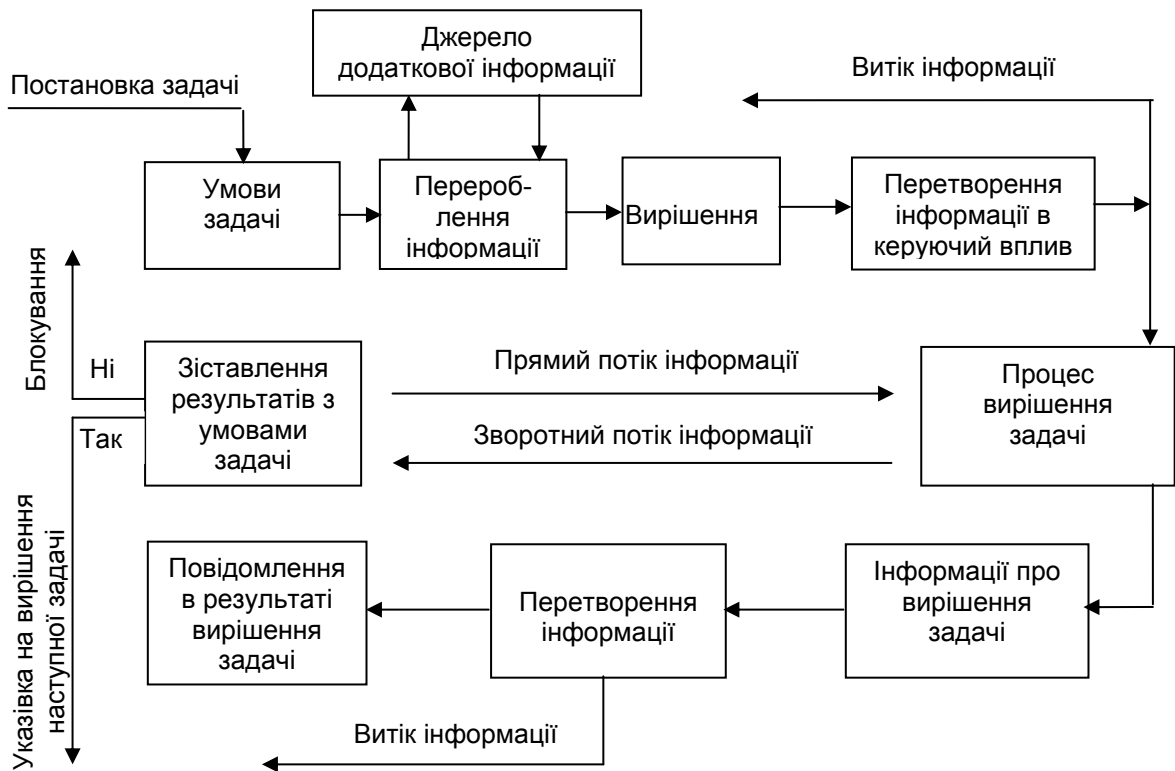


Рис. 3.1. Схема інформаційного зв'язку

3.2. Технологічна задача й інформаційне забезпечення її вирішення

Виконання виробничого процесу пов'язано з вирішенням багатьох виробничих і технологічних задач. Кожну з них розділяють на кілька дій, і кожна з них має бути забезпечена своїм інформаційним процесом. Інформаційне забезпечення задачі завжди передуює її вирішенню.

Якщо задачу вирішує людина, то інформаційний процес багато в чому виявляється схованим і від самої людини, і від спостерігача за її діями. Пояснюється це тим, що інформаційний процес людина здійснює в результаті розумової діяльності і за допомогою всіх органів почуттів, багато дій виконуються підсвідомо, але доцільно.

Якщо вирішення задачі покладається на технічні засоби, то потрібно як розшифрування змісту самої задачі, так і пророблення інформаційного процесу, що забезпечують її вирішення. Технічні засоби мають виконувати не тільки механічну, але й розумову діяльність людини.

Наприклад, необхідно вирішити технологічну задачу – "встановити заготовку втулки на токарному верстаті в самоцентруючий

трикулачковий патрон із пневматичним затискачем". Людина бере втулку з тари (наприклад, у вигляді лотка), підносить до патрона, базує втулку щодо кулачків і включає пневматичний привід патрона. Правильність вирішення задачі робітник оцінює "на око" по радіальному биттю заготовки після включення приводу шпинделя верстата.

Вирішення ж задачі технічними засобами потребує повного розділення й реалізації ряду дій:

- додання заготовкам втулок визначеного положення в лотку;
- додання необхідного положення лотка із заготовками в системі координат технологічної системи;
- програмування рухів робота;
- введення в пристрої програмного керування (ППК) робота й верстата керуючих програм (КП);
- додання захоплювальному пристрою (ЗП) робота вихідного положення в системі координат технологічної системи;
- переміщення (ЗП) робота до чергової заготовки;
- захоплення роботом заготовки;
- переміщення заготовки до патрона верстата;
- базування заготовки щодо кулачків патрона;
- закріплення заготовки кулачками патрона;
- розтиснення ЗП робота;
- відведення ЗП із зони оброблення;
- перевірка правильності установа заготовки.

Кожна згадана дія являє собою окрему технологічну задачу. Інформаційне забезпечення вирішення окремих задач буде здійснюватися по-різному. Наприклад, задачі забезпечення першої й другої дій враховують при конструюванні лотка, у процесі якого переробляється вихідна інформація про вид, форму, розмір і число заготовок, одночасно розміщених у лотку; про конструкцію стола, на якому буде встановлено лоток; конструктивні рішення про форму, розміри й місця розташування поверхонь, що розміщують заготовки в лотку, про форму і розміри корпусу лотка й т.д. Необхідно також розробити засоби, що видають інформацію про виконання дій, і встановити інформаційні процеси, що керують діями робота й верстата.

Отже, можна зробити такі висновки:

- вирішення виробничої чи технологічної задачі забезпечує інформаційний процес;

- інформаційний процес, що супроводжує вирішення виробничої чи технологічної задачі, може бути розділений на дві частини. Одна з них пов'язана з розробленням тієї, що забезпечує вирішення задачі (технології, керуючих програм, технічних засобів і т.п.), а інша – з керуванням процесом, у результаті здійснення якого досягається вирішення задачі;

- обидві частини інформаційного процесу так само, як і його етапи, органічно пов'язані один з одним;

- для розкриття змісту інформаційного процесу необхідне розділення виробничої чи технологічної задачі на окремі задачі й елементарні дії;

- вирішення будь-якої окремої задачі забезпечує інформаційний зв'язок, що поєднує операції над інформацією, необхідні для періоду від умов задачі до повідомлення про те, що задача вирішена, і висновку, що її рішення є вірним.

3.3. Структура інформаційних зв'язків у виробничому процесі

Розділення виробничих і технологічних задач впливає на утворення сполучених контурів інформаційних зв'язків, узгоджування в день у тій же послідовності, у якій повинно йти вирішення окремих задач. Наприклад, якщо в задачі установа заготовки втулки в патрон токарного верстата виділити частину дій, що безпосередньо стосуються установа заготовки, то інформаційний процес склав би ряд інформаційних зв'язків, показаних на рис. 3.2.

Керівництвом до дії буде сигнал: "Установити заготовку", а позитивна відповідь при зіставленні результатів рішення задачі з її умовою служить сигналом про закінчення виконання цієї дії (вирішення окремої задачі) і командою до початку вирішення наступної, тобто приведення в дію наступного інформаційного контуру.

Таким чином, інформаційний процес, що забезпечує вирішення основної задачі, являє собою ланцюг, ланками якого є інформаційні зв'язки, за допомогою яких вирішуються окремі задачі.

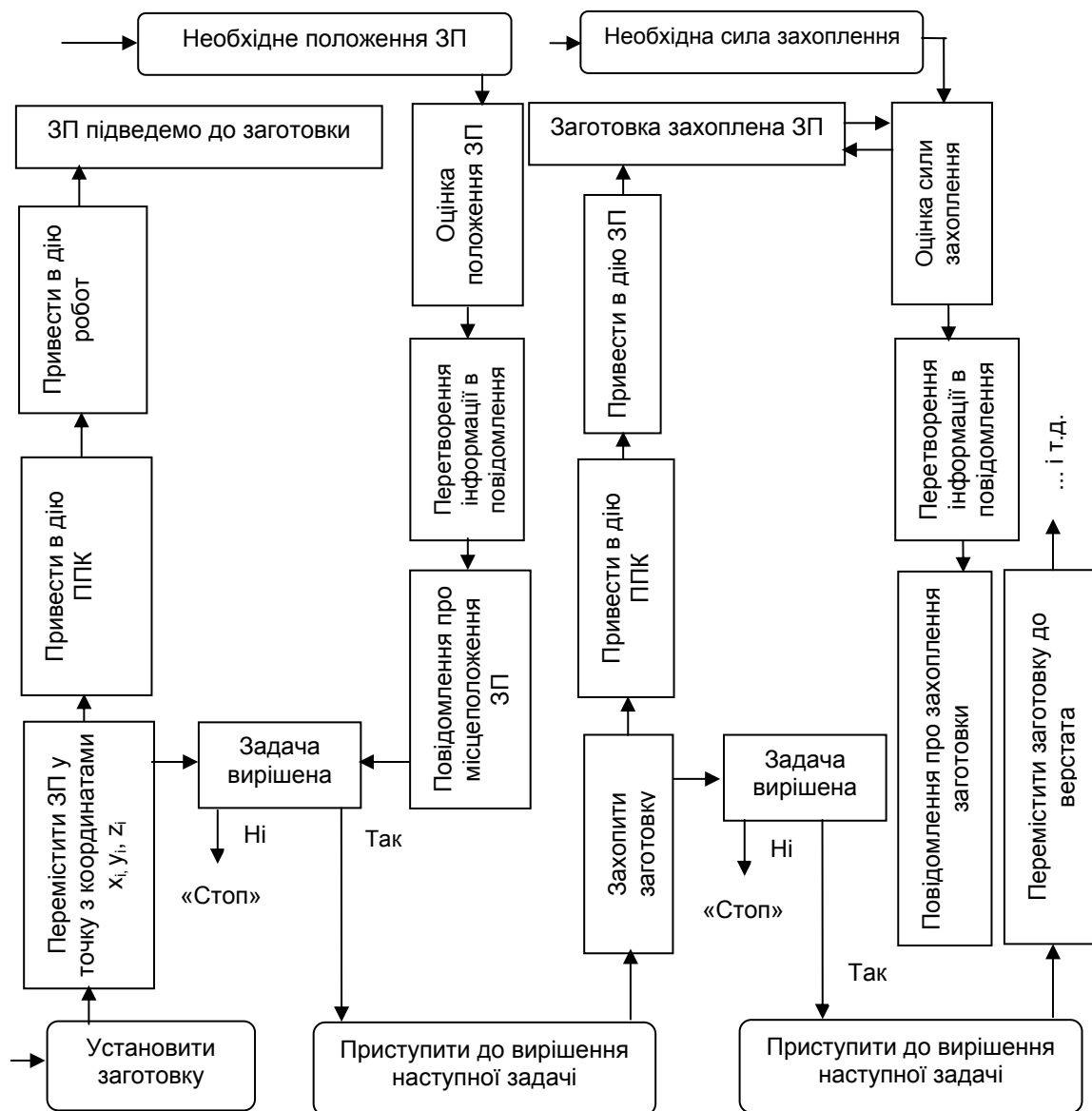


Рис. 3.2. Фрагмент інформаційного процесу в задачі устанавлення заготовки втулки в патрон верстата

Відповідно до ієрархії виробничих і технологічних задач виявляються багаторівневий та інформаційний процеси, що забезпечують їхнє вирішення. Нижній рівень складають інформаційні процеси, що забезпечують виконання операцій технологічних процесів, наступний рівень – інформаційні процеси, які охоплюють задачі, загальні для технологічних операцій: керування включенням устаткування, доставленням на робочі місця інструментів, заготовок і т.д. На верхньому рівні керування зважуються задачі оперативного планування,

диспетчеризації, вигляд виготовленої продукції і т.п.

Рівні інформаційного процесу пов'язані між собою потоками інформації, що несуть в одному напрямку сигнал до дії, а в іншому – повідомлення про виконання дій, стан устаткування і т.п. На будь-якому діючому підприємстві одночасно здійснюються технологічні процеси виготовлення деталей різних найменувань, оснащення робочих місць інструментами, пристроями, заготовками, транспортування готової продукції на склад, задачі щодо забезпечення необхідної точності деталей, неперервний аналіз ходу виробничого процесу, його диспетчеризації і т.п. вимагає безперебійного інформаційного забезпечення.

Більш складним є розроблення інформаційного процесу для автоматизованого виробництва, у якому фізична й розумова діяльність людини замінюється технічними засобами та керуючими програмами і т. ін.

Будь-який виробничий процес супроводжується дією великого числа випадкових чинників, тому структура інформаційних зв'язків для підтримки безперервності ходу процесу має забезпечувати можливість його коректування.

У звичайному виробництві процес коректують керівники всіх рангів, диспетчерська служба, оператори. В автоматизованому виробництві виконання цих функцій покладається на технічні засоби.

У побудові інформаційних процесів для автоматизованих виробництв беруть участь технологи, фахівці в галузі керування, автоматики, обчислювальної техніки, конструктори й інші. Завдання на проектування системи керування видають технологи після закінчення розроблення технології виготовлення виробів і прийняття рішень з питань транспортування й складування заготовок і готових виробів, інструментозабезпечення, організації та планування виробничого процесу.

У задачі технологів входить видача технічних завдань на проектування технологічного устаткування й оснащення, засобів транспорту, інструмента і т.п.

3.4. Часові зв'язки у виробничому процесі. Компоненти часових зв'язків

Часові зв'язки – це співвідношення між фондами часу, які має технологічне устаткування, робітників, виробничий підрозділ (ділянку, цех і т.п.), і витратами часу на виконання технологічного процесу виготовлення виробів й окремих операцій.

Часові зв'язки утворюються також у результаті членування витрат часу на складові.

Вихідним у визначенні фонду часу служить календарний час за винятком неробочих днів у вибраному періоді.

Для одиниці устаткування номінальний фонд часу становить:

$$\Phi_H = (D_P \cdot T_D - D_{P.C} \cdot t_D) \cdot (1 - t_{ПЧ} / 100),$$

де D_P – число робочих днів у планованому періоді; T_D – число робочих годин за добу; $D_{P.C}$ – число робочих днів скороченої тривалості; t_D – число годин, на яке скорочено робочу добу; $t_{ПЧ}$ – планований час простою устаткування (3...6 % — для універсального, 10...12 % – для унікального устаткування).

Дійсний фонд часу Φ_D відрізняється від номінального Φ_H на величину втрат Π_Φ фонду часу через випадкові події, що супроводжують будь-який виробничий процес:

$$\Phi_D = \Phi_H - \Pi_\Phi.$$

Визначити утрати фонду часу можна за формулою

$$\Pi_\Phi = \Pi_{\Phi.TEX} + \Pi_{\Phi.ORG} + \Pi_{\Phi.P},$$

де $\Pi_{\Phi.TEX}$ – утрати фонду часу через технічні причини; $\Pi_{\Phi.ORG}$ – утрати фонду часу через організаційні причини; $\Pi_{\Phi.P}$ – утрати фонду часу через провину робітника.

Витрати часу на виконання операцій технологічного процесу називається штучно-калькуляційним:

$$t_{ШК} = t_{ПЗ} / n + t_{ШТ},$$

де $t_{ПЗ}$ – підготовчо-заключний час, який витрачається на підготовку до виготовлення партії деталей (одержання завдання, ознайомлення з ним, вивчення креслень і технічної документації, підготовка робочого місця, настроювання устаткування, здавання виготовлених виробів і т. ін.); n – число виробів, що складають партію.

Штучний час являє собою суму чотирьох доданків:

$$t_{ШТ} = t_{OT} + t_B + t_{OBC} + t_D.$$

У формулі t_{OT} – основний технологічний час. Це час безпосереднього впливу на об'єкт виробництва (зміни форми, розмірів, структури матеріалу і т. д.).

Якщо вплив на об'єкт проводять вручну, то і його називають ручним.

$$t_{OT} = t_{РУЧ}.$$

Якщо при впливі на об'єкт використовують устаткування, то t_{OT} називається машинним:

$$t_{OT} = t_{МАШ}.$$

Якщо вплив на об'єкт здійснюється за допомогою машини, але за

участю людини, то час називається машинно-ручним:

$$t_{OT} = t_{МАШ.РУЧ}.$$

Допоміжний час t_B – час, який витрачається на переходи, що супроводжують процес безпосереднього впливу на об'єкт виробництва (установлення, відведення, підведення інструмента, вмикання, вимикання устаткування).

Суму основного технологічного й допоміжного часу називають оперативним:

$$t_{OP} = t_{OT} + t_B.$$

Час обслуговування робочого місця t_{OBC} – час, що витрачається робітником на догляд за робочим місцем і підтримкою його в робочому стані. Час розділяють на дві частини: час технічного обслуговування $t_{ТЕХ.ОБС}$ і час організаційного обслуговування $t_{ОРГ.ОБС}$.

$$t_{OBC} = t_{ТЕХ.ОБС} + t_{ОРГ.ОБС}.$$

Час на технічне обслуговування витрачається на підналагодження технічної системи, зміну інструмента, що затупився, видалення стружки з робочих органів верстата, пристроїв.

Час на організаційне обслуговування витрачається на змащення і чищення устаткування, видалення стружки з робочого місця й приведення його в порядок.

Час додатковий t_d виділяється на відпочинок, регламентується умовами роботи (вагою й інтенсивністю праці), на особисті потреби.

Час на обслуговування і додатковий визначаються відсотком від операційного.

Час, що витрачається на виконання операцій, може бути номінальним, дійсним і обмірюваним.

Фонд часу і витрати часу на виконання операції є основними компонентами часових зв'язків у виробничому процесі. Похідними цих величин є показники його ефективності: продуктивність, рівень завантаження устаткування, ритмічність виробничого процесу, тривалість циклу виготовлення виробів і т. ін.

3.5. Види й форми організації виробничого процесу

Структура часових зв'язків багато в чому залежить від виду виробничого процесу й форм його організації, вибір яких диктується характером і обсягом похідної продукції.

Організаційні види й форми виробничого процесу виготовлення деталей

У виробництві деталей широкої номенклатури, виготовлених одиницями (чи в невеликих кількостях), устаткування, для більш повного

його завантаження поєднують у групи за спільністю службового призначення. Створюють, наприклад, ділянки з токарних, фрезерних, свердлильних і т.п. верстатів. На чолі кожної ділянки призначають майстра. Вироби при такій організації процесу можуть "пролежувати" на складі (вироби невеликих розмірів і маси) чи на підкранових площинах (великі вироби).

Така форма організації технологічного процесу призводить до складних і довгих шляхів проходження виробів, до ускладнення планування й керування виробництвом і порівняно невисокого рівня техніко-економічних показників виробничого процесу.

Зі збільшенням випуску однакових виробів з'явиться можливість об'єднати їх у групи за однорідністю службового призначення й виготовляти вироби на технологічно замкнутих ділянках. Устаткування на таких ділянках розставляють по ходу технологічного процесу виготовлення найбільш типового представника групи виробів, наприклад технологічно замкнутою є ділянка, де виготовляють станини, корпуси, вали і т.д.

На таких ділянках виникає можливість простіше і краще організувати планування й керування виробничим процесом. Шляхи проходження виробів скорочуються. Скорочується і час на переналагодження при переході до виготовлення іншого виробу. Ділянка видає готову деталь. Техніко-економічні показники технологічно замкнутих ділянок вище, ніж при груповому розміщенні устаткування. Однак при цій формі організації знижується коефіцієнт використання окремих видів устаткування.

При достатньому обсязі випуску виробів обмеженої номенклатури технологічно замкнуті ділянки перетворюються в комплексні, призначені для виготовлення типових вузлів вироблених машин. На таких ділянках з виготовленням деталей ведеться збирання й випробування вузлів.

Розглянуті форми відносяться до непотокового виду виробничого процесу, тому що жодна з них не забезпечує безупинного руху і рівномірного випуску виробів, що виготовляються.

В міру збільшення обсягу випуску однакових виробів з'являється можливість організації **потокового** виробництва. Однією з форм потокового виробництва є **змінно-потокове** виробництво, яке називають ще **багатопредметним**. Для цього виробництва характерний періодичний запуск у виготовлення партій виробів обмеженої номенклатури. Протягом всього періоду виготовлення виробів одного найменування виробничий процес діє як **безперервно-**

потоковий.

Особливостями поточкового виробництва є безперервність руху заготовки, деталі, СО чи машини та їхній вихід з необхідним тактом τ :

$$\tau = \Phi_H \eta / N,$$

де Φ_H – номінальний фонд часу (у рік, квартал, годину і т.п.); N – програма випуску виробів у планований період часу; η – коефіцієнт використання фонду часу.

У поточковому виробництві устаткування розставляють строго по ходу технологічного процесу і пов'язують його транспортними засобами. Тривалість операції в поточковому виробництві має дорівнювати такту чи бути кратною йому. На випадок непередбачених ситуацій на окремих робочих місцях створюють резервні (страхові) напрацювання виробів. У цьому виробництві звичайно використовують багатостатне обслуговування.

При поточковому виробництві значно спрощується планування, облік, скорочується кількість документів. Майстер несе відповідальність за ритмічний випуск деталей. Великий обсяг випуску однакових виробів дозволяє використовувати високопродуктивне устаткування й досягати високих техніко-економічних показників.

Організаційні види й форми виробничого процесу збирання зручно уявити у вигляді схеми (рис. 3.3).

Непотокове стаціонарне збирання характеризується тим, що об'єкт, що збирається, від початку до кінця збирання залишається на одному робочому місці. Збирання ведуть робітник і бригада. Робочі місця оснащуються універсальними пристроями й підйомно-транспортними пристроями. Техніко-економічні показники такої форми організації невисокі. Цю форму використовують в одиничному і дрібносерійному виробництвах.



Рис. 3.3. Види й форми організації виробничого процесу збирання

При збільшенні обсягу випуску однакових виробів створюється можливість переходу до **непоточкового рухомого** збирання. У процесі збирання об'єкт періодично переміщається від одного робочого місця на інше. Складальні операції виконують робітники чи бригада, що

спеціалізуються на окремих роботах. Усі робочі місця пов'язують за допомогою транспортних пристроїв (рольгангів, рейкових візків і т. ін.). Виконавши свою операцію, робітник переміщає зібраний об'єкт до наступного місця. Робітник має дотримуватися ритму. У порівнянні з непотоковою стаціонарною дана форма організації виробничого процесу забезпечує більш високий рівень техніко-економічних показників.

Подальше збільшення числа однакових виробів, що підлягають збиранню, робить економічним використання поточкового збирання. Однією з її форм є **стаціонарне** збирання, при якому всі об'єкти, що збираються, протягом усього збирання залишаються на робочих місцях чи стендах. Робітники чи бригада за сигналом одночасно переходять від одних об'єктів, що збираються, до інших через проміжки часу, які дорівнюють такту. Кожен робітник виконує закріплену за ним ту саму операцію на кожному з об'єктів, що збираються. Вузька спеціалізація робітників сприяє підвищенню якості й продуктивності праці. Основною перевагою поточкового стаціонарного збирання є робота з установленим тактом. Застосовують його в серійному виробництві при збиранні великих за габаритними розмірами чи масі з нежорсткими деталями об'єктів, що базують (автомобілі, літаки).

Використання **поточкового рухомого** збирання з об'єктами, що безупинно чи періодично переміщуються, стає економічним при випуску однакових виробів у значних кількостях. Для переміщення об'єктів застосовують різного роду конвеєри (ланцюгові, стрічкові, рамні й ін.). При поточковому рухомому збиранні робочі місця розташовують по обидві сторони конвеєра й оснащують пристроями, інструментами, стелажми.

Число робочих місць чи позицій, що має пройти об'єкт, який збирається, визначають за формулою

$$q = \frac{T_0 - T_c}{(\tau - t_n)\gamma},$$

де T_0 – розрахункова трудомісткість усіх переходів збирання; T_c – розрахункова трудомісткість переходів, сполучених з виконанням інших переходів; τ – розрахунковий такт випуску; t_n – час, необхідний для транспортування об'єкта, що збирається, від одного робочого місця до іншого; γ – число рівнобіжних потоків, необхідних для збирання однакових виробів при заданому обсязі випуску.

Потокове виробництво забезпечує високу продуктивність; короткий цикл; високі техніко-економічні показники; зниження собівартості; спрощення планування, керування й обліку; сталість якості продукції. До недоліків цього виробництва варто віднести складність переходу до виготовлення нового виробу.

4. ОСНОВИ ТЕХНІЧНОГО НОРМУВАННЯ. ШЛЯХИ СКОРОЧЕННЯ ВИТРАТ ЧАСУ НА ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ

4.1. Основи технічного нормування

Нормою часу називають регламентовані витрати, необхідні для виконання даної операції в нормальних виробничих умовах.

Норма часу може бути встановлена розрахунковим, за укрупненими нормативами, статистичним чи дослідним методом.

Найбільш прогресивний метод – **розрахунковий**, тому що в ньому враховується передова технологія, сучасне устаткування, нормальні умови й організація праці робітників належної кваліфікації. Для розрахунку часу використовують відповідні формули. Наприклад, для токарних, різенарізних, свердлильних робіт, для зенкерування, розгортання і фрезерування:

$$t_{OT} = t_{МАШ} = \frac{Lk}{S} = \frac{Lk}{nS_{об}},$$

де S – хвилинна подача, мм/хв; n – частота обертання, хв⁻¹; $S_{об}$ – подача на один оборот шпинделя; L – довжина робочого ходу (рис. 4.1), яка визначається формулою

$$L = l_1 + L_D + l_2,$$

де l_1 – врізання інструмента, l_2 – вихід інструмента, L_D – довжина оброблюваної поверхні деталі.

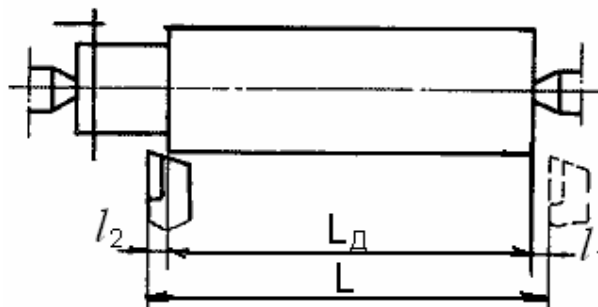


Рис. 4.1. Довжина робочого ходу інструмента

Розрахунковий метод є трудомістким, тому застосовують його в основному у масовому виробництві.

Якщо основний технологічний час є ручним $t_{OT} = t_{руч}$, то його визначають за нормативами, розробленими для різних робіт, наприклад, слюсарно-складальних.

Норма допоміжного часу звичайно пов'язана з виконанням

переходу вручну. Призначають витрати часу за нормативами. Нормативи розробляють за результатами хронометрування операцій (переходів), що виконують вручну.

У тих випадках, коли число однакових виробів, що мають виготовлятися, є незначним, користуються методом **укрупнених нормативів**, які створюються на базі розрахункового методу.

Для розроблення таких нормативів деталі розділяють на групи (втулки, кільця, зубчасті колеса і т.п.). Використовуючи розрахунковий метод, нормують операції технологічних процесів виготовлення окремих представників груп. За отриманими результатами будують графіки, на яких по осі ординат відкладають витрати часу на виконання операції, а по осі абсцис – один із характерних параметрів виготовленої деталі. За допомогою такого графіка можна установити норми часу на виконання операції виготовлення деталей проміжних розмірів. Якщо норма часу залежить від двох розмірів (рис. 4.2), то будують сім'ю кривих, що дозволяють урахувати залежність норми й від іншого розміру.

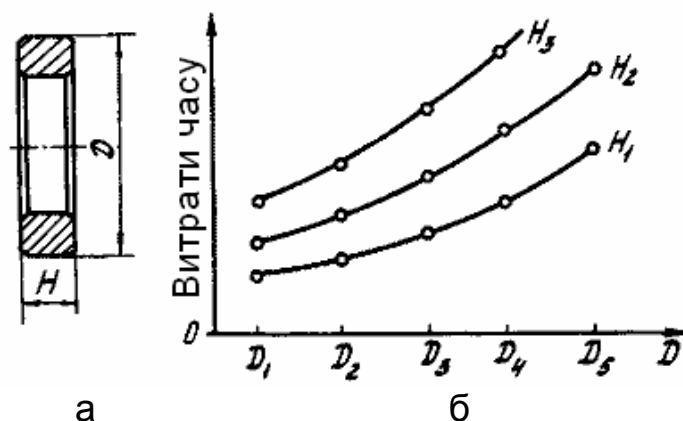


Рис. 4.2. Кільце (а) і залежність витрат часу на його виготовлення від діаметра D і товщини H (б)

При використанні **статистичного** методу норму часу встановлюють на підставі статистичних даних про витрати часу на виконання аналогічних операцій на верстатах однакового типорозміру.

Дослідний метод нормування полягає в тому, що нормування доручається працівнику, який має великий виробничий досвід і використовує його при призначенні норми часу.

Обидва останні методи враховують лише давні досягнення. Незважаючи на це, статистичний і дослідний методи нормування використовують у дрібносерійному й одиничному виробництвах, тому що вони вимагають малих витрат часу й витрат на нормування.

4.2. Шляхи скорочення витрат часу на виконання операції

Аналіз формул, на основі яких визначають штучно-калькуляційний час

$$t_{ШК} = t_{ПЗ}/n + t_{ШТ},$$

показує, що його можна зменшити шляхом або скорочення підготовчо-заключного $t_{ПЗ}$ і штучного часу $t_{ШТ}$, або збільшення обсягу партії виготовлених виробів n .

4.2.1. Шляхи скорочення підготовчо-заключного часу

Витрати часу на підготовку до роботи складаються з часу t_0 одержання й ознайомлення робітника із завданням, t_i одержання й установлення на верстаті інструментів і пристроїв (а після закінчення роботи їхнього знімання і здавання) і часу t_c настроювання технологічної системи у неробочому стані:

$$t_{ПЗ} = t_0 + t_i + t_c.$$

Скороченню витрат часу сприяє чіткість у постановці задачі, вичерпно і ясно написаний технологічний процес і креслення, що легко читається. Забезпечення цих вимог лягає на інженерно-технічний склад.

Своєчасне доставлення до робочого місця креслень, технологічної документації, керуючих програм, інструментів, пристроїв і заготовок залежить від досконалості організації виробництва.

Для зменшення витрат часу на установлення оснащення й інструмента на верстаті звичайно використовують методи взаємозамінності. Їхнє положення на верстаті досягається шляхом зіткнення поверхонь основних баз чи оснащення інструмента з виконавчими поверхнями верстата і наступного закріплення.

Значна частина підготовчо-заключного часу припадає на статичне настроювання технологічної системи. Використання різних регулювальних пристроїв, що дозволяють швидко і з достатньою точністю надати необхідного положення відносно робочих органів верстата, істотно полегшує задачу статичного настроювання.

З метою прискорення процесу настроювання технологічної системи широко використовують змінні різцеутримувачі, револьверні головки й змінні інструментальні магазини із заздалегідь набудованим інструментом.

4.2.2. Шляхи скорочення штучного часу

З аналізу формули штучного часу $t_{ШТ}$ випливає, що він може скорочуватися головним чином за рахунок оперативного часу:

$$t_{ОП} = t_{ОТ} + t_B,$$

оскільки частка інших доданків у штучному часі є незначною. Скорочення $t_{оп}$ можливо шляхом або зменшення $t_{от}$ і $t_{в}$, або повним чи частковим суміщенням у часі переходів в операції.

На шляхи скорочення основного технологічного часу, якщо він є машинним, вказує формула, що відповідає методу оброблення деталі, наприклад при гострінні:

$$t_M = \frac{(l_1 + L_D + l_2)}{nS_{об}} k.$$

Скорочення машинного часу може бути досягнуто за допомогою зменшення шляху відносного руху з робочою подачею інструмента й заготовки, скорочення числа робочих ходів k , підвищення режимів оброблення, сполучення в часі основних переходів.

Найбільший ефект у зменшенні шляху робочого ходу інструмента виходить при розподілі довжини оброблюваної заготовки між декількома різальними інструментами. Наприклад, оброблення поверхні вала двома різцями (рис. 4.3) приводить до скорочення t_M майже вдвічі в порівнянні з обробленням одним різцем.

