

УКРАЇНА

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА
МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА**

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
ДЕТАЛІ І ПРИСТОСУВАННЯ**

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з курсу
«ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ»

для студентів напрямку підготовки 133 «Галузеве машинобудування»

Київ – 2017

УДК 621.002.001

Наведено методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни “Технологія машинобудування” для студентів напрямку підготовки 133 “Галузеве машинобудування” факультету конструювання і дизайну.

Розглянуто та схвалено вченою радою факультету конструювання і дизайну НУБіП України (протокол № ____ від ____ _____ 20__ р.

Укладачі: О.І. Толочин, Г.М. Похиленко,

Рецензенти:

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ**

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з курсу
«Технології машинобудування»

для студентів напрямку підготовки 133 “Галузеве машинобудування”

Укладачі: ТОЛОЧИН Олександр Іванович
ПОХИЛЕНКО Геннадій Миколайович,

ЗМІСТ

	Стор.
ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
Задачі курсової роботи.....	4
Обсяг курсової роботи.....	4
Оформлення розрахунково-пояснювальної записки.....	5
Оформлення операційного ескізу.....	5
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	6
1.1. Вивчення робочого креслення.....	6
1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	7
1.3. Службове призначення деталі.....	9
1.4. Визначення типу виробництва.....	10
1.5. Вибір виду заготовки.....	13
1.6. Встановлення плану і методів механічної обробки.....	17
1.7. Вибір технологічних баз.....	19
1.8. Вибір технологічного обладнання.....	20
1.9. Розрахунок міжопераційних припусків.....	24
1.10. Розрахунок та вибір режимів різання.....	31
1.11. Розрахунок технічної норми часу.....	36
1.12. Оформлення технологічної документації.....	38
2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	42
2.1. Розробка конструкції верстатного пристосування, загальний опис та принцип дії	44
2.2. Розрахунок сили затиску заготовки.....	46
ЛІТЕРАТУРА.....	55
ДОДАТКИ.....	56

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1. Задачі курсової роботи

Курсова робота, передбачена учбовим планом, є комплексною самостійною роботою студентів з технології машинобудування. Вона включає в себе розробку технологічного процесу і пристосування.

Виконання курсової роботи сприяє закріпленню, поглибленню і узагальненню теоретичних знань, отриманих у процесі вивчення відповідних розділів курсу технології машинобудування.

Курсова робота включає елементи всього комплексу розрахунково – графічних робіт з технологічної підготовки виробництва і покликана вирішити основні завдання:

а) закріпити теоретичні знання, отримані при вивченні спеціальних дисциплін, розширити технічні знання за рахунок вивчення додаткової спеціальної довідкової, технічної, нормативної і наукової літератури;

б) навчити самостійно розробляти технологічний процес та заповнювати технологічну документацію;

в) приймати рішення щодо конструкції пристроїв до металоріжучих верстатів та оформляти конструкторську документацію;

г) виконувати інженерно - технічні та техніко – економічні розрахунки, пов'язані з вибором оптимального варіанту технологічного процесу.

1.2. Обсяг курсової роботи

Для студентів спеціальності “Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва” курсова робота включає розробку технологічного процесу механічної обробки деталей середньої складності (до 8-10 операцій) з річною програмою, що відповідає дрібно-, середньо- або багатосерійному типу виробництва. Студент також заповнює технологічну документацію, проектує загальний вид пристосування до металоріжучих верстатів, виконує операційні ескізи технологічного процесу та інше.

Для виконання курсової роботи кожному студенту керівник роботи видає завдання, в якому вказує деталь і обсяг роботи, що виконується. Обсяг розрахунково-пояснювальної записки складає 25-30 сторінок.

Графічна частина курсової роботи містить 2 аркуші формату А1.

1.3. Оформлення розрахунково-пояснювальної записки

Розрахунково-пояснювальна записка виконується на листах паперу формату А4 (297x210 мм) на одній стороні листа і повинна задовольняти вимогам ЄСКД. Вона повинна містити розрахунки, виконані в ході роботи, з необхідними поясненнями і обґрунтуваннями.

Пояснювальна записка пишеться від руки чорною пастою чітко і акуратно або друкується шрифтом 14 пт 1.5 інтервалом повними словами без скорочень. Розрахунково-пояснювальна записка повинна бути лаконічною, розкривати послідовність виконання курсової роботи і повністю висвітлювати рішення задач, поставлених індивідуальним завданням. Розрахунково-пояснювальна записка розділяється на розділи, підрозділи, пункти і підпункти. Розрахункові формули необхідно виділяти в тексті в окремий рядок і нумерувати у межах розділів. Значення символів і числових коефіцієнтів, що входять в формулу, повинні приводитися безпосередньо під формулою. Перший рядок розшифровки повинен починатись зі слова “де” без двокрапки після нього.

При використанні довідкових матеріалів (режими різання, припуски, норми часу, сортамент матеріалів), схем, цін і всього, що повинно підтверджуватись джерелом, необхідно робити посилання на використану літературу.

1.4. Оформлення операційного ескізу

Технологічні операції, для яких виконуються операційні ескізи, призначаються керівником курсової роботи і записуються в завданні. Операційні ескізи наладок креслять з повним дотриманням вимог ЄСКД.

З урахуванням розміщення і максимального використання відведених місць на листі для ескізів масштаб вибирається довільним і дотримується на подальших ескізах.

На кожному операційному ескізі необхідно показати:

а) оброблювану деталь в такому положенні, яке вона займає при обробці і в тому вигляді, який вона має після виконання даної операції. Вказується спосіб встановлення деталі і її закріплення (для цього потрібно застосовувати умовні позначення опор і затискачів). Кожна переустановка або перезакріплення виробу в процесі обробки оформляється самостійним ескізом;

б) поверхні, що обробляються, позначаються потовщеними лініями. В учбових роботах допускається вказувати червоними лініями поверхні, які обробляються, для придання наочності. Розміри

з допусками вказуються тільки ті, які отримують на даній операції. Проставляється шорсткість поверхні після виконання даної операції або переходу;

в) ріжучий інструмент зображається в кінці робочого ходу, а для обробки отворів свердлами, зенкерами, розгортками, мітчиками - у відведеному початковому положенні. Допускається і в інших випадках малювати інструмент в початковому положенні, наприклад, якщо інструмент затемнює ескіз. Вказується також напрям руху заготовки і ріжучого інструменту. Інструмент малюється той, який застосовується для даної операції, переходу і, параметри якого вказані в розрахунково-пояснювальній записці. Ескіз ріжучого інструменту зображується наочно і показується спосіб його закріплення. Наприклад, різець малюється з контурами різцетримача, свердло – з контуром патрона (конуса) і т.п;

г) кожний ескіз повинен забезпечуватись таблицею, в якій вказується найменування і модель верстата, швидкість різання, частота обертання, глибина різання, подача, основний і штучний час. Якщо операція складається з декількох переходів, то режими різання вказуються для кожного переходу. Записуються технічні вимоги для даної операції.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Вивчення робочого креслення

При проектуванні технологічних процесів механічної обробки деталей машин вихідним документом є робоче креслення на деталь, яке повинно бути ретельно вивчене проектувальником і проаналізоване з точки зору технологічності конструкції деталі. Робоче креслення деталі містить всі необхідні відомості, які дають повне уявлення про неї, тобто всі проєкції, розрізи і перерізи, що пояснюють конфігурацію деталі. На робочому кресленні вказуються лінійні та діаметральні розміри з допусками на них, вільні розміри, а також шорсткість поверхонь. В технічних умовах на виготовлення деталі обумовлюються можливі відхилення від геометричної форми, взаємне розміщення поверхонь, відомості про матеріал деталі, види термічної обробки окремих поверхонь деталі, використовувані захисні і декоративні покриття тощо. Всі вказані на кресленні відомості дозволяють зробити висновок про можливу заготовку і намітити орієнтовний маршрут обробки деталі.

2.2. Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз технологічності конструкції деталі має на меті виявити можливість зменшення металоємкості деталі, трудомісткості її механічної обробки і використання високопродуктивних методів обробки.

Аналіз технологічності рекомендується проводити в наступній послідовності:

- 1) на основі вивчення робочого креслення деталі, умов її роботи і заданого масштабу виробництва визначити вид заготовки і методи її отримання, враховуючи при цьому економічні фактори;
- 2) визначити поверхні, які можна використати при базуванні деталі, а також можливість введення штучних баз;
- 3) встановити можливість використання високопродуктивних методів обробки;
- 4) з метою отримання високого ступеня точності і потрібної шорсткості поверхонь визначити необхідність в додаткових операціях;
- 5) провести ув'язку розмірів, обумовлених допусками, шорсткістю обробки, відхиленням за формою взаємного розміщенню поверхонь з геометричними похибками металоріжучих верстатів;
- 6) визначити можливість безпосереднього контролю розмірів, заданих на кресленні;
- 7) визначити в деталі конструктивні елементи, які зменшують її жолоблення в процесі термообробки, а також відповідність матеріалу деталі прийнятним видам термічної обробки.

Наведемо деякі рекомендації до аналізу технологічності окремих типів деталей.

Для корпусних деталей визначають:

- а) чи допускає дана конструкція обробку площин на прохід і що заважає такому виду обробки;
- б) чи можна обробляти отвори одночасно на багатошпindelних верстатах з урахуванням відстаней між осями цих отворів;
- в) чи дозволяє форма отворів розточувати їх на прохід з одного і двох боків;
- г) чи є вільний доступ інструмента до оброблюваних поверхонь;
- д) чи потрібне підрізання торців ступиць з внутрішніх боків відливки і чи можна її усунути;
- е) чи є глухі отвори і чи можна їх замінити наскрізними;

ж) чи є оброблювані площини, розміщені під тупим або гострим кутами, і чи можна їх замінити площинами, розміщеними паралельно чи перпендикулярно одна одній;

з) чи є отвори, розміщені не під прямим кутом до площини входу чи виходу і чи можлива заміна цих елементів;

і) чи достатня жорсткість деталі і чи не обмежує вона режими різання;

к) чи є в конструкції деталі достатні за розмірами і відстанню базові поверхні, і якщо нема, то яким чином слід вибрати допоміжні бази;

л) чи немає в конструкції внутрішньої різьби великого діаметра і чи можна її замінити іншими конструктивними елементами;

м) наскільки простий спосіб отримання заготовки (відливки), чи правильно вибрані елементи конструкції, які обумовлюють отримання заготовки.

Для валів вказують:

а) чи можна обробляти поверхні прохідними різцями;

б) чи зменшуються діаметральні розміри шийок валів до їх кінців;

в) чи можна зменшити діаметри великих фланців, бurtів, чи виключити їх взагалі і як це вплине на коефіцієнт використання металу;

г) чи можна замінити закриті шпонкові канавки відкритими, які обробляються більш продуктивно;

д) чи мають поперечні канавки форму і розміри, придатні для обробки на гідрокopіювальних верстатах;

е) чи допускає жорсткість вала отримання високої точності обробки (жорсткість вала є недостатньою для отримання точності 6 - 9-го квалітетів при співвідношенні його довжини l до діаметра d більше 10-12. Для валів, які виготовляються за більш низькими квалітетами, це співвідношення може дорівнювати 15. При багаторізцевій обробці його слід зменшити до 10).