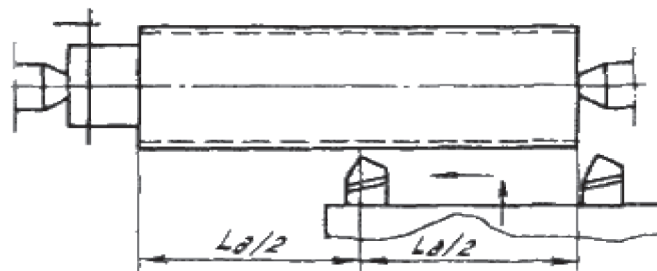


Рис. 4.3. Оброблення поверхні двома різцями

Скорочення шляху відносного руху інструмента й заготовки може також здійснюватися за рахунок довжин на вхід і вихід різального інструмента. На рис. 4.4, а показано зменшення l_1 завдяки збільшенню діаметра фрези, а на рис. 4.4, б – за рахунок сполучення осі фрези з площиною симетрії заготовки. В обох випадках $l_1'' < l_1'$.

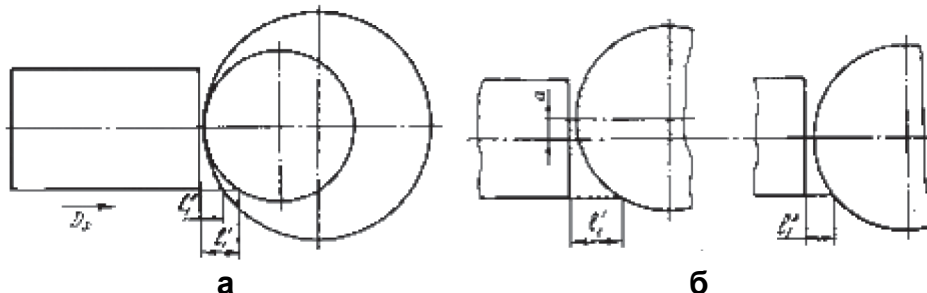


Рис. 4.4. Способи зменшення "недобігу" інструмента

Зменшенню довжин на вхід і вихід різального інструмента сприяє підвищення точності роботи механізмів включення робочої подачі, точності розмірів заготовки в напрямку робочої подачі, точності її базування.

Число робочих ходів k залежить від припуску на оброблення, потужності верстата і вимог до точності одержуваних розмірів. Досягти скорочення числа робочих ходів можна наближенням розмірів і форми заготовок до форми готової деталі. Використання пристроїв адаптивного керування пружними переміщеннями в технологічних системах також викликає скорочення k . Стабілізація сили різання при обробленні приводить не тільки до зниження k , але і до підвищення точності розмірів, що витримуються. Підвищення ж точності заготовки на попередніх операціях дозволяє скоротити k на наступних операціях.

Одним з ефективних методів зменшення машинного часу є підвищення режимів різання. Вибір режимів різання тісно пов'язаний з необхідною точністю деталі, якістю поверхневих шарів матеріалу й стійкістю різального інструмента.

Подача лімітується силою, що допускається при обробленні різанням, від значення якої залежать пружні переміщення в технологічній системі і якість поверхневого шару оброблюваної заготовки. Швидкість різання лімітується розмірною стійкістю різального інструмента і кількістю теплоти, що утворилася в процесі різання. Це деформує технологічну систему і впливає також на якість поверхневого шару.

Значне скорочення машинного часу при виконанні операції дає сполучення в часі основних переходів, наприклад, при обробленні поверхонь різних діаметрів заготовки блока зубчастих коліс на багаторізцевому верстаті 12 інструментами (рис. 4.5).

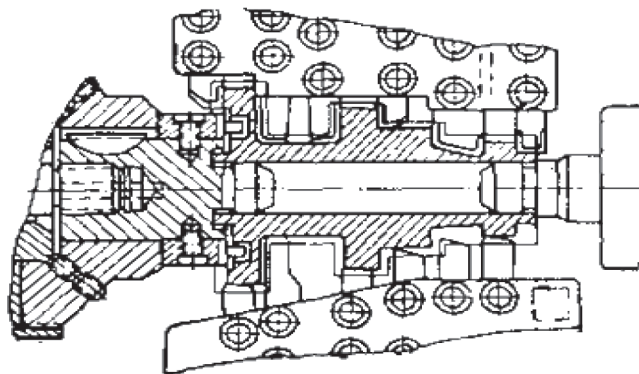


Рис. 4.5. Суміщення в часі основних переходів при багаторізцевому обробленні блока зубчастих коліс

Машинний час у цьому випадку дорівнює машинному часу найбільш тривалого основного переходу

$$t_M = t_O^{H_0},$$

де t_O – витрати часу на виконання i -го основного переходу.

Скорочення основного технологічного часу, якщо він є ручним, може бути досягнуто механізацією ручної праці.

Частка допоміжного часу в оперативному часі може бути значною, а в ряді випадків і перевершувати його. Підвищення режимів оброблення, застосування нових видів інструментів, оснащених твердими й надтвердими матеріалами, упровадження більш швидкохідного устаткування сприяє росту частки допоміжного часу. Тому в багатьох випадках скорочення допоміжного часу є вирішальним чинником у підвищенні продуктивності праці.

Допоміжний час можна скоротити двома шляхами: безпосереднім скороченням часу, що витрачається на виконання допоміжних переходів, і суміщенням виконання допоміжних переходів з основними.

Безпосереднє скорочення t_B можливо шляхом зменшення витрат часу на заміну обробленої заготовки; збільшення швидкості холостих переміщень; зменшення витрат часу на керування устаткуванням і пристроями; зменшення часу, що витрачається на контроль за ходом технологічного процесу.

Установлення з необхідною точністю заготовок забирає багато часу (для великогабаритних деталей іноді – 8...10 годин). Застосування спеціальних, універсальних верстатів, оснащених швидкодіючими пневматичними, гідравлічними, електромеханічними затискачами, забезпечує базування за правилом шести точок з меншими витратами часу.

Для зменшення витрат часу на допоміжні переміщення всі сучасні верстати оснащують механізмами прискорених переміщень робочих органів й автоматичних пристроїв, що забезпечують перехід до робочої подачі.

Час, що витрачається на керування верстатом й оснащенням, скорочують у результаті концентрації керування в одному місці, а на важких верстатах пульти дублюють, що дозволяє керувати верстатом із різних точок робочого місця.

Оснащення сучасних верстатів вимірювальними пристроями, пристроями цифрової індикації, діагностика стану верстата й інструментів дозволяють скоротити витрати часу на контроль за ходом технологічного процесу.

До зменшення оперативного часу приводить повне чи часткове суміщення допоміжних переходів з виконанням основних. Прикладом такого сполучення може служити установлення чергової заготовки наприкінці поворотного стола фрезерного верстата в той час, як на іншому його кінці йде оброблення попередньої заготовки (рис. 4.6, а). Після закінчення оброблення стіл повертається на 180° , починається

оброблення чергової заготовки, а на вільному кінці стола оброблену заготовку замінюють новою. Сполучення часу установа заготовки з її обробленням може бути отримано і при "маятниковому" обробленні (рис. 4.6, б).

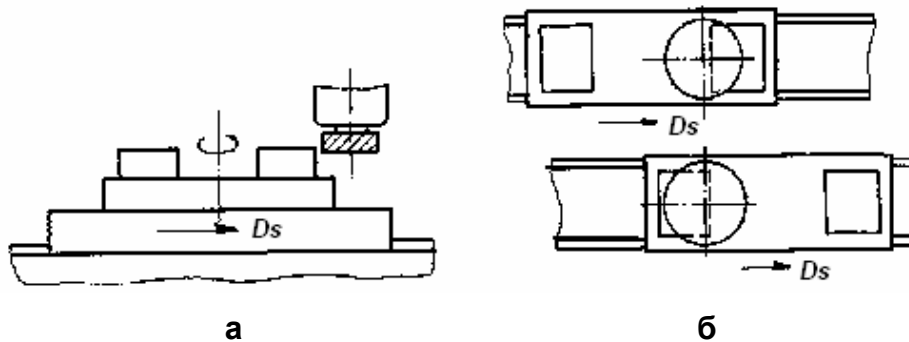


Рис. 4.6. Оброблення на двопозиційному верстаті (а) і "маятникове" оброблення (б)

4.3. Структура часових зв'язків в операціях технологічного процесу

Структури оперативного часу можуть відрізнятися залежно від способів виконання основних переходів, ступеня суміщення виконання основних і допоміжних переходів; числа потоків, що дублюють виконання однакових переходів при виготовленні однойменних виробів.

При здійсненні операції основні переходи можуть бути виконані трьома способами: послідовно; паралельно-послідовно і паралельно (рис. 4.7).

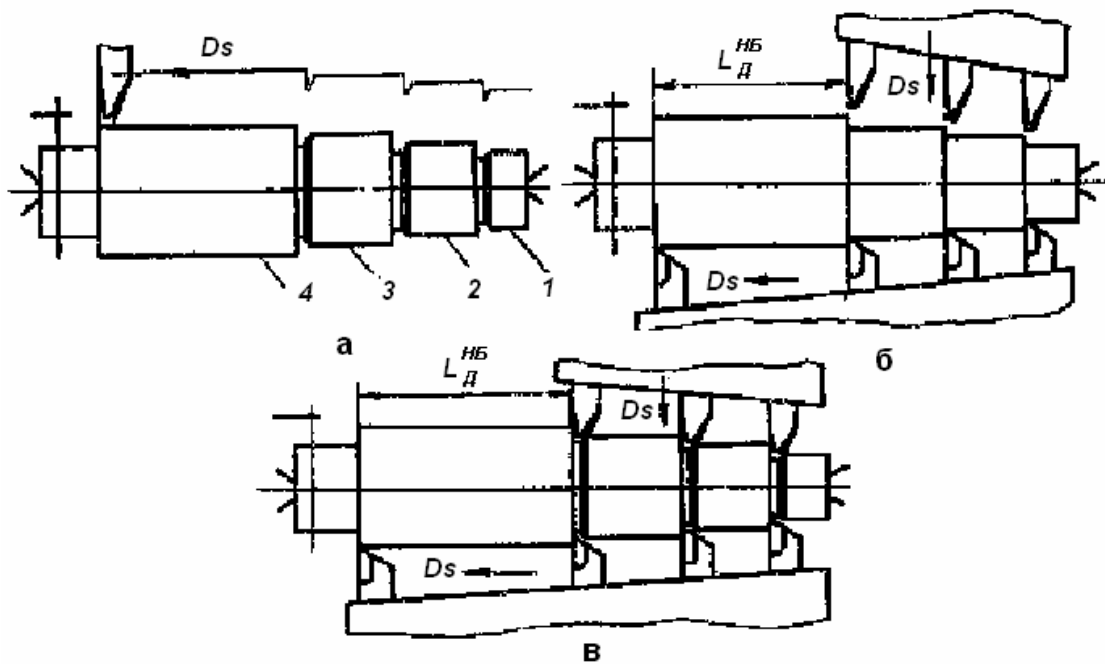


Рис. 4.7. Оброблення заготовки вала різними способами

При **паралельно-послідовному** обробленні група інструментів одночасно обробляє одні поверхні заготовки, а потім група цих же (чи інших) інструментів обробляє інші (чи ті ж) поверхні тієї ж заготовки (рис. 4.7, б). Час, витрачений на дві групи основних переходів, складає суму часу виконання найбільш тривалих переходів у кожній із груп основних переходів:

$$t_{OT} = \sum_{i=1}^r t_O^{H\bar{b}},$$

де r – число груп основних переходів.

Паралельний спосіб оброблення характеризується одночасністю оброблення поверхні заготовки багатьма інструментами. Тому основний технологічний час дорівнює найбільшому часу оброблення однієї чи декількох поверхонь, рівноцінних за витратами часу (рис. 4.7, в-д):

$$t_{OT} = t_O^{H\bar{b}}.$$

Усі три способи виконання основних переходів можна вести як при одномісному (рис. 4.7), так і при багатомісному обробленні (рис. 4.8).

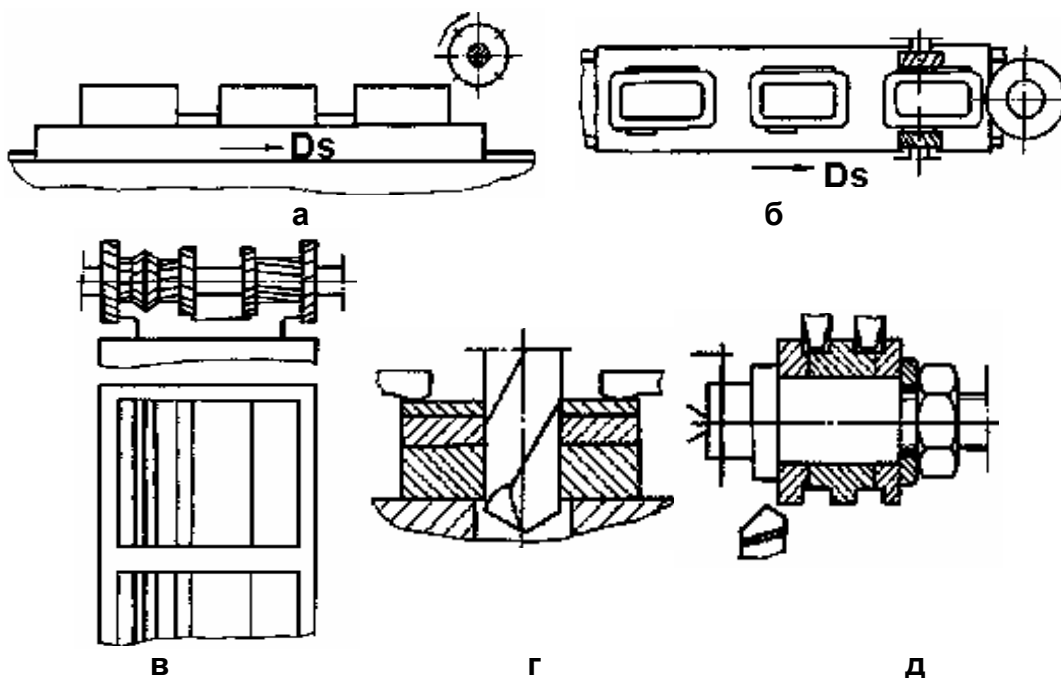


Рис. 4.8. Три способи здійснення основних переходів при багатомісному обробленні

Оперативний час, що припадає при багатомісному обробленні на одну заготовку, дорівнює оперативному часу t_{OP}^n оброблення n заготовок, віднесеному до числа n :

$$t_{OP} = t_{OP}^n / n.$$

4.4. Умови праці та її продуктивність

Продуктивність праці кожного працівника значною мірою залежить від його інтересу до виконуваної роботи й умов праці. Роботу, що захоплює, здійснюють швидше, і людина при цьому втомлюється менше, тому дуже важливо, щоб працівник, який одержує завдання, розумів мету й значення майбутньої роботи і був зацікавлений у ній. Стотлююча праця, що зводиться до чисто механічних одноманітних дій, часто буває в потоковому виробництві, тому що вона притупляє свідомість і увагу людини й може призвести до травм. З огляду на це на заводах масового виробництва час від часу переставляють робітників з одних операцій на інші.

Умови, у яких людині доводиться трудитися, істотно впливають на стомлюваність, а отже, і на продуктивність праці. Зручне положення працюючого на робочому місці, простота і зручність керування процесом, чистота, свіже повітря, нормальна температура повітря й освітленість приміщення, відсутність зайвого шуму, чітка організація виробництва, зручний одяг, доброзичливі відносини в колективі безпосередньо відбиваються на продуктивності праці.

Соціологічні дослідження, проведені на одному з київських верстатобудівних заводів, показали, що найбільшого рівня продуктивність праці досягає через 45 хв після початку зміни, знижується за 15 хв до обіду, знову досягає максимуму через 15 хв після обіду і поступово падає за одну годину до кінця зміни (рис. 4.9). Тими ж дослідженнями було встановлено, що поганий настрій робітника призводить до зниження продуктивності його праці на 9...18 %.

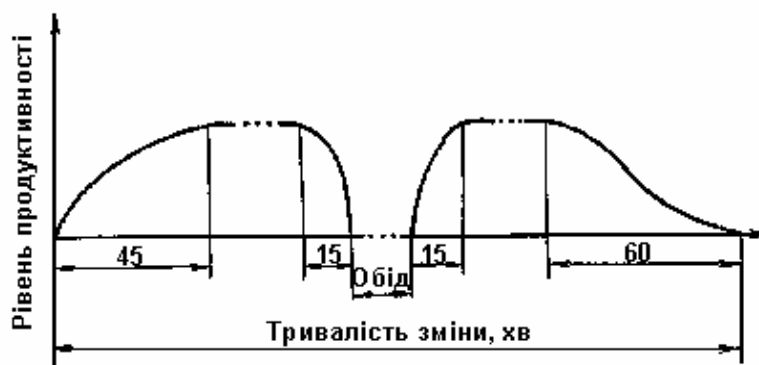


Рис. 4.9. Зміна рівня продуктивності праці протягом зміни

Турбота про людину має бути в основі розроблення технологічних процесів, конструкцій устаткування й технологічного оснащення, планування устаткування, організації виробництва й робочих місць, культурного і побутового обслуговування працюючих.

5. ЕКОНОМІЧНІ ЗВ'ЯЗКИ У ВИРОБНИЧОМУ ПРОЦЕСІ

Виробничий процес виготовлення машини вимагає витрат живої й цілеспрямованої праці. Оскільки ресурси людської праці являють собою найвищу цінність для людського суспільства, то їхня раціональна витрата визначає рівень добробуту всіх членів суспільства. У процесі виробництва продукції економію витрат праці дає ресурсозберігаюча технологія.

Зв'язок між витратами обох видів праці та їхньої суми відбиває формула собівартості одиниці продукції

$$C = \sum_{i=1}^p M + \sum_{i=1}^m \left[O + \Pi + I + \left(1 + \frac{a_1 + a_2}{100} \right) Z \right].$$

Зниження собівартості машини (ЗО, деталей) може бути досягнуто шляхом зменшення значень усіх її доданків.

5.1. Скорочення витрат на матеріали

Витрати на матеріали визначаються формулою

$$M = \sum_{i=1}^p G_1 q_1 - \sum_{i=1}^p G_2 q_2,$$

де G_1 – маса матеріалу кожної марки, що витрачається на виготовлення машини, кг; q_1 – вартість 1 кг матеріалу належної марки, грн; G_2 – маса відходів матеріалів, кг; q_2 – вартість 1 кг відходів, грн; p – число марок матеріалів, що витрачаються на виготовлення машини.

Аналіз формули показує, що можливими є такі шляхи скорочення витрат на матеріали: скорочення маси матеріалів, що витрачаються на виготовлення машини; використання, по можливості, більш дешевих матеріалів; одержання відходів матеріалів у вигляді, придатному для наступного використання.

Витрата матеріалу при виготовленні машини визначається матеріаломісткістю (металомісткістю) її конструкції та масою відходів, що утворюються в процесі виготовлення.

Металомісткість конструкції машини цілком залежить від конструктора. Недостатнє знання властивостей матеріалів, наближені методи розрахунку, навмисне завищення запасів міцності, непродумане конструктивне оформлення деталей призводять до зайвої витрати матеріалів. Як приклад на рис. 5.1 показані дві конструкції корпусу редуктора; друга з них (рис. 5.1, б) є менш металомісткою.

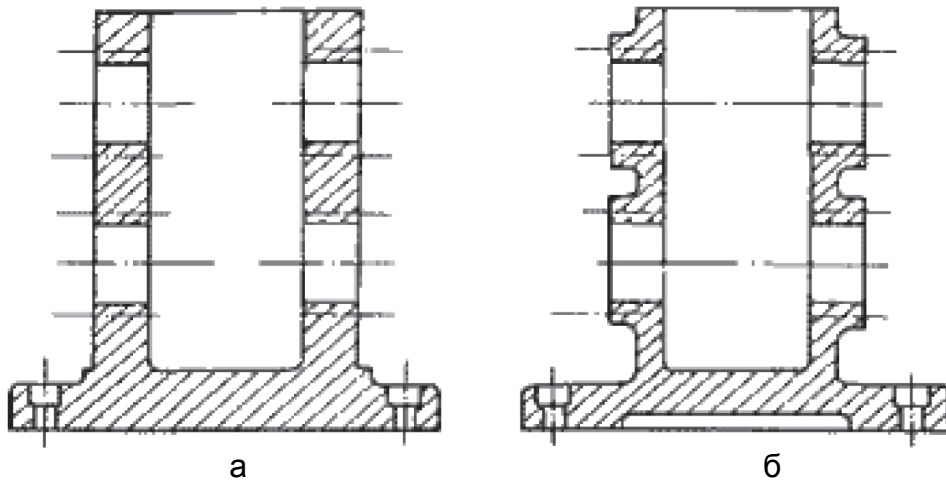


Рис. 5.1. Два варіанти конструкції корпусної деталі

5.1.1. Скорочення різного роду відходів і втрат металу в процесі виготовлення машини

Про раціональність використання матеріалів свідчить коефіцієнт η_M використання матеріалу, що являє собою відношення маси $G_{вир}$ готового виробу до маси $G_{мат}$ матеріалу, витраченого на його виготовлення:

$$\eta_M = G_{вир} / G_{мат} \cdot$$

Значна кількість відходів і втрат металу виникає при одержанні заготовок деталей у вигляді чаду, що з'являється при плавленні металу, виплесків, залишків у плавильних агрегатах, окалини, задирок, облою, обрізків, дефектів заготовок.

При механічному обробленні велику частку відходів складає стружка, обрізки прокату, з якого одержують заготовки, обрізки при розкрої листового матеріалу і забраковані деталі.

Скорочення втрат і відходів заощаджує не тільки матеріали, дозволяючи збільшити випуск виробів, але і витрати обох видів праці як на даній, так і на всіх попередніх стадіях виробництва.

Утрати матеріалу скорочуються зі зменшенням числа стадій, що проходить предмет оброблення до його перетворення у виріб. Ідеальним було б безпосереднє перетворення предмета оброблення в придатний виріб. Наприклад, безпосереднє одержання болтів із круглого прутка на холодновисаджувальних автоматах з накатуванням різьблення знизило відхід металу при виготовленні болтів М10 (рис. 5.2) у 2,4 раза в порівнянні з виготовленням тих же болтів із шестигранного прутка на токарному автоматі.

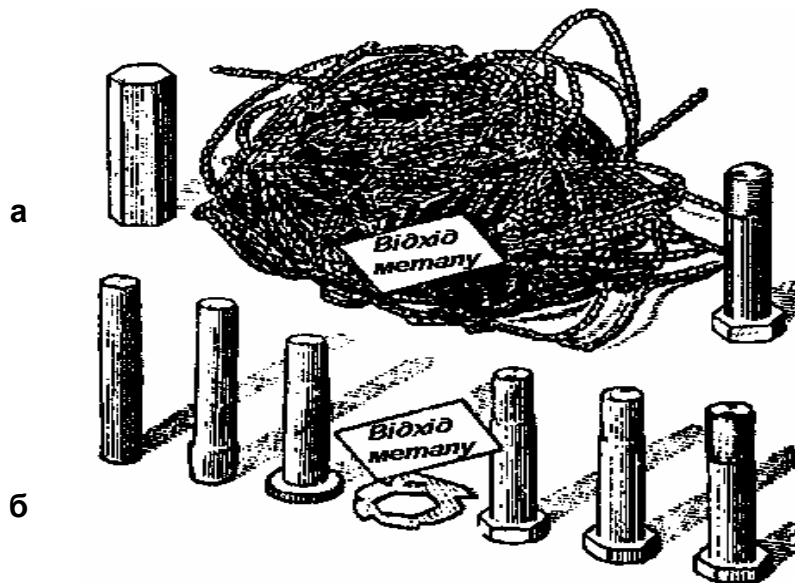


Рис. 5.2. Відходи металу при виготовленні болта на токарному автоматі (а) і методом холодного висадження з наступним накатуванням різьблення (б)

Якщо одержати готову деталь безпосередньо з напівфабрикатів не вдається, найбільший ефект дає максимальне наближення форм і розмірів заготовки до готової деталі. Прикладом може служити зіставлення мас заготовок колінчастого вала, одна з яких, отримана вільним куванням (рис. 5.3, а), має масу 163 кг, а інша, отримана штампуванням у закритих штампах (рис. 5.3, б), має масу 87 кг. Трудомісткість механічного оброблення заготовки при однаковому обсязі випуску і на тому же устаткуванні в першому випадку становить 40,6, а в другому – 19 нормо-годин, тобто скорочується на 59 %.

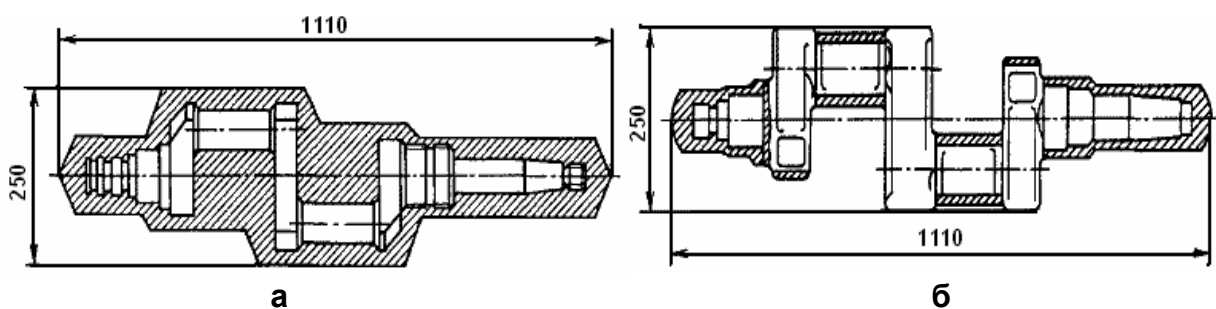


Рис. 5.3. Заготовки колінчастого вала

Велику економію матеріалу і зниження трудомісткості механічного оброблення забезпечують перехід до використання точних виливків, зварених заготовок і впровадження раціонального розкрою листів.

5.1.2. Використання найбільш дешевих матеріалів

Вибору найбільш дешевих матеріалів при конструюванні деталей сприяє точність формулювання їхнього службового призначення й умов, у яких треба працювати.

Економію дорогих металів дає конструкція деталі, окремі частини якої зроблені з різних матеріалів. Наприклад, стикове зварювання дозволяє зробити стрижень клапана зі сталі 40Х, а головку клапана – зі сталі 40Х10С2М (рис. 5.4). Ті ж результати забезпечує застосування біметалів – двошарових матеріалів (сталь-бронза, сталь-алюмінієві сплави й ін.). З біметалевих матеріалів виготовляють втулки, що служать опорами валів, вкладиші підшипників автомобільних і тракторних двигунів та інших деталей.

Широкі можливості в економії металів створює поява нових неметалевих матеріалів з високими механічними властивостями. Наприклад, синтегран – матеріал, що одержується із крихти граніту і сполучної суміші. Маючи високу міцність, синтегран не дає усадки, добре гасить вібрації, легко схоплюється з металом. Його можна використовувати для виготовлення корпусних деталей, валів, маточин зубчастих коліс, стрижнів інструментів та інших деталей.

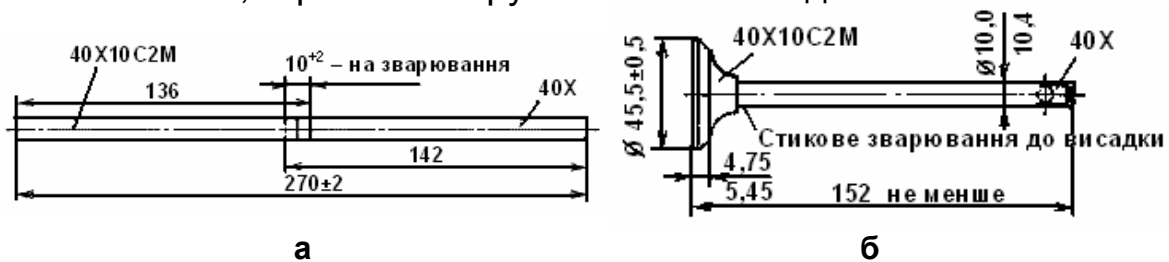


Рис. 5.4. Заготовка клапана (а) і готова деталь (б) із різних матеріалів

Відходи металу, що одержуються при виготовленні деталей, можуть мати різну вартість залежно від можливостей їхнього подальшого використання.

Відходи у вигляді стружки, обрізків, облоєв, брухту й ін., непридатні для машинобудівного підприємства, є цінною сировиною для металургійних підприємств.

Якщо відходи можуть бути використані для одержання повноцінних заготовок інших деталей, їхня вартість або не відрізняється від первісної вартості матеріалу, або є близькою до неї. Прикладом повноцінного використання відходів може служити одержання чотирьох заготовок кілець і стрижня різця з відходів, що утворюються при виготовленні кожної попередньої заготовки (рис. 5.5).

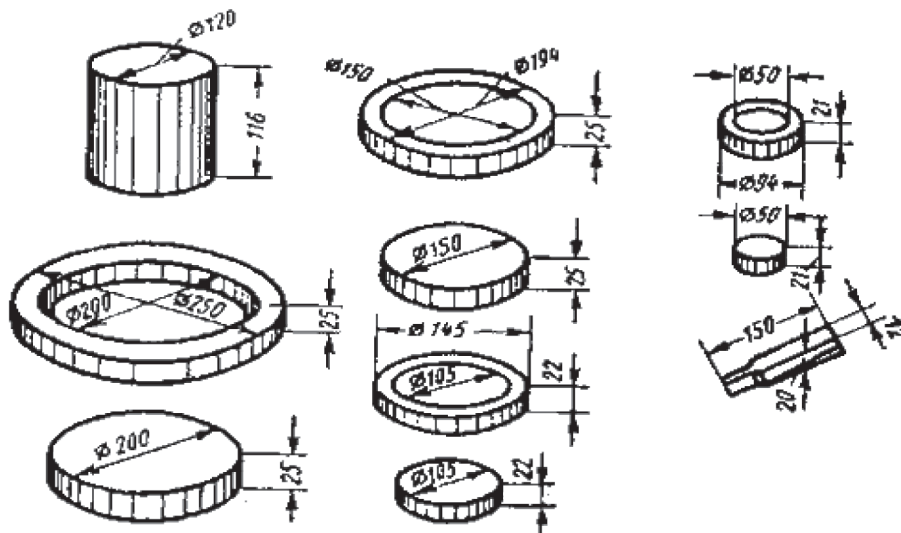


Рис. 5.5. Приклад повноцінного використання відходів

5.2. Скорочення витрат на заробітну плату

Витрати на заробітну плату основних виробничих робітників

$$З = \sum_{i=1}^m \frac{sz t}{f \cdot 60},$$

де s – годинна ставка робочого першого розряду, що встановлюється на визначений період часу колективним договором, грн; z – розрядний коефіцієнт роботи, зумовлений за кваліфікаційним довідником; t – час, що витрачається на виконання операції (штучно-калькуляційний час), хв; f – число верстатів чи робочих місць, що обслуговуються одним робітником; m – число операцій, необхідних для виготовлення одиниці продукції.

Витрати на заробітну плату наладників розраховують так само, як і витрати на заробітну плату основних робітників, але при своїх значеннях s , z , f і t .

Витрати на заробітну плату виробничих робітників і наладників можуть скорочуватися шляхом зменшення числа операцій, необхідних для виготовлення виробу, зниження кваліфікації роботи шляхом її спрощення, скорочення часу, що витрачається на виконання операції, збільшення числа одиниць устаткування, яке обслуговується робітником і наладником. Упровадження обслуговування одним робітником декількох одиниць устаткування вимагає комплексного вирішення декількох технологічних й організаційних питань. Завантаження устаткування і робітника наочно можна уявити за допомогою циклограми (рис. 5.6).

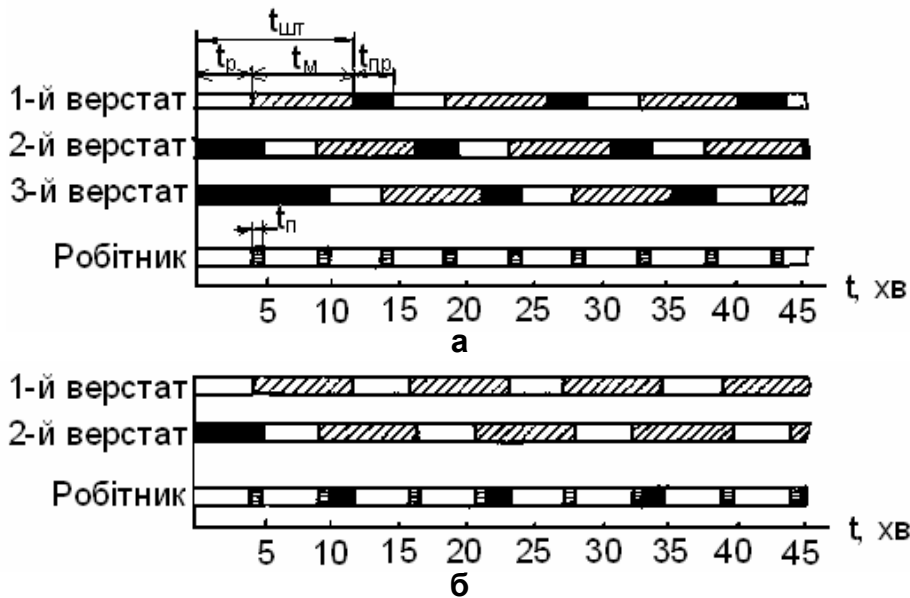


Рис. 5.5. Циклограма багатOVERSTATного обслуговування: – час роботи робітника; – втрати часу (простої); – час переходу робітника від верстата до верстата; – машинний час

Скорочення часу на переходи від одного верстата до іншого забезпечується грамотним розміщенням устаткування (рис. 5.6).

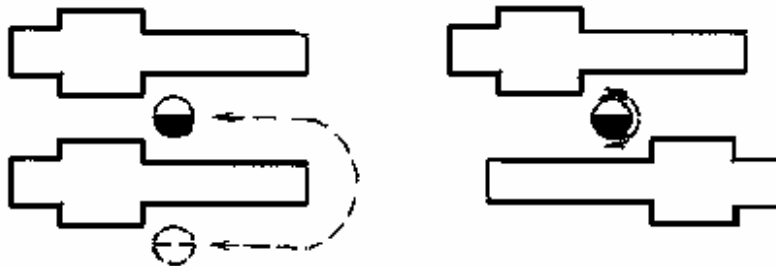


Рис. 5.6. Розміщення устаткування при багатOVERSTATному обслуговуванні

Число операцій і кваліфікація роботи визначаються складністю конструкції виробу і побудовою технологічного процесу. Витрати часу на виконання операції залежать від значень величин, що складають штучно-калькуляційний час, та її структури. Шляхи скорочення витрат часу на виконання операції були розглянуті раніше.

5.3. Скорочення витрат на утримування, амортизацію і експлуатацію засобів праці

Засоби праці на підприємстві мають знаходитися в робочому стані. Для цього їх потрібно містити в належних умовах і вчасно ремонтувати.

Засоби праці поступово зношуються у фізичному й моральному значенні, у результаті чого їхнє використання стає або неможливим, або економічно не вигідним. Засоби, необхідні для заміни устаткування і пристосувань, що зносились чи морально застаріли, новими, накопичують за визначений період у вигляді амортизаційних відрахувань, що входять у собівартість одиниці продукції.

Для приведення засобів праці в дію витрачаються електроенергія, стиснене повітря, паливо, охолодження, мастильні матеріали та інші витрати на експлуатацію засобів праці й витрати на амортизацію частини будинку, що відноситься до них, так само включаються в собівартість одиниці продукції.

Основними шляхами скорочення витрат на утримування, амортизацію й експлуатацію засобів праці є такі:

- дбайливе відношення до засобів праці (дотримання умов експлуатації; захист від впливу шкідливих чинників, що прискорюють зношування устаткування і пристроїв; ретельний догляд; систематичний контроль стану, своєчасне технічне обслуговування й ремонт);

- придбання устаткування, пристроїв й інструментів, вартість яких відповідає виглядом, обсягом і тривалістю випуску виробленої продукції;

- підвищення коефіцієнта використання устаткування, особливо дорогого;

- зниження витрат на силову електроенергію шляхом застосування устаткування, потужність електродвигунів якого відповідає виконуваний роботі. Економія електроенергії, що витрачається на нагрівання, зварювання, оброблення заготовок, а так само витрат на пар, газ, стиснене повітря й інші енергоносії;

- економічно доцільне придбання й використання інструментів;

- експлуатація різальних інструментів із режимами, що відповідають їхній економічній стійкості, своєчасне виведення з роботи інструмента, що затупився, зниження вартості переточування; раціональне використання обсягу частини будинку, що відноситься до виготовлення даного виробу і використовується для розміщення устаткування, стелажів, заділів і т. ін.

5.4. Скорочення накладних витрат

До накладних витрат відносяться витрати на заробітну плату інженерно-технічних працівників, лічильно-конторського персоналу, що обслуговує персонал, допоміжних робітників, якщо вони не закріплені за визначеними робочими місцями; витрати на утримування транспорту; витрати на охорону праці й техніку безпеки; витрати на господарський інвентар; канцелярські витрати і т. ін.

Скорочення накладних витрат може здійснюватися шляхом зменшення значень усіх доданків, які складають накладні витрати: спрощення управлінського апарату, зменшення браку й втрат і т.д.

6. ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ ВИРОБУ. ВИБІР НАЙБІЛЬШ ЕКОНОМІЧНОГО ВАРІАНТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

6.1. Технологічність конструкції виробу

Конструкцію машини чи деталі прийнято називати технологічною, якщо вона дозволяє повною мірою використовувати для виготовлення найбільш економічний технологічний процес, що забезпечує її якість при належному кількісному випуску.

Будучи одним із властивостей конструкції, технологічність дає можливість знизити трудомісткість виготовлення виробу і його собівартість. Досвід машинобудування показує, що шляхом підвищення технологічності конструкції машини можна одержати додатково скорочення трудомісткості її виготовлення на 15...25 % і зниження собівартості на 5...6 %. Наприклад, вартість оброблення отвору діаметром 8 мм на глибину понад дев'яносто його діаметрів у кілька разів перевищила б вартість всіх інших операцій виготовлення корпусу циліндра, показаного на рис. 6.1.

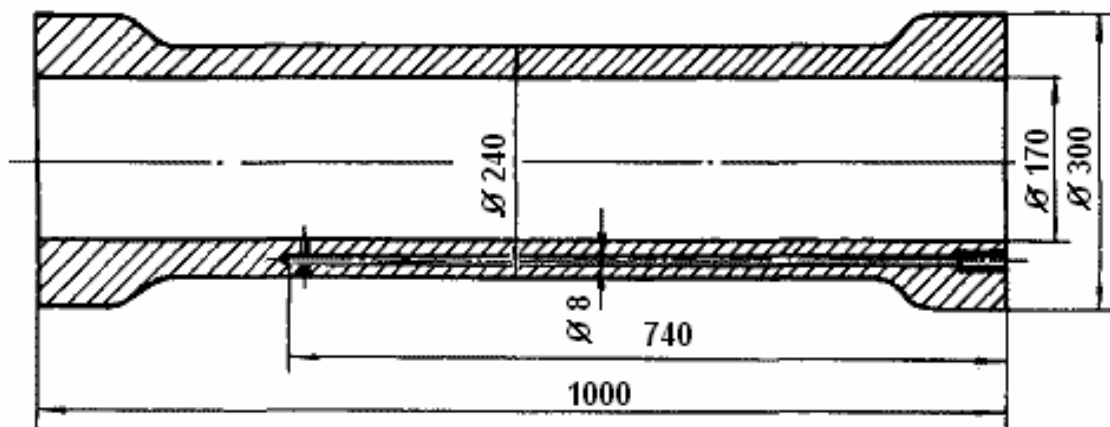


Рис. 6.1. Приклад нетехнологічної конструкції корпусу гідравлічного циліндра

Через специфіку конструкцій і умов виробництва неможливо дати всеосяжні рекомендації з приводу того, яку конструкцію виробу вважати технологічною чи нетехнологічною, тому обмежимося декількома прикладами, що пояснюють лише значення цих уявлень.

На рис. 6.2 з лівого боку розташовані приклади нетехнологічного оформлення конструкцій деталей та їхніх елементів, із правого боку – ті ж конструкції, але більш технологічні.

Технологічна конструкція

Нетехнологічна конструкція

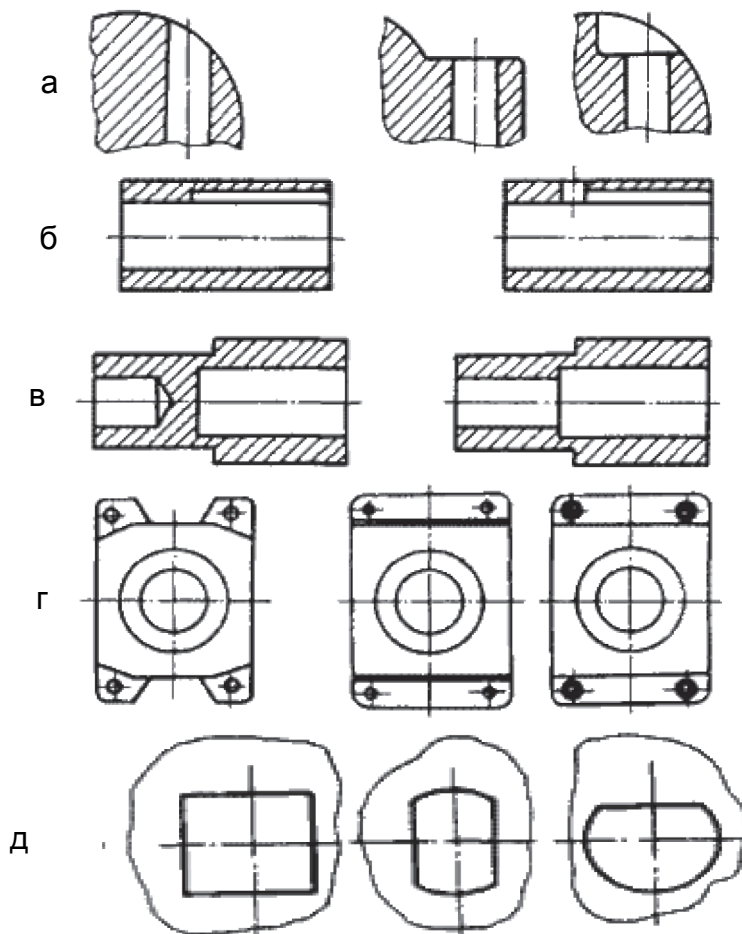


Рис. 6.2. Приклади нетехнологічної й технологічної конструкцій деталей

Оброблення отвору з боку похилої і криволінійної поверхні (рис. 6.2, а) утруднене тим, що при врізанні свердло буде сковзати і може зламатися. Без канавки для виходу шліфувального круга (рис. 6.2, б) перехід від циліндричної до плоскої поверхні буде з заокругленням. Довбати шпонковий паз у втулці до упора (рис. 6.2, в) неможливо; необхідно мати отвір (кільцеве виточення) для виходу різця. Оброблення наскрізного східчастого отвору простіше, ніж оброблення двох отворів із протилежних боків втулки (рис. 6.2, г).

Розміщення кріпильних отворів у корпусі на суцільній полиці (рис. 6.2, д), а не на лапках дозволяє обробляти поверхню полиці на прохід і користуватися перевагами багатомісного оброблення. Якщо отвір доповнити цеківками, то необхідність в обробленні полиці відпадає. Фасонні отвори (рис. 6.2, д) можуть бути оброблені тільки протяганням і вирубуванням у листовому матеріалі, що економічно лише при великому обсязі випуску виробів.

Задачі створення технологічних конструкцій машин та їхніх деталей необхідно розглядати комплексно. Наприклад, для валів найбільш технологічною є безступінчаста циліндрична поверхня. Однак така конструкція вала ускладнила б конструкцію складальної одиниці через ускладнення конструкції деталей, що сполучаються з валом, і введення додаткових деталей.

Технологічність конструкції чи машини деталі тісно пов'язана з їхнім кількісним випуском. Пояснюється це тим, що при різних обсягах випуску виробів в одиницю часу і за незмінними кресленнями використовують устаткування й технологічне оснащення різної продуктивності й з різними первісними витратами. Наприклад, конструкція осі (рис. 6.3), технологічна при її виготовленні в багатомісному пристрої на горизонтально-фрезерному верстаті (рис. 6.3, а), при збільшенні обсягу випуску стає нетехнологічною.

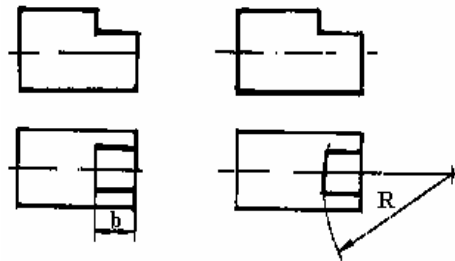


Рис. 6.3. Технологічні конструкції осі

Зрослий обсяг випуску привів до використання карусельного типу устаткування, що потребувало зміни одного з конструктивних елементів осі (рис. 6.3, б) – уведення криволінійної поверхні визначеного радіуса. Бувають випадки, коли з поняттям про технологічність ототожнюється поняття про економічність конструкції. Оскільки джерела економії витрат є різними, то змішувати ці поняття неприпустимо. Більш технологічна конструкція може виявитися не-економічною. Так, на рис. 6.4 показані дві конструкції підшипника ковзання.

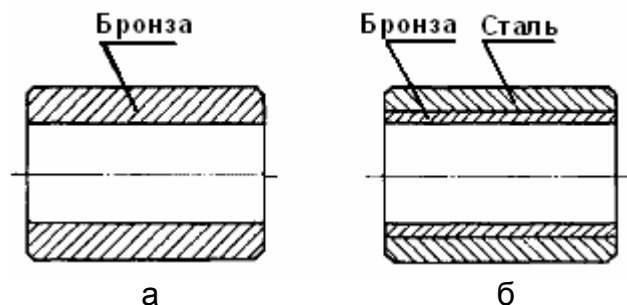


Рис. 6.4. Технологічна (а) і економічна (б), але менш технологічна конструкція підшипника ковзання

Перша з них буде більш технологічною через простоту конструкції, а отже, і більш економічного технологічного процесу виготовлення. Технологічний процес виготовлення другої втулки є більш складним і дорогим. Однак те, що втулка першої конструкції цілком виготовляється з дорогої бронзи, а другої – має лише бронзовий вкладиш у сталевому корпусі, робить конструкцію останньої більш економічною.

Поняття про технологічність конструкції поширюється на технологічні процеси не тільки виготовлення, але і технічного обслуговування та ремонту машини.

6.2. Уніфікація конструкцій машин

Під **уніфікацією машин** розуміють використання в різних машинах тих самих складальних одиниць і деталей. Уніфікація дозволяє збільшити обсяг випуску уніфікованих виробів й організувати для їхнього виготовлення спеціальні цехи і заводи із застосуванням передової технології й організації виробництва. Випуск у великих обсягах однакових виробів на спеціалізованих заводах відкриває можливість використання більш дорогого, але більш продуктивного устаткування, інструмента й технологічного оснащення, що сприяють зниженню трудомісткості виготовлення виробів. Широко відомими уніфікованими виробами є хитні підшипники, електродвигуни, деталі й вузли автомобілів і т.д. Наприклад, Горьківський автомобільний завод використовував у вантажних автомобілях ГАЗ-51А – 55 %, ГАЗ-52-03 – 71 %, ГАЗ-53 – 62,3 %, ГАЗ-66 – 42,5 % уніфікованих деталей.

Уніфікація виробів приводить до істотних економічних вигод, що одержуються у результаті збільшення обсягів їхнього випуску. Установлено, що зниження собівартості виробів при переході від дрібносерійного їхнього виробництва до масового досягає 75 % і більше.

6.3. Типізація технологічних процесів

Під типізацією технологічних процесів розуміють розроблення технологічних процесів на виготовлення типових деталей, складальних одиниць (СО) і машин у цілому, що відбивають найбільш передовий досвід і досягнення промисловості, науки і техніки.

Машини чи деталі поділяють на класи. Класом називають сукупність виробів (машин, СО чи деталей), що мають близькі службові призначення.

Подібність службового призначення виробів породжує подібність вимог, яким має відповідати машина, СО чи деталь, близькість конструктивних форм, розмірів та інших якісних показників.

У кожному класі машин, СО і деталей вибирають типову машину, СО чи деталь. Типовою називають деталь (машину, СО), що найповніше має службове призначення даного класу. Типова деталь (машина, СО) має охоплювати всі конструктивні елементи, властиві даному класу деталей, відрізнятися найбільшими вимогами до точності розмірів, виготовлятися з матеріалу, що відповідає службовому призначенню деталей даного класу. У випадку, якщо жодна деталь даного класу не задовольняє повною мірою зазначені вимоги, то розробляють конструкцію деталі-представника, що враховує особливості всіх деталей, які складають клас.

При розробленні технології виготовлення конкретної деталі з технологічного процесу типової деталі вибирають операції й переходи, що стосуються її конструкції, указують числові значення її розмірів і вимог до точності. Порядок же оброблення заготовок залишається загальним для всіх деталей, включених у клас.

Розроблення типових технологічних процесів ведуть з урахуванням типу виробництва. Для різних обсягів випуску виробів будуть свої типові технологічні процеси, орієнтовані на застосування найбільш продуктивного устаткування й технологічного оснащення, економічних для даного типу виробництва.

Типові технологічні процеси сприяють такому:

- полегшенню праці технологів і скороченню витрат часу на розроблення технології виготовлення нових виробів;
- скороченню циклів підготовки виробництва нових виробів;
- впровадженню у виробництво найбільш передового досвіду й досягнень науки і техніки;
- виявленню потреб у нових видах устаткування й технологічного оснащення;
- відпрацьовуванню технологічності конструкції машини, СО та деталей.

6.4. Метод групового оброблення заготовок деталей

У масовому і великосерійному виробництві збільшення

продуктивності процесів виготовлення деталей досягається головним чином шляхом застосування високопродуктивного спеціального устаткування й технологічного оснащення.

У дрібносерійному й одиничному виробництві, де обсяги партій виготовлених деталей є звичайно невеликими, обходяться в основному універсальними засобами виробництва. Спеціальні пристрої й інструмент застосовують лише у виняткових випадках.

Метод групового оброблення надає можливість розширити застосування більш продуктивного устаткування в дрібносерійному й одиничному виробництві. Його сутність зводиться до такого.

Деталі, що підлягають виготовленню, групують за близькістю їхнього службового призначення, що приводить до спільності конструктивних форм, матеріалів, розмірів, вимог до точності. У групі вибирають найбільш складну деталь і для кожної операції її технологічного процесу розробляють схему настроювання верстата. Інші деталі, що входять у групу, можуть бути виготовлені на даній операції або без піднастроювання верстата і з використанням тільки частини інструмента, встановленого на верстаті, або з частковою заміною інструмента й часткового піднастроювання верстата. Витрати підготовчо-заключного часу при цьому істотно скорочуються. Велика продуктивність верстата й технологічного оснащення, що використовується, зменшує штучний час.

Наприклад, для виготовлення кожної з деталей, показаних на рис. 6.5, за умови, що обсяги партій не будуть перевищувати 10 шт., імовірноше всього буде вибраний універсальний токарно-гвинторізний верстат. Однак об'єднання втулок у групу А, кілець у групу Б і валиків у групу В дозволяє виготовляти групи деталей на токарному верстаті з ЧПУ, використовуючи групове настроювання.

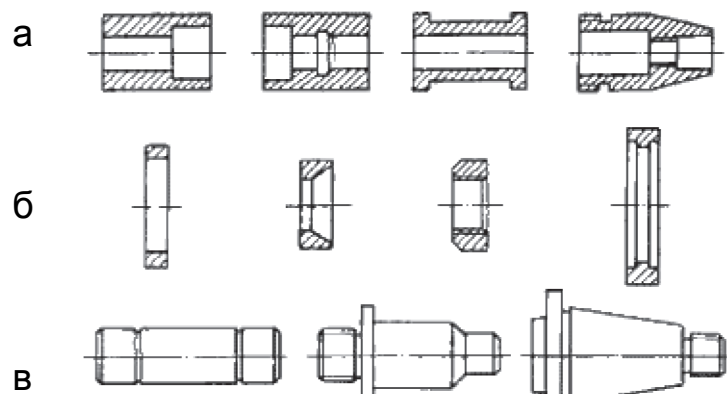


Рис. 6.5. Об'єднання деталей у групу

Метод групового оброблення застосовують у середньосерійному виробництві при створенні переналагоджуваних агрегатних верстатів й автоматичних ліній. Завдяки методу групового оброблення стала можливою автоматизація дрібносерійного й одиничного виробництва й побудова гнучкої виробничої системи (ГВС).

6.5. Вибір найбільш економічного варіанта технологічного процесу

Для зіставлення двох і більшого числа можливих варіантів технологічного процесу з метою вибору найбільш економічного можна використовувати графоаналітичний метод. Для цього усі витрати, пов'язані зі здійсненням кожного варіанта, поділяють на дві групи: не залежні і залежні від числа виробів, що треба виготовити.

У першу групу включають витрати на устаткування, пристрої й комплект інструментів, у другу – витрати на заробітну плату робітників і наладників, витрати на матеріали, утримування, експлуатацію й амортизацію устаткування, пристроїв та інструментів.

Якщо позначити першу групу витрат через b , другу – через m і число виробів – через x , то собівартість виготовлення x виробів (рис. 6.6)

$$C = b + mx.$$

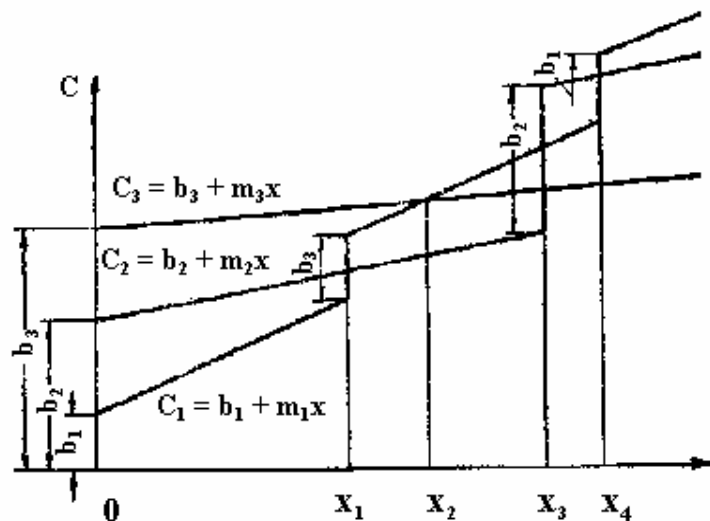


Рис. 6.6. Графічне зіставлення собівартості трьох різних варіантів технологічного процесу

Для порівняння декількох варіантів технологічного процесу, наприклад трьох, необхідно скласти три рівняння:

$$C_1 = b_1 + m_1x, \quad C_2 = b_2 + m_2x, \quad C_3 = b_3 + m_3x,$$

кожне з яких є дійсно при своїх граничних значеннях x , що і відображає графік, показаний на рис. 6.6. Перший варіант

технологічного процесу буде економічним при $0 < x < x_1$ і $x_3 = x < x_4$, другий – при $x_1 = x < x_3$, а третій – при $x = x_3$ і при більших значеннях x .

Викладений метод дозволяє правильно й швидко виявляти найбільш економічний варіант технологічного процесу стосовно до даних виробничих умов.

6.6. Економічні зв'язки у виробничому процесі

Під **економічними зв'язками** у виробничому процесі виготовлення машини слід розуміти відношення між витратами живої й упередженої праці, що визначають собівартість одиниці продукції.

Кількісну сторону економічних зв'язків найповніше відображає формула собівартості одиниці продукції. Доданки собівартості одержують первісні значення при розробленні конструкції машини й побудові технологічного та виробничого процесів її виготовлення.

Вибір матеріалу деталей і розроблення їхньої конструктивної форми; вибір методів досягнення необхідної точності машини й розрахунок конструкторських розмірних ланцюгів; вибір виду і форми організації виробничих процесів збирання машини й виготовлення деталей; вибір способів одержання заготовок та їхнього оброблення; вибір технологічного, транспортного й іншого видів устаткування; їхнє планування і т.д. супроводжуються економічною оцінкою прийнятих рішень.

У процесі виробництва машини економічні зв'язки виявляються в діях і підпорядковуються імовірнісним законам. Наприклад, витрати на заробітну плату робітників пов'язані з витратами на матеріал через величини припусків у заготовках, тому що більший припуск вимагає великих витрат часу на його видалення. Великі витрати часу на виконання операції збільшують частку амортизаційних відрахувань на устаткування, пристрої, інструменти, що припадають на виготовлену деталь, збільшують витрату електроенергії й матеріалів, що використовують при цьому.

Хід виробничого і технологічного процесів є під впливом багатьох чинників, що викликають відхилення витрат часу на виконання операції, доставку заготовок та інструментів до робочих місць, змушені простої устаткування, утруднення з налагодженням устаткування, збої в інформаційному процесі і т.д. У кінцевому підсумку ці відхилення відбиваються на собівартості виробів.

Якщо виготовлення кожної деталі на окремій операції супроводити підрахунком собівартості, то виявиться розсіювання її значень. Розсіюватися будуть і значення собівартості деталей, що пройшли весь технологічний процес виготовлення. Звідси випливає, що процес формування собівартості одиниці продукції є випадковим процесом, тому характеристиками собівартості партії виробів мають служити її середнє значення й поле розсіювання.

Для того, щоб створювані машини були економічними і конкурентоспроможними, необхідне проникнення в область економічних зв'язків для того, щоб усвідомлено формувати їх при проектуванні машини, технології, виробничого процесу і керувати ними в процесі виготовлення машини. Особливої гостроти цих положень набувають в умовах ринкової економіки, де якість і економічність виробів визначають саму можливість фінансового існування їхнього виробника.

7. ОСНОВИ РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ МАШИНИ. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ МАШИНИ

Розроблення технологічного процесу виготовлення машини являє собою вирішення складної комплексної задачі, що охоплює процеси збирання машини і виготовлення деталей, що входять до її складу.

Для розроблення технологічного процесу виготовлення машини необхідні такі вихідні матеріали: опис службового призначення машини; технічні вимоги й норми точності, що впливають зі службового призначення машини; робочі креслення машини; число машин, намічених до випуску в одиницю часу за незмінними кресленнями; умови, у яких передбачається організувати і здійснювати виготовлення машини (на діючому чи створюваному заводі, можливості кооперування з іншими заводами, умови постачання, наявність і перспективи одержання кадрів); планові терміни підготовки виробництва й випуску машини.

7.1. Послідовність розроблення технологічного процесу виготовлення машини

Задачею кожного технологічного процесу є економічне виготовлення машин, що відповідають їхньому службовому призначенню. Для успішного вирішення цієї задачі розроблення технологічного процесу виготовлення машини потрібно вести в такій послідовності:

- вивчення службового призначення машини, технічних вимог, норм точності й критичний аналіз їхньої відповідності службовому призначенню;
- ознайомлення з намічуваним кількісним випуском машин в одиницю часу і за незмінними кресленнями;
- вивчення робочих креслень машини та їхній критичний аналіз з погляду можливості виконання машиною її службового призначення, методів досягнення точності, закладених у конструкцію, технологічності конструкції машини;
- розроблення технології загального збирання машини та її складальних одиниць;
- вивчення службового призначення деталей, технічних вимог, норм точності й критичний аналіз їхньої відповідності своєму випадковому призначенню, а також аналіз технологічності конструкції деталей;

- вибір найбільш економічних способів одержання заготовок, що забезпечують необхідну якість деталей;
- розроблення технологічних процесів виготовлення деталей;
- планування устаткування й робочих місць;
- оформлення замовлень на проектування й виготовлення устаткування, пристроїв та інструментів;
- внесення в технологічний процес коректив й усунення допущених помилок і недоліків.

Вивчення службового призначення машини й аналіз технічних вимог і норм точності

Кожна машина призначена для виконання визначеного процесу, результатом якого є продукція того чи іншого виду. Тому вивчення службового призначення машини треба починати, ознайомлюючись з результатами її дії. Наприклад, вивчення службового призначення верстата необхідно починати, ознайомлюючись з формами, розмірами і вимогами до точності деталі, для виготовлення яких призначений верстат. Далі впливають вимоги до продуктивності, потужності, надійності верстата і т.д.

Необхідно, щоб формулювання службового призначення машини включали в себе перелік умов, у яких машина має працювати і робити продукцію, необхідної якості в необхідних кількостях. Будь-яка машина виконує технологічний процес за допомогою різного роду зв'язків (розмірних, кінематичних, динамічних, електричних, гідравлічних і т. ін.), що діють між її виконавчими поверхнями. Можливість здійснення зв'язків закладена в конструкцію машини у вигляді зв'язків властивостей матеріалів і розмірних зв'язків. Тому, вивчивши службове призначення машини, технологу необхідно виконати перехід від службового призначення машини до технічних вимог і норм точності.

Намічуваний випуск машини. Ознайомлення з намічуваним випуском машини в одиницю часу і за незмінними кресленнями є необхідним для вибору найбільш економічних видів і форм організації виробничих процесів, що визначають побудову технологічних процесів, вибір устаткування і технологічного оснащення, ступінь його механізації й автоматизації.

Вивчення робочих креслень машини. Робочі креслення машини вивчають з метою ознайомлення з її пристроєм, функціями вузлів (механізмів і деталей) і розмірних зв'язків, що забезпечують

виконання машиною свого службового призначення. Вивчення слід починати зі складальних креслень машини. При цьому на самому початку треба виявити виконавчі поверхні й зв'язки між ними. Далі необхідно виявити механізми та деталі, за допомогою яких ці зв'язки здійснюються. У результаті вивчення робочих креслень мають бути розроблені схеми розмірних ланцюгів. Як приклад на рис. 7.1 показані схеми деяких розмірних ланцюгів токарного верстата.

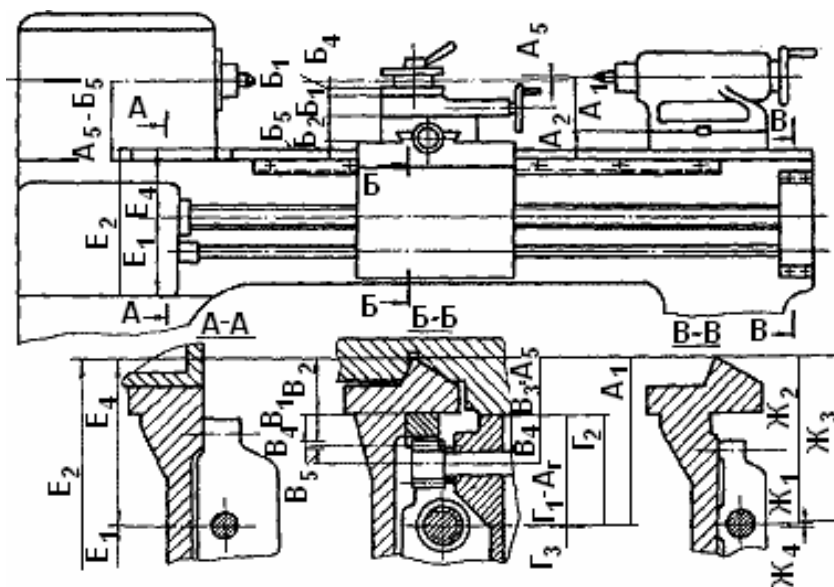


Рис. 7.1. Розмірні ланцюги токарного верстата

7.2. Розроблення технологічного процесу збирання машини

Вибір виду й форми організації виробничого процесу збирання машини. Вирішальним чинником при виборі виду й форми організації процесу збирання машини є число машин, що підлягають виготовленню в одиницю часу і за незмінними кресленнями. Доцільність вибору тих чи інших виду й форми організації процесу збирання має бути обґрунтована техніко-економічним розрахунком. При великій кількості машин, що випускаються, чи складальних одиниць найбільш економічним є потокове збирання.