Слід пам'ятати, що технологія обробки гладких валів у значній мірі відрізняється від технології виготовлення ступінчатих валів простотою і економічністю, тому необхідно проаналізувати можливість заміни ступінчастого вала гладким.

Для зубчастих коліс:

Слід визначити можливість високопродуктивних методів формоутворення зубчатого вінця з використанням пластичного деформування в гарячому і холодному станах. Конструкція зубчастого колеса повинна характеризуватися такими ознаками:

а) простою формою центрального отвору, оскільки складний отвір значно ускладнює обробку, викликаючи необхідність використання револьверних верстатів і напівавтоматів;

б) простою конфігурацією зовнішнього контуру зубчастого колеса (найбільш технологічним є зубчасті колеса без виступаючих ступиць);

в) ступицями, розміщеними по один бік;

г) симетричним розміщенням перемички між ступицею і вінцем як відносно вінця, так і відносно до ступиці для зубчастих коліс, які підлягають термічній обробці. Порухення цієї умови призводить до значних однобічних деформацій при термічній обробці;

д) правильною формою і розмірами канавок для виходу інструменту;

е) можливістю багаторізевої обробки залежно від співвідношення діаметрів вінців і відстані між ними.

Подібним способом проводиться аналіз технологічності і для інших деталей, які мають аналогічні елементи конструкції.

2.3. Службове призначення деталі

Кожна деталь, яка виконує роль кінематичної ланки, має відповідне призначення в машині чи механізмі, до складу якого вона входить. На кожну деталь в машині покладається виконання певних функцій. Ці функції максимально відображаються і уточнюються в формулюванні службового призначення кожної деталі. Наприклад:

Вали є опорами для деталей, за допомогою яких відбувається передача крутних моментів. При уточненні службового призначення такого вала повинна бути вказана точність базування з'єднаних з ним деталей, а також значення частоти обертання і крутного моменту, які передаються валом.

Зубчасті колеса слугують для передачі крутного моменту з одного вала на інший, передачі і зміни частоти обертального руху. При уточненні службового призначення зубчастих коліс необхідно враховувати величину крутного моменту, який передається з одного вала на інший та частоту обертання зубчастих коліс і передаточне відношення.

Корпусні деталі, а також станини і кронштейни виконують в машинах роль базових деталей. Тому уточнення службового призначення такого типу деталей повинно, в першу чергу, відображати, як і з якою точністю корпусна деталь забезпечує відносне положення інших деталей.

Таким чином, специфічність призначення кожної деталі і умов її роботи повинно найточніше відобразитись в опису її службового призначення.

2.4. Визначення типу виробництва

Тип виробництва визначається кількістю продукції, яку випускає підприємство за одиницю часу, і її характером. У свою чергу він визначає побудову і ступінь деталізації розробки технологічних процесів. Умовно виділяють три типи виробництва: одиничне, серійне та масове.

Одиничним називається виробництво, при якому вироби виготовляються в одному чи декількох екземплярах. Цей тип виробництва характеризується використанням універсального обладнання, універсальних і нормалізованих пристосувань (наприклад, тиски, кутники, прихвати тощо), стандартних інструментів (стандартні свердла, зенкери, розверстки, фрези, різці, плашки, мітчики тощо). Технологічний процес обробки в цьому випадку має ущільнений характер – на одному верстаті виконується декілька операцій чи повна обробка різних деталей.

Серійним називається виробництво, при якому виготовлення деталей виконується серіями (партіями) з деякою періодичністю.

Залежно від кількості деталей у серії, їх характеру і трудомісткості умовно розрізняють дрібно-, середньо-, та багатосерійне виробництво.

У серійному виробництві технологічний процес розчленований на окремі операції, які закріплені за окремими верстатами.

Цей тип виробництва рекомендує використовувати верстати різних видів: універсальні, спеціалізовані, спеціальні (автоматів, напівавтоматів, агрегатні верстати, тощо), а також верстати з програмним управлінням і центрів обробки. В серійному виробництві поряд з універсальними пристосуваннями і інструментом використовуються спеціалізовані і спеціальні.

Обробка деталей виконується партіями. Кількість деталей у партії визначається за формулою:

$$n = \frac{N * t}{F} \quad \text{шт.},$$

де n – кількість деталей у партії;

N – кількість деталей у річній програмі;

t – періодичність запуску в днях (рекомендовано 3, 6, 12, 24);

F – число робочих днів на рік (приймається рівним 240-260 днів).

Масовим називається виробництво, для якого характерний великий обсяг випуску однакових деталей. В масовому виробництві використовують вузькоспеціалізоване і спеціалізоване обладнання, оснастку та інструмент. Форма організації виробництва повинна бути поточною, тобто обробка деталей виконується на основі поточного принципу шляхом безперервної передачі деталей від верстата до верстата, які розміщені в порядку послідовності технологічних операцій.

Кожен із вказаних типів виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій, який визначається за формулою:

$$K_{з.о.} = \Sigma O / \Sigma P,$$

де O – кількість всіх операцій;
 P – кількість всіх робочих місць.

Значення коефіцієнта закріплення операцій для кожного виробництва наступний: для масового $K_{з.о.} = 1$, для багатосерійного $1 < K_{з.о.} < 10$, для середньосерійного $10 < K_{з.о.} < 20$, для дрібносерійного $20 < K_{з.о.} < 40$, для одиничного більше 40.

Для масового виробництва при поточній формі організації розраховується такт випуску (хв):

$$t_{в} = 60 \Phi_{д} / N_{р},$$

де $\Phi_{д}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, в год;

$K_{з.о.}$ – річна програма випуску деталей, в шт.

Річна програма випуску деталей розраховується за формулою:

$$N_{р} = N_{1} m (1 + \beta / 100),$$

де N_{1} – річна програма без урахування запасних деталей і кількості їх у виробі;

m – кількість однакових деталей у виробі;

β – кількість запасних деталей ($\beta = 0, 1 N_{1}$).

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання визначається за формулою:

$$\Phi_{д} = \Phi_{н} \eta,$$

де Φ_d – номінальний фонд часу роботи обладнання (для однозмінної роботи обладнання він дорівнює 2070 год на рік);

η - коефіцієнт витрат часу на ремонт обладнання ($\eta=0,94-0,97$).

Для розрахунку необхідної кількості верстатів для даної операції користуються формулою:

$$m_p = N_p T_{шт(шт.-к)} / 60 \Phi_d \eta_{з.н.},$$

де $T_{шт(шт.-к)}$ – штучний чи штучно-калькуляційний час обробки деталі на даній операції, хв;

$\eta_{з.н}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Нормативний коефіцієнт завантаження обладнання залежно від типу виробництва приймається:

для дрібносерійного – 0,8-0,9;

для серійного – 0,75-0,85;

для масового і багатосерійного – 0,65-0,75.

Кількість робочих місць P_i для виконання даної операції визначають округленням до найближчого цілого числа розрахованого значення m_p .

По кожній операції розраховують значення фактичного коефіцієнта завантаження обладнання за формулою:

$$\eta_{з.ф.} = m_p / P_i$$

Якщо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання більший нормативного, то необхідно для даної операції збільшити кількість верстатів. При $\eta_{з.ф.}$ набагато нижчому нормативного необхідно проаналізувати можливість довантаження обладнання іншими, рівноцінними за трудомісткістю, операціями. Тоді кількість операцій на даному робочому місці може бути збільшена.

Кількість операцій на даному робочому місці визначається за формулою:

$$O_i = \eta_{з.н.} / \eta_{з.ф.}$$

Розрахунок $T_{шт.}$ проводиться на основі даних існуючого технологічного процесу або з використанням методу наближених норм часу (див. додаток) за формулою:

$$T_{шт.} = \varphi_k T_o$$

де T_0 – основний час по кожній операції технологічного процесу;

φ_k – нормативний коефіцієнт.

При визначенні середнього штучного часу його слід розраховувати по основним операціям, не приймаючи до уваги зняття фасок, зачистку, промивання, термообробку тощо.

Визначивши кількість всіх операцій і робочих місць, розраховують коефіцієнт закріплення операцій і визначають тип виробництва.

2.5. Техніко-економічне обґрунтування вибору виду заготовки

Метод отримання заготовки визначається перш за все конфігурацією і службовим призначенням деталі. На кресленні конструктор вказує матеріал, з якого повинна виготовлятися деталь, вимоги до точності і шорсткості оброблених поверхонь. Обсяг виробництва і економічність виготовлення є одними з основних факторів при вирішенні питання про метод отримання заготовки. Вибрати заготовку – означає встановити спосіб її отримання, розрахувати припуски на механічну обробку всіх поверхонь і вказати допуски на виготовлення. Остаточне рішення про вибір способу отримання заготовки приймають після комплексного розрахунку собівартості заготовки і деталі. При цьому порівнюють декілька варіантів і вибирають той, при якому забезпечується мінімальна собівартість деталі за рахунок скорочення механічної обробки, зниження трудомісткості і збільшення ступеня механізації і автоматизації виробництва.

Основними видами заготовок для деталей машин залежно від їх призначення і форми є:

- 1) заготовки з прокату і листового матеріалу;
- 2) ковані, пресовані і штамповані заготовки;
- 3) відливки з чорних і кольорових металів;
- 4) заготовки з неметалевих матеріалів (деревина, гума, текстоліт, азбест, пластмаса тощо).

Вибір виду заготовки залежить від конструктивних форм деталей, їх призначення, типу виробництва, умов роботи тощо.

Заготовки з прокату

У машинобудуванні використовується прокат різної форми і розмірів. Часто використовують прокат гарячекатаний звичайної точності, який має форму поперечного перерізу у вигляді кола,

квадрата, шестигранника, смуги. Промисловістю випускається також холодноотягнутий матеріал круглого, квадратного, шестигранного профілю. Оскільки холодноотягнутий метал значно точніший ніж гарячекатаний, заготовки з нього потребують меншої механічної обробки і є більш економічними в серійному і багатосерійному виробництві.

Крім того, як заготовки використовують безшовні товстостінні труби, тонколистову сталь і дріт.

Для отримання заготовок фасонних деталей доцільно використовувати профільний прокат, який отримують при звичайній і періодичній гарячій прокатці, а також за допомогою пресування, волочіння і штампування.

Найширше використання набув круглий прокат, з якого виготовляють: гладкі і ступінчасті вали (при різниці діаметрів не більше 4,0-5,0 мм), осі, гвинти, шпильки, болти тощо.

У масовому виробництві кріпильні деталі, пальці, товкачі, ролики, кульки та інші аналогічні деталі треба отримувати на пресах-автоматах холодної висадки з каліброваного дроту діаметром до 25 мм. Економія металу при цьому сягає 40% порівняно з виготовленням деталей зі зняттям стружки.