Зі зменшенням кількості машин, що випускаються, потокове збирання стає неекономічним, слід застосовувати непотоковий вид збирання з об'єктами, що переміщуються. При виготовленні машин у малих кількостях доводиться використовувати стаціонарне збирання.

Вибір методів досягнення необхідної точності машини. Коректування робочих креслень. Вибираючи метод досягнення необхідної точності замикальної ланки, технолог зобов'язаний:

виявити наявність у кресленнях розмірів, що є її складовими ланками; ознайомитися з допусками, що обмежують відхилення складових ланок розмірного ланцюга; проаналізувати відповідність допусків складових ланок, установлених конструктором, допуск замикальної ланки, вирішивши для цього обернену задачу, і виявити метод досягнення точності, вибраний конструктором; оцінити, чи вдалий в економічному відношенні зроблений конструктором вибір методу при заданому обсязі випуску машин; прийняти рішення про метод досягнення необхідної точності замикальної ланки і, якщо необхідно, розрахувати допуски відповідно до вибраного методу; виявити наявність компенсаторів при використанні методів пригонки і регулювання; за необхідності разом із конструктором внести корективи в креслення (змінити простановку розмірів, змінити значення допусків, ввести компенсатори та ін.).

У процесі збирання машини її точність досягається через технологічні розмірні ланцюги, що збігаються з конструкторськими тільки в тих випадках, коли точність замикальних ланок досягається з застосуванням одного з методів взаємозамінності. При використанні методів пригонки і регулювання технологічні розмірні ланцюги відмінні від конструкторських. Для їхнього виявлення слід розкрити всі етапи проведення чи пригонки регулювання і вибрати засіб, необхідний для виконання цих робіт.

Розроблення послідовності збирання машини. Залежно від складності конструкції складальні одиниці підрозділяють на комплекти, підвузли і вузли (рис. 7.2).

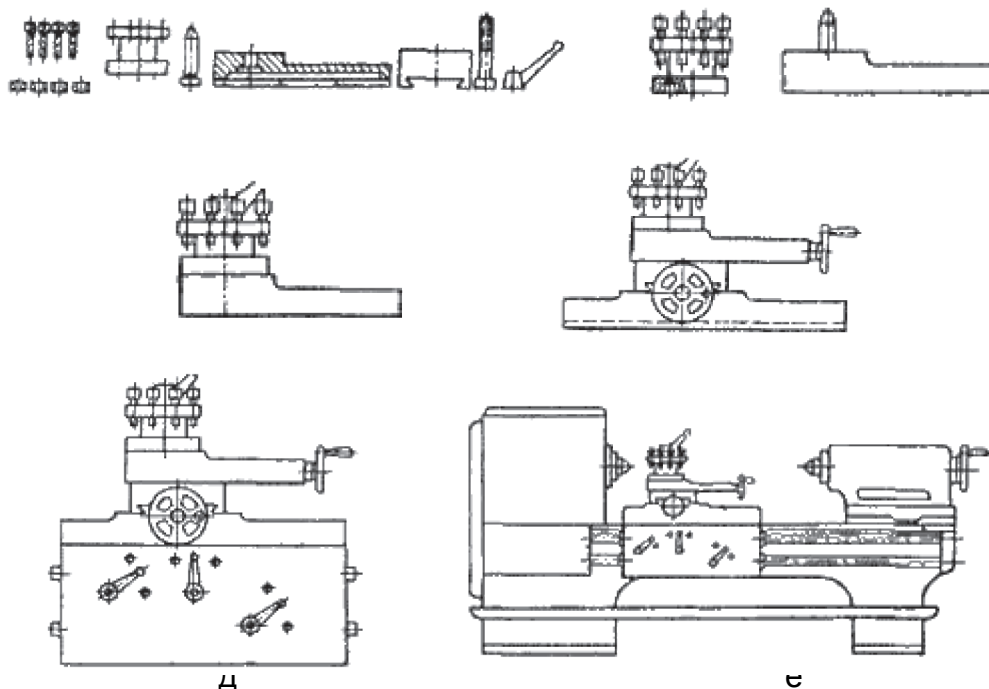


Рис. 7.2. Види складальних одиниць: а – деталі; б – комплекти; в – підвузли; г – вузол першого порядку; д – вузол другого порядку; е – машина

Під **комплект**ом розуміють складальні одиниці до деталі, що є базовою, до якої приєднують одну чи кілька інших деталей.

Підвузлом називають СО до деталі, що є базовою, до якої встановлені кілька деталей і не менше одного комплекту.

Вузлом першого порядку називають СО до деталі, що є базовою, до якої встановлено хоча б один підвузол, кілька комплектів і деталей.

Вузлом другого порядку називають СО до деталі, що є базовою, до якої встановлено хоча б один вузол першого порядку, небагато підвузлів, комплектів і деталей.

У **машинах** зустрічаються вузли більш високих порядків. Останньою найбільш складною СО є сама машина, встановлена на деталі, що є базовими, до яких змонтовані не менш чим вузол вищого порядку, вузли, підвузли, комплекти й деталі. Прикладом машини може служити токарний верстат.

Загальне збирання машини треба починати з устанавлення деталі, що базує, роль якої звичайно відіграють рама, станина, підстава і т.п. З устанавлення деталі, що базує, починається збирання будь-якої СО, якщо тільки її монтаж не здійснюється безпосередньо в машині. Після устанавлення деталі, що базує, на неї послідовно устанавлюють усі СО й деталі. Існують деякі загальні положення, яких треба дотримуватися, розробляючи технологію збирання конкретної машини:

- збирання варто починати з формування тих розмірних ланцюгів, за допомогою яких у машині зважуються найбільш відповідальні задачі;
- за наявності паралельно пов'язаних розмірних ланцюгів їхню побудову варто починати з устанавлення деталей, розміри яких є загальними ланками;
- при збиранні СО послідовність устанавлення деталі має бути такою, щоб раніше змонтовані деталі не заважали устанавленню наступних деталей;
- необхідно прагнути до того, щоб у процесі збирання машини були мінімальними часткові розбирання СО;
- при використанні методу підгонки підганяльні роботи можна виконувати поза об'єктом, що збирається;
- послідовність збирання машини та її СО має відповідати вибраним виду й формі організації виробничого процесу.

Послідовність збирання виробу зручно відображати графічно у вигляді схеми збирання. На рис. 7.3 зображено задню бабку

токарного верстата, установлену на плиті, а на рис. 7.4 показано фрагмент схеми її збирання. Місце розташування умовних позначок і відносний зсув вертикальних ліній відбивають послідовність установлення деталей і складальних одиниць у процесі збирання.

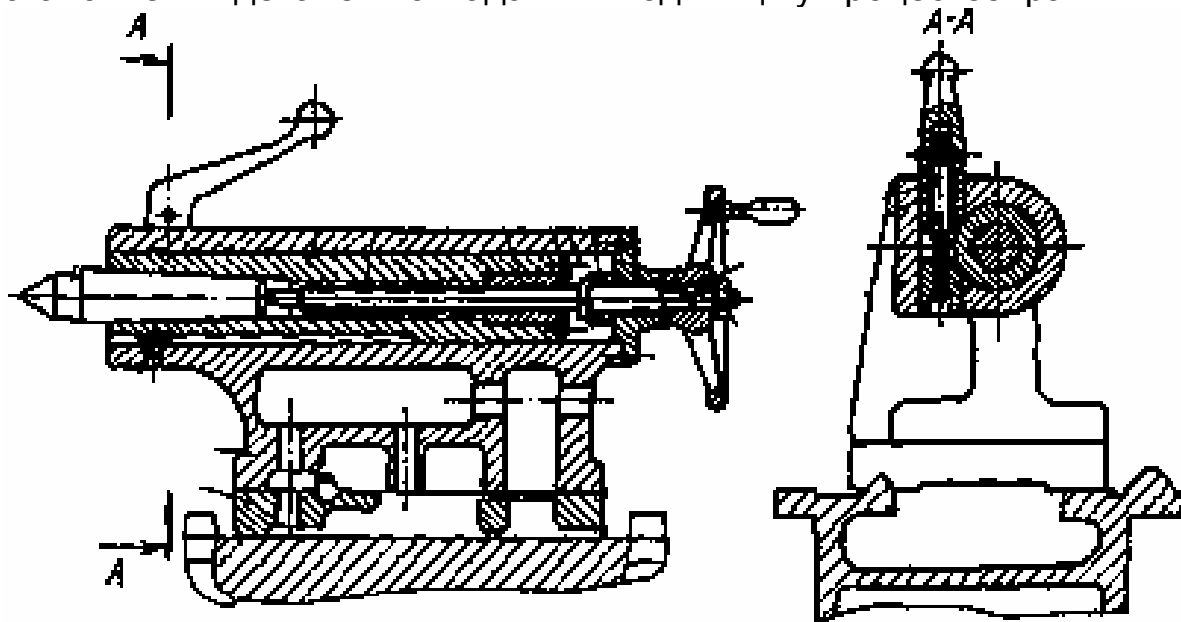


Рис. 7.3. Задня бабка токарного верстата

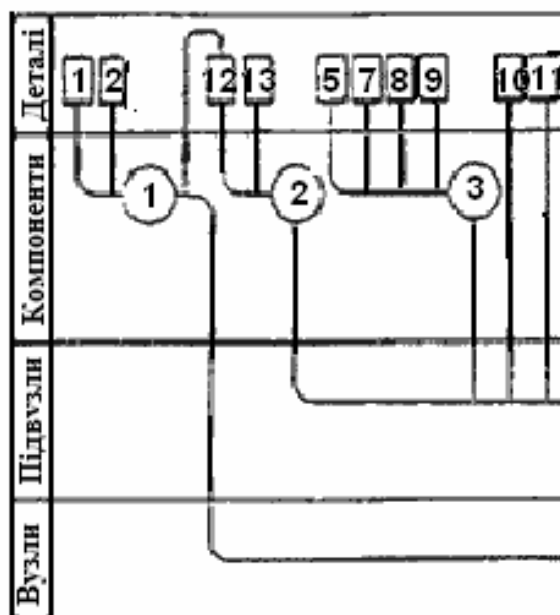


Рис. 7.4. Схема збирання задньої бабки токарного верстата

Зміст і послідовність виконання технологічного процесу збирання виробу, пристрої й інструменти, що застосовують, розряд

роботи, норми часу і т.д. відбивають у технологічних документах: операційних і маршрутних картах, відомостях операції й ін. Вимоги до форм і заповнення технологічних документів регламентовані ДСТ 3.1118, ДСТ 3.1119, 3.1121, 3.1407 і т. ін.

Вибір засобів полегшення праці та збільшення його продуктивності. На збирання машини припадає до 60 % загальної трудомісткості її виготовлення. Тому полегшення праці збирачів і підвищення їхньої продуктивності є найважливішими задачами, що доводиться вирішувати при розробленні технології збирання машин.

Засобами, що полегшують працю, має бути охоплено весь комплекс робіт, які виконують при збиранні машин: комплектування й транспортування деталей і СО до місць збирання; транспортування об'єктів збирання; координування заданої точності, з'єднання, фіксація і перевірка досягнутого положення, монттованих деталей і СО; регулювання, пригінка, випробування окремих вузлів і машини в цілому, очищення, фарбування і т.д.

Для доставки до робочих місць деталей і СО використовують ручні візки й електрокари, різного роду крани й конвеєри. Велику зручність створюють конвеєри, оснащені пристроями для адресування деталей, що транспортуються, і СО.

Найбільші труднощі викликає механізація й автоматизація робіт, пов'язаних з координуванням деталей і СО та їх з'єднанням з необхідною точністю. Операції й переходи, пов'язані з виконанням подібних робіт, мають потребу в пристроях, що усувають можливість виникнення відхилень у відносному положенні деталей, що з'єднуються.

Трудомісткими й тому такими, що потребують механізації, є роботи, пов'язані зі збиранням нарізних і пресових з'єднань. Оснащення робочих місць стаціонарними чи підвісними гвинто-, гайко-, шпильковертами, по можливості багатопиндельними, не тільки збільшує продуктивність праці збирачів, але й підвищує якість нарізних з'єднань. Установлення на робочих місцях пресів при належному їхньому оснащенні дає ті ж результати.

Нормування, визначення трудомісткості збирання, формування операцій. Заключним етапом розроблення технологічного процесу збирання машини є нормування складальних робіт, визначення трудомісткості збирання й компонування операцій з переходів.

Нормування переходів процесу збирання виконують за

формулами, розглянутими вище, і з використанням нормативів часу на слюсарно-збиральні роботи. Норми часу, установлені на складання окремих СО й машини в цілому, дають можливість визначити трудомісткість їхнього збирання як суму витрат часу на виконання окремих переходів.

Потім необхідно визначити число робітників чи бригад працюючих, потрібних для збирання комплектів, підвузлів, вузлів і загального збирання машини. Знання трудомісткості переходів і необхідного числа робітників дає можливість об'єднати переходи і тим самим сформулювати операції. Компонування переходів необхідно вести з урахуванням вибраних видів і форми організації виробничого процесу збирання машини.

Для визначення тривалості (циклу) збирання машин будують циклограму. У вибраному масштабі циклограма відбиває не тільки послідовність витрат часу на виконання операції, але й сполучення в часі цих витрат. Циклограма дозволяє знайти шляхи скорочення циклу збирання, що важливо для зменшення обсягу незавершеного виробництва.

Випробування машин. Машини й СО після їхнього збирання піддають різного роду випробуванням. Метою випробування є перевірка якості машини, досягнутої в результаті усього виробничого процесу її виготовлення. Залежно від виду, призначення й обсягу випуску машини проходять випробування на холостому ході, під навантаженням, на продуктивність, твердість, потужність і якість виробленої продукції.

При випробуванні на холостому ході перевіряють правильність роботи органів керування і механізмів машини, надійність блокування і безвідмовність роботи автоматичних пристроїв. Разом із тим перевіряють дотримання норм роботи підшипників, зубчастих коліс та інших відповідальних елементів конструкції машини.

Випробування під навантаженням мають виявити якість роботи машини у виробничих умовах.

Випробуванням на продуктивність піддають машини спеціального призначення.

На твердість випробовують головним чином верстати. Норми твердості й методи випробувань широкого кола верстатів стандартизовані.

Випробуванням на потужність піддають усі машини при одиничному виробництві й всі чи вибірково машини, виготовлені серійно.

Машини, що збираються, сортують, вимірюють, перевіряють на якість виробленої продукції. Порядок випробування, зразки і вимоги до якості продукції регламентовані державними стандартами.

Для випробування машин і СО середніх розмірів і маси створюють спеціальні випробні стенди.

8. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

Задача розроблення технологічного процесу виготовлення деталі полягає в передбаченні для даних виробничих умов оптимального варіанта переходу від напівфабрикату, що поставляється на машинобудівний завод, до готової деталі. Вибраний варіант має забезпечувати необхідну якість деталі при найменшій її собівартості. Технологічний процес виготовлення деталі рекомендується розробляти в такій послідовності:

- вивчити за кресленнями службове призначення деталі й проаналізувати відповідність йому технічних вимог і норм точності;
- виявити число деталей, що підлягають виготовленню в одиницю часу і за незмінним кресленням, намітити вид і форму організації виробничого процесу;
- вибрати напівфабрикат, з якого має бути виготовлена деталь;
- вибрати технологічний процес одержання заготовки, якщо неекономічно чи фізично неможливо виготовляти деталь безпосередньо з напівфабрикату;
- обґрунтувати вибір технологічних баз й установити послідовність оброблення поверхонь заготовки;
- вибрати способи оброблення поверхонь заготовки і установити число переходів з оброблення кожної поверхні виходячи з вимог до якості деталі;
- розрахувати припуски й установити міжперехідні розміри й допуски на відхилення всіх показників точності деталі;
- оформити креслення заготовки;
- вибрати режими оброблення, що забезпечують необхідну якість деталі й продуктивність;
- пронормувати технологічний процес виготовлення деталі;
- сформулювати операції з переходів і вибрати устаткування для їхнього здійснення;
- виконати розмірний аналіз технологічного процесу;
- виявити необхідне технологічне оснащення для виконання кожної операції й розробити вимоги, яким має відповідати кожен вид оснащення;
- розробити інші варіанти технологічного процесу виготовлення деталі, розрахувати їхню собівартість і вибрати найбільш економічний варіант;
- оформити технологічну документацію;
- розробити технічні завдання на конструювання нестандартного устаткування, пристроїв, різального та вимірювального інструмента.

При розробленні технологічного процесу виготовлення деталі використовують креслення складальної одиниці, до якої входить деталь, креслення самої деталі, зведення про кількісний випуск деталей, стандарти на напівфабрикати і заготовки, типові й групові технологічні процеси, технологічні характеристики устаткування й інструментів, різного роду довідкова література, керівні матеріали, інструкції, нормативи.

Технологічний процес розробляють або з прив'язкою до діючого, або для створюваного виробництва. В останньому випадку технолог має більшу волю в прийнятті рішень побудови технологічного процесу й вибору засобів для його здійснення.

8.1. Вивчення службового призначення деталі. Аналіз технічних вимог і норм точності

Розроблення технологічного процесу виготовлення будь-якої деталі має починатися з глибокого вивчення її службового призначення й критичного аналізу технічних вимог і норм точності, заданих кресленням.

Деталь є елементарною частиною складальної одиниці. Тому, приступаючи до формулювання її СП, необхідно вивчити креслення і СП складальної одиниці, у яку входить ця деталь.

Формулюючи СП деталі, необхідно не тільки чітко сформулювати задачі, для вирішення яких призначена деталь, але й описати умови, у яких деталь має виконувати своє СП протягом усього терміну служби.

З'ясовуючи службове призначення деталі та її роль у роботі СО, необхідно розібратися у функціях, які виконуються її поверхнями, що можуть бути виконавчими, основними, допоміжними чи вільними. Припустимо, що деталь – зубчасте колесо (рис. 8.1).

У першу чергу необхідно "відшукати" виконавчі поверхні деталі. Це ті поверхні, якими деталь виконує своє СП і заради яких вона створюється. У зубчастого колеса це бічні поверхні зубчастого вінця (поверхня 7, рис. 8.1).

Потім виявляються основні поверхні, що визначають положення деталі в СО, її бази. Таких поверхонь є небагато, і вони мають створювати координатний кут своїм розташуванням (поверхні 1, 15, 13 на рис. 8.1).

Допоміжні поверхні визначають положення інших деталей, які приєднуються до даної. Вони служать базами деталей, що приєднуються так само, як і основні, часто поєднуються в комплект

баз. Комплектів допоміжних баз буває стільки, скільки деталей приєднується до даної. Деталь може мати і лише одну допоміжну поверхню (рис. 8.1, поверхня 14).

Призначення вільних поверхонь – завершити конструктивне оформлення деталі.

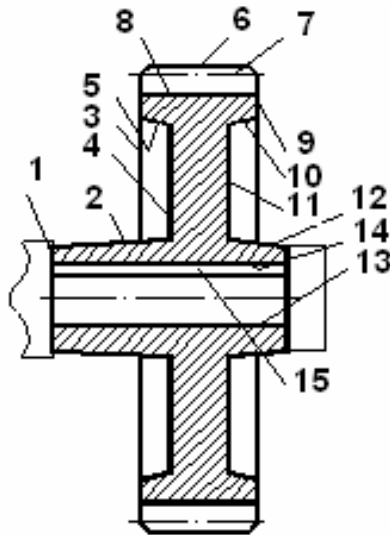


Рис. 8.1. Функціональне призначення поверхонь деталі: 1, 5, 13 – основні поверхні; 7 – виконавча поверхня; 14 – допоміжна поверхня; 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15 – вільні поверхні

Для того, щоб деталь могла економічно виконувати своє СП, вона повинна мати необхідну якість. Найважливішим і самим трудомістким при досягненні показником якості деталі, як і СО, є її точність. Характеризується вона рядом технічних вимог (ТВ).

З огляду на значущість ТВ, службовців підставою для прийняття найважливіших рішень при проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі необхідно кожну ТВ проаналізувати з урахуванням рішень, прийнятих при розробленні технологічного процесу збирання СО, в котру входить дана деталь. Таким чином, при аналізі ТВ на деталь необхідно враховувати: СП складальної одиниці, ТВ на СО, методи досягнення необхідної точності по кожному ТВ на СО, ТП збирання СО.

Аналіз і коректування ТВ на деталь зручно виконувати в кілька етапів. На першому етапі аналізується і коректується номенклатура ТВ, що умовно складається з двох груп. До однієї групи відносяться показники, які характеризують точність кожної поверхні деталі: точність розмірів (довжина, діаметр, висота і т.п.); точність форми

(макровідхилення, хвилястість, мікровідхилення); твердість, покриття і т.п.

До другої групи відносяться показники, що характеризують відносне розташування всіх поверхонь деталі (паралельність, симетричність, співвісність і т.п.).

Виявлені неточні чи неправильні формулювання ТВ коректують, а відсутні ТВ формулюють заново.

На другому етапі аналізують і коректують у разі потреби числові значення всіх ТВ.

Для скорочення витрат часу можна використовувати обчислювальну техніку.

8.2. Вибір виду й форми організації виробничого процесу виготовлення деталі

Вид і форма організації виробничого процесу виготовлення деталі залежать від програми її випуску в рік і за незмінними кресленнями.

Безперервно-потокowe виробництво доцільно організовувати тоді, коли технологічне устаткування можна цілком завантажити виготовленням деталі одного найменування, тобто при масовому типі виробництва.

При виготовленні малотрудомістких деталей у відносно невеликих кількостях (великосерійне, серійне виробництво) доцільно організовувати змінно-потокowe виробництво. При цьому деталі поєднують у групи за ознаками близькості СП, конструктивних форм, розмірів, ТВ, матеріалів і розробляють групову технологію.

Виготовлення незначного числа однойменних деталей доцільно організовувати на технологічно замкнутих ділянках з використанням високопродуктивного устаткування й технологічного оснащення, наприклад, ділянці валів, зубчастих колесах і т.п.

У дрібносерійному й одиничному виробництві організовують ділянки, що поєднують устаткування з подібним СП, наприклад ділянка токарних і фрезерних верстатів і т. ін.

8.3. Вибір вихідної заготовки та методу її одержання

Основними чинниками, що впливають на рішення, прийняті на даному етапі розроблення технологічного процесу виготовлення деталі, є конструкція деталі, матеріал, службове призначення, технічні вимоги, програми випуску в рік N_p і за незмінними кресленнями $N_{н.к}$; тип виробництва, вид і форма організації виробництва, вартість

матеріалу (напівфабрикату), собівартість вихідної заготовки, що одержують тим чи іншим методом; витрата матеріалу, собівартість виготовлення деталі з вихідної заготовки.

Вибір вихідної заготовки й методу її одержання має забезпечувати мінімальну собівартість деталі. Вихідна заготовка – це заготовка перед першою технологічною операцією механічного оброблення (ДСТ 3.1109).

Для того, щоб простіше уявити послідовність вибору вихідної заготовки, на рис. 8.2 показано схему.

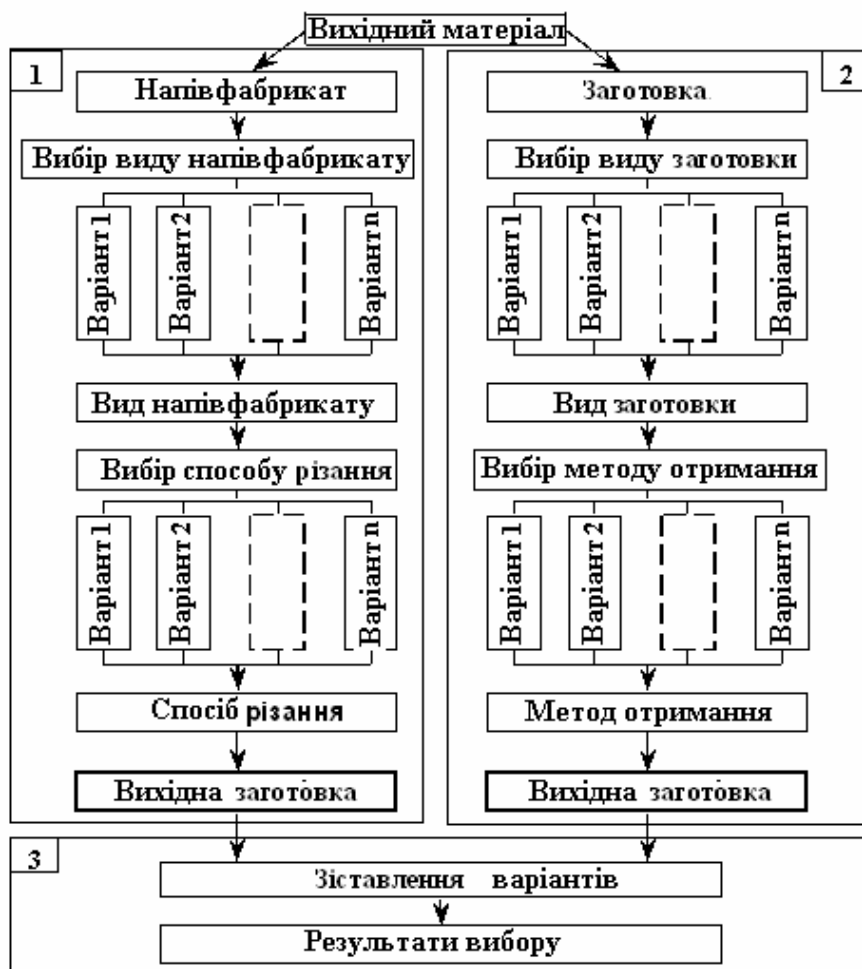


Рис. 8.2. Схема вибору вихідної заготовки

Собівартість самих вихідних заготовок, отриманих різними методами, коливається в широких межах. Для одержання заготовок використовують різноманітні технологічні процеси та їхні сполучення: різні способи лиття, пластичного деформування металів, різання, зварювання, комбіновані способи: штампування-зварювання, лиття – зварювання; порошкова металургія.

8.4. Вибір технологічних баз і визначення послідовності оброблення заготовки

Підставою для вибору технологічних баз є службове призначення поверхонь деталі й встановлені між ними розмірні зв'язки.

Вибір технологічних баз залежить від ТВ, що характеризують точність розмірів, розташування й макрогеометрію поверхонь деталі (за винятком випадків їхнього оброблення мірним інструментом); від можливостей існуючого парку устаткування й технологічного оснащення.

Вибір технологічних баз виконують у два етапи:

- вибирають технологічні бази, які необхідні для одержання найбільш відповідальних показників точності деталі й використовуються при обробленні більшості поверхонь заготовки;
- вибирають технологічні бази на першій (перших) операції технологічного процесу.

Вибір технологічних баз для оброблення більшості поверхонь заготовки визначає ті поверхні, з яких необхідно починати її оброблення. Вибір технологічних баз на першій (перших) операції пов'язаний з вирішенням двох груп задач:

- установа зв'язків між оброблюваними і неопрацьованими поверхнями, що залишаються;
- розподілом припусків між оброблюваними поверхнями.

Звичайно можливими є кілька варіантів. Кожен варіант базування забезпечує пряме (найкоротше), тобто найкраще рішення лише однієї задачі з усієї сукупності. Тому потрібно вибрати той варіант, що забезпечує всі ТВ у межах відхилень, що допускаються, і менш складний у реалізації схем базування.

Визначення послідовності оброблення поверхонь заготовки

Вибраний варіант базування є основою при визначенні послідовності оброблення поверхонь заготовки. Разом із тим, визначаючи послідовність оброблення, враховують: конструктивні особливості деталі; вимоги до її якості; методи одержання розмірів, властивості заготовки (матеріал, маса, розміри, припуски на оброблення); можливості устаткування, необхідність у термічному обробленні; організацію виробничого процесу й ін.

Оброблення заготовки починають звичайно з підготовки технологічних баз. У комплекті баз у першу чергу обробляють поверхню (чи сполучення поверхонь), що позбавляє заготовку більшого числа степенів вільності (настановна чи подвійна напрямна база). Базування заготовки по неопрацьованих поверхнях у напрямку розмірів, що витримуються, припустимо лише один раз.

На початку технологічного процесу звичайно прагнуть зняти із заготовки найбільші припуски для того, щоб створити кращі умови для перерозподілу залишкових напруг у заготовці й визначити можливі дефекти на ранній стадії оброблення.

Високі вимоги до точності форми, розмірів і відносного положення поверхонь деталі змушують вести оброблення заготовки в кілька переходів. В окремих випадках попереднє і остаточне оброблення поверхні виконують послідовно при одному установленні заготовки. Частіше ці етапи розділяють, відносячи остаточне оброблення поверхонь на кінець технологічного процесу.

До кінця технологічного процесу відносять оброблення легкопошкоджених поверхонь (наприклад, зовнішніх різьблень).

На послідовність оброблення поверхонь заготовки впливають термічне (ТЕ) і хіміко-термічне оброблення (ХТО). Неминуче деформування заготовки в результаті такого оброблення змушує передбачати в технологічному процесі попереднє й остаточне оброблення і починати останню з "виправлення" технологічних баз. Поверхні, виправлення яких після ТЕ є важкими (наприклад, кріпильні отвори в корпусних деталях), обробляють після її виконання. Деякі види ХТО ускладнюють процес механічного оброблення. Так, при цементації, якщо потрібно науглецювати тільки окремі поверхні заготовки, інші захищають або обмідненням, або додатковим припуском, що видаляється після цементації, але до загартування.

Впливає на послідовність оброблення поверхонь і необхідність дотримання черговості в утворенні різних конструктивних елементів деталі. Наприклад, кріпильні нарізні отвори потрібно обробляти після того, як буде остаточно оброблено поверхню заготовки, з яким вони сполучені. У протилежному разі різьблення в отворах будуть зіпсованими.

Усе перелічене є основою для розроблення технологічного процесу механічного оброблення заготовки.

8.5. Вибір способів оброблення та визначення кількості необхідних переходів

Після того, як встановлено послідовність оброблення всіх поверхонь заготовки, вибирають способи й засоби оброблення кожної з них.

Вибір способу оброблення та необхідної кількості переходів залежить від технічних вимог на деталь, виду й якості заготовки, N_p і $N_{н.к}$, техніко-економічних показників способів оброблення.

При виборі способу оброблення прагнуть забезпечити найкоротший і найбільш економічний шлях перетворення вибраної заготовки в деталь необхідної якості.

Очевидно, що найкоротший шлях можна було б забезпечити при одержанні кожної поверхні необхідної якості за один перехід, виконання якого має забезпечувати визначену величину уточнення:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_d},$$

де T_3 – відхилення, що допускається, показників точності заготовки; T_d – відхилення, що допускається, показника точності деталі.

На жаль, способи оброблення, що існують, найчастіше не забезпечують необхідну величину уточнення. Тому оброблення поверхонь доводиться вести в кілька технологічних переходів і уточнення при цьому визначати за формулою

$$\varepsilon_{заг} = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i,$$

де $\varepsilon_{заг}$ – загальне уточнення, що одержується при обробленні заготовок для досягнення необхідної точності деталі по кожній з поверхонь; ε_i – уточнення, яке забезпечується кожним переходом; n – кількість переходів, потрібна для досягнення необхідної точності деталі.

Вибір способу оброблення слід починати з пошуку такої технологічної системи, що дозволить економічним шляхом досягти необхідної якості деталі T_d . Однак вибрана технологічна система здатна забезпечити визначену якість деталі T_d лише при визначеній якості вихідної заготовки T'_3 . Якщо $T'_3 \geq T_3$, то розглянута система забезпечить одержання поверхні необхідної якості з вибраної

заготовки T_3 . Якщо ж $T'_3 \leq T_3$, то необхідно продовжити вибір системи й знайти таку, котра забезпечить на виході T'_3 , і т.д. Схему визначення необхідної кількості переходів на оброблення поверхонь заготовки показано на рис. 8.3. Значення $T_3^1, T_3^2, \dots, T_3^{i-1}, T_3^i$ вибирають за довідковою літературою.