Вартість заготовки з прокату і її чорнової обробки можна визначити з формули:

$$C = g C_{п.м.} + BT \left(1 + \frac{q}{100}\right) \text{ грн.},$$

де g – вага заготовки, кг;

$C_{п.м.}$ – ціна 1 кг прокату матеріалу, грн;

B – годинна заробітна платня робітника, який виконує чорнову обробку, грн;

T – калькуляційний час чорнової обробки заготовки, год;

q – накладні витрати механічного цеху, %.

Ковані і штамповані заготовки

Заготовки у вигляді поковок і штамповок використовують для деталей, які працюють на згин, кручення, розтяг і тих, що мають велику різницю в поперечних перерізах. При цьому способі намагаються отримати конфігурацію заготовки, яка б наближалась до розмірів деталі.

Поковки, отримані шляхом вільного кування, використовують в одиничному і дрібносерійному виробництві при виготовленні крупногабаритних деталей. У серійному виробництві використовується штамповка в підкладних штампах. У

багатосерійному і масовому виробництвах дрібні і середні деталі отримують штамповкою в закритих штампах.

Деталі типу кільця, втулки, шестерні, шестерні з фланцем, конічні шестерні з валом тощо виготовляють на горизонтально – кувальних машинах (ГКМ). Цим способом отримують поковки масою 0,1-100 кг з максимальним діаметром до 350 мм.

Штампуння на ГКМ є одним з найпродуктивніших методів отримання заготовок, оскільки може виготовлятися до 400 поковок на годину.

Коли поковку неможливо виготовити на ГКМ, то необхідно проектувати виробництво заготовки на кривошипних пресах. На них штампують заготовки типу плоских поковок, шестерні, хрестовини з круглою ступицею, ступінчаті вали, поворотні кулачки, важелі, шатуни, тощо.

Штампуння на кривошипних пресах дозволяє отримувати заготовки масою до 200 кг, при цьому вона в 2-3 рази продуктивніша, а припуски і допуски на 20-35% менші порівняно з штампунням на молотах. При штампунні широко використовується профільний прокат.

Ковані заготовки використовують для деталей складної форми, отримання яких з прокату економічно не доцільно, а також коли поперечні розміри деталей перевищують межі максимальних поперечних розмірів прокату.

Ковка і штамповка підвищує механічні властивості матеріалу, що часто вказується в технічних вимогах на виготовлення деталі.

Вартість поковки і її чорнової обробки:

$$C_1 = g_1 C_{п.м.} + \left(1 + \frac{q_1}{100}\right) C_k + BT_1 \left(1 + \frac{q}{100}\right) \text{ грн.},$$

де g_1 – маса матеріалу, який використовується на поковку, кг;

C_k - вартість ковальської роботи, грн;

q_1 - накладні витрати ковальського цеху, %;

T_1 - калькуляційний час чорнової обробки поковки, год.

Умови вигідності використання поковки порівняно з прокатом: $C_1 \leq C$. При однаковій вартості ($C_1 = C$) використання поковки переважніше, оскільки виходить економія металу і підвищується міцність деталі. Вартість поковки і її чорнової обробки:

$$C_2 = g_2 C_{п.м.} + C_{ш.} \left(1 + \frac{q_1}{100}\right) + \frac{C_{ум.}}{n} + BT_2 \left(1 + \frac{q}{100}\right) \text{ грн.},$$

де g_2 - маса матеріалу, який використовується на штампування, кг;

$C_{\text{ш}}$ - вартість штампувальних робіт, грн;

$C_{\text{шт}}$ - вартість штампа, грн;

n – кількість деталей, які виготовляються штампуванням;

T_2 – калькуляційний час обробки штамповки, год.

Умова вигідності використання штамповки: $C_2 \leq C$; $C_2 \leq C_1$.

Литі заготовки

Фасонні деталі, як правило великогабаритні, які не підлягають ударним навантаженням, виготовляються з чавунних відливок. Деталі складної конфігурації, які працюють у важких умовах, отримують з сталевих відливок. Зі сталі не відливають особливо великих деталей через складність отримання таких відливок.

Якість і вартість литих заготовок значно відрізняється залежно від методу їх виготовлення. Найбільш розповсюджені способи лиття: в земляні форми при ручному формуванні по дерев'яних моделях чи при формуванні за шаблоном; в земляні форми при машинному формуванні по металевих моделях.

Існують також спеціальні способи лиття, які широко використовуються в машинобудуванні, що дозволяє скоротити або зовсім виключити механічну обробку заготовки.

1. *Лиття в металеві форми (кокілі)* використовується в багатосерійному і масовому виробництвах для отримання заготовок з чавуну, сталі і кольорових металів при порівняно невеликій масі (від 5 до 500 кг). Точність розмірів відливок відповідає 13-15 квалітету, а шорсткість поверхні - Rz80-Rz10.

2. *Лиття під тиском* в металевих формах виконується для цинкових, алюмінієвих, магнієвих і латунних сплавів. За звичай відливки виготовляються масою від 0,1 до 100 кг з мінімальною товщиною стінки до 0,5мм. Точність відливок – 11-12 квалітет, шорсткість не більше Rz20.

У зв'язку з можливістю використання змінних вставок у формах, лиття під тиском є економічним при порівняно невеликих кількостях виготовлюваних деталей (до 500 шт. за рік).

3. *Відцентрове литво.* Заготовки виготовляються шляхом заливання розплавленого металу у форму, що обертається. Використовується для деталей, які мають форму тіл обертання: труби, гільзи, втулки, кільця. Матеріалом для відливок слугують будь-які сплави.

4. *Лиття по моделях, які виплавляються*, використовують для відливок з будь-яких сплавів, легованих і жароміцних сталей при високій точності заготовок (11-12 квалітет), при шорсткості поверхні Rz40-Rz10.

При литті по моделях, які виплавляються, можна отримати відливки масою до 50 кг з мінімальною товщиною стінки до 0,6-0,8 мм і мінімальним діаметром отвору – 2,0-2,5 мм. Цим способом виготовляють відповідальні деталі: корпуси приладів, авіаційну арматуру, лопаті турбін тощо. Лиття по моделях, які виплавляються, використовується в серійному і масовому виробництві.

5. *Лиття в оболонковій формі* дозволяє підвищити продуктивність роботи в 3-4 рази порівняно з литтям в землю. При цьому методи виходять чисті (Rz40-Rz10) і точні (11-12 квалітет) відливки з чавуну масою до 100 кг. Метод використовується в багатосерійному і масовому виробництвах.

Розрахунок собівартості відливок визначається за формулою:

$$C_3 = g_3 C_{p.m.} + A \cdot \left(1 + \frac{q_3}{100}\right) + \frac{C_{ми.}}{n} + BT_3 \left(1 + \frac{q}{100}\right) \text{ грн.},$$

де g_3 – маса рідкого металу, який йде на відливку, кг;

$C_{p.m.}$ – вартість 1 кг. рідкого металу, грн;

A – сума зарплати по роботах ливарного цеху, грн;

q_3 – накладні витрати ливарного цеху, %;

$C_{ми.}$ – вартість моделі і шпательних ящиків, грн;

n – кількість деталей, які відливаються по одній моделі;

$BT_3 \left(1 + \frac{q}{100}\right)$ – вартість чорнової обробки відливку, грн.

Загальний економічний ефект для співставлення способів отримання заготовок можна розрахувати по формулі:

$$E = (C_{заг.1} - C_{заг.2}) N \text{ грн.},$$

2.6. Встановлення плану і методів механічної обробки

Суть встановлення плану обробки полягає у визначенні послідовності виконання операцій, у виборі способу обробки і обладнання для їх реалізації.

При встановленні послідовності обробки необхідно дотримуватись таких правил:

1) поставлене в механічні цехи литво повинно бути очищеним, заґрунтованим, а поковки і штамповки очищені від окалини;

2) по можливості, в механічних цехах виконувати напівчистову і чистову обробку, чорнову – в заготівельних;

3) в першу чергу провести обробку поверхонь, які будуть базами для наступних операцій;

4) обробляти поверхні, де знімається багато металу.

Це дозволить легше визначити внутрішні дефекти заготовки (раковини, включення, тріщини тощо), а також виявляти деформацію окремих поверхонь деталі, яка буде усунена при наступній чистовій обробці цих поверхонь. Це виключить деформації і спотворення розмірів при виконанні фінішних і доводочних операцій. Величина деформації деталі має суттєве значення, особливо при обробці недостатньо жорстких деталей і деталей з особливо точними розмірами окремих поверхонь (в межах 2,5-20 мкм). При механічній обробці жорстких деталей і деталей з допусками в межах 100-200 мкм деформацію можна не враховувати;

5) спочатку повинні також виконуватись операції, де існує можливість браку через дефекти матеріалу чи складності механічної обробки;

6) далі послідовність операцій встановлюється залежно від потрібної точності поверхні: чим точніша має бути поверхня, тим пізніше вона повинна оброблятися, щоб уникнути спотворення оброблених поверхонь через перерозподіл внутрішніх напружень;

7) найбільш точні поверхні з найменшою шорсткістю повинні оброблятися останніми. Цим усувається чи зменшується можливість зміни їх розмірів і появи пошкоджень.

З урахуванням вказаних правил можна рекомендувати таку схему послідовності операцій процесу механічної обробки:

1) обробка поверхонь, які утворюють технологічні бази для всіх наступних операцій обробки;

2) чорнова обробка основних поверхонь деталі. До обробки основних поверхонь відносяться: підрізання торців і центрування валів, обточування шийок валів, свердління, зенкерування, розвертання, розточування отворів, нарізання зубів, фрезерування шліців, стругання, протягування поверхонь;

3) чистова обробка основних поверхонь деталі (при обробці на одному верстаті великої кількості поверхонь можливо суміщення чорнових і чистових операцій);

4) чорнова і чистова обробка другорядних поверхонь (свердління дрібних отворів, зняття фасок, виправлення центрів, нарізання різьби, фрезерування, цекування невеликих поверхонь, лисок);

5) термічна обробка деталі, якщо вона передбачена кресленням;

б) виконання фінішних операцій по основних поверхнях (чорнове і чистове шліфування, тонке розточування, чистове розвертання, протягування, шевінгування);

7) виконання доводочних операцій по основних поверхнях (хонінгування, притирання, суперфінішування, доведення притиральними пастами).

2.7. Вибір технологічних баз

Якість обробки різних деталей у значній мірі залежить від правильного вибору технологічних баз. Невірний їх вибір псує положення деталі відносно інструменту, веде до неправильної обробки поверхні за кресленням, створює нерівномірні припуски на обробку і може бути причиною браку деталі.

При виборі технологічних баз необхідно керуватись такими основними рекомендаціями:

1. Для досягнення найбільшої точності кутового положення поверхонь деталі одна відносно іншої і стійкості заготовок необхідно для технологічних баз використовувати поверхні найбільшої довжини (тобто поверхні найбільших габаритних розмірів).

2. За технологічні бази слід вибирати ті поверхні чи осі деталей, відносно яких слід забезпечувати задане положення поверхонь на даному переході чи операції.

3. Необхідно по можливості дотримуватись принципу постійності баз і під час обробки на всіх основних технологічних операціях використовувати як установочні бази одні й ті ж поверхні. Постійні бази забезпечують високу точність обробки взаємозв'язаних поверхонь і дозволяють використовувати одноманітні затискні пристосування.

4. Слід намагатись обробляти якомога більше поверхонь з одного встановлення заготовки.

5. При необхідності слід штучно збільшувати розміри технологічних баз чи робити спеціальні технологічні бази.

6. На першій чи двох перших операціях повинні створюватись єдині постійні бази для наступної обробки.

7. Чорновими базами для виконання перших операцій можуть бути поверхні, які взагалі не обробляються або обробляються пізніше. Поверхні, які використовують як чорнові бази, повинні бути по можливості гладкими, не мати штампувальних і ливарних ухилів, ливників, прибуткової частини, площин рознімання ливарних форм і штампів.

У технологічних документах і при оформленні операційних ескізів використовують умовне позначення баз, вказавши розміщення і кількість опорних точок.

2.8. Вибір технологічного обладнання

Тип обладнання визначається формою і розмірами заготовки, обраним методом обробки поверхні, зручністю базування і закріплення заготовки, типом виробництва.

При виборі типу і моделі верстата необхідно керуватися наступними вимогами:

1. Правильно пов'язати вимоги технології, організації виробництва і економіки.

Обраний верстат повинен забезпечити виконання усіх вимог креслення і технічних умов на обробку деталі по даній операції у відношенні точності розмірів, форми і якості поверхонь. Необхідно, по можливості, використовувати обладнання, що випускається верстатобудівними заводами серійно.

2. Розміри верстата повинні відповідати розмірам оброблюваних на ньому деталей. При цьому варто прагнути, щоб верстат був достатньо використаний по своїх технологічних можливостях і по потужності.

3. Обраний верстат повинен забезпечити найменші витрати часу на обробку, мінімальну собівартість виготовлення деталі і найбільш швидку окупність витрат на його придбання.

Вибір універсального обладнання

Вибір верстатів для проектного технологічного процесу проводиться після того, як кожна операція попередньо розроблена, тобто визначено: метод обробки поверхні або з'єднання поверхонь (точіння, фрезерування, свердління і т.п.); точність і шорсткість поверхонь; припуск на обробку; різальний інструмент; такт випуску і тип виробництва.

Типорозмір (модель) верстата можна вибрати порівняно швидко на підставі таких даних, як метод обробки, точність обробки, шорсткість, розташування і розміри оброблюваної поверхні або габаритні розміри деталі. Однак такий вибір ще не буде досить обґрунтованим і, головне, не дасть уявлення про забезпечення заданої продуктивності.

Після визначення необхідної кількості верстатів, виходячи з заданої продуктивності по першому варіанту, може змінитися початкове рішення щодо вибору типорозміру верстата. Це можливо в

умовах масового виробництва, де необхідно прагнути, щоб на операціях було зайнято не більш одного-двох верстатів. У цьому випадку, якщо спочатку був, наприклад, прийнятий одношпindelний верстат, може виявитися доцільною його заміна на багатшпindelний, багатопозиційний, спеціалізований або навіть спеціальний верстат. В усіх подібних випадках необхідно підтвердити доцільність заміни одного верстата іншим на підставі техніко-економічного розрахунку.

Іншим фактором, що може привести до зміни початкового рішення по вибору типорозміру верстата, є неефективне використання його за потужністю. В умовах масового і багатосерійного виробництва дозволяється установити для привода головного руху електродвигун меншої потужності.

Застосування агрегатних верстатів

Крім універсальних, високопродуктивних і спеціалізованих верстатів, останнім часом, особливо в умовах масового і багатосерійного виробництва для забезпечення високої продуктивності застосовуються агрегатні верстати й автоматичні лінії. Тому при розробці технологічних процесів часто виявляється доцільним використовувати це високопродуктивне обладнання.

Технологічна характеристика агрегатного верстата визначається при розробці технологічного процесу. До факторів, що визначають технологічну характеристику, належать: характер технологічної операції, що намічено виконувати на агрегатному верстаті; число позицій обробки; число шпindelів інструментального налагодження; швидкість різання і подачі кожного інструменту; потужність різання і зусилля подач; інші умови, що визначають особливості даної обробки.

Технологічна характеристика верстата і конструктивні ознаки оброблюваної деталі дають можливість визначити компоновання агрегатного верстата, що характеризується розташуванням деталі в робочій зоні, наявністю і конструкцією транспортного пристрою для переміщення деталі з позиції в позицію, а також взаємним розташуванням вузлів верстата в компонованні. Найпоширеніші компоновання передбачають: вертикальне і горизонтальне розташування по характеру здійснення робочої подачі силовими механізмами; нерухоме положення оброблюваної деталі або її переміщення з позиції в позицію за допомогою транспортуючих пристроїв з вертикальною і горизонтальною віссю повороту.

Наприклад, вертикальний агрегатний верстат — це верстат зі стояком, на якому змонтований силовий вузол, що переміщується для здійснення прискореного підведення інструментів і робочої подачі у вертикальному напрямку. Стояк може бути змонтований зі станиною

для встановлення стаціонарного пристосування (для обробки нерухомої деталі) або з поворотним столом, що дозволяє вести обробку в декількох позиціях.

Горизонтальний агрегатний верстат також може бути змонтований зі стаціонарним пристосуванням або з поворотним барабаном, що дозволяє вести багатопозиційну обробку. Вертикальні і горизонтальні верстати зі стаціонарними пристосуваннями призначені для обробки великогабаритних деталей. Найбільше застосування мають вертикальні і горизонтальні верстати з поворотними пристроями для багатопозиційної обробки.

Вибравши компоновання верстата, можна за даними технологічної характеристики (швидкості різання, подачі, потужності різання, ходів робочих і прискорених переміщень) підібрати нормалізовані вузли. Цю роботу доцільно виконувати в такій послідовності:

а) по продуктивності, подачі і сумарному зусиллю подачі у всіх позиціях підібрати силовий стіл;

б) по ефективній потужності різання і частоті обертання інструментів підібрати силову бабку для здійснення привода головного руху;

в) по кількості позицій обробки підібрати відповідний транспортуючий пристрій — поворотний стіл або барабан.

Вибравши уніфіковані вузли, необхідно перевірити можливість їх сполучення по розмірах приєднувальних поверхонь, що з'єднується, а також вузлів з базовими деталями.

Категорія ремонтної складності агрегатного верстата розраховується за формулою:

$$P = u S \pm m,$$

де

S — вартість агрегатного верстата, тис. грн;

u і m — коефіцієнти, що залежать від компоновання верстата і кількості нормалізованих вузлів у компонованні.

Ці коефіцієнти відповідно дорівнюють: при одному нормалізованому вузлі (силовому столі і бабці) – 0,64; 2,0; понад два – 1,2; 1,6.

Застосування верстатів з числовим програмним управлінням

Верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ) поєднують точність спеціалізованих верстатів і високу продуктивність порівняно з верстатами загального призначення (у 2-5 разів). Однак верстати з ЧПУ значно складніші звичайних, вартість їх досить висока і перевищує вартість універсальних верстатів у 1,2-8 разів.

Область застосування верстатів з ЧПУ достатньо широка, як по характером технологічних операцій, так і за типами виробництва. По останній ознаці створені й успішно використовуються верстати з ЧПУ як для одиничного і дрібносерійного, так і для багатосерійного і масового виробництва. Верстати з ЧПУ використовуються:

- 1) токарної групи - у масовому, серійному й одиничному виробництві;
- 2) фрезерні, свердлильні і розточувальні — у серійному та одиничному виробництві;
- 3) шліфувальні — у серійному виробництві.

Дані по можливості використання кожної з моделей верстатів із ЧПУ в умовах певного типу виробництва наведені в паспортах верстатів.

У моделях верстата для позначення ступеня автоматизації додається літера Ф з цифрою: Ф1 — верстати з цифровою індикацією і попереднім набором координат; Ф2 — верстати з позиційними і прямокутними системами; Ф3 — верстати з контурними системами; Ф4 — верстати з універсальною системою для позиційної і контурної обробки.

До основних умов доцільності застосування верстатів з ЧПУ належать:

1) обробка отворів складної геометричної форми, що вимагають застосування декількох послідовно працюючих інструментів, а також обробка груп отворів на свердлильних і розточувальних верстатах. Ці види обробки можуть бути виконані на верстатах з ЧПУ без виготовлення спеціального оснащення (кондукторів, копирів тощо), що звичайно застосовується на універсальних верстатах;

2) необхідність побудови процесу за принципом концентрації операцій, тобто зосередження можливо більшого числа однотипних видів обробки на одному робочому місці;

3) необхідність зменшення частки допоміжного часу, що затрачається в розглянутій операції на прийоми, пов'язані зі зміною режимів різання, переходом з обробки однієї поверхні на іншу, зміною різального інструмента та іншого, що звичайно має місце при послідовній обробці декількох поверхонь на універсальних верстатах;

4) обробку декількох аналогічних деталей на одному верстаті, що має місце в умовах серійного виробництва. У цьому випадку застосуванням верстатів із ЧПУ можна скоротити час на переналагодження обладнання;

5) можливість скорочення числа операторів введенням багатостатного обслуговування.

Робота зі складання технологічної документації про застосування верстатів з ЧПУ включає наступні етапи:

1) складання технологічного процесу механічної обробки деталі і виявлення операцій, на яких застосування верстатів з ЧПУ принципово можливо і доцільно;

2) вибір верстата з ЧПУ, який можна було б застосувати на намічених операціях;

3) технологічну розробку креслення деталі (операційного ескізу) для виконання операції на верстаті з ЧПУ;

4) складання розрахунково-технологічної карти команд і переміщень виконавчих органів верстата з ЧПУ;

5) техніко-економічне обґрунтування застосування верстата з ЧПУ.

Технологічний процес механічної обробки із застосуванням верстатів з ЧПУ у відношенні послідовності операцій обробки, складу операцій, розрахунку режимів різання, вибору моделей верстатів підпорядковується тим же правилам, що і для верстатів з іншим керуванням, тобто спочатку може бути складений технологічний процес з орієнтацією на звичайні верстати. Далі аналізуються ті операції, на яких доцільно застосування верстатів з ЧПУ. Операції необхідно проаналізувати по допоміжному часу, якщо операція нормована, на підставі техніко-економічного розрахунку показати доцільність застосування верстата з ЧПУ.

Розрахунково-технологічна карта складається на підставі докладної розробки операцій технологічного процесу і переробленого креслення. У карті послідовно указуються всі команди для здійснення запроєктованої обробки на верстаті з ЧПУ, швидкості і напрямки переміщення органів верстата.