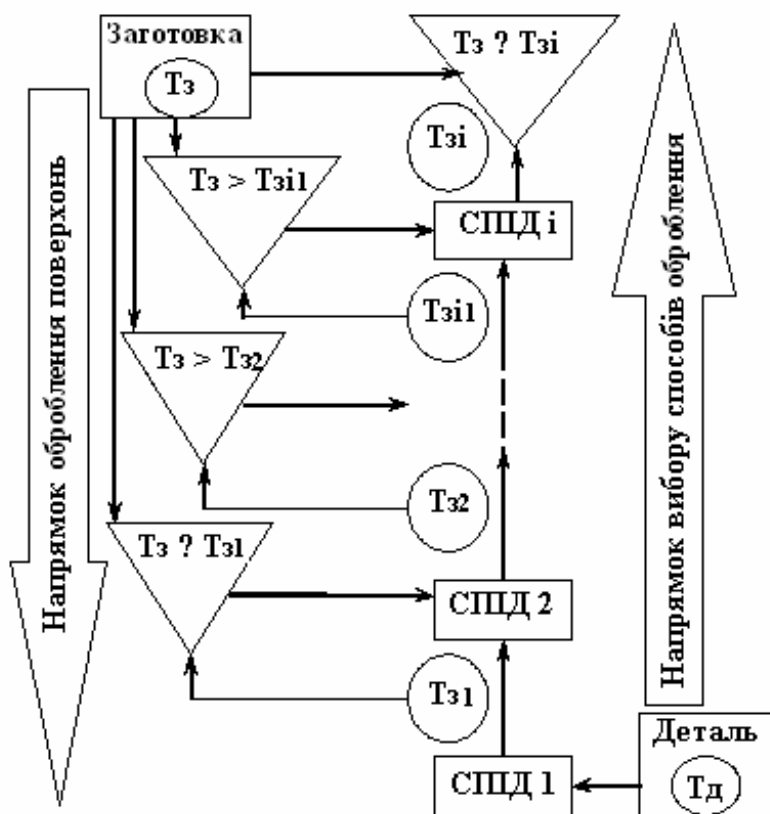


Рис. 8.3. Схема визначення необхідної кількості переходів на оброблення поверхні заготовки

У зв'язку з тим, що необхідна якість окремої поверхні деталі може бути досягнута при обробленні її різними способами, варто зіставити можливі варіанти з продуктивності й економічності. Для цього за кожним варіантом необхідно визначити трудомісткість і собівартість оброблення заготовки. Однак зробити це є можливим після вибору режимів і проведення технічного нормування витрат часу.

Тому рішення про способи і кількість переходів оброблення поверхонь заготовки, прийняте на даній стадії розроблення технологічного процесу, може бути скоректоване надалі.

9. РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ, РЕЖИМІВ РІЗАННЯ. ОФОРМЛЕННЯ ДОКУМЕНТАЦІЇ

9.1. Розрахунок припусків, міжперехідних розмірів і допусків

Припуском прийнято вважати шар матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки з метою досягнення заданих властивостей поверхні, що оброблюється.

Однак у цей час припуском слід вважати шар матеріалу, що **підлягає видаленню** із поверхні заготовки для досягнення заданих властивостей поверхні, що оброблюється. Таке поняття припуску більшою мірою відповідає його призначенню. Розбіжність полягає в різному розумінні максимального припуску Z_{\max} (рис. 9.1). Таким чином, нове розуміння – $Z_{\max} = Z_{\min} + T_{\text{заг}}$, де Z_{\max} – максимальний припуск; Z_{\min} – мінімальний припуск; $T_{\text{дет}}$ – поле допуску на розмір деталі, що витримується, $P_{\text{дет}}$; $T_{\text{заг}}$ – поле допуску на розмір деталі, що дотримується.

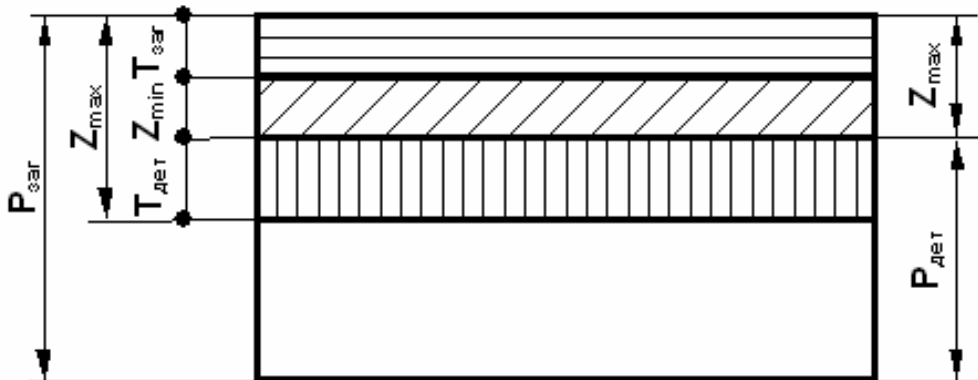


Рис. 9.1. Схематичне відображення розбіжності в тлумаченні поняття "припуск"

Припуски розрізняють за рядом ознак, які показані на схемі (рис. 9.2). Визначення припуску є важливою техніко-економічною задачею. Таблиці й ДСТ дозволяють визначати припуски незалежно від технологічного процесу оброблення заготовки й умов його здійснення. Величина припуску, як правило, у цьому випадку є завищеною. Коливання розміру оброблюваної поверхні заготовки в межах допуску на її виготовлення викликає коливання величини припуску. Тому і розрізняють припуск мінімальний (Z_{\min}), номінальний ($Z_{\text{ном}}$), максимальний (Z_{\max}).

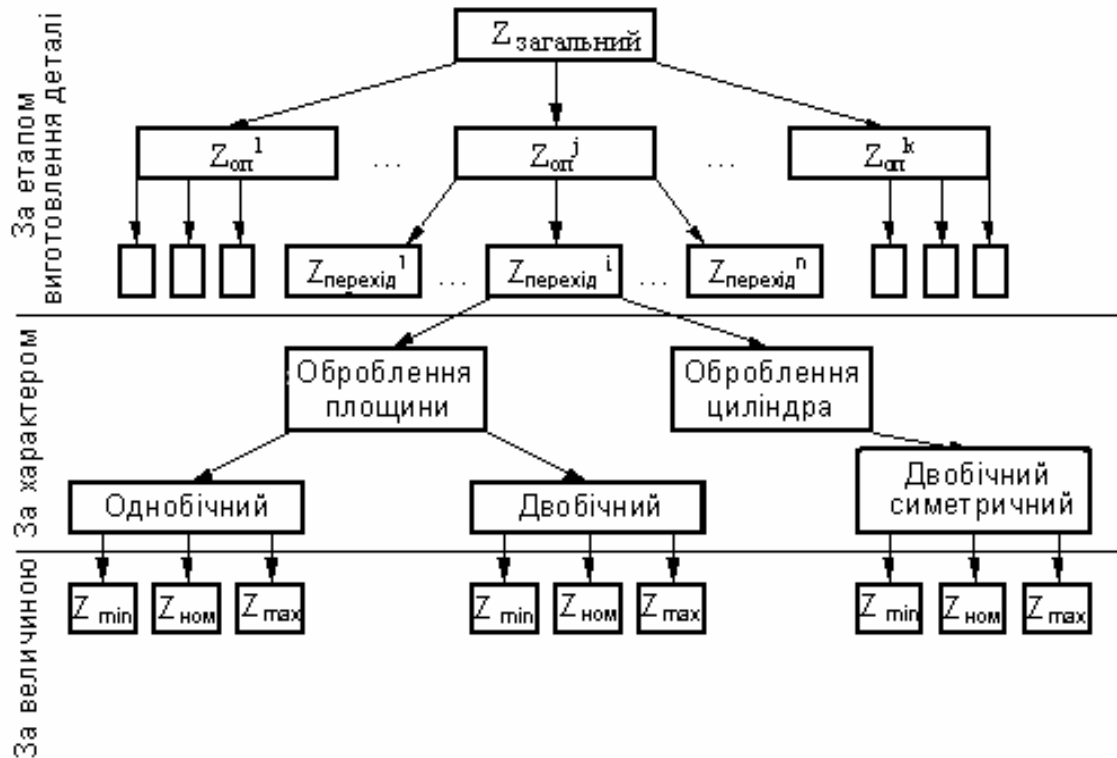


Рис. 9.2. Класифікація припусків

На рисунку індекс Z відноситься до заготовки, d – до деталі.

$$Z_{ном} = Z_{\min_i} + T_{i-1}; \quad Z_{\max_i} = Z_{ном_i},$$

$$Z_{ном_{i-2}} = Z_{\min_{i-2}} + |eI_{заг}|; \quad Z_{\max_{i-2}} = Z_{\min_{i-2}} \quad .$$

Зі схеми (рис. 9.3) видно, що $Z_{ном}$ – різниця номінальних розмірів заготовки до і після оброблення; Z_{\max} – максимальний шар матеріалу, що підлягає видаленню; Z_{\min} – мінімальний шар матеріалу, необхідний для усунення дефектів заготовки і забезпечення можливості переходу від заготовки до деталі за наявності похибки установлення заготовки й того розподілу припусків на поверхнях, які підлягають обробленню, що відбулося в результаті вибору технологічних баз для першої операції. У ряді випадків на деяких переходах Z_{\max} і Z_{\min} можуть збігатися.

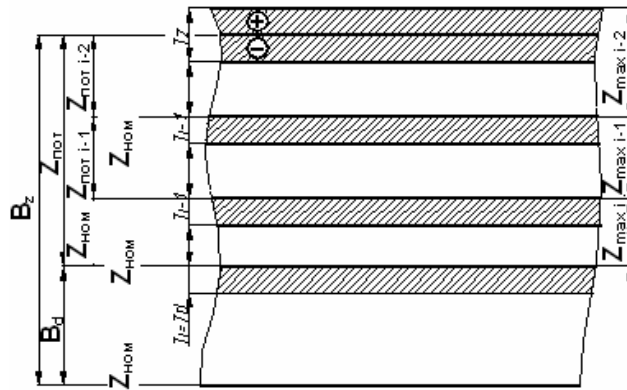
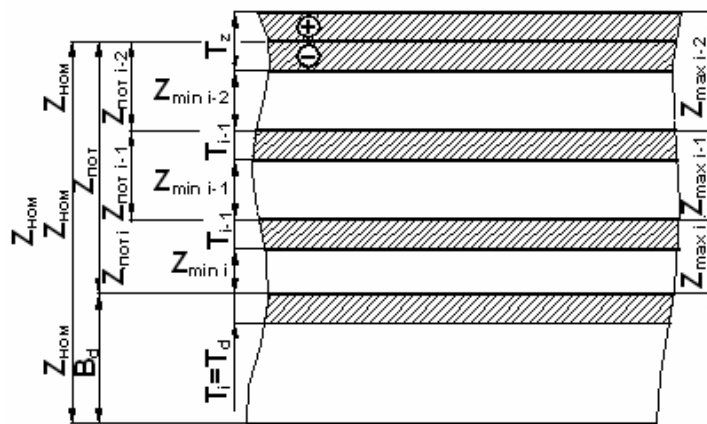
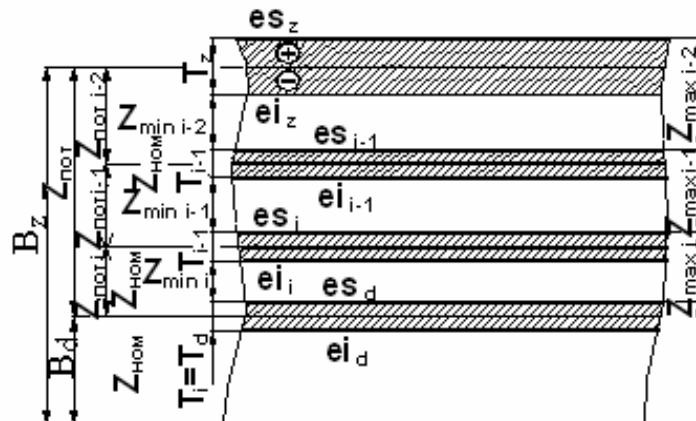


Рис. 9.3. Схема припусків і допусків розмірів

Залежно від того, яка поверхня обробляється: зовнішня (рис. 9.4), внутрішня (рис. 9.5), як розташовується поле допуску на розмір, що витримується: "у тіло" (рис. 9.4, а), (рис. 9.5, а), симетрично (рис. 9.4, б), (рис. 9.5, б), номінальний та максимальний припуски визначають по-різному:



а



б

Рис. 9.4. Схема визначення припусків при обробленні зовнішньої поверхні

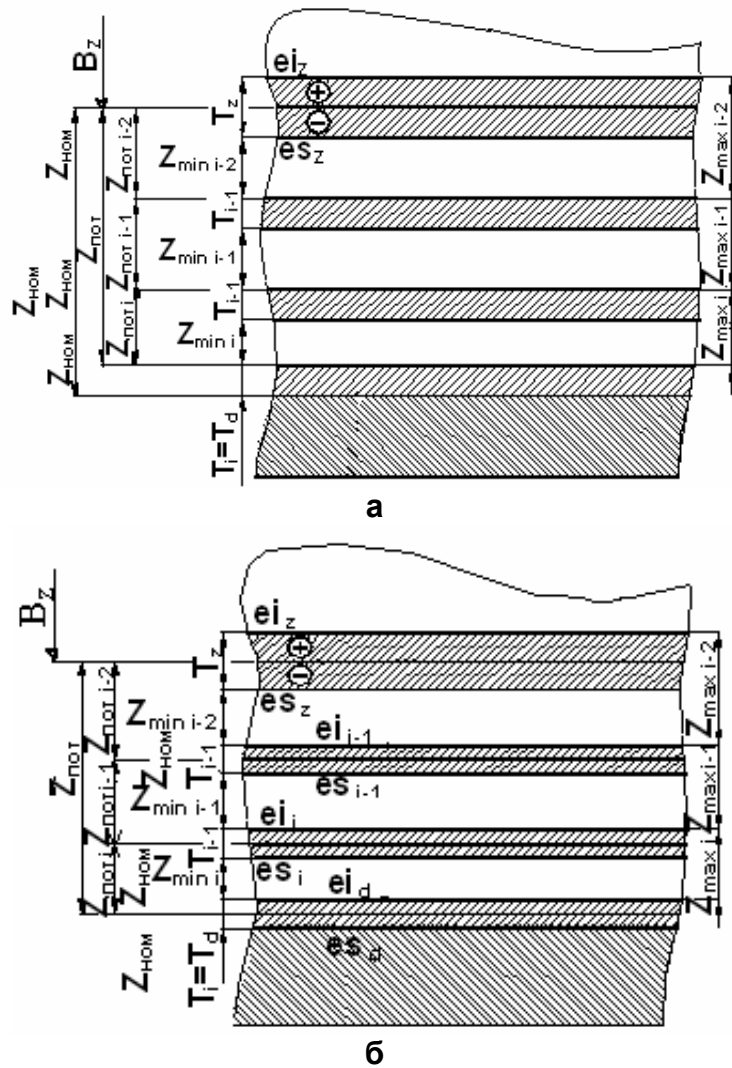


Рис. 9.5. Схема визначення припусків при обробленні внутрішньої поверхні

Припуски Z для зовнішньої поверхні:

$$Z_{\text{НОМ}_i} = Z_{\text{min}_i} + T_i; \quad Z_{\text{max}_i} = Z_{\text{НОМ}_i};$$

$$Z_{\text{НОМ}_{i-1}} = Z_{\text{min}_{i-1}} + T_{i-1}; \quad Z_{\text{max}_{i-1}} = Z_{\text{НОМ}_{i-1}};$$

$$Z_{\text{НОМ}_{i-2}} = Z_{\text{min}_{i-2}} + |el_{\text{заг}}|; \quad Z_{\text{max}_{i-2}} = Z_{\text{min}_{i-2}} + T_{\text{заг}}.$$

Припуски Z для внутрішньої поверхні:

$$Z_{\text{НОМ}_i} = Z_{\text{min}_i} + es_{\text{дет}} + |el_i|; \quad Z_{\text{max}_i} = Z_{\text{min}_i} + T_i;$$

$$Z_{\text{НОМ}_{i-1}} = Z_{\text{min}_{i-1}} + es_i + |el_{i-1}|; \quad Z_{\text{max}_{i-1}} = Z_{\text{min}_{i-1}} + T_{i-1};$$

$$Z_{\text{НОМ}_{i-2}} = Z_{\text{min}_{i-2}} + es_{i-1} + |el_{\text{заг}}|; \quad Z_{\text{max}_{i-2}} = Z_{\text{min}_{i-2}} + T_{\text{заг}}.$$

Слід зазначити, що основу і $Z_{\text{ном}}$, і Z_{max} складає Z_{min} , тому розрахунковою величиною є мінімальний припуск.

Зараз вважається, що для визначення мінімального припуску необхідно користуватися формулою, яка повніше враховує чинники, що діють при обробленні поверхні деталі:

$$Z_{\text{min}} = R_z + T + \Pi + \Phi + Y + P,$$

де R_z – висота мікронерівностей поверхні заготовки після її оброблення на попередньому переході; T – глибина дефектного поверхневого шару, отримана на попередньому переході; Π – похибка зсуву і повороту поверхні заготовки щодо її технологічних баз; Φ – похибка форми поверхні заготовки, допущена при її обробленні на попередньому переході; Y – похибка установлення заготовки на даному переході; P – відхилення положення поверхні заготовки, яка підлягає обробленню, щодо її технологічних баз, що виникло в результаті розподілу припусків при підготовці технологічних баз на перших операціях:

для зовнішньої поверхні:

$$\begin{aligned} Z_{\text{ном}_i} &= Z_{\text{min}_i} + T_i; & Z_{\text{max}_i} &= Z_{\text{ном}_i}; \\ Z_{\text{ном}_{i-1}} &= Z_{\text{min}_{i-1}} + T_{i-1}; & Z_{\text{max}_{i-1}} &= Z_{\text{ном}_{i-1}}; \\ Z_{\text{ном}_{i-2}} &= Z_{\text{min}_{i-2}} + |ES_{\text{заг}}|; & Z_{\text{max}_{i-2}} &= Z_{\text{min}_{i-2}} + T_{\text{заг}}; \end{aligned}$$

для внутрішньої поверхні:

$$\begin{aligned} Z_{\text{ном}_i} &= Z_{\text{min}_i} + ES_i + |EI_{\text{дет}}|; & Z_{\text{max}_i} &= Z_{\text{min}_i} + T_i; \\ Z_{\text{ном}_{i-1}} &= Z_{\text{min}_{i-1}} + ES_{i-1} + |EI_i|; & Z_{\text{max}_{i-1}} &= Z_{\text{min}_{i-1}} + T_{i-1}; \\ Z_{\text{ном}_{i-2}} &= Z_{\text{min}_{i-2}} + ES_{\text{заг}} + |EI_{i-1}|; & Z_{\text{max}_{i-2}} &= Z_{\text{min}_{i-2}} + T_{\text{заг}}. \end{aligned}$$

Метод і необхідні дані для розрахунку досить докладно подані в довідковій літературі, при цьому введені такі позначення:

$$T = h_{i-1}; \quad \Pi + \Phi = \Delta_{\Sigma_{i-1}}; \quad Y = \varepsilon_i.$$

Формули, що рекомендуються для розрахунку Z_{min} , мають вигляд:

– при обробленні окремої поверхні (однобічний припуск) на i -му переході

$$Z_{\text{min}_i} = (R_z + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i;$$

– при паралельному обробленні протилежних поверхонь (двобічний припуск)

$$2Z_{\min_i} = 2 \left[(R_z + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i \right]$$

– при обробленні зовнішніх і внутрішніх поверхонь обертання

$$2Z_{\min_i} = 2 \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2} \right].$$

Знання величини Z_{\max} є необхідним при визначенні режимів різання, тому що саме цей припуск приймають як глибину різання.

У тому випадку, коли поверхню обробляють (відповідно до плану оброблення) за кілька переходів, припуски визначають у напрямку "від деталі до заготовки". У першу чергу визначають припуск на опоряджувальний перехід, потім чистовий і, нарешті, чорновий.

Знаючи кількість переходів і припуски, необхідні для виконання кожного переходу з оброблення поверхні заготовки, можна визначити міжперехідні розміри, розмір вихідної заготовки й значення загального припуску на оброблення. Виконати це простіше за допомогою схем (рис. 9.6, 9.7).

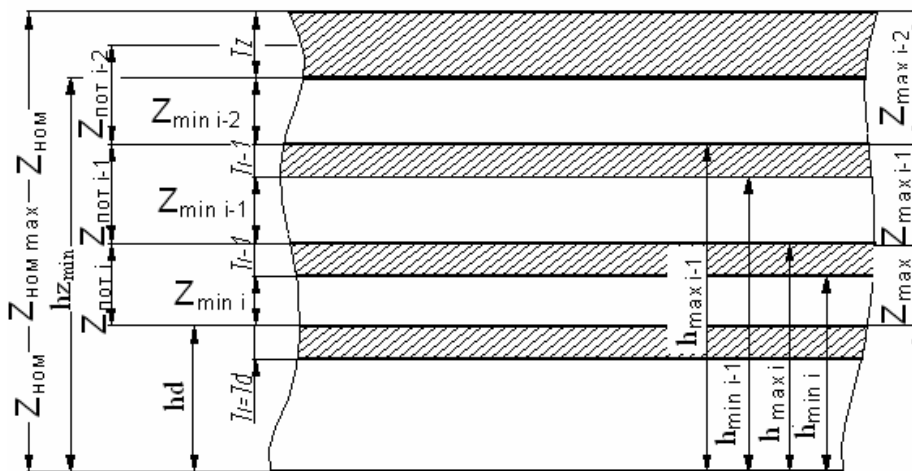


Рис. 9.6. Схема зв'язків міжперехідних розмірів, припусків і допусків для охоплюваних поверхонь

Відповідно до схеми (рис. 9.6) граничні значення міжперехідних розмірів:

$$h_{\min_i} = h_{\partial} + Z_{\min_i};$$

$$h_{\max_i} = h_{\partial} + Z_{\max_i};$$

$$h_{\min_{i-1}} = h_{\max_i} + Z_{\min_{i-1}};$$

$$h_{\max_{i-1}} = h_{\max_i} + Z_{\max_{i-1}};$$

$$h_{\min_{заг}} = h_{\max_{i-1}} + Z_{\min_{i-2}}; \quad h_{\max_{заг}} = h_{\max_{i-1}} + Z_{\max_{i-2}}.$$

Граничні розміри заготовки можна навести в загальному вигляді:

$$h_{\min_{заг}} = h_{\partial} + Z_{\max}^3 - T_{заг};$$

$$h_{\max_{заг}} = h_{\partial} + Z_{\max}^3.$$

Граничні значення припуску вихідної заготовки:

$$Z_{\min}^3 = \sum_{i=1}^n Z_{\max_i} - T_{заг};$$

$$Z_{\min}^3 = \sum_{i=1}^n Z_{\max_i}^i,$$

де n – кількість переходів з оброблення поверхні заготовки; $T_{заг}$ – допуск, що обмежує відхилення розміру вихідної заготовки.

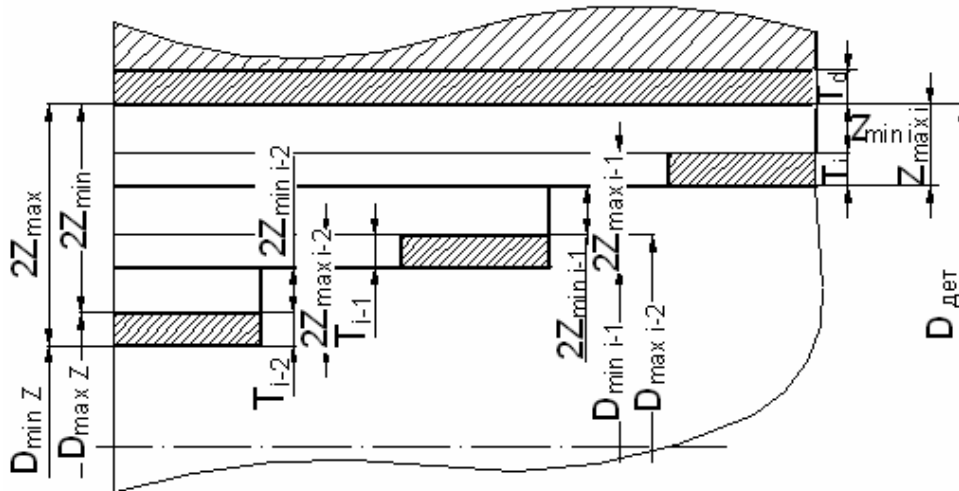


Рис. 9.7. Схема зв'язків міжперехідних розмірів, припусків і допусків для охоплюваних поверхонь

Наприклад, граничні значення діаметра отвору вихідної заготовки:

$$D_{\min_{заг}} = D_{\partial} - 2Z_{\max}^3;$$

$$D_{\max_{заг}} = D_{\partial} - 2Z_{\max}^3 + T_{заг}.$$

Поряд із розглянутим розрахунково-аналітичним методом визначення припусків існує так званий "табличний" метод. У цьому випадку розрахунки ведуть з використанням табличних значень загального припуску й припусків на окремі види оброблення поверхні, що наводяться у відповідних ДСТ і довідковій літературі.

9.2. Вибір режимів оброблення заготовки

На вибір режиму різання впливають вимоги до якості деталі, властивості матеріалу заготовки, властивості матеріалу та геометрія частини різального інструмента, можливості вибраного устаткування.

Режим оброблення поверхні заготовки характеризується: глибиною різання t ; подачею s ; швидкістю різання v . Його розраховують у послідовності, наведеній нижче:

1. Установлюють глибину різання. Глибина різання визначається головним чином величиною припуску. При цьому необхідно прагнути, щоб кожен перехід виконувався за один робочий хід (прохід). Глибина різання в цьому випадку буде відповідати Z_{\max} . Оброблення за кілька проходів застосовують найчастіше на чорнових переходах, при великих припусках і напусках, а також при недостатній твердості й міцності технологічної системи, недостатній потужності верстата.

2. Вибирають за нормативами величину подачі, максимально технологічно припустиму. При чорновому обробленні подача лімітується міцністю і твердістю технологічної системи, а при чистовому – точністю одержуваного розміру і форми оброблюваної поверхні. Вибрану величину подачі необхідно скорегувати за паспортними даними верстата.

3. Визначають швидкість різання одним із двох методів:

- розрахунково-аналітичним (за емпіричними формулами);
- табличним (за нормативами режимів різання з внесенням виправлень на умови різання, що не враховуються нормативами).

Вибір режимів зумовлений необхідністю забезпечення необхідної якості виготовлених деталей при максимальному рівні продуктивності й мінімальної собівартості процесу оброблення.

9.3. Формування операцій з переходів

Чинники, що впливають на формування операції, можна підрозділити на три групи. До **першої групи** відносяться чинники, від яких залежить забезпечення якості деталі (розподіл технологічного процесу на попереднє й остаточне оброблення, зміну технологічних баз, виконання оброблення декількох поверхонь з однієї установки заготовки, виділення в самостійну операцію переходів, пов'язаних із

досягненням особливо високої точності і т.п.). **Другу групу** складають чинники, що визначають фізичну можливість об'єднання переходів в операцію (неможливість об'єднання в операцію процесів оброблення, що відрізняються своєю фізичною сутністю, відсутність вільного доступу до різних поверхонь при обробленні заготовки). До **третьої групи** відносяться організаційно-економічні чинники (тип виробництва, вид і форма його організації).

На формування операцій впливають організація й планування виробництва, прагнення до зменшення довжини шляхів транспортування та числа транспортних операцій, міжцехова кооперація і т. ін.

Розмірний аналіз технологічного процесу є завершальним етапом розроблення технологічного процесу механічного оброблення деталі. Він дозволяє установити відповідність параметрів точності деталі, виготовленої за допомогою розробленого технологічного процесу, вимогам креслення й визначити достатність припусків, призначених для оброблення деталі.

9.4. Оформлення документації

Розроблений технологічний процес оформляють документально відповідно до вимог ЕСТД. Залежно від обсягу випуску виробу документація має різні форми. Нею можуть бути маршрутна й операційна карти, карти ескізів і т. ін.

Призначення технологічної документації полягає в тому, щоб дати вичерпну інформацію виконавцям про побудову технологічного процесу, устаткування, інструменти, режими оброблення, трудомісткість операцій, розряди робіт й їхні розцінки. Технологічні карти, відомості про оснащення, комплектувальні карти й інші є оперативними документами в плануванні та керуванні виробництвом. Одночасно з розробленням технологічного процесу розробляють технічні завдання на проектування спеціального устаткування, пристроїв, різального та вимірювального інструмента, штампів.

Необхідно, щоб технічне завдання містило докладний опис службового призначення об'єкта проектування.

10. РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ БАЗУВАННЯ ЗАГОТОВКИ. ВИБІР УСТАНОВЛЮВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

10.1. Аналіз вихідних даних і формулювання службового призначення пристрою

Як вихідні дані конструктору пристрою слід мати: креслення заготовки та деталі з технічними вимогами їхнього приймання; операційні креслення на попередню операцію і ту, що виконується; операційні карти технологічного процесу оброблення даної деталі.

У результаті аналізу вихідних даних виявляють: послідовність і зміст операцій; прийняте базування; устаткування й інструмент, що використовують; режими різання; запроектовану продуктивність з урахуванням часу на установлення, закріплення і зняття обробленої деталі; розміри, допуски, шорсткість оброблюваних поверхонь деталей; марку і вид термічного оброблення матеріалу.

Службове призначення пристрою – це максимально уточнена і чітко сформульована задача, для вирішення якої він призначений. При формулюванні службового призначення необхідно враховувати дані про деталь, що закріплюється (кількість, форма, розміри, якість поверхонь, матеріал, вид термооброблення), точність виготовлення, продуктивність, характеристику приводу, навколишнє середовище (температуру, вологість, запилення, види енергії і т.д.), зовнішній вигляд, техніку безпеки, ступінь автоматизації і т.д.

10.2. Класифікація технологічного оснащення

За цільовим призначенням пристрої поділяють на такі групи:

1. Верстатні для установлення і закріплення оброблюваних заготовок. Ці пристрої підрозділяють на свердлильні, фрезерні, розточувальні, токарні й ін. (за групами верстатів).

2. Верстатні для установлення і закріплення робочого інструмента. До них відносяться патрони для свердлів, розверток, мітчиків, багатошпіндельні свердлильні та фрезерні головки, інструментальні державки для токарно-револьверних верстатів й автоматів та інші пристрої. Ці пристрої називають допоміжним інструментом.

3. Складальні, що використовують для з'єднання деталей у виробі. Застосовують ці типи пристроїв для таких дій: а) кріплення базових деталей виробу, що збирається; б) забезпечення правильного установлення елементів виробу, що з'єднуються; в) попереднього деформування встановлюваних пружних елементів

(пружин, розрізних кілець); г) запресовування, клепання, розвальцьовування та інших операцій, коли при збиранні необхідні великі сили.

4. Контрольні, що застосовують для перевірки заготовок при проміжному й остаточному контролі деталей, а також при збиранні машин.

5. Пристрої для захоплення, переміщення і перегортання заготовок, деталей і виробів, що збираються.

За ступенем спеціалізації верстатні пристрої поділяють на такі групи: універсально-безналагоджувальні (УБП), універсально-налагоджувальні (УНП), універсально-складальні (УСП), складально-розбірні (СРП), нерозбірні спеціальні (НСП), спеціалізовані налагоджувальні (СНП).

До групи УБП відносяться універсальні пристрої загального призначення: центри, повідкові пристрої, оправки, токарні патрони, цангові пристрої, плити магнітні й електромагнітні, столи і т.д. Їх виготовляють як приладдя до верстата заводом-виготовлювачем чи верстатів спеціалізованими підприємствами. УБП застосовують в одиничному і дрібносерійному виробництві; на верстатах із ЧПК – у дрібносерійному виробництві.

Група УНП включає пристрої, що складаються з постійної частини і змінних пристроїв. Постійна частина у всіх випадках залишається незмінною, а змінне налагодження замінюється залежно від конкретної деталі, що оброблюється. Постійна частина містить у собі корпус і затискний пристрій із приводом (частіше пневматичним). Іноді в неї вбудовують ділильний пристрій та інші елементи, крім опорних і напрямних. Постійну частину виготовляють заздалегідь і застосовують багаторазово. Перед черговим використанням УНП потрібно зробити лише зміну налагодження чи деяке додаткове оброблення. Налагодження являє собою змінні опорні та напрямні елементи. Кожен комплект налагодження призначений тільки для даної деталі та конкретної операції її оброблення й у цьому випадку є спеціальним. За допомогою УНП заготовку встановлюють з такою же точністю і швидкістю, як і при використанні дорогого спеціального пристрою. Універсальність УНП трохи обмежена визначеними розмірами постійної частини, що звичайно нормалізується в межах підприємства чи галузі. До числа нормалізованих пристроїв, на базі яких збирають УНП, відносять машинні тиски, скальчасті кондуктори, пневматичні патрони зі змінними кулачками, планшайби з переставними наугольниками для розточування на токарному верстаті деталей складної форми і т.д. УНП застосовують у серійному

виробництві; на верстатах із ЧПК – у дрібносерійному виробництві.