Надалі на підставі розрахунково-технологічної карти дані карти перетворюються в систему команд програмоносія, передбаченого даним верстатом.

2.9. Розрахунок міжопераційних припусків

Для визначення величин припусків користуються розрахунково-аналітичним методом, який базується на аналізі виробничих похибок, які виникають при конкретних умовах отримання заготовок і їх обробки, на визначенні величини елементів, які складають припуск і їх додаванні. На основі розрахунку припусків встановлюються оптимальні проміжні розміри заготовок по всіх технологічних переходах.

Припуском на обробку називають шар матеріалу, який видаляється з поверхні заготовки в процесі її обробки.

Проміжним припуском називають шар матеріалу, необхідний для виконання необхідного переходу. Проміжний припуск

визначається різницею розмірів, які отримують на суміжних (попередньому і виконаному) технологічних переходах процесу обробки даної поверхні (рис.1).

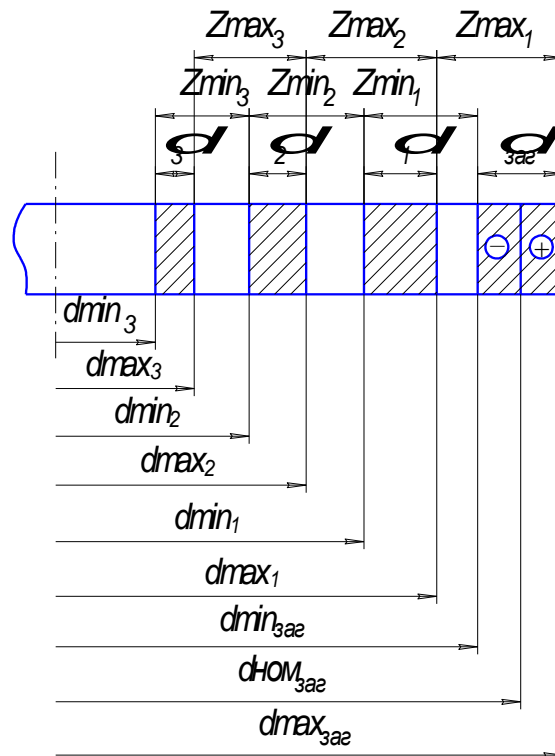


Рис.1. Схема розташування припусків по технологічним операціям (чорнове та чистове точіння, шліфування) обробки деталі класу “вали”

Для зовнішніх поверхонь проміжний припуск:

$$Z_i = a_{i-1} - a_i;$$

для внутрішніх поверхонь:

$$Z_i = a_i - a_{i-1},$$

де

Z_i - припуск на виконуваний перехід;

a_{i-1} - розмір, отриманий на суміжному попередньому переході;

a_i - розмір, отриманий на виконаному технологічному переході.

Загальним припуском називають шар матеріалу, необхідний для виконання всієї сукупності технологічних переходів, тобто всього процесу обробки даної поверхні від чорної заготовки до готової деталі. Загальний припуск визначається різницею розмірів чорної заготовки і готової деталі.

Для зовнішніх поверхонь загальний припуск:

$$Z_0 = a_3 - a_d;$$

для внутрішніх поверхонь:

$$Z_0 = a_d - a_3,$$

де

Z_0 - загальний припуск на обробку;

a_3 - розмір даного елемента у заготовки;

a_d - розмір того ж елемента у готової деталі.

При обробці заготовок на металорізальних верстатах похибки форм заготовок копіюються, але закономірно зменшуються при кожному виконаному переході. Разом з тим при виконанні технологічних переходів механічної обробки похибки можуть виникати знову в залежності від застосовуваного методу обробки, режимів різання, точності поверхні та інших технологічних факторів. Тому результативні похибки обробки є сумою похибок, які виникають як від точності заготовок, так і при механічній обробці.

Припуск на механічну обробку повинен бути мінімальним, але достатнім для того, щоб можна було видалити похибки попередньої обробки. При визначенні розміру припуску необхідно враховувати відхилення розмірів, геометричні похибки форм, поверхневі мікронерівності, глибину дефектного поверхневого шару, а також просторові відхилення взаємопов'язаних поверхонь і похибки встановлення.

При механічній обробці сталених заготовок у поверхневому шарі виникає наклеп. Тому при послідовних операціях обробки повинен зніматись поверхневий шар з різко вираженою деформацією матеріалу.

Просторові відхилення оброблюваних поверхонь можуть бути у вигляді кривизни і жолоблення заготовки, ексцентричності отворів відносно зовнішньої поверхні, непаралельності і неперпендикулярності осей і поверхонь і тому подібних відхилень у взаємному розташуванні елементів деталей. Вони повинні також враховуватись при розрахунку припусків на обробку.

Можливу похибку встановлення деталі при обробці необхідно компенсувати відповідним збільшенням припуску.

При розрахунку припусків на обробку необхідно визначити

мінімальний припуск, достатній для того, щоб забезпечити отримання необхідних деталей.

Мінімальний припуск при обробці зовнішніх поверхонь визначається найменшими граничними розмірами, а при обробці внутрішніх поверхонь — найбільшими граничними розмірами заготовок на суміжних технологічних переходах.

Величина мінімального припуску на обробку визначається за формулами:

асиметричний припуск при послідовній обробці протилежних поверхонь

$$Z_{i \min} = R z_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i;$$

симетричний припуск при паралельній обробці протилежних поверхонь

$$2Z_{i \min} = 2(R z_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i);$$

симетричний припуск при обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь обертання:

$$2Z_{i \min} = 2(R z_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2});$$

де

$R z_{i-1}$ - висота мікронерівностей поверхні на попередньому переході;

T_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару, отриманого на попередньому переході;

ρ_{i-1} - сумарне значення просторових відхилень взаємопов'язаних поверхонь, які залишилися після виконання попереднього переходу;

ε_i - похибка встановлення заготовки на верстаті при виконуваному переході.

Значення ρ визначається як векторна сума просторових відхилень:

$$\overline{\rho} = \overline{\rho_1} + \overline{\rho_2};$$

Для однакового напрямку векторів:

$$\rho = \rho_1 + \rho_2;$$

Для протилежного напрямку векторів:

$$\rho = \rho_1 - \rho_2;$$

У тих випадках, коли неможливо передбачити напрямок, векторів їх сумують за правилом квадратного кореня:

$$\rho = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2};$$

Похибка встановлення заготовки для обробки на верстаті визначається в загальному випадку як векторна сума похибок базування ε_6 і похибки закріплення ε_3 :

$$\varepsilon = \varepsilon_6 + \varepsilon_3;$$

При однаковому напрямку векторів:

$$\bar{\varepsilon} = \bar{\varepsilon}_6 + \bar{\varepsilon}_3;$$

При протилежному напрямку векторів:

$$\varepsilon = \varepsilon_6 - \varepsilon_3;$$

Коли передбачити напрямок векторів неможливо, їх сумують за правилом квадратного кореня:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2};$$

Дійсні припуски на обробку в партії заготовок коливаються в межах від $Z_{i \min}$ до $Z_{i \max}$ залежно від дійсних розмірів заготовок.

Для інших випадків видів обробки розрахункові формули Z_{\min} наведено в додатку.

Максимальний припуск на обробку визначається за формулами: для асиметричного припуску

$$Z_{i \max} = Z_{i \min} + \delta_{i-1} - \delta_i;$$

для симетричного припуску

$$2Z_{i \max} = 2Z_{i \min} + \delta_{Di-1} - \delta_{Di},$$

де

$Z_{i \max}$ - максимальний припуск на виконуваний перехід;

$\delta_{i-1}, \delta_{Di-1}$ - допуск на розмір на попередньому переході;

δ_i, δ_{Di} - допуск на розмір на виконуваному переході.

Допуск на припуск - це різниця між максимальним і мінімальним припусками на виконуваний перехід:

для асиметричного припуску

$$\delta_z = Z_{i \max} - Z_{i \min};$$

для симетричного припуску

$$\delta_z = 2Z_{i \max} - 2Z_{i \min}.$$

Для кінцевої операції розрахунковим розміром d_p^{\min} буде найменший граничний розмір по кресленню деталі. Для переходу, попереднього кінцевому, розрахунковий розмір визначається додаванням до найменшого граничного розміру за кресленням допуску на виконуваний перехід та мінімального припуску.

Таким же чином визначаються розрахункові розміри на всі переходи. Найменші граничні розміри по всіх технологічних переходах визначаються округленням розрахункових розмірів до того ж знаку десяткового дробу, з яким даний допуск на розмір для кожного переходу.

Найбільші граничні розміри визначаються шляхом додавання до найменших граничних розмірів допусків.

Порядок розрахунку елементів міжопераційного припуску для зовнішніх і внутрішніх поверхонь наведено в табл. 1.

1. Порядок розрахунку елементів міжопераційного припуску

№	Для зовнішніх поверхонь	Для внутрішніх поверхонь
1	Користуючись робочим кресленням деталі і картою технологічного процесу механічної обробки, записати в розрахункову карту оброблювані поверхні заготовки і технологічні переходи обробки в порядку послідовності їх виконання по кожній поверхні від чорнової заготовки до кінцевої обробки	
2	Записати значення $Rz, T, \rho, \varepsilon, \delta$	
3	Визначити розрахункові величини мінімальних припусків на обробку Z_{\min} по всіх технологічних переходах	
4	Записати для кінцевого переходу в графу “Розрахунковий розмір” найменший граничний розмір деталі по кресленню	Записати для кінцевого переходу в графу “Розрахунковий розмір” найбільший граничний розмір деталі по кресленню
5	Для передостаннього переходу визначити розрахунковий розмір доданням до найменшого граничного розміру по кресленню розрахункового припуску	Для передостаннього переходу визначити розрахунковий розмір відніманням від найбільшого граничного розміру по кресленню розрахункового припуску

Продовження таблиці 1

№	Для зовнішніх поверхонь	Для внутрішніх поверхонь
6	Послідовно визначити розрахункові розміри для кожного попереднього переходу доданням до розрахованого розміру наступного за ним суміжного переходу розрахункового припуску	Послідовно визначити розрахункові розміри для кожного попереднього переходу відніманням від розрахованого розміру наступного за ним суміжного переходу розрахункового припуску
7	Записати найменші граничні розміри по всіх технологічних переходах, округлюючи їх збільшенням розрахункових розмірів; округлювати до того ж знаку десяткового дробу, з яким дано допуск на розмір для кожного переходу	Записати найбільші граничні розміри по всіх технологічних переходах, округлюючи їх у бік зменшення розрахункових розмірів; округлювати до того ж знаку десяткового дробу, з яким дано допуск на розмір для кожного переходу
8	Визначити найбільші граничні розміри додаванням допуску до округленого найменшого граничного розміру	Визначити найбільші граничні розміри відніманням допуску з округленого найбільшого граничного розміру
9	Записати граничні значення припусків як різницю найбільших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів	Записати граничні значення припусків як різницю найменших граничних розмірів і як різницю найбільших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів
10	Визначити загальні припуски ΣZ_{\max} та ΣZ_{\min}	
11	Зробити перевірку $\Sigma Z_{\max} - \Sigma Z_{\min} = \delta_z - \delta_\delta$	

Результати розрахунку елементів міжопераційних припусків заносять у табл.2.

2. Елементи міжопераційного припуску

Технологічний перехід	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий мінімальний припуск Z_{\min} , мкм	Розрахунковий мінімальний розмір d_{\min} , мм	Допуск, δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz_{i-1}	T_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_i				d_{\min}	d_{\max}	Z_{\min}	Z_{\max}

2.10. Розрахунок та вибір режимів різання

Розробляючи технологічний процес обробки деталі, треба встановити режими різання, від яких в значній мірі залежить продуктивність і вартість обробки. Встановити режими різання означає визначити: глибину різання t , мм; подачу S , мм/об або мм/дв. хід; швидкість різання V , м/хв. Знаючи швидкість різання V і діаметр заготовки D , мм, визначають число оборотів за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв.}$$

Вибір режимів різання при токарній обробці (точінні)

Глибина різання $t = \frac{P_p}{2}$ мм, де P_p – припуск на діаметр.

Подача при обробці в патроні з підтисненням задньої бабки:

$$S = 0.75 \sqrt{\frac{667 \cdot f \cdot D}{t} \left(\frac{D}{l}\right)^3}, \text{ мм/об,}$$

при обробці в патроні:

$$S = 0.75 \sqrt{\frac{14,3 \cdot f \cdot D}{t} \left(\frac{D}{l}\right)^3}, \text{ мм/об}$$

де D - діаметр обробки, мм;

l - довжина деталі, мм;

t - глибина різання, мм;

f - стріла прогину деталі, яка визначається: $f = \frac{\delta}{4}$, мм.

де δ - поле допуску на отримуваний розмір, мм.

Швидкість різання

$$V = \frac{C}{t^x S^y T^m}$$

де t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об;

T – стійкість інструменту, хв (вибирається з табл.3).

3. Стійкість різця

Матеріал різця	Переріз різця (мм)				
	16x25	20x30	25x40	40x60	60x90
	Стійкість різця T (хв)				
Швидкорізальна сталь	60	60	90	120	150
Твердий сплав	90	90	120	150	180

Значення коефіцієнта x приймається при обробці сталі 0,18, а при обробці чавуну – 0,15. Значення коефіцієнта y при обробці сталі відповідно 0,27, а при обробці чавуну – 0,30. Значення коефіцієнта m вибирається з таблиці 5.

4.Значення коефіцієнта C

Оброблюваний матеріал	C
Сталь, сталеве литво	417
Сірий чавун і мідні сплави	240

5.Значення коефіцієнта t

Оброблюваний матеріал	Типи різців	Умови обробки	Значення t		
			Швидко-різальна сталь	Сплав ТК	Сплав ВК
Сталь, стальне литво, ковкий чавун	прохідні	з охолодженням	0,125	0,125	0,150
	підрізні, розточні	без охолодження	0,100	0,125	0,150
	прохідні	з охолодженням	0,250	-	0,150
	відрізні	без охолодження	0,200	-	0,150
Сірий чавун	Прохідні, підрізні, розточні	без охолодження	0,0100	0,125	0,200
	підрізні, відрізні	без охолодження	0,150	-	0,200

Вибір режимів різання при свердлінні

Глибина різання t при свердлінні в суцільному матеріалі дорівнює:

$$t = \frac{D}{2}, \text{ мм,}$$

де D – діаметр свердла в мм;

при розсвердлюванні отвору діаметром d :

$$t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм,}$$

Подача $S = 0,035 D^{0.6}$, мм/об.

Швидкість різання:

при свердлінні
$$V = \frac{C_1 D^z}{T^m S^y}, \text{ м/хв;}$$

при розсвердлюванні
$$V = \frac{C_1 D^z}{T^m S^y t^x}$$

6. Значення величин C_1, m, y, x, z

Оброблюваний матеріал	Подача S, мм/об	Свердління				Розсвердлювання				
		C_1	m	y	z	C_1	m	y	z	x
Сталь	≤0,2	5,0	0,2	0,7	0,4	11,6	0,2	0,2	0,5	0,4
	>0,2	7,0	0,2	0,5	0,4	11,6	0,2	0,2	0,5	0,4
Чавун	≤0,3	10,5	0,125	0,55	0,25	16,6	0,125	0,1	0,4	0,25
	>0,3	12,2	0,125	0,40	0,25	16,6	0,125	0,1	0,4	0,25

7. Стійкість свердла T

Діаметр свердла, мм	8	12	16	20	24	30
Стійкість свердла T, хв	При обробці сталей					
	10	10	12	18	18	30
	При обробці чавунів					
	20		30		60	

Вибір режимів різання при фрезеруванні

Подача на зуб

$S_z = 0,01-0,1$ мм/зуб (для циліндричних фрез),

$S_z = 0,2-1,0$ мм/зуб (твердосплавні торцеві фрези).

Подача на один оберт фрези $S_0 = S_z z$, мм/об,
де z – число зубів фрези.

Глибина різання

$$t = P_p, \text{ мм,}$$

Швидкість різання

$$V = \frac{C_2 D^q}{T^m t^x S_z^y z^n B^z}, \text{ м/хв,}$$

де D – зовнішній діаметр фрези, мм,

T – стійкість фрези, хв (додаток),

B – ширина фрезерування, мм.

8. Значення величин C_2, q, m, x, z, n

Матеріал різальної частини фрези	Оброблюваний матеріал	C_2	q	m	x	y	z	n
Швидкорізальна сталь	Сталь	30	0,45	0,33	0,3	0,3	0,1	0,1
	Чавун	31	0,7	0,25	0,5	0,4	0,3	0,3
Твердий сплав	Сталь	330	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
	Чавун	528	0,2	0,32	0,15	0,35	0,2	0,3

Число оборотів фрези

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв.}$$

Хвилинна подача

$$S = S_0 n, \text{ мм/хв.}$$

Вибір режимів різання при шліфуванні

Глибина шліфування

$$t = 0,005 - 0,1, \text{ мм/прохід.}$$

Число проходів

$$i = \frac{h}{2t},$$

де h – припуск на шліфування (на діаметр), мм.

Поздовжня подача:

$$S = (0,5-0,8)B,$$

де B - ширина шліфованого круга в мм.

Колова швидкість деталі V_d :

$$V_d = 20-80 \text{ м/хв (для чорнового шліфування),}$$

$$V_d = 2-5 \text{ м/хв (для чистового шліфування).}$$

Число оборотів деталі:

$$n = \frac{1000V_d}{\pi D},$$

де D - діаметр деталі, мм.

Швидкість повздовжнього переміщення стола $V_{ст}$:

$$V_{ст} = S n, \text{ м/хв.}$$

2.11. Розрахунок технічної норми часу

Основною задачею технічного нормування на підприємстві є визначення і встановлення затрат часу (норми часу) для виконання визначеного обсягу роботи. Продуктивність роботи може вимірюватися як кількістю продукції, яку виготовляє один робітник за певний проміжок часу, так і затратною часу на виконання певного завдання - на одиницю продукції.

Таким чином, норма часу є мірою продуктивності роботи. Зі зменшенням затрат часу на виконання певної роботи продуктивність роботи підвищується. Одна і та ж робота може виконуватись різними способами за допомогою різних технічних засобів – на різних видах обладнання, за допомогою різних пристосувань, різальних і вимірювальних інструментів, різних режимів обробки.

При розробці технологічного процесу намагаються так спроектувати процес виготовлення даного виробу, щоб затрати часу на виконання окремих операцій були найменшими, при найбільшій продуктивності.

При проектуванні технологічних процесів слід добиватись мінімальних затрат часу не на окремо взятій операції, а на сукупності всіх операцій при виготовленні даної деталі. Найбільш раціональним варіантом технологічного процесу буде той, що забезпечує найменшу собівартість виготовлення виробу.

Норми часу чи норми вироблення повинні бути технічно обґрунтовані і задовольняти таким вимогам:

- технологічний процес передбачає раціональне і повне використання технічних засобів – обладнання, пристроїв, інструменту, механізмів, що приймають участь у роботі;
- режим обробки (швидкість різання, подача,) встановлюється відповідним розрахунком з урахуванням попереднього досвіду;
- обслуговування робочого місця повинно бути безперебійним;
- робоче місце повинне бути раціонально організоване, обладнане необхідною спеціальною тарою, стелажми, транспортними засобами, шафами, повинна бути забезпечена чистота, освітлення, вентиляція та інші умови;
- підготовчі та підсобні функції повинні виконуватись у випадку економічної доцільності іншими робітниками з тим, щоб робітник міг всю свою увагу і час приділяти виконанню основного завдання;
- роботу повинен виконувати робітник, що має необхідні знання і навички;
- виконання важких робіт слід механізувати.

Нормою часу T_H – називається час, даний на виконання роботи у визначених організаційно-технічних умовах. Залежно від характеру і тривалості роботи норма часу додається в змінах, часах, хвилинах чи частках хвилин. Норма часу може даватись на операцію взагалі і на елементи операції – на перехід, прийом, дію і рух. Робітнику норма часу дається на операцію в цілому.

Технічно обумовлена норма часу часто скорочено називається *технічною нормою часу*.

Нормою виробітку N називається кількість роботи, задана на виконання протягом визначеного проміжку часу. Норму виробітку можна виражати в штуках, вагових одиницях, одиницях довжини, площі, об'єму.

На машинобудівних заводах показником, на основі якого визначається розцінювання роботи, і величиною, що покладена в основу планування, є *норма часу*.

Між технічною нормою часу і нормою виробітку існує зв'язок:

$$T_H = \frac{1}{N}.$$

Склад технічної норми часу T_H :

$$T_H = T_{шт.} + T_{пз} / n;$$

$$T_{шт.} = T_{оп.} + T_{відп.} + T_{обс.};$$

$$T_{оп.} = T_0 + T_{доп.}$$

У цих формулах T_0 - *основний (технологічний) час*, протягом якого відбувається зміна вигляду, форми, стану чи взаємного розміщення предметів праці, що є метою технологічного процесу:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} i, \text{ хв.};$$

$$L = l + l_1 + l_2, \text{ мм},$$

де l – довжина оброблюваної поверхні, по якій переміщується інструмент (деталь) в напрямку подачі, мм;

l_1 – довжина врізання інструменту, мм (розраховується за формулами відповідно до геометрії інструмента і глибини різання t);

l_2 – довжина перебігу інструменту, мм, (2-5 мм);

$T_{пз.}$ – *підготовчо-заключний час*, протягом якого робітник до початку роботи готує все необхідне для виконання завдання і після закінчення роботи приводить до порядку робоче місце. Характерною особливістю підготовчо-заключної роботи є те, що вона виконується за звичай до початку і після закінчення виготовлення заданої партії деталей і не залежить від розміру партії (див. додатки). До $T_{пз.}$

належить час на ознайомлення з кресленням, отримання інструкцій, інструменту, пристосувань, заготовок, встановлення пристроїв і налагодження верстату, на зняття інструменту, пристроїв і на здачу роботи контролеру.