УСП включають у себе пристрої, які компонуються з нормалізованих деталей і вузлів. Кожне компонування УСП має всі основні властивості спеціального пристрою, тобто призначені для оброблення конкретної деталі на визначеній операції і забезпечують базування заготовки без вивірення та необхідну точність. Після задоволення потреби в такому пристрої його розбирають на складові деталі та вузли, що можуть бути багато раз використані для компонування інших пристроїв. Відмітною рисою УСП є хрестоподібне взаємно-перпендикулярне розташування на поверхнях Т-подібних і шпонкових пазів, що сполучаються. Основні деталі та складальні одиниці, з яких компонують УСП, умовно підрозділяють на сім груп: 1) базові деталі (плити прямокутні й круглі, косинці); 2) корпусні деталі (опори, призми, підкладки і т.д.); 3) настановні деталі (шпонки, штирі, пальці і т.д.); 4) притискні деталі (прихоплювачі, планки); 5) кріпильні деталі (болти, шпильки, гвинти і т.д.); 6) різні деталі (вушка, качани, хомутики, осі, рукоятки і т.д.); 7) складальні одиниці (поворотні головки, кронштейни, центрові бабки й ін.).

У приладо- та машинобудуванні використовують комплекти УСП-8 із шириною пазів 8 мм і діаметром кріпильних елементів 8 мм для оброблення малогабаритних заготовок розмірами 220×120×100 мм. УСП-12 призначені для оброблення заготовок розмірами 700×400×200 мм, а УСП-16 – для заготовки розмірами 2500×2500×1000 мм.

УСП застосовують в одиничному й дрібносерійному виробництві. При використанні замість ручних затисків гідро- чи пневмозатискувачів УСП можна застосовувати й у великосерійному виробництві. На верстатах із ЧПК УСП застосовують в одиничному і дрібносерійному виробництві.

Система СРП є різновидом системи УСП. У компонуваннях СРП на відміну від УСП кількість складальних одиниць переважає над кількістю деталей. Пристрої переналагоджують за допомогою перекомпонування, регулювання положення базування у затискних елементах чи заміни змінних налагоджень. СРП звичайно збирають на період випуску визначеного виробу. Після оброблення партії деталей пристрій знімають з верстата і зберігають до запуску в оброблення нової партії. Розбирають СРП тільки при зміні об'єкта виробництва. Компонування СРП збирають зі стандартних деталей і складальних одиниць, фіксуючи відносно один одного системою палець-отвір. Для цієї мети в базових деталях існують сітки точних координатно-фіксуючих отворів. До столу верстата деталі й складальні одиниці СРП кріплять за допомогою Т-подібних пазів. СРП

застосовують в одиничному і дрібносерійному виробництві, а на верстатах із ЧПК – у дрібносерійному виробництві.

Пристрої групи НСП служать для оброблення тільки визначеної деталі на одній конкретній операції. Спеціальні пристрої мають великі переваги – дозволяють без вивірення додати заготовці необхідного положення щодо верстата й різального інструмента і завдяки цьому при одному настроюванні обробити всю партію заготовок. До НСП відносяться патрони для токарних автоматів і напівавтоматів, мембранні патрони, гідропластмасові пристрої й ін. НСП використовують у великосерійному і масовому виробництвах. На верстатах із ЧПК такі пристрої можна застосовувати лише як виключення, якщо не можна використати ні одну з переналагоджуваних систем.

До групи СНП відносяться спеціальні пристрої, що мають визначену універсальність унаслідок введення в їхню конструкцію елементів, що допускають налагодження пристрою шляхом регулювання. Завдяки цьому один і той же пристрій можна застосовувати для оброблення ряду деталей однієї конструкторсько-технологічної групи. До СНП відносяться переналагоджувані планшайби, патрони, оправки, кондуктори і т.д. СНП використовують у серійному і великосерійному виробництвах; на верстатах із ЧПК – у серійному виробництві.

Крім перерахованих вище груп пристроїв на верстатах із ЧПК й обробних центрах використовують й інші групи пристроїв: механізовані універсально-збірні (УЗПМ) і універсально-збірні переналагоджувані (УЗПП).

10.3. Розроблення схеми базування заготовки

Кожний пристрій має забезпечувати виконання усіх функцій, обумовлених операцією. Серед них головною є базування заготовки, тобто додання їй необхідного положення в пристрої. Після базування заготовку необхідно закріпити, щоб вона зберегла при обробленні нерухомість щодо пристрою.

Базування і закріплення – це два різних елементи установаження заготовки. Їх виконують послідовно. Базування не можна замінити закріпленням. Якщо із шести опорних точок відсутня одна чи декілька, то в заготовці залишається одна чи кілька степенів вільності. Це значить, що в напрямку відсутніх опорних точок положення заготовки не визначено і замінити відсутні опорні точки закріпленням з метою базування не можна. У табл.10.1 наведені схеми базування заготовок для різних випадків механічного оброблення.

Схеми базування й закріплення заготовок

1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Продовження табл. 10.1

8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		

19		
20		
21		



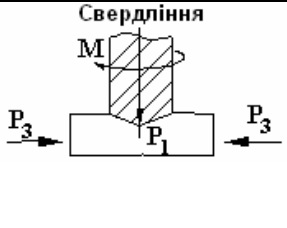
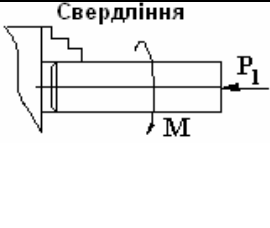
10.4. Визначення напрямку дії сил і моментів різання при механічному обробленні деталей

При обробленні заготовки на неї діють сили різання. Їхня величина, напрямок і місце прикладання можуть змінюватися в процесі оброблення однієї поверхні, впливаючи на положення заготовки в пристрої. У табл.10.2 наведені приклади дії сил і моментів різання для різних випадків оброблення.

Таблиця 10.2

Схеми дії сил і моментів різання для різних випадків оброблення деталей

1	Стругання 	2	Плоске шліфування
3	Кругле шліфування 	4	Фрезерування площини
5	Фрезерування площини 	6	Фрезерування площини
7	Фрезерування торця вала 	8	Фрезерування площини

9		10	
11		12	

Крім сил різання на заготовку діють об'ємні сили (сили тяжіння, відцентрові, інерційні) і другорядні.

Силу тяжіння заготовки враховують при установленні на вертикальні чи похилі поверхні настановних елементів.

Відцентрові сили виникають у процесі оброблення при зсуві центра ваги заготовки щодо її осі обертання.

Інерційні сили мають значення, коли заготовка здійснює зворотно-поступальний рух чи обертається з великим кутовим прискоренням.

До другорядних сил відносяться сили, що виникають при відведенні різального інструмента (свердла, мітчика, зенкера).

10.5. Визначення типу опорних елементів і форми їхньої робочої поверхні

Опорні елементи мають різноманітну конструкцію, що залежить від форми бази і числа степенів вільності, яких позбавляються. Їх розділяють на основні та допоміжні опори. Крім того, опори бувають нерухомими, рухомими, такими, що плавають, і регульованими.

Основні опорні елементи характеризуються тим, що кожен із них реалізує одну чи кілька опорних точок для базування заготовки. Будучи відповідним чином розміщеними в пристрої, вони утворюють необхідну при вибраному способі базування сукупність опорних точок. До основних опор відносяться: опорні штирі, пальці, пластини, центри, призми (ДСТУ 12193-12197, 12209-12216, 13440-13442, 4743), показані на рис. 10.1–10.4.

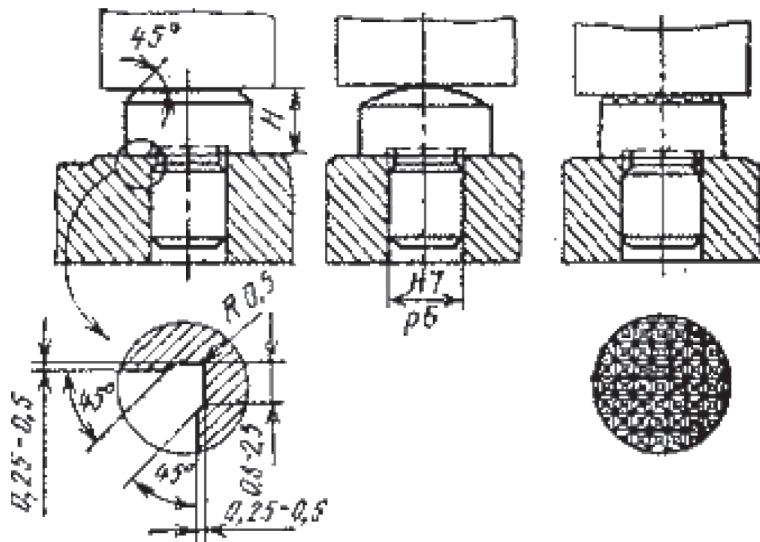


Рис. 10.1. Опорні штирі

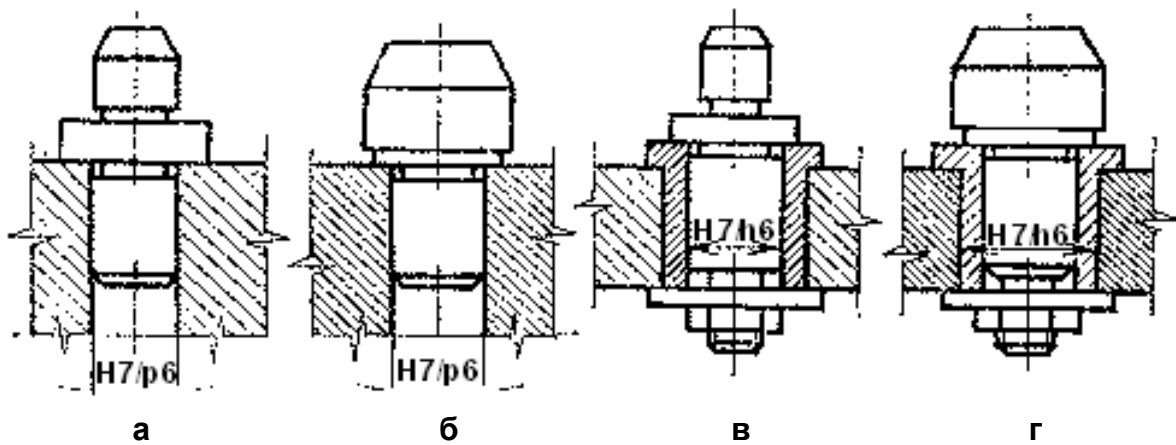


Рис. 10.2. Елементи для установки заготовок по зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхнях: а, б, в, г – пальці постійні відповідно з буртиком, без буртика і змінні з буртиком і без буртика

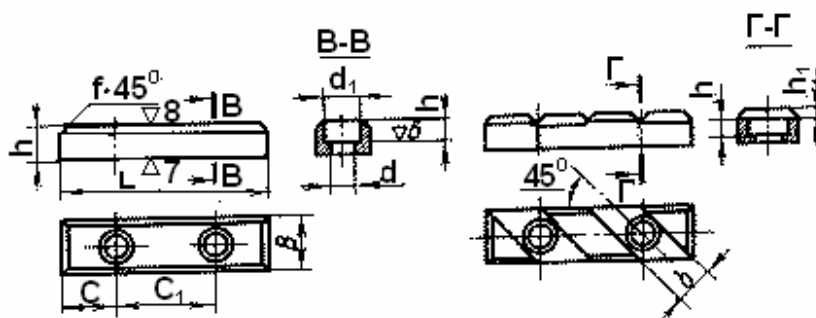


Рис. 10.3. Опорні пластини

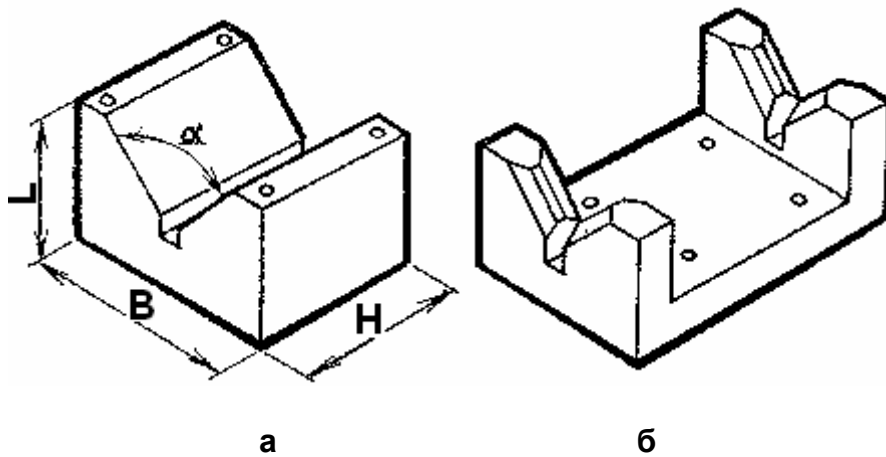


Рис. 10.4. Елементи для установлення заготовок по зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхнях: а – широка призма; б – вузька здвоєна призма

Допоміжні опорні елементи відрізняються тим, що вони підводяться до заготовки після того, як вона одержала необхідне базування за допомогою основних елементів. Такі опори використовують для збільшення числа точок контакту заготовки з пристроєм для підвищення твердості системи. До допоміжних опор відносяться регульовані й одиночні опори, що плавають, люнети (ДСТ 4084-4086, 4740).

Нерухомі опори використовують тільки як основні. До них відносяться опорні штирі, пластини, призми, центри.

Регульовані опори застосовують як основні і допоміжні опори (рис. 10.5). Як основні вони служать для установлення заготовок неопрацьованими поверхнями при великих змінах припуску на механічне оброблення, а також при вивірненні заготовок за розмічальними ризиками.

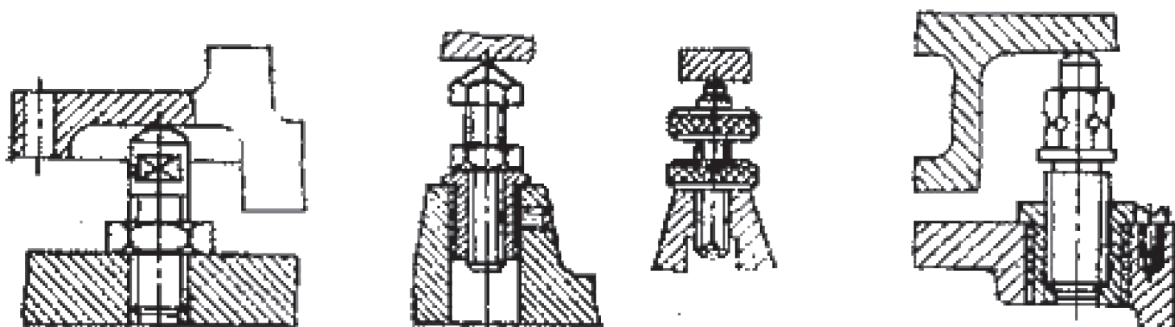


Рис. 10.5. Регульовані гвинтові опори

Опори, що плавають, звичайно застосовують як допоміжні, але якщо заготовка має складну форму й установити її тільки на постійні

опори важко, то опори, що плавають, можна застосовувати як основні (рис. 10.6).

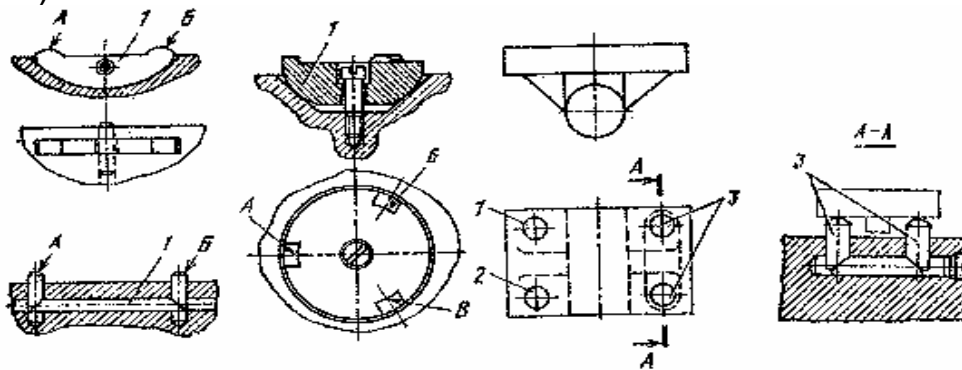


Рис. 10.6. Зблоковані плаваючі опори

До рухомих опор відносяться лунети, призми і т.п.

У табл.10.3 наведено графічне позначення опор у технологічній документації відповідно до ДСТУ 3.1107-81. При установленні заготовки на опорні елементи необхідно правильно вибрати форму робочої поверхні опори залежно від виду базової площини заготовки і методу її оброблення.

Таблиця 10.3

Графічне позначення опор

Найменування опори	Позначення опори на видах		
	попереду, позаду	зверху	знизу
Нерухома			
Рухома			
Плаваюча			
Регульована			

Для виконання базування заготовки плоскою базою в пристрої необхідно мати три опорні точки, розташовані в одній заданій площині, але не на одній прямій. Це досягається за допомогою різних сполучень основних опорних елементів: трьох опорних штирів, двох опорних пластин, площиною опорного елемента.

Базування за допомогою трьох опорних штирів застосовують в основному, коли плоска головна база заготовки не оброблена. У даному випадку використовують штирі з насіченою і сферичною головками. Для установлення заготовок з обробленими базами використовують штирі з плоскою головкою.

Базування за допомогою двох опорних пластин – найбільш розповсюджений спосіб орієнтування заготовок з обробленими базами. Дві опорні пластини реалізують три опорні точки, тому

базування на двох пластинах цілком відповідає вимогам теоретичної механіки.

Базування на площину опорного елемента використовують тільки для орієнтування чисто і точно оброблених баз. Прикладом такого базування є установлення заготовок на площину магнітної плити.

Для базування заготовок, що мають основну базу у вигляді обробленої циліндричної поверхні, використовують широкі опорні призми, що самоцентрують патрони, оправки, центри, цанги, гідропластові патрони, конуси.

Для базування неопрацьованих циліндричних баз використовують вузькі призми, трикулачкові патрони.

У табл. 10.4 наведено графічне позначення основних форм робочої поверхні опорних елементів.

Таблиця 10.4

Основні форми робочої поверхні

Найменування форми робочої поверхні	Позначення форми робочої поверхні на усіх видах
Плоска	
Сферична	
Циліндрична (кулькова)	
Призматична	
Конічна	
Ромбічна	
Тригранна	
Рифлена, різьбова, шліцьова і т.п.	

Для установлення деталей типу тіл обертання використовують настановні пристрої: центри, оправки та патрони. У табл. 10.5 наведено графічне позначення настановних пристроїв.

Таблиця 10.5

Позначення настановних пристроїв

Найменування настановного пристрою	Позначення настановного пристрою на видах		
	попереду, позаду, зверху, знизу	ліворуч	праворуч
Центр нерухомий		без позначення	без позначення
Центр обертовий		без позначення	без позначення
Центр плаваючий		без позначення	без позначення
Оправка циліндрична			
Оправка кулькова (роликова)			
Патрон повідковий			
Патрон трикулачковий			
Оправка цангова			

11. РОЗРАХУНОК ТОЧНОСТІ БАЗУВАННЯ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ

11.1. Похибка базування при встановленні вала на призму (рис. 11.1)

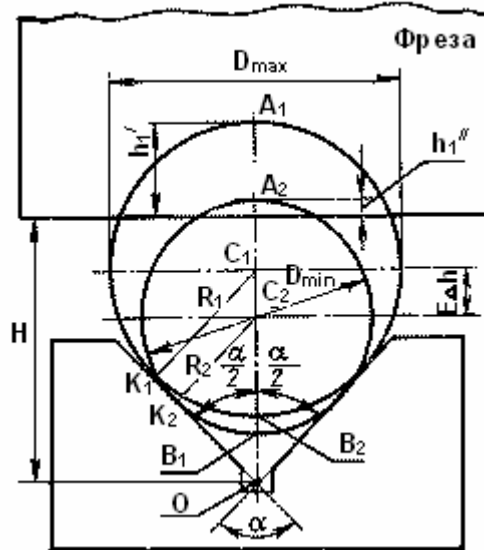


Рис. 11.1. Схема для визначення похибок базування при установленні вала на призму

При обробленні вала в призмі можуть бути такі вимірювальні бази для розміру h , які показано на рис. 11.2.

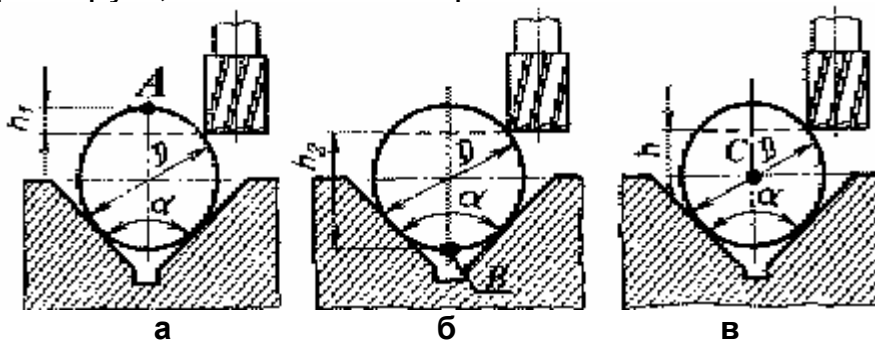


Рис. 11.2. Вимірювальні бази при обробленні вала в призмі

На рис. 11.2 показано схему установлення вала на призму для оброблення в розмір h (h_1 ; h_2 ; h_3). Діаметр вала може коливатися в межах:

$$\delta_2 = D_{\max} - D_{\min}.$$

Вимірювальною базою є:

для розміру h_1 – точка А (A' ; A''),

для розміру h_2 – точка В (B' ; B''),

для розміру h_3 – точка С (C' ; C'').

Установлювальною базою є точка К (K' ; K''). Інструмент постійно

настроений на розмір Н. Оскільки встановлювальна й вимірювальна бази не збігаються, то похибка базування $\varepsilon_{\delta} \neq 0$.

Для h_1 :

$$\varepsilon_{\delta_1} = h_1 - h'_1 = A' - A'' = OA' - OA'';$$

$$OA' = OC' + C'A' = \frac{C'K'}{\sin \frac{\alpha}{2}} + C'A';$$

$$C'K' = C'A' = \frac{D_{\max}}{2};$$

тоді

$$OA' = \frac{D_{\max}}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right).$$

За аналогією

$$OA'' = \frac{D_{\min}}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right),$$

отже,

$$\varepsilon_{\delta_1} = h_1 - h'_1 = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right) = \delta_D \frac{\left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right)}{2}.$$

За аналогією

$$\varepsilon_{\delta_2} = \delta_D \frac{\left(1 - \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)}{2}; \quad \varepsilon_{\delta_{R3}} = \delta_D \left(\frac{1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \right).$$

Позначимо, що

$$K(K_1; K_2; K_3) = \frac{\pm \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1}{2}.$$

Значення коефіцієнтів К наведені в табл.11.1.

Таблиця 11.1
Значення коефіцієнтів К

К	Кут призми, град.		
	60	90	120
K_1	1,5	1,21	1,07
K_2	0,5	0,21	0,08
K_3	1,0	0,71	0,58

11.2. Похибка базування при встановленні вала на жорсткий центр

На рис. 11.3 показано схему установлення вала на жорсткий і рухомий центри для оброблення ступеня вала в розмір l .

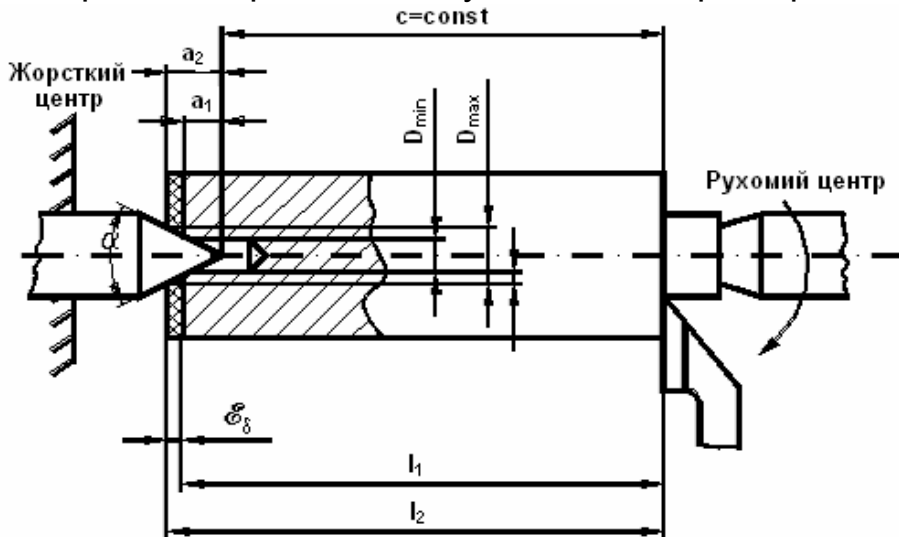


Рис. 11.3. Схема установлення вала на жорсткий центр

Діаметр центрального отвору може коливатися в межах

$$\delta_2 = D_{\max} - D_{\min}.$$

Вимірювальною базою для розміру l буде лівий торець вала. Переміщення супорта верстата припиняється вимиканням подачі при досягненні різцем розміру C . Оскільки вимірювальна й встановлювальна база не збігаються, то $\varepsilon_\delta \neq 0$.

$$\varepsilon_\delta = l_2 - l_1 = a_2 - a_1 = \frac{\delta_D}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}.$$

$\varepsilon_\delta = 0$, якщо замість жорсткого центра застосувати конструкцію плаваючого центра. У результаті цього торець вала стане установлювальною базою.

11.3. Похибка базування при встановленні корпусної деталі на площину і два отвори, перпендикулярні площині

Розглянемо похибку базування з використанням установлювальних пальців, один із яких є зрізаним (рис. 11.4).

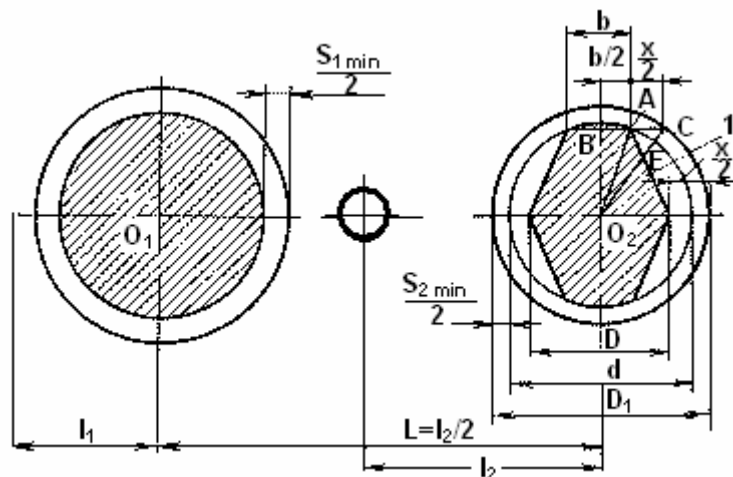


Рис. 11.4. Схема для визначення похибки базування при установленні корпусної деталі на два пальці

Якщо обидва пальці є циліндричними, то має виконуватися нерівність

$$S_{1\max} + S_{2\max} \geq \delta_O + \delta_{II}.$$

При установленні на циліндричний і зрізаний палець

$$S_{1\min} + S_{2\min} \geq \delta_O + \delta_{II},$$

$$S_{1\min} + X \geq \delta_O + \delta_{II},$$

де X – збільшений зазор після зрізу пальця; δ_O – допуск на відстань між осями отворів; δ_{II} – допуск на відстань між осями пальців.

$$\delta_{II} = \left(\frac{1}{5} \cdots \frac{1}{2} \right) \delta_O.$$

У даному випадку без зрізу пальця нормальне установлення на два циліндричних пальці є неможливим, тому що звичайно допуск на розмір L більше, ніж сума зазорів у сполученнях двох пальців:

$$\delta_O \gg S_1 + S_2,$$

де δ_0 – допуск розміру L ; S_1 і S_2 – зазори.

Вимірювальною базою є:

- для розміру l_1 – вісь першого отвору заготовки;
- для розміру l_2 – вісь другого отвору заготовки.

Встановлювальною базою є циліндричні поверхні отворів.

У даному випадку встановлювальна та вимірювальна бази не збігаються: $\varepsilon_\delta \neq 0$.

Для визначення похибки базування треба знайти зазори.

Опустивши проміжні висновки, маємо

$$X = \frac{d}{b} \cdot S_{2\min}$$

Отже, чим менше хорда b , тим більше зазор X .

Однак застосування зрізаних пальців з невеликою хордою b призводить до швидкого спрацювання пальців.

Тепер можна записати:

$$S_{1\min} + S_{2\min} \cdot \frac{d}{b} \geq \delta_0 + \delta_{II}$$

11.4. Визначення величини повороту деталі при встановленні її по площині й отворах на два пальці

Припускаємо гірший граничний випадок, коли зазори максимальні.

З побудови маємо (рис. 11.5):

$$O_1O'_1 = \frac{S_{1\max}}{2}; O_2O'_2 = \frac{S_{2\max}}{2};$$

$$AO'_2 = \frac{S_{1\max}}{2} + \frac{S_{2\max}}{2};$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{S_{1\max} + S_{2\max}}{2L}$$

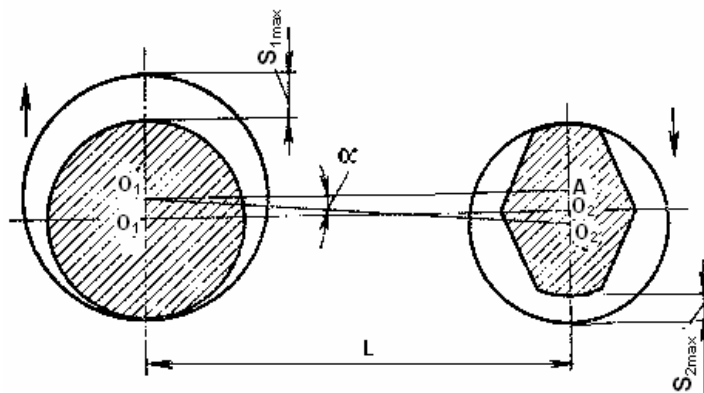


Рис. 11.5. Схема для визначення величини повороту деталі

12. ЗАТИСКНІ ЕЛЕМЕНТИ ПРИСТРОЇВ

12.1. Вибір місця прикладання затискних зусиль, виду і кількості затискних елементів

При закріпленні заготовки в пристосуванні треба дотримуватися таких основних правил:

- не можна порушувати положення заготовки, досягнуте при її базуванні;

- закріплення має бути надійним, щоб під час оброблення положення заготовки зберігалось незмінним;

- зминання поверхонь заготовки, що виникають при закріпленні, а також її деформація мають бути мінімальними і знаходитися в припустимих межах;

- для забезпечення контакту заготовки з опорним елементом і усунення можливого його зрушення при закріпленні затискне зусилля варто направляти перпендикулярно до поверхні опорного елемента. В окремих випадках затискне зусилля можна спрямувати так, щоб заготовка одночасно притискала до поверхонь двох опорних елементів;

- з метою усунення деформації заготовки при закріпленні точку прикладання затискного зусилля треба вибрати так, щоб лінія його дії перетинала опорну поверхню опорного елемента. Лише при закріпленні особливо жорстких заготовок можна допускати, щоб лінія дії затискного зусилля проходила між опорними елементами.