$T_{\text{доп.}}$ – *допоміжний час* на встановлення і зняття деталей з верстату, пуск і зупинення верстату, підведення і відведення різального інструменту, вимірювання розміру тощо.

$T_{\text{обс.}}$ – *час обслуговування робочого місця*, затрачений на підтримання робочого місця в стані готовності для виконання заданої роботи (див. додатки). $T_{\text{орм.}}$ включає в себе:

$T_{\text{тех.}}$ – *час технічного обслуговування*, витрачається на зміну інструменту при його затупленні, регулювання пристрою і обладнання, видалення стружки, правку інструменту.

$T_{\text{орг.}}$ – *час організаційного обслуговування* на прибирання, змазування обладнання в кінці зміни, розкладання і прибирання місця на початку і в кінці робочого дня.

$T_{\text{відп.}}$ – *час на відпочинок і природні потреби*, відпочинок і відправлення природних потреб $T_{\text{відп.}}=0,025T_{\text{оп.}}$

$T_{\text{шт}}$ - *штучний час* – час затрачений на одну штуку виконуваної роботи.

n - кількість деталей в партії.

2.12. Оформлення технологічної документації

При проектуванні технологічного процесу виготовлення будь-якої машини, агрегату, вузла тощо для кожної деталі, що входить до складу машини, складається визначена документація.

Відповідно до Єдиної системи технологічної документації (ЄСТД) встановлюються види технологічної документації.

Маршрутна карта – документ, який містить опис технологічного процесу виготовлення (складання) виробу по всіх операціях у технологічній послідовності із зазначенням відповідних даних по обладнанню, оснастці, матеріалах, праці та інших нормативах.

Приклад оформлення маршрутної карти наведено в додатках.

Карта складається з двох частин: першої (верхньої), в якій приводяться всі необхідні дані про деталь і заготовку для неї; другої (нижньої) лицьового боку карти, в яку вписується проєктований план обробки деталі і всі пояснення про неї.

Дозволяється, для спрощення, не заповнювати деякі графи як верхньої, так нижньої частини карти, наприклад: графи, призначені для змін в технологічному процесі; графи “Позначення документа по

ДСТУ” і “Технологічний шифр по ДСТУ”. Допускається не вказувати в графах “Позначення” такі показники, по яких передбачається розбиття позначень у вигляді шифрів (матеріал, заготовка, професія, тарифна сітка, види норм, одиниці нормування).

У маршрутних картах номери операцій вказуються арабськими цифрами у послідовності, яка відповідає технологічному процесу. Нумерацію ведуть через 5. Першій операції присвоюють номер 005, другій 010, третій 015 і так далі. Це дозволяє при необхідності вводити додаткові операції, присвоюючи їм додаткові номери, оскільки на виробництві нумерацію ведуть через 10.

У графі “Найменування і зміст операцій” записується в скороченому вигляді найменування операцій, виражене підметом, наприклад, “токарна”, “розточна”, “шліфувальна” тощо.

У графі “Обладнання” записують для кожної операції найменування верстатів і їх модель.

У графі “Пристосування та інструмент” коротко пояснюється найменування, позначення пристосувань, марка ріжучої частини інструменту і його характеристики, дані по допоміжному і вимірювальному інструментах.

Операційна карта – документ, який містить опис операцій по технологічному процесу виготовлення виробу з розчленуванням операцій по переходах, встановленням і зазначенням режимів різання, розрахованих технічних норм часу (див. додатки).

В операційній карті дається повний зміст переходів, який включає:

а) найменування методу обробки, який виражений дієсловом у наказовій формі (точити, свердлити, шліфувати);

б) найменування оброблюваної поверхні (торець, отвір, площа, галтель);

в) номер оброблюваного розміру, який вказується в колі (наприклад, “точити поверхню в розмір 3, дотримуючи розмір 4”, “точити канавки в розмір 6, витримуючи розмір 7”);

г) розміри і граничні відхилення обробленої поверхні (наприклад, “контролювати розмір 5”).

В описі переходу вказується кількість одночасно оброблюваних поверхонь чи одночасно працюючих інструментів (наприклад, “Фрезерувати дві площини, витримуючи розмір 1” чи “Свердлити 5 отворів Ø 6 мм”).

Зміст переходів приладу записується лише в особливо складних випадках. В решті випадків вказується номер установу (заголовними буквами українського алфавіту) і записується “Встановити, закріпити, зняти деталь”.

Графа “Номер позиції” заповнюється у випадку обробки на багатопозиційних агрегатних верстатах.

У графі “Розрахункові розміри” вказують розміри оброблюваного елемента виробу, які приймаються в розрахунках режимів різання. Для верстатів з обертальним рухом деталі вказують діаметр, отриманий на попередньому переході. При обробці обертальним інструментом вказують діаметр інструмента, при обробці на верстатах з поступальним рухом стола чи інструмента - довжину ходу.

У графі “Режим обробки” вказуються елементи режиму різання, отримані аналітичним методом для кожного переходу даної операції чи отримані за допомогою таблиць на основі документів. Заповнення граф “Режим обробки” і “Технічне нормування” більш докладніше розглянуто у восьмому параграфі.

Карта ескізів і схем – документ, що містить графічну ілюстрацію технологічного процесу для операції механічної обробки.

Ескізи для операцій і переходів містять всі дані, необхідні для виготовлення і контролю оброблюваної деталі. На операційному ескізі деталь показується в тому стані, який вона отримує в результаті виконання даної операції.

На ескізах вказуються розміри, точність і шорсткість оброблених поверхонь, технологічні бази і технічні вимоги до обробки і контролю деталі.

Карти ескізів і схем можуть супроводжуватись спеціальними технічними вимогами, які розміщують на вільному полі справа від ескізу.

Прийнято креслити ескізи в масштабах, передбачених ЄСКД, але допускається виконувати їх у вільному масштабі, які забезпечують чітке уявлення про виріб.

Оброблювані поверхні наводять суцільною лінією (в курсовому проектуванні допускається позначати оброблювані поверхні червоним олівцем чи тушшю).

Оброблювані розміри нумеруються арабськими цифрами. Номер оброблюваного розміру записують в колі діаметром 6-8 мм і з'єднують з розмірною лінією цієї поверхні.

Для зображення технологічних баз і затискних зусиль використовують умовні позначення.

На ескізі в масштабі спрощено зображаються всі робочі металорізальні інструменти в кінцевому для обробки положенні з урахуванням величини різання і перебігу інструмента (інструменти для обробки отворів показують у вихідному положенні).

При багатоінструментній обробці на операційному ескізі показуються всі різальні інструменти, які повинні позначатись

числами в порядку зростання зліва направо, чи при вертикальних наладках – зверху вниз.

Якщо різальний інструмент важко зобразити (зубостругання конічних зубчатих коліс, фрезерування зубчатих коліс з спіральними зубами тощо), то в курсовому проекті допускається на операційних ескізах інструмент не показувати.

При обробці на агрегатних верстатах і верстатах з напівавтоматичним чи автоматичним циклом слід на полі ескізу зобразити циклограму переміщень інструмента із зазначенням величин прискореного підведення, відведення інструмента і руху робочої подачі.

Технологічна інструкція - документ, що містить опис специфічних прийомів роботи чи методики контролю, правила користування обладнанням і приладами, а також фізико-хімічних явищ, які відбуваються при окремих операціях технологічного процесу.

При заповненні карти технічного контролю особливу увагу слід звертати на правильність опису і послідовність виконуваних контрольних переходів, методи і прийоми їх виконання, а також на опис необхідних інструментів, приладів і пристосувань для контролю. Ці карти складаються на операції технологічного контролю, які окремо виділені в технологічному процесі виготовлення деталі (крім контролю, який виконується робітником при механічній обробці).

Карта технічного контролю, як правило, супроводжується операційним ескізом, на якому деталь показується в стані, в якому вона потрапляє на дану операцію. На ескізі показують лише ті дані, які необхідні для виконання контрольної операції.

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розробка конструкції верстатного пристосування

Основні поняття

Вивчення основ проектування пристосувань базується на таких дисциплінах як: машинобудівне креслення, деталі машин, різання металів, технологія машинобудування.

Оволодіння основами конструювання пристроїв важливе, оскільки кожному інженеру-механіку слід знати методику конструювання високопродуктивних пристосувань, уміти виконувати необхідні розрахунки на міцність і гарантувати потрібну точність обробки деталей в пристосуванні.

Необхідно вміти широко застосовувати нормалізовані деталі, вузли і агрегати пристосувань при проектуванні оснастки, знижуючи

при цьому трудомісткість конструкторських робіт і металоємкість виробів.

Конструкція пристосування залежить від багатьох факторів: виробничої програми, обладнання, наявності нормалізованих деталей і вузлів, вид виконуваних робіт тощо. Одні пристосування складаються з 3-4-х деталей (індикаторні стояки, прихвати тощо); інші, більш складні, можуть складатись з десятка і сотень деталей, що мають пневматичну, пневмогідравлічну і гідравлічну апаратуру і приводи.

Принципи встановлення деталей в пристосування

Ці принципи головним чином стосуються розміщення поверхонь оброблюваних деталей в пристосуванні.

Установкою називається положення оброблюваної деталі в пристосуванні відносно різального інструменту. Деталь в цей час притиснута затискними пристосуваннями до установочних елементів пристосування. В поняття установки входить два прийоми – базування деталі на установочні елементи пристосування і закріплення деталі.

Установочними елементами пристосувань називаються деталі і пристосування, на які встановлюється оброблювана деталь (штирі, пластини, призми, пальці). Поверхні, якими оброблювана деталь контактує з установочними елементами пристосувань, називаються *установочними базами*.

Тіло в просторі має шість ступенів вільності руху вздовж трьох координатних осей і обертання навколо цих осей. Відповідно до характеру обробки деталь, закріплена в пристосуванні, може позбавитись всіх шести ступеней вільності, або чотирьох чи п'яти. При зв'язуванні меншої кількості ступенів вільності значно спрощується конструкція пристрою.

Безпосереднє відношення до конструювання пристосувань і забезпечення заданої точності виконуваних операцій мають бази:

- конструкторські,
- технологічні (вимірювальні та установочні),
- складальні.

Конструкторськими базами називають поверхні, лінії чи точки, від яких конструктор визначає положення інших поверхонь, ліній чи точок, визначає розміри і наносить їх на креслення. Основні і конструкторські бази часто збігаються.

Технологічними базами називають поверхні, якими деталь торкається до установочних елементів пристосування при її встановленні для надання оброблюваній деталі деякого положення відносно різального інструменту.

Вимірювальними базами називають поверхні, від яких вказується розмір до оброблюваної поверхні.

Установочними базами називають такі поверхні деталі, якими вона встановлюється для обробки відносно верстата і пристосування та ріжучого інструмента.