12.2. Визначення кількості точок прикладання затискних зусиль

Кількість точок прикладання затискних зусиль визначається конкретно до кожного випадку затиску заготовки. Для зменшення зминання поверхонь заготовки при закріпленні необхідно зменшувати питомий тиск у місцях контакту затискного пристрою із заготовкою шляхом розосередження затискного зусилля.

Це досягається застосуванням у затискних пристроях контактних елементів відповідної конструкції, що дозволяють розподілити затискне зусилля нарівно між двома чи трьома точками, а іноді навіть розосередити їх по деякій протяжній поверхні. Кількість точок затиску багато в чому залежить від виду заготовки, методу оброблення, напрямку сили різання. Для зменшення вібрацій і деформацій заготовки під дією сили різання варто підвищувати жорсткість системи заготовка-пристрій шляхом збільшення числа місць затиснення заготовки і наближення їх до поверхні, що оброблюється.

12.3. Визначення виду затискних елементів

До затискних елементів відносяться гвинти, ексцентрики, прихвати, лещатні губки, клини, плунжери, притиски, планки.

Вони є проміжними ланками в складних затискних системах.

12.3.1. Гвинтові затискачі

Гвинтові затискачі (рис. 12.1) застосовують у пристроях з ручним закріпленням заготовки, у пристроях механізованого типу, а також на автоматичних лініях при використанні пристроїв-супутників. Вони є простими, компактними та надійними в роботі.

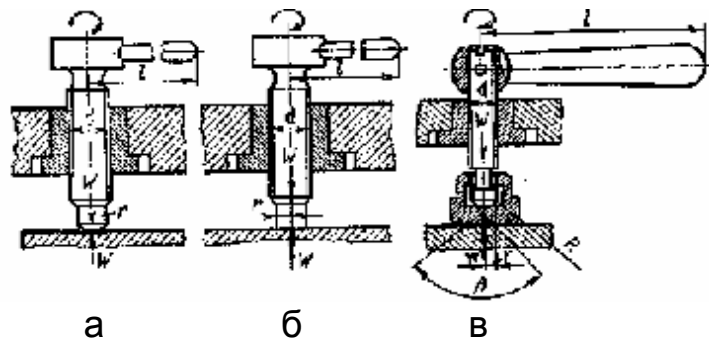


Рис. 12.1. Гвинтові затискачі: а – зі сферичним торцем; б – з плоским торцем; в – з башмаком

Гвинти можуть бути зі сферичним торцем (п'ята), плоским і з башмаком, що попереджає псування поверхні.

При розрахунку гвинтів зі сферичною п'ятою враховують тільки тертя в різьбленні:

$$P_3 \approx \frac{L}{r_{\text{сер}} \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}})},$$

де L – довжина рукоятки, мм; $r_{\text{сер}}$ – середній радіус різьблення, мм; α – кут підйому різьблення.

$$\text{tg}\alpha = \frac{S}{2\varphi_{\text{пр}} r_{\text{сер}}},$$

де S – крок різьблення, мм; $\varphi_{\text{пр}}$ – приведений кут тертя.

$$P_3 \approx 1400P_u, \text{ Н},$$

де $P_u \leq 150 \text{ Н}$.

Умова самогальмування: $\alpha \leq 6^\circ 40'$.

Для стандартних метричних різьблень $\alpha \approx 2...4^\circ$, тому всі механізми з метричним різьбленням є самогальмуючими.

При розрахунку гвинтів із плоскою п'ятою враховують тертя на торці гвинта.

Для кільцевої п'яти

$$P_3 = P_u \frac{L}{r_{\text{сер}} \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + \frac{1}{3} f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}},$$

де D – зовнішній діаметр опорного торця, мм; d – внутрішній діаметр опорного торця, мм; f – коефіцієнт тертя.

З плоскими торцями:

$$P_3 = P_u \frac{L}{r_{\text{сер}} \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + \frac{1}{3} f \cdot D},$$

$$P_3 \approx 65P_u, \text{кгс}; P_u \leq 150 \text{ Н.}$$

Для гвинта з башмаком

$$P_3 = P_u \frac{L}{r_{\text{сер}} \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + \frac{1}{2} f \cdot D \cdot \text{ctg} \frac{\beta}{2}},$$

де $f = 0,1$; $\beta = 120^\circ$; $\varphi_{\text{пр}} = 6^\circ 34'$.

$$P_3 \approx 65P_u, \text{кгс}; P_u \leq 150 \text{ Н.}$$

12.3.2. Клинові затискачі

Клин застосовують у таких конструктивних варіантах (рис. 12.2):

1. Плоский односкісний клин.
2. Двоскісний клин.
3. Круглий клин.

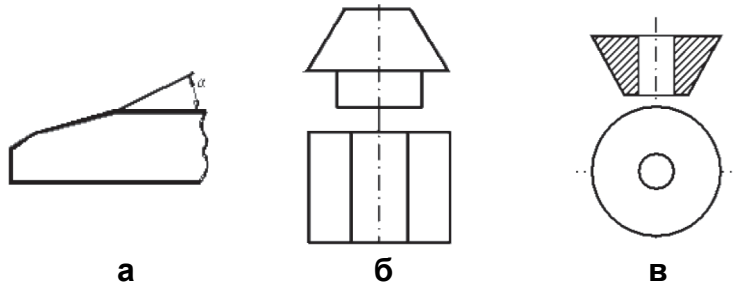


Рис. 12.2. Плоский односкісний клин (а), двоскісний клин (б); круглий клин (в)

4. Кривошипний клин у формі ексцентрика чи плоского кулачка з робочим профілем, обкресленим за архімедовою спіраллю (рис. 12.3).

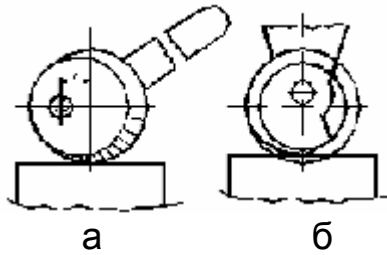


Рис. 12.3. Кривошипний клин: а – у формі ексцентрика; б – у формі плоского кулачка

5. Гвинтовий клин у формі торцевого кулачка. Тут односкісний клин як би згорнули у циліндр: підстава клина утворить опору, а його похила площина – гвинтовий профіль кулачка.

6. У клинових механізмах, що самоцентруються (патрони, оправки), не користуються системи з трьох і більше клинів.

Умова самогальмування клина

$$f = \frac{F}{N},$$

де φ – кут тертя, f – коефіцієнт тертя, $\operatorname{tg}\varphi = f$; $\varphi = \operatorname{arctg}f$.

Для клина з тертям тільки по похилій поверхні умова самогальмування (рис. 12.4):

$$\alpha < \varphi;$$

з тертям на двох поверхнях:

$$\alpha < \varphi + \varphi_1.$$

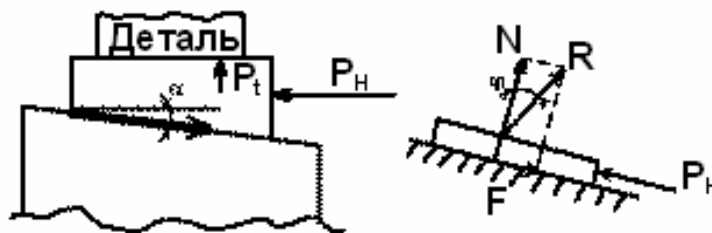


Рис. 12.4. Умова самогальмування клина

Маємо $f = \operatorname{tg}\varphi = 0,1$; $\varphi = 5^{\circ}43'$ чи $f = \operatorname{tg}\varphi = 0,15$; $\varphi = 8^{\circ}30'$. Тоді умова самогальмування для клина з тертям на двох поверхнях

$$\alpha < 11^{\circ} \text{ (при } f = 0,1\text{);}$$

$$\alpha < 17^\circ \text{ (при } f = 0,15\text{);}$$

для клина з тертям тільки на похилій поверхні

$$\alpha < 5^\circ 43' \text{ (при } f = 0,1\text{);}$$

$$\alpha < 8^\circ 30' \text{ (при } f = 0,15\text{).}$$

З тертям на двох поверхнях

$$P_u = P_3 [tg(\varphi - \alpha) + tg\varphi_1]$$

З тертям тільки на похилій поверхні

$$P_u = P_3 \cdot tg(\varphi - \alpha).$$

12.3.3. Ексцентрикові затискачі

Такі затискачі є швидкодіючими, але розвивають меншу силу, чим гвинтові. Мають властивість самогальмування. Основний недолік: не можуть надійно працювати при значних коливаннях розмірів між встановлювальною поверхнею і поверхнею оброблюваних деталей, що затискається (рис. 12.5).

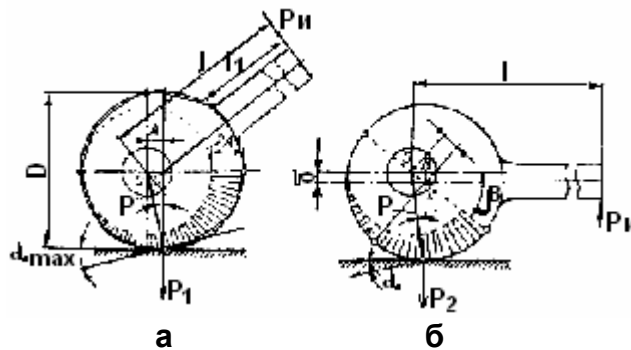


Рис. 12.5. Схеми для розрахунку ексцентриків

$$P_3 = P_u \frac{l}{\rho} \cdot \frac{1}{tg(\alpha + \varphi) + tg\varphi_1},$$

де ρ – середнє значення радіуса, проведеного з центра обертання ексцентрика в точку А затискача, мм; α – середній кут підйому ексцентрика в точці затиску; φ, φ_1 – кути тертя ковзання в точці А затискача і на осі ексцентрика.

Для розрахунків приймають

$$tg\varphi = tg\varphi_1 = 0,1; \varphi_1 = \varphi = 5^\circ 43'; \alpha = 4^\circ; \rho = \frac{D}{2}.$$

При $l \approx 2D$ розрахунок можна робити за формулою

$$P_3 \approx 12P_u.$$

Умова самогальмування ексцентрика

$$\frac{D}{e} \geq 14; \alpha_{\max} \leq 11^\circ.$$

Звичайно приймають $\alpha_{\max} \leq 8^\circ 30'$.

Матеріал: сталь 20Х із цементацією на глибину 0,8...1,2 мм і загартуванням до HRC 50...60.

12.3.4. Цанги

Цанги являють собою пружні гільзи (рис. 12.6).

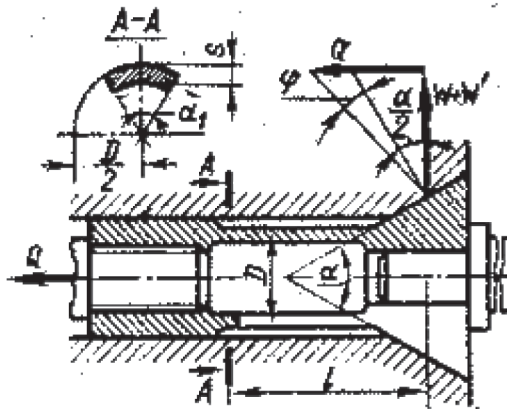


Рис. 12.6. Цанга

Їх застосовують для установлення заготовок по зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхнях

$$P_u = (Q + P_3) \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi \right),$$

де P_3 – сила закріплення заготовки; Q – сила стиску пелюстків цанги; φ – кут тертя між цангою та втулкою.

12.3.5. Пристрої для затискання деталей типу тіл обертання

Крім цанги для затискання деталей, що мають циліндричну поверхню, застосовують розтискні оправки, затискні втулки з гідрошаром, оправки й патрони з тарілчастими пружинами, мембранні патрони і т. ін.

Консольні та центрові оправки застосовують для установлення із центральним базовим отвором втулок, кілець, шестерень, що оброблюють на багаторіздцевих, шліфувальних та інших верстатах.

При обробленні партії таких деталей потрібно одержати високу концентричність зовнішніх і внутрішніх поверхонь і задану

перпендикулярність торців до осі деталі.

Залежно від способу установлення й центрування оброблюваних деталей консольні та центрові оправки можна підрозділити на такі види: 1) жорсткі (гладкі) для установлення деталей із зазором чи натягом; 2) розтискні цангові; 3) клинові (плунжерні, кулькові); 4) з тарілчастими пружинами; 5) самозатискні (кулачкові, роликові); 6) із пружною втулкою, що центрує.

На рис. 12.7, а показано гладку оправку 2, на циліндричній частині якої встановлено оброблювану деталь 3. Тяга 6, закріплена на штоці пневмоциліндра, при переміщенні поршня зі штоком уліво головкою 5 натискає на швидкозмінну шайбу 4 і затискає деталь 3 на гладкій оправці 2. Оправку конічною частиною 1 вставляють у конус шпинделя верстата. При затисканні оброблюваної деталі на оправці осьова сила Q на штоку механізованого приводу викликає між торцями шайби 4, уступом оправки й оброблюваною деталлю 3 момент від сили тертя, більший, ніж момент $M_{\text{різ}}$ від сили різання P_z .

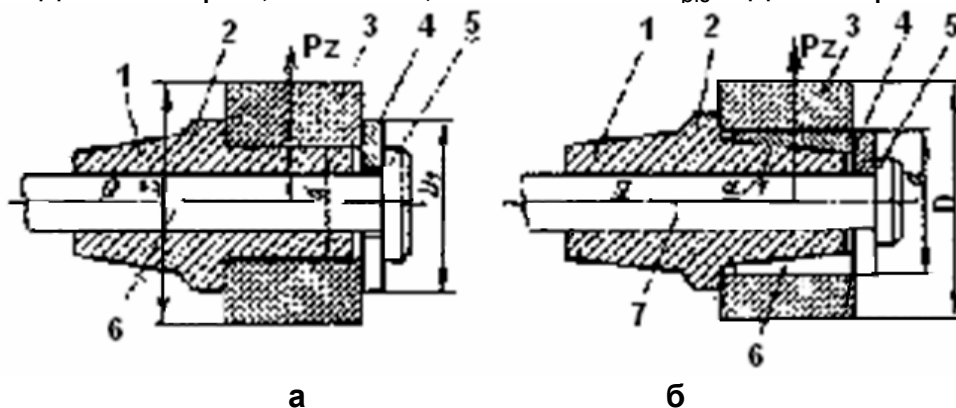


Рис. 12.7. Конструкції оправок: а – гладка оправка; б – оправка з розрізною втулкою

Залежність між моментами

$$\frac{P_U f (D_1 + d)}{4} = K P_z \left(\frac{D}{2} \right) = K P_z R,$$

звідки сила на штоці механізованого приводу

$$Q \approx \frac{2 K P_z D}{(D_1 + d) f}.$$

За уточненою формулою

$$P_U = \frac{K P_z D}{\frac{2}{3} f \left(\frac{D_1^3 - d^3}{D_1^2 - d^2} \right)},$$

де $K = 1,5 \dots 2,0$ – коефіцієнт запасу; P_z – вертикальна складова сили різання, Н (кгс); D – зовнішній діаметр поверхні оброблюваної деталі, мм; D_1 – зовнішній діаметр швидкозмінної шайби, мм; d – діаметр циліндричної встановлювальної частини оправки, мм; $f = 0,1 \dots 0,15$ – коефіцієнт тертя зчеплення.

На рис. 12.7, б показано оправку 2 з розрізною втулкою 6, на якій встановлюють і затискають деталь 3, що оброблюється. Конічною частиною 1 оправки 2 вставляють у конус шпинделя верстата. Затискання і розтискання деталі на оправці здійснюють механізованим приводом. При подачі стиснутого повітря в праву порожнину пневмоциліндра поршень, шток і тяга 7 рухаються ліворуч і головка 5 тяги із шайбою 4 переміщає розрізну втулку 6 по конусу оправки, поки вона не затисне деталь на оправці. Під час подачі стиснутого повітря в ліву порожнину пневмоциліндра поршень, шток і тяга переміщуються праворуч, головка 5 із шайбою 4 відходять від втулки 6 і деталь розтискається.

Крутний момент від вертикальної сили різання P_z має бути менше моменту від сил тертя на циліндричній поверхні розрізної втулки 6 оправки. Осьову силу на штоці механізованого приводу (см. рис. 12.7, б) визначають за формулою

$$P_u = \left(\frac{KP_z}{df} \right) \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + f,$$

де $\alpha = 15$ – половина кута конуса оправки, град; $\varphi \approx 6$ – кут тертя на поверхні контакту оправки з розрізною втулкою, град; $f = 0,15 \dots 0,2$ – коефіцієнт тертя.

Оправки й патрони з тарілчастими пружинами застосовують для центрування і затискання по внутрішній чи зовнішній циліндричній поверхні деталей, що оброблюються. На рис. 12.8, а, б відповідно показано консольну оправку з тарілчастими пружинами і тарілчастою пружиною. Оправка складається з корпусу 7, стійкого кільця 2, пакета тарілчастих пружин 6, натискної втулки 3 і тяги 1, з'єднаної зі штоком пневмоциліндра. Оправку застосовують для установа й закріплення деталі 5 по внутрішній циліндричній поверхні. При переміщенні поршня зі штоком і тягою 1 вліво остання головою 4 і втулкою 3 натискає на тарілчасті пружини 6. Пружини випрямляються, їхній зовнішній діаметр збільшується, а внутрішній зменшується, деталь 5, що оброблюється, центрується і затискається.

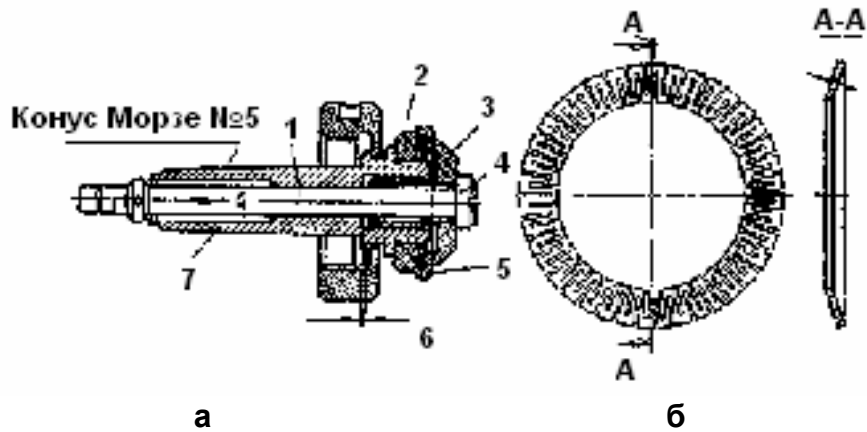


Рис. 12.8. Консольна оправка з тарілчастими пружинами (а) і тарілчаста пружина (б)

Розмір установлювальних поверхонь пружин при стисненні може змінюватися залежно від їхнього розміру на 0,1...0,4 мм. Отже, необхідно, щоб базова циліндрична поверхня деталі, що оброблюється, мала точність другого - третього класів.

Тарілчасту пружину з прорізами (рис. 12.8, б) можна розглядати як сукупність дволанкових важільно-шарнірних механізмів двосторонньої дії, що розтискаються осьовою силою. Визначивши крутний момент $M_{\text{піз}}$ від сили різання P_z і вибираючи коефіцієнт запасу K , коефіцієнт тертя f і радіус R встановлювальної поверхні тарілчастої поверхні пружини, одержимо рівність

$$P_3 f R = K M_{\text{піз}} = K P_z R_1.$$

З рівності визначимо сумарну радіальну силу затиску, що діє на встановлювальній поверхні деталі, що оброблюється:

$$P_3 = \frac{K M_{\text{піз}}}{f R} = \frac{K P_z R_1}{f R}.$$

Осьова сила на штоці механізованого приводу для тарілчастих пружин:

з радіальними прорізами

$$P_u = 1,33 \operatorname{tg} \alpha \frac{K M_{\text{піз}}}{f R} = 1,33 \operatorname{tg} \alpha \frac{K P_z R_1}{f R};$$

без радіальних прорізів

$$P_u = \operatorname{tg} \alpha P_3 = \frac{K M_{\text{піз}}}{f R} = \operatorname{tg} \alpha \frac{K P_z R_1}{f R},$$

де $\alpha = 8 \dots 12$ – кут нахилу тарілчастої пружини при затисканні деталі,

град; $K = 1,5 \dots 2,2$ – коефіцієнт запасу; $M_{\text{різ}}$ – крутний момент від сили різання P_z , Н/м (кгс/см); $f = 0,10 \dots 0,12$ – коефіцієнт тертя між встановлювальною поверхнею тарілчастих пружин і базовою поверхнею оброблюваної деталі; R – радіус встановлювальної поверхні тарілчастої пружини, мм; P_z – вертикальна складова сила різання, Н (кгс); R_1 – радіус обробленої поверхні деталі, мм.

Патрони й оправки з тонкостінними втулками, що самоцентруються, наповненими гідропластмасою, застосовують для установалення по зовнішній чи внутрішній поверхні деталей, які оброблюють на токарних та інших верстатах.

На пристроях із тонкостінною втулкою оброблювані деталі зовнішньою чи внутрішньою поверхнею встановлюють на циліндричну поверхню втулки. Розтискаючи втулки гідропластмасою, деталі центруються й затискаються.

Форма і розміри тонкостінної втулки мають забезпечувати достатню її деформацію для надійного затискання деталі на втулці при обробленні деталі на верстаті.

При конструюванні патронів і оправок із тонкостінними втулками з гідропластмасою розраховують:

- основні розміри тонкостінних втулок;
- розміри натискних гвинтів і плунжерів у пристроїв із ручним затиском;
- розміри плунжерів, діаметр циліндра і хід поршня для пристроїв з механізованим приводом.

Вихідними даними для розрахунку тонкостінних втулок є діаметр D_d отвору чи діаметр шийки деталі, що оброблюється, та довжина l_d отвору чи шийки деталі, що оброблюється.

Для розрахунку тонкостінної втулки, що самоцентрується (рис. 12.9), прийmemo такі позначення: D – діаметр встановлювальної поверхні втулки, що центрується, мм; h – товщина тонкостінної частини втулки, мм; T – довжина опорних пасків втулки, мм; t – товщина опорних пасків втулки, мм; $\Delta D_{\text{доп}}$ – найбільша діаметральна пружна деформація втулки (збільшення чи зменшення діаметра в її середній частині), мм; S_{max} – максимальний зазор між встановлювальною поверхнею втулки та базовою поверхнею деталі 1, що оброблюється, у вільному стані, мм; l_k – довжина контактної ділянки пружної втулки із встановлювальною поверхнею деталі, що оброблюється, після розтискання втулки, мм; L – довжина тонкостінної частини втулки, мм; l_d – довжина оброблюваної деталі, мм; D_d – діаметр базової поверхні оброблюваної деталі, мм; d – діаметр отвору опорних пасків втулки, мм; p – тиск гідропластмаси, необхідний для деформації тонкостінної втулки, МПа (кгс/см²); r_1 – радіус заокруглення втулки, мм; $M_{\text{різ}} = P_z r$ – припустимий крутний

момент, що виникає від сили різання, Н/м (кгс/см); P_z – сила різання, Н (кгс); r – плече моменту сили різання.

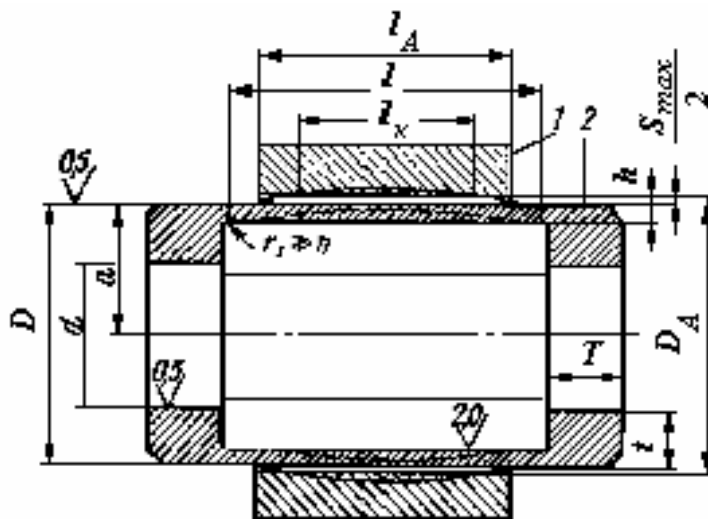


Рис. 12.9. Тонкостінна втулка

На рис. 12.10 показано консольну оправку з тонкостінною втулкою і гідропластмасою. Деталь 4, що оброблюється, базовим отвором устанавлюють на зовнішню поверхню тонкостінної втулки 5. При подачі стиснутого повітря в штокову порожнину пневмоциліндра поршень зі штоком переміщається в пневмоциліндрі ліворуч і шток через тягу 6 і важіль 1 пересуває плунжер 2, що натискає на гідропластмасу 3. Гідропластмаса рівномірно давить на внутрішню поверхню втулки 5, втулка розтискається; зовнішній діаметр втулки збільшується, і вона центрує і закріплює деталь 4, що оброблюється.

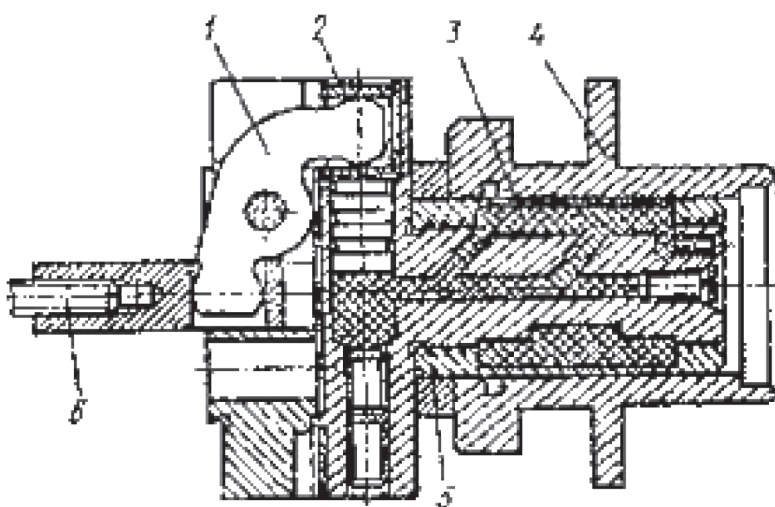


Рис. 12.10. Консольна оправка з гідропластмасою

Мембранні патрони застосовують для точного центрування і затискання деталей, що оброблюють на токарних і шліфувальних верстатах. У мембранних патронах деталі, що оброблюють, встановлюють по зовнішній чи внутрішній поверхні. Базові поверхні деталей мають бути оброблені за другим – третім класами точності. Мембранні патрони забезпечують точність центрування деталей 0,004...0,007 мм.

Мембрани – це тонкі металеві диски з ріжками чи без ріжків (кільцеві мембрани). Залежно від впливу на мембрану штока механізованого приводу, що тягне чи штовхає, дії мембранних патронів підрозділяють на розтискні та затискні.

У розтискному мембранному ріжковому патроні при установленні кільцевої деталі мембрана з ріжками, штоком приводу прогинається ліворуч до шпинделя верстата. При цьому ріжки мембрани з гвинтами, що затискають, та установлені на кінцях ріжків, сходяться до осі патрона, і оброблюване кільце встановлюється центральним отвором у патроні.

При припиненні натиску на мембрану під дією пружних сил вона випрямляється, її ріжки з гвинтами розходяться від осі патрона і затискають оброблюване кільце по внутрішній поверхні. У затискному мембранному ріжковому патроні при установленні кільцевої деталі по зовнішній поверхні мембрана штоком приводу прогинається праворуч від шпинделя верстата. При цьому ріжки мембрани розходяться від осі патрона й деталь, що оброблюється, розтискається. Потім встановлюється наступне кільце, натиск на мембрану припиняється, вона випрямляється і ріжками з гвинтами затискає кільце, що оброблюється. Затискні мембранні ріжкові патрони з механізованим приводом виготовляють за МН 5523-64 і МН 5524-64 і з ручним приводом за МН 5523-64.

Мембранні патрони бувають ріжкові та чашкові (кільцеві), їх виготовляють зі сталі 65Г, 30ХГС із загартуванням до твердості HRC 40-50. Основні розміри ріжкових і чашкових мембран нормалізовані.

На рис. 12.11, а, б показано конструктивну схему мембранно-ріжкового патрона 1. На задньому кінці шпинделя верстата встановлено пневмопривід патрона. При подачі стиснутого повітря в ліву порожнину пневмоциліндра поршень зі штоком і тягою 2 переміщається праворуч. При цьому тяга 2, натискаючи на ріжкову мембрану 3, прогинає її, кулачки (ріжки) 4 розходяться і деталь 5 розтискається (рис. 12.11, б). Під час подачі стиснутого повітря в праву порожнину пневмоциліндра його поршень зі штоком і тягою 2 переміщається ліворуч і відходить від мембрани 3. Мембрана під дією

внутрішніх пружних сил випрямляється, кулачки 4 мембрани сходяться і затискають по циліндричній поверхні деталь 5 (рис. 12.11, а).

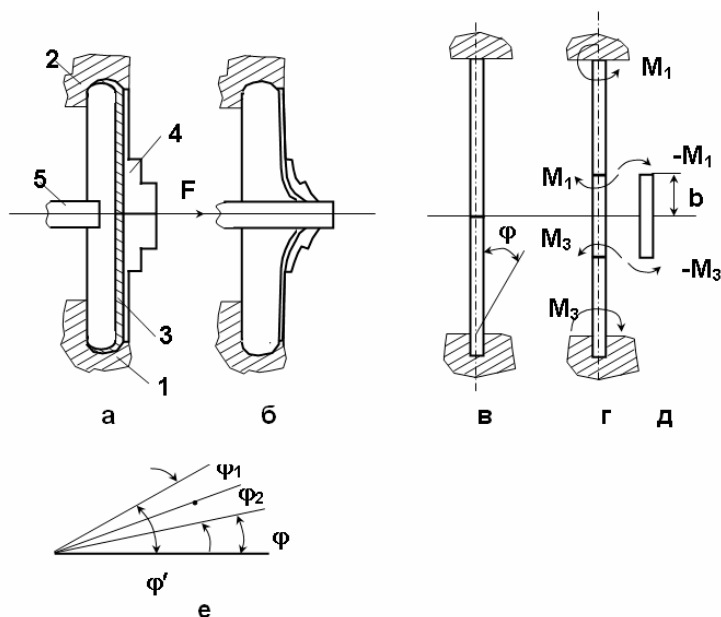


Рис. 12.11. Схема мембранно-ріжкового патрона

Основні дані для розрахунку патрона (рис. 12.11, а) з ріжкової мембраною: момент різання $M_{різ}$, що прагне повернути деталь 5, яка оброблюється, у кулачках 4 патрона; діаметр $d = 2b$ базової зовнішньої поверхні деталі, що оброблюється; відстань l від середини мембрани 3 до середини кулачків 4. На рис. 12.11, в показано розрахункову схему навантаженої мембрани. Кругла, жорстко закріплена по зовнішній поверхні мембрана навантажена рівномірно розподіленим згинальним моментом $M_{зг}$, прикладеним по концентричному колу мембрани радіуса b базової поверхні деталі, що оброблюється. Дана схема є результатом накладення двох схем, показаних на рис. 12.11, г, д, причому $M_{зг} = M_1 + M_3$.

На рис. 12.11, в прийнято: a – радіус зовнішньої поверхні мембрани, см (вибирають за конструктивними умовами); $h = 0,1 \dots 0,07$ – товщина мембрани, см; $M_{зг}$ – момент, що згинає мембрану, Н·м (кгс·мм); φ – кут розтискання кулачків 4 мембрани, необхідний для установлення і затискання оброблюваної деталі з найменшим граничним розміром, град.

На рис. 12.11, е показано максимальний кут розтискання кулачків мембрани

$$\varphi' = \varphi + \varphi_1 + \varphi_2,$$

де φ_1 – додатковий кут розтискання кулачка, що враховує допуск δ на неточність виготовлення встановлювальної поверхні деталі; φ_2 – кут розтискання кулачків, що враховує діаметральний зазор Δ , необхідний

для можливості устанавлення деталей у патрон.

З рис. 12.11 видно, що

$$\varphi' \approx \varphi + \frac{\delta}{2l} + \frac{\Delta}{2l} \approx \varphi + \frac{1}{2l}(\delta + \Delta),$$

де δ – допуск на неточність виготовлення деталі на суміжній попередній операції; $\Delta = 0,0008 b + 0,02$ мм.

Число кулачків n мембранного патрона приймають залежно від форми та розмірів оброблюваної деталі. Коефіцієнт тертя між встановлювальною поверхнею деталі й кулачків $f = 0,15 \dots 0,18$. Коефіцієнт запасу $K = 1,44 \dots 1,6$. Допуск δ на розмір устанавлювальної поверхні деталі задається кресленням. Модуль пружності $E = 0,2 \cdot 10^6$ МПа.

Маючи необхідні дані, розраховують мембранний патрон.

1. Радіальна сила на одному кулачку мембранного патрона для передачі крутного моменту $M_{\text{різ}}$

$$P_3 = \frac{KM_{\text{різ}}}{nfb}.$$

Сили P_3 викликають момент, що згинає мембрану (див. рис 12.10, в).

2. При великій кількості кулачків патрона момент M_n можна вважати таким, що рівномірно діє по колу мембрани радіуса b

$$M_{32} = \frac{P_3 n l}{2\pi b}.$$

3. Радіус a зовнішньої поверхні мембрани (з конструктивних міркувань) задають.

4. Відношення m радіуса a мембрани до радіуса b встановлювальної поверхні деталі: $a/b = m$.

5. Моменти M_1 і M_3 у частках від $M_{3г}$ ($M_{3г} = 1$) знаходять залежно від $m = a/b$ за такими даними (табл. 12.1):

Таблиця 12.1

Залежності моментів

$m=a/b$	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
M_1	0,785	0,645	0,56	0,51	0,48	0,455	0,44	0,42
M_3	0,215	0,355	0,44	0,49	0,52	0,545	0,56	0,58

6. Кут, рад, розтискання кулачків при закріпленні деталі з найменшим граничним розміром:

$$\varphi = \frac{M_3 b}{B(1 + \mu)}.$$

7. Циліндрична жорсткість мембрани, кгс/см:

$$B = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)},$$

де $E = 0,2 \cdot 10^6$ МПа – модуль пружності; $\mu = 0,3$.

8. Кут найбільшого розтиснення кулачків, рад:

$$\varphi' \approx \varphi + \frac{\delta}{2l} + \frac{\Delta}{2l} \approx \varphi + \frac{1}{2l}(\delta + \Delta).$$

9. Сила на штоці механізованого приводу патрона, необхідна для прогину мембрани і розведення кулачків при розтисненні деталі, на максимальний кут φ' :

$$Q = -\frac{4\pi B \varphi'}{b \ln\left(\frac{b}{a}\right)} = \frac{4\pi \varphi'}{2,31g\left(\frac{a}{b}\right)}.$$

При виборі точки прикладання і напрямків затискного зусилля необхідно дотримуватися такого: для забезпечення контакту заготовки з опорним елементом і усунення можливого її зрушення при закріпленні затискне зусилля варто направляти перпендикулярно до поверхні опорного елемента; з метою усунення деформації заготовки при закріпленні точку прикладання затискного зусилля треба вибирати так, щоб лінія його дії перетинала опорну поверхню встановлювального елемента.

Кількість точок прикладання затискних зусиль визначають конкретно до кожного випадку затиску заготовки залежно від виду заготовки, методу оброблення, напрямку сили різання. Для зменшення вібрації й деформації заготовки під дією сил різання слід підвищувати жорсткість системи заготовка-пристрій шляхом збільшення числа точок затиснення заготовки за рахунок уведення допоміжних опор.

До затискних елементів відносяться гвинти, ексцентрики, прихвати, лещатні губки, клини, плунжери, планки. Вони є проміжними ланками в складних системах затискання. Форма робочої поверхні затискних елементів, що контактують із заготовкою, в основному така ж, як і встановлювальних елементів. Графічно затискні елементи позначають згідно з табл. 12.2.

Таблиця 12.2

Графічне позначення затискаючих елементів

Найменування затискного елемента	Позначення затиснення на видах		
	спереду, позаду	зверху	знизу
Одиночний	↓	⊙	⊙
Подвійний	↕	⊙⊙	⊙⊙

13. РОЗРОБЛЕННЯ КОМПОНУВАННЯ ПРИСТРОЮ

Розроблення загального вигляду пристрою починають з нанесення на лист контурів заготовки. Залежно від складності пристрою креслять кілька проєкцій заготовки. Останню доцільно показувати умовними лініями (тонкими, штрихпунктирними чи кольоровими).

Загальний вигляд розроблюють методом послідовного нанесення окремих елементів пристрою навколо контурів заготовки. Спочатку креслять установлювальні деталі, потім затискні пристрої, деталі для напрямку інструмента й допоміжні пристрої. Більше того, креслять корпус пристрою, що поєднує всі перелічені вище елементи.

На загальному вигляді вказують габаритні розміри пристрою й розміри, які потрібно витримати при його збиранні та налагодженні, наведено нумерацію деталей.

У графічній частині креслення крім зображення загального вигляду пристрою з розмірами і граничними відхиленнями може містити текстову частину, що складається з технічних вимог і технічної характеристики. Текстову частину включають у креслення в тих випадках, коли дані неможливо або недоцільно виразити графічно та умовними позначками.

У написах не має бути скорочень слів, за винятком загальноприйнятих чи встановлених у стандартах.

Текст на полі креслення розташовують паралельно основному напису (кутовому штампі) і над ним, а при недоліку місця – ліворуч. Між текстовою частиною і основним написом не допускається поміщати зображення, таблиці і т.п.

Технічні вимоги на кресленні викладають, групуючи разом близькі за характером вимоги в такій послідовності:

- матеріал заготовки, термообробки;
- розміри, граничні відхилення розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь;
- якість поверхні, указівки про їхнє оброблення, покриття;
- зазори, розташування окремих елементів конструкції;
- настроювання й регулювання пристрою;
- інші вимоги до якості пристрою, наприклад: безшумність, вібростійкість і т. ін.

Для розмірів і граничних відхилень, що наводяться в технічних вимогах на полі креслення, обов'язково вказують одиниці виміру.

Необхідно, щоб пункти технічних вимог мали наскрізну нумерацію. Кожен пункт записують з нового рядка. Заголовок

"Технічні вимоги" не пишуть.

Якщо на кресленні необхідно навести технічну характеристику пристрою, то її розміщують окремо від технічних вимог із самостійною нумерацією пунктів на вільному полі креслення над технічними вимогами. При цьому над технічними характеристиками ставлять заголовок "Технічна характеристика", а над технічними вимогами поміщують заголовок "Технічні вимоги". Обидва заголовки не підкреслюють. До технічної характеристики відносяться відомості про привід, силу затискання, продуктивності і т.д.

13.1. Допоміжні елементи й пристрої

13.1.1. Поворотні й ділильні пристрої

Ці пристрої застосовують у багатопозиційних пристроях для додання заготовці, що оброблюється, різних положень відносно інструмента.

Ділильний пристрій складається з диска, що закріплюється на поворотній частині пристрою, і фіксатора.

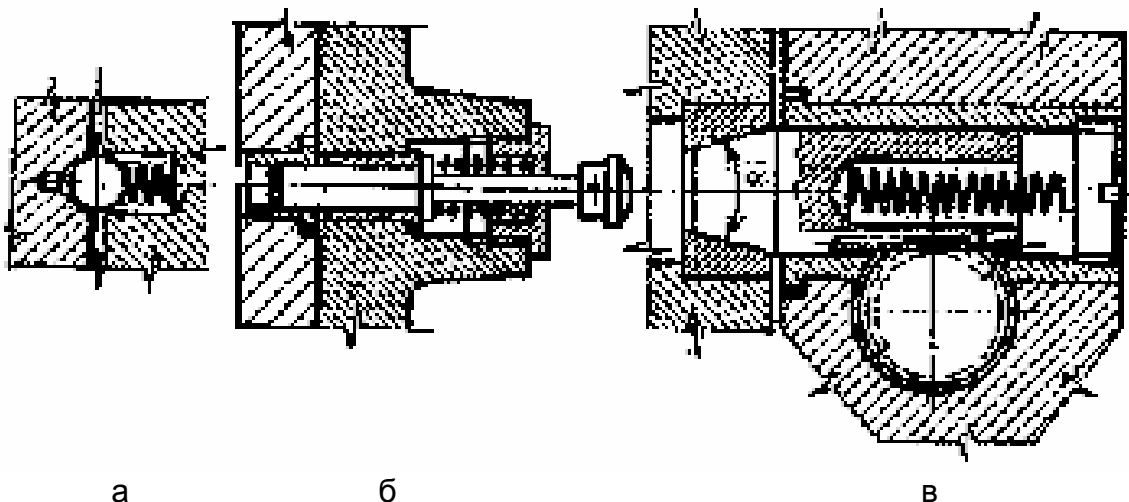


Рис. 13.1. Фіксатори: а – кульковий; б, в – з витяжними циліндричним і конічним пальцями відповідно кнопочного та рейкового типу

Кульковий фіксатор (рис. 13.1, а) є найпростішим у виготовленні, але не забезпечує точний розподіл і не сприймає момент сил оброблення.

Фіксатор із витяжним циліндричним пальцем (рис. 13.1, б) може сприймати момент сил оброблення, але не забезпечує високу точність розподілу через наявність зазору в рухомих з'єднаннях.

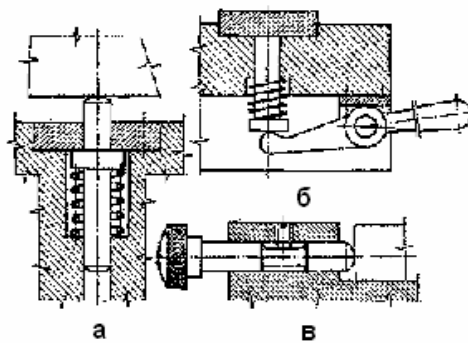


Рис. 13.2. Виштовхувач: а – пружинний; б – важільний; в – кнопковий

Тут сумарна похибка (кроку, що одержується при розподілі) залежить від допуску δ_1 на відстань між осями двох сусідніх фіксуючих втулок, від зазорів S_1 і S_2 і можливого ексцентриситету втулок

$$\varepsilon = S_1 + S_2 + \delta_1 + e,$$

де $\delta_1 \leq 0,003$ мм; $S_1 \leq 0,015$ мм і $S_2 \leq 0,015$ мм.

Фіксатор з конічною частиною витяжного пальця забезпечує велику точність, тому що $S_1 = 0$ (рис. 13.1, в).

Поворотні пристрої виконують механічними, пневмомеханічними, гідравлічними, пневмогідравлічними.

Виштовхувачі ручного й автоматичного типу застосовують для швидкого видалення невеликих деталей із пристроїв. Вони підвищують продуктивність і створюють зручність у роботі.

13.1.2. Пристрої для координування й направлення інструмента

Для виконання окремих операцій механічного оброблення жорсткість різального інструмента буває недостатньою. Для усунення пружних віджимань інструмента і додання йому визначеного положення в процесі оброблення щодо заготовки застосовують направляючі деталі: кондукторні і направляючі втулки й копії.

Втулки, у яких різальний інструмент направляється її робочою частиною, називають **кондукторними**.

Їх застосовують при обробленні отворів стандартними свердлами, зенкерами і розгортками. Тому отвори в кондукторних втулках виготовляють у системі вала по рухомій посадці. Оснащені кондукторними втулками пристрої для оброблення отворів на верстатах свердлильної групи називають **кондукторами**.

Направляючі втулки відрізняються від кондукторних тим, що в них різальний інструмент направляється своєю спеціально передбаченою направляючою частиною. Інструмент може мати одну

або дві направляючі частини (передню і задню). Так оформляють спеціальні зенкери й розгортки. Звичайно направляючі втулки виконують обертовими на підшипниках ковзання чи кочення.

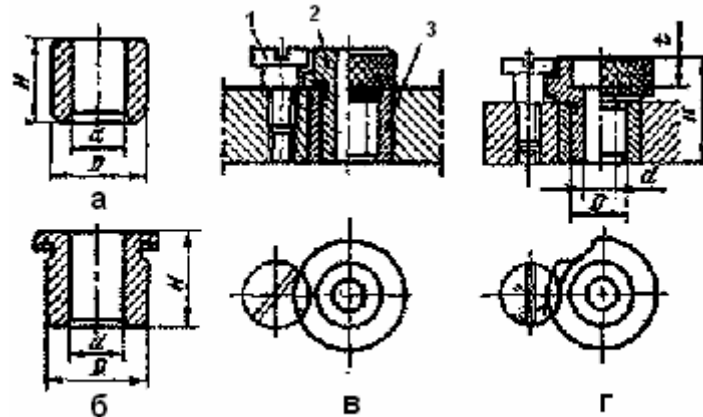


Рис. 13.3. Стандартні кондукторні втулки:
а – постійна без буртика; б – постійна з буртиком; в – змінна; г – швидкозмінна

Постійні втулки (рис. 13.3, а, б) застосовують у кондукторах для дрібносерійного виробництва при обробленні отворів одним інструментом.

Змінні втулки (рис. 13.3, в, г) використовують у пристроях для масового та великосерійного виробництва.

Втулки виготовляють зі сталі У10А, У12А, 9ХС, сталі 20, сталі 20Х.

Спеціальні втулки:

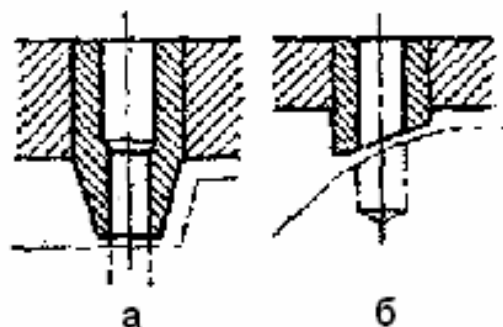


Рис. 13.4. Спеціальні кондукторні втулки для свердління:
а – на уступі; б – на криволінійній поверхні

Накладні свердлильні кондуктори орієнтують за базовим отвором чи контуром заготовки, що оброблюється.

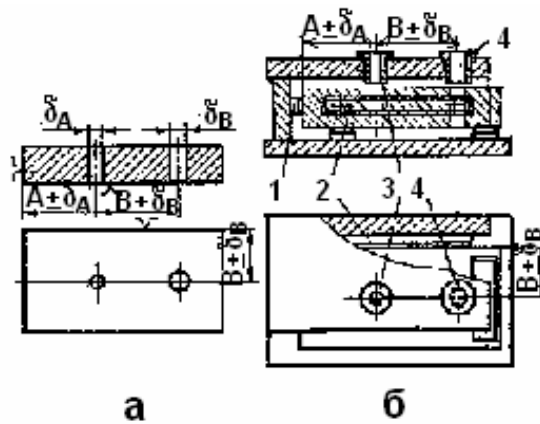


Рис. 13.5. Схема виставлення розмірів і допусків на складальному кресленні кондуктора

На практиці допуски δ_a на відстань між осями двох втулок чи призначають у два – три рази меншими від відповідних допусків δ_1 на кресленні деталі, чи вибирають, користуючись такими рекомендаціями:

- у кондукторах для оброблення прохідних отворів під болти і неточні отвори під різьблення допуски δ_2 беруть у межах від $\pm 0,05$ до $\pm 0,1$ мм;

- у кондукторах, де потрібним є оброблення отворів високої точності, наприклад під підшипники валів, а також для оброблення отворів багатшпindelними головками, допуски δ_1 зменшують до $\pm 0,02$ мм.

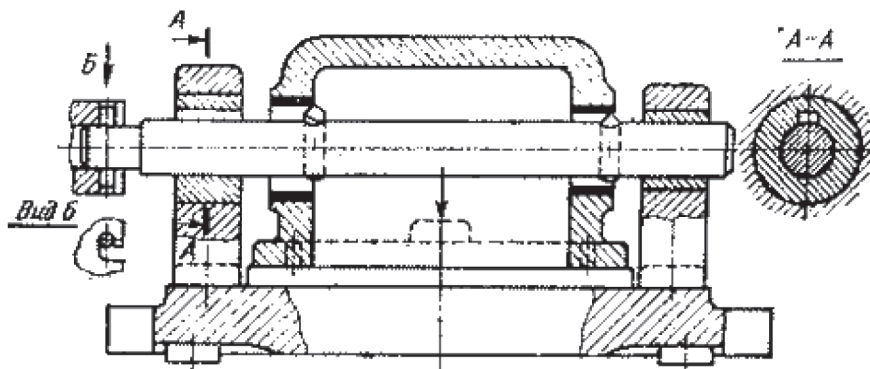


Рис. 13.6. Направляюча втулка для борштанги (схема розточувального пристрою)

На внутрішній поверхні втулки є шпонковий паз для примусового обертання втулки. Для полегшення влучення шпонки борштанги в паз втулки її виконують зі скошеними краями.

Копіри застосовують при обробленні фасонних і складнопрофільних поверхонь. Роль копирів – направляти різальний інструмент для одержання заданої траєкторії його руху щодо заготовки. Оброблення з копірами здійснюють на фрезерних,

токарних, стругальних, шліфувальних та інших верстатах.

13.1.3. Деталі пристроїв для координування різального інструмента

При настроюванні й піднастроюванні верстата для контролю положення різального інструмента застосовують висотні й кутові установки (рис. 13.7).

Установки закріплюють на корпусі пристрою.

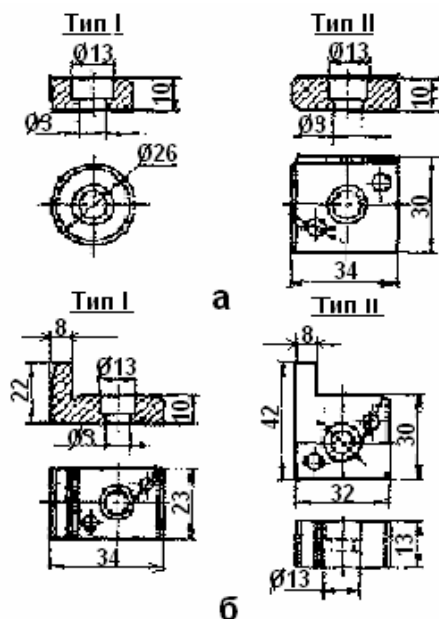


Рис. 13.7. Висотні установки для фрез: а – висотний; б – кутовий

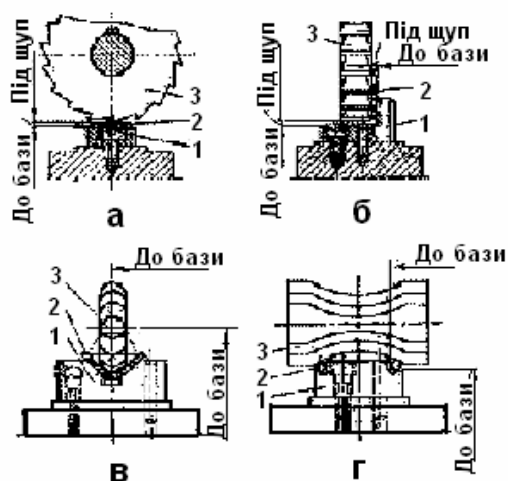


Рис. 13.8. Приклади координації фрез за установками за допомогою щупа:
 а – дискової фрези за висотним установкою; б – те ж, за круговим;
 в – фасонної фрези з опуклим профілем; г – те ж, з увігнутим;
 1 – установка; 2 – щуп; 3 – фреза

Координацію фрез за установами виробляють за допомогою стандартних щупів (рис. 13.8).

Установи виготовляють зі сталей 15 і 20 з термообробленням до HRC 55...60 чи зі сталі 20X із цементацією на глибину 0,8...1,2 мм до HRC 55...60.

13.2. Корпуси пристроїв

Корпус є базовою деталлю, що поєднує всі елементи пристрою. На корпусі монтують встановлювальні елементи, затискні пристрої, деталі для направлення інструмента, а також допоміжні деталі та механізми. Корпус сприймає сили оброблення та закріплення заготовки.

Корпуси пристроїв мають задовольняти такі умови:

- корпус має бути жорстким і міцним при мінімальній масі;
- зручним для очищення від стружки і відведення мастильно-охолоджувальної рідини (МОР);
- забезпечувати швидке й зручне установлення і знімання заготовок;
- забезпечувати установлення та закріплення пристрою на верстаті без вивірення (для цього передбачають направляючі елементи – пазові шпонки і центрувальні буртики);
- бути простими у виготовленні, створювати безпеку роботи (неприпустимі гострі кути, малі просвіти між рукоятками і корпусом);
- корпуси пересувних чи кантувальних пристроїв для свердління мають бути стійкими при різних положеннях на столі верстата, також корпуси виконують з литими чи вставними ніжками, що обмежують контакт зі столом верстата.

Корпус на столі верстата кріплять за допомогою болтів, установлених у Т-подібні пази столу, чи за допомогою прихватів.

Для виготовлення корпусів застосовують сірий чавун СЧ12 чи сталь Ст. 3. В окремих випадках (для корпусів поворотних пристроїв) – легкі сплави на алюмінієвій основі.

Корпуси пристроїв виготовляють литтям, зварюванням, куванням, різанням, збиранням з нормалізованих вузлів.

Литтям виконують переважно корпуси складної конфігурації (терміни їхнього виготовлення є тривалими).

Зварюванням також можна одержати корпуси складної конфігурації, але терміни виготовлення тут нижче.

Куванням і різанням сортового прокату одержують корпуси простих конфігурацій і невеликих розмірів.

У корпусах збірного типу обсяг механічного оброблення трохи зростає, а твердість знижується.

Корпуси верстатних пристроїв з невеликими силами різання можна виконувати з епоксидних смол литтям в одноразові форми з гіпсу, картону, пластиліну.

Вибір варіанта виготовлення корпусу визначається умовами експлуатації пристрою, термінами, собівартістю і технологією виготовлення.

Забезпечення твердості, вібростійкості й точності пристроїв

Жорсткість у першу чергу забезпечується в напрямку дії сил закріплення та різання. Для підвищення жорсткості слід застосовувати конструкції з малою кількістю стиків, зменшувати зазори в з'єднаннях і усувати зовнішньоцентровий додаток навантаження. Цільні та зварні конструкції є кращими. Контактну жорсткість стиків, що працюють на стиснення, підвищують, зменшуючи шорсткість і хвилястість з'єднаних поверхонь, застосовуючи шліфування й шабрування.

Мінливість сили різання й неоднорідність жорсткості верстатних пристроїв та інших елементів технологічної системи визначають виникнення **вібрацій**.

При вібрації збільшується шорсткість поверхні, що оброблюється, погіршуються умови роботи різального інструмента.

Для **зменшення вібрації** необхідно збільшувати жорсткість пристрою; зменшувати висоту пристрою й довжину виступних консольних елементів; використовувати додаткові опори; збільшувати розміри опорних поверхонь; використовувати демпфірувальні елементи.

При кресленні загального вигляду й деталей пристрою призначають допуски на його розміри.

За **точністю** виконання ці розміри можна розбити на три групи.

До **першої групи** відносять:

а) **розміри тих з'єднань**, від яких залежить точність оброблення, що виконують (наприклад, відстань між осями кондукторних втулок свердлильного пристрою); б) **розміри встановлювальних елементів**, від точності яких залежить положення заготовки в пристрої.

До **другої групи** відносяться розміри тих з'єднань, від яких точність оброблення не залежить (наприклад, розміри з'єднань затискних пристроїв, виштовхувачі і т. д.).

До **третьої групи** відносяться вільні розміри оброблених і неопрацьованих поверхонь.

Допуски на розміри першої групи беруть у два – три рази менше допусків на розміри, що витримуються при обробленні.

Допуски на розміри другої групи визначають залежно від призначення механізму, а також характеру й умов роботи розглянутого з'єднання. Звичайно тут допуски беруть за 7 – 9-ми квалітетами точності.

Вільні розміри, виконують за 14-м квалітетом точності для оброблених і за 16-м для неопрацьованих поверхонь.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 21496. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 35 с.
2. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения / Б.С. Балакшин. – М.: Машиностроение, 1969. – 358 с.
3. Балакшин Б.С. Теория и практика технологии машиностроения: в 2 кн. / Б.С. Балакшин. – М.: Машиностроение, 1982. – Кн.1 – 283 с.; Кн.2 – 269 с.
4. Грановский Г.И. Резание металлов: учеб. для машиностр. и приборостр. спец. вузов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с.
5. Допуски и посадки: справочник: в 2 ч. / В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – Л.: Машиностроение, 1983. – Ч. 1. – 543 с.; Ч. 2. – 448 с.
6. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения: учеб. для машиностр. вузов / И.М. Колесов. – М.: Машиностроение, 1997. – 592 с.
7. Марков Н.Н. Взаимозаменяемость и технические измерения: учеб. / Н.Н. Марков. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 288 с.
8. Маталин А.А. Технология машиностроения: учеб. для машиностр. вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / А.А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 512 с.
9. Материаловедение: учеб. для высш. техн. заведений / Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов и др. ; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 786 с.
10. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства: в 2 т. / С.П. Митрофанов. – Л.: Машиностроение, 1983. – 786 с.
11. Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов / М.П. Новиков. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.
12. Основы технологии машиностроения: учеб. для вузов / под ред. В.С. Корсакова. – 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Машиностроение, 1977. – 416 с.
13. Подураев В.Н. Технология физико-химических методов обработки / В.Н. Подураев. – М.: Машиностроение, 1985. – 264 с.

14. Пугачев В.С. Теория вероятности и математическая статистика: учеб. пособие для вузов / В.С. Пугачев. – М.: Наука, 1979. – 496 с.
15. Размерный анализ технологических процессов / В.В. Матвеев, М.М. Тверской, Ф.И. Бойков и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.
16. Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев, Г.В. Филлипов, А.Н. Шевченко и др.; под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.
17. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 656 с.; Т. 2. – 496 с.
18. Технологичность конструкции изделий: справочник / под ред. Д. Адамирова. – М.: Машиностроение, 1985. – 368 с.
19. Технология машиностроения (специальная часть): учебник для машиностр. специальностей вузов / А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 480 с.
20. Цепи размерные. Основные понятия, методы расчета линейных и угловых цепей: метод. указания РД 50-635-87 / И.М. Колесов, Е.И. Луцков, А.И. Кубарев и др. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 42 с.
21. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: учебник для вузов. – 6-е изд., перераб. и доп. / А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов. – М.: Машиностроение, 1987. – 352 с.
22. Методические указания по выполнению анализа вариантов базирования и выбору технологических баз для студентов спец. 0501 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / сост. Л.И. Птуха. – Иваново: ИЭИ им. В.И. Ленина, 1982. – 97 с.
23. Методика выполнения анализа вариантов базирования / сост. Л.И. Птуха. – Иваново: ИЭИ им. В.И. Ленина, 1994. – 75 с.
24. Размерный анализ конструкции изделия / сост. Л.И. Птуха. – Иваново: ИЭИ им. В.И. Ленина, 1999. – 87 с.

ЗМІСТ

Передмова.....	3
1. Жорсткість технологічної системи.....	4
2. Вібрації технологічної системи.....	12
2.1. Теплові деформації технологічної системи.....	17
2.2. Вплив робітника на точність виготовлених деталей.....	20
3. Інформаційне забезпечення виробничого процесу. Часові зв'язки у виробничому процесі.....	22
3.1. Властивості технологічної інформації й інформаційні зв'язки.....	22
3.2. Технологічна задача й інформаційне забезпечення її вирішення.....	23
3.3. Структура інформаційних зв'язків у виробничому процесі.....	25
3.4. Часові зв'язки у виробничому процесі. Компоненти часових зв'язків.....	27
3.5. Види й форми організації виробничого процесу.....	29
4. Основи технічного нормування. Шляхи скорочення витрат часу на виконання операції.....	33
4.1. Основи технічного нормування.....	33
4.2. Шляхи скорочення витрат часу на виконання операції	35
4.2.1. Шляхи скорочення підготовчо-заключного часу.....	35
4.2.2. Шляхи скорочення штучного часу.....	35
4.3. Структура часових зв'язків в операціях технологічного процесу.....	39
4.4. Умови праці та її продуктивність.....	41
5. Економічні зв'язки у виробничому процесі.....	42
5.1. Скорочення витрат на матеріали.....	42
5.1.1. Скорочення різного роду відходів і втрат металу в процесі виготовлення машини.....	43
5.1.2. Використання найбільш дешевих матеріалів.....	45
5.2. Скорочення витрат на заробітну плату.....	46
5.3. Скорочення витрат на утримування, амортизацію і експлуатацію засобів праці.....	47
5.4. Скорочення накладних витрат.....	48
6. Технологічність конструкції виробу. Вибір найбільш економічного варіанта технологічного процесу.....	49
6.1. Технологічність конструкції виробу.....	49
6.2. Уніфікація конструкцій машин.....	52

6.3. Типізація технологічних процесів.....	52
6.4. Метод групового оброблення заготовок деталей.....	53
6.5. Вибір найбільш економічного варіанта технологічного процесу.....	55
6.6. Економічні зв'язки у виробничому процесі.....	56
7. Основи розроблення технологічного процесу виготовлення машини. Розроблення технологічного процесу збирання машини.....	57
7.1. Послідовність розроблення технологічного процесу виготовлення машини.....	57
7.2. Розроблення технологічного процесу збирання машини.....	59
8. Розроблення технологічних процесів виготовлення деталей.....	65
8.1. Вивчення службового призначення деталі. Аналіз технічних вимог і норм точності.....	66
8.2. Вибір виду й форми організації виробничого процесу виготовлення деталі.....	68
8.3. Вибір вихідної заготовки та методу її одержання.....	68
8.4. Вибір технологічних баз і визначення послідовності оброблення заготовки.....	70
8.5. Вибір способів оброблення та визначення кількості необхідних переходів.....	72
9. Розрахунок припусків, режимів різання. Оформлення документації.....	74
9.1. Розрахунок припусків, міжперехідних розмірів і допусків.....	74
9.2. Вибір режимів оброблення заготовки.....	81
9.3. Формування операцій з переходів.....	81
9.4. Оформлення документації.....	82
10. Розроблення схеми базування заготовки. Вибір установлювальних елементів.....	83
10.1. Аналіз вихідних даних і формулювання службового призначення пристрою.....	83
10.2. Класифікація технологічного оснащення.....	83
10.3. Розроблення схеми базування заготовки.....	86
10.4. Визначення напрямку дії сил і моментів різання при механічному обробленні деталей.....	89
10.5. Визначення типу опорних елементів і форми їхньої робочої поверхні.....	90
11. Розрахунок точності базування заготовок деталей.....	95

11.1. Похибка базування при встановленні вала на призму	95
11.2. Похибка базування при встановленні вала на жорсткий центр.....	97
11.3. Похибка базування при встановленні корпусної деталі на площину і два отвори, перпендикулярні площині	98
11.4. Визначення величини повороту деталі при встановленні її по площині й отворах на два пальці.....	99
12. Затискні елементи пристроїв.....	100
12.1. Вибір місця прикладання затискних зусиль, виду і кількості затискних елементів.....	100
12.2. Визначення кількості точок прикладання затискних зусиль.....	100
12.3. Визначення виду затискних елементів.....	101
12.3.1. Гвинтові затискачі.....	101
12.3.2. Клинові затискачі.....	102
12.3.3. Ексцентрикові затискачі.....	104
12.3.4. Цанги.....	105
12.3.5. Пристрої для затискання деталей типу тіл обертання.....	105
13. Розроблення компонування пристроїв.....	115
13.1. Допоміжні елементи й пристрої	116
13.1.1. Поворотні й ділильні пристрої.....	116
13.1.2. Пристрої для координування й направлення інструмента.....	117
13.1.3. Деталі пристроїв для координування різального інструмента.....	120
13.2. Корпуси пристроїв.....	121
Бібліографічний список.....	123

Костюк Геннадій Ігорович
Руденко Наталія Володимирівна

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РОБОТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

Редактор Т.Г. Кардаш

Зв. план, 2009

Підписано до друку 03.08.2009

Формат 60 × 84 1/16. Папір офс. № 2. Офс. друк

Ум. друк. арк. 7, 1. Обл.-вид. арк. 8. Наклад 150 прим.

Замовлення 260. Ціна вільна

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

[http: // www. khai.edu](http://www.khai.edu)

Видавничий центр «ХАІ»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

izdat@khai.edu