Бажано поєднувати установочні і вимірювальні бази, оскільки точність операції при цьому підвищується за рахунок виключення погрішності базування.

Установочні бази бувають чорновими (для першої обробки) та чистовими (для наступних операцій).

При виборі чорнових установочних баз слід враховувати наступне:

- ✓ для деталей, що не обробляються повністю, як бази рекомендують поверхні, що не підлягають обробці і мають найменшу похибку виготовлення і розміщення відносно оброблюваних поверхонь;
- ✓ при обробці деталей по всіх поверхнях як базу слід приймати поверхні з найменшими припусками;
- ✓ чорнові бази по можливості повинні бути рівними і чистими;
- ✓ після першої операції чорнові бази замінюють чистовими.

При призначенні чистових баз необхідно:

- ✓ за бази приймати основні поверхні, а не допоміжні;
- ✓ поєднувати технологічні бази з вимірювальними;
- ✓ щоб вибрана база забезпечувала найменші деформації від затиску і сил різання;
- ✓ враховувати простішу конструкцію, дешевизну пристосування і зручність її конструкції;
- ✓ при обробці точних деталей і деталей складної конструкції рекомендують зберігати єдність баз.

Складальними базами називаються поверхні, якими деталь приєднується до іншої деталі машини.

3.2. Загальний опис та принцип дії пристосування

Розробка конструкції верстатного пристосування повинна виконуватись з урахуванням забезпечення необхідної точності обробки деталі, досягнення найбільшої продуктивності і економічності.

Для цього конструкція пристосування повинна забезпечувати:

- ✓ Потрібну точність встановлення і надійність кріплення оброблюваної деталі.
- ✓ Швидкість дії.

- ✓ Використання незначних зусиль для приведення в дію затискачів, зручність і безпечність роботи.
- ✓ Невисоку вартість виготовлення пристосування і надійність його в експлуатації.

При розрахунку і конструюванні пристосування необхідно в першу чергу ретельно вивчити креслення деталі і технічні вимоги до точності і чистоти обробки поверхонь на заданій операції. Виходячи з заданої річної програми випуску деталей, визначити необхідну продуктивність. Попередньо ознайомитись з типовими конструкціями пристосувань, приведеними в літературі.

Потім слід проаналізувати і уточнити вибрану при розробці технологічного процесу схему встановлення і закріплення оброблюваної деталі в пристосуванні.

Остаточний вибір варіанту слід виконати з врахуванням потрібної точності обробки, а також отримання простоти конструкції та зручності обслуговування пристосування.

Конструювання зводиться до послідовного виконання креслень елементів пристосування навколо контуру оброблюваної деталі з паралельним проведенням необхідних розрахунків.

Рекомендується притримуватись такого порядку:

1. На листі накреслити умовними лініями (штрих пунктиром) контури оброблюваної на даній операції деталі в необхідній кількості проєкцій у масштабі 1:1. Креслення деталі в головному вигляді повинне відповідати робочому положенню деталі на верстаті. Деталь зображують в такому вигляді, в якому вона буде після виконаної обробки. Виділити жирними лініями поверхні деталі, які будуть оброблятися в проєктованому пристосуванні.

Проєкції контуру деталі треба розміщувати на достатній відстані один від одного, щоб між ними могли розміститись відповідні проєкції загального вигляду пристосування.

У процесі проєктування оброблювана деталь вважається прозорою і на видимість елементів пристосування в проєкціях загального вигляду не впливає.

2. Вибрати конструкцію, визначити розміри елементів пристосування і накреслити їх навколо контуру оброблюваної деталі у всіх проєкціях.

3. Відповідно до прийнятої схеми встановлення оброблюваної деталі і її конфігурації визначити місця розміщення, конструкцію і розміри установочних елементів пристосування і викреслити їх.

4. Виходячи з прийнятих режимів різання, визначити величину і напрямок дії сил різання.

5. Керуючись основними принципами закріплення оброблюваних деталей в пристосуваннях, визначити напрям і точку прикладання

сили затиску. Необхідно, щоб тиск з боку ріжучого інструменту приймався опорами, а не затискачами і не силою тертя.

Точку прикладання зусилля затиску слід вибирати з таким розрахунком, щоб не було появи моменту перекидання, або відривання чи зсуву деталі від установочних елементів пристосування.

Для зменшення деформації деталі під дією сил затиску, їх слід прикладати до найбільш жорсткої частини оброблюваної деталі і якомога ближче до місця обробки деталі.

6. Розрахувати величину необхідної сили затискання з умови статичної рівноваги оброблюваної деталі під дією всіх прикладених до неї сил і їх моментів (сил різання, маси, сил тертя, інерційних сил, враховуючи реакції опор).

7. Вибрати конструкцію і розміри затискних елементів пристосування, виходячи з величини необхідного зусилля затискання, регламентованого часом на закріплення і розкріплення оброблюваної деталі в пристосуванні, типу пристосування (одно- чи багатомісне), конфігурації і точності оброблюваної деталі.

8. Провести перевірочний розрахунок на міцність особливо навантажених деталей пристосування (1-2 деталі).

9. Визначити конструкцію і розміри необхідних допоміжних елементів і механізмів пристосування (виштовхувачі, ділильні пристосування).

При виборі цих елементів слід максимально використовувати норми і стандарти.

10. Об'єднати всі елементи загальним корпусом пристосування, використовуючи по можливості стандартні заготовки корпусів.

11. Розробити спосіб центрування пристосування на верстаті і з'єднання його з верстатом.

Опорні поверхні пристосування, а також вушки для закріплення його до столу верстату, повинні поєднуватись з розмірами останнього, оскільки конструкція пристосування повинна забезпечувати зручне кріплення самого пристосування до верстату при найменших затратах часу на налагодження.

Посадочні місця верстатів приводяться в технічній документації, що додається до кожного верстату, і в довідниковій літературі.

При виборі конструкції пристосування необхідно приділити особливу увагу зручності завантаження оброблених деталей, очистці пристосування від стружки і підведення охолоджувальної рідини, а також економічності ефективності використання даної конструкції пристосування.

3.1.2 Розрахунок сили затискання заготовки

Величину затискного зусилля, необхідного для надійного закріплення деталі, можна визначити на основі розв'язання задачі статички, розглядаючи рівновагу деталі під дією прикладених до неї сил.

Рекомендовано такий порядок розрахунку:

1. Скласти розрахункову схему, тобто на схемі установки зобразити всі сили, що діють на деталь: силу різання, затискні зусилля, реакції опор і сили тертя в місцях контакту деталі з установочними елементами і затискними пристосуваннями.

Розрахункову схему слід складати для найбільш несприятливого варіанту розміщення ріжучого інструменту по довжині оброблюваної поверхні, при якому для утримання деталі від переміщення і повороту під дією сили різання слід прикласти найбільше затискне зусилля.

2. Скласти рівняння сил і моментів з умов рівноваги деталі і визначити величину проекцій на напрямки сил різання і сил тертя.

Рівняння сил можна скласти в такому вигляді: сума проекцій всіх сил, що тримають деталь, рівна проекції сили різання.

Для співставлення рівняння моментів необхідно встановити точку, відносно якої можливе повертання деталі під дією сил різання, і визначити відносно цієї точки момент сил, що тримають деталь, і момент сили різання.

3. Ввести коефіцієнт надійності закріплення K , що враховує можливе в процесі обробки збільшення сили різання порівняно з прийнятою за таблицями чи формулами.

Збільшення сили різання може виникнути через затуплення інструменту, раптової зміни твердості матеріалу і величини припуску.

Коефіцієнт K враховує також взаємну зміну умов закріплення в процесі обробки.

4. Визначити величину затискного зусилля з отриманих рівнянь сил і моментів.

Приклад 1. На операції фрезерування пазу (рис. 2) при прийнятих методах встановлення і схемі закріплення деталей під дією сили різання може переміщуватись вздовж опорних пластин. Складова сили різання, що викликає зміщення деталі, рівна P_z .

Реакція опори складає:

$$N = Q + P.$$

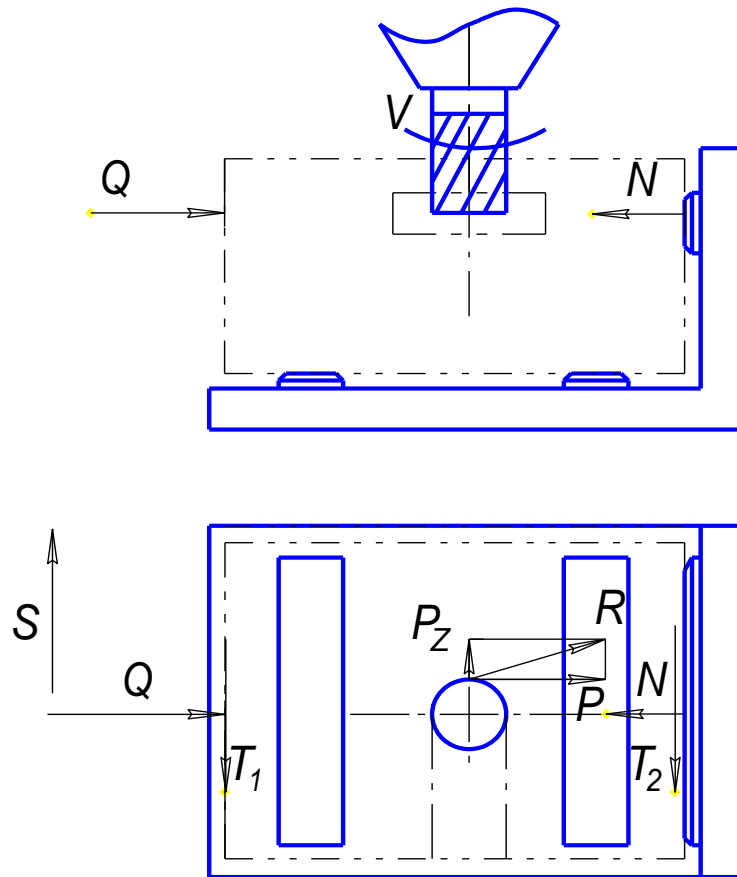


Рис. 2. Схема встановлення і закріплення заготовки при фрезеруванні паза

Сили тертя T_1 - у місцях контакту деталі з затискним пристосуванням і T_2 - з встановленими елементами відповідно дорівнюють:

$$T_1 = f_1 Q;$$

$$T_2 = f_2 N = f_2 (Q + P),$$

де f_1 - коефіцієнт тертя між деталлю і затискними пристроями;
 f_2 - коефіцієнт тертя між деталлю і установочними елементами.

Рівняння сил, складене з умов рівноваги деталі:

$$T_1 + T_2 = P_z;$$

$$f_1 Q + f_2 (Q + P) = K P_z,$$

звідси:

$$Q = \frac{K P_z - f_2 P}{f_1 - f_2}$$

Приклад 2. При свердлінні отвору в деталі, закріпленій у трикулачковому патроні, деталь може переміщуватись вздовж кулачків під дією сили різання P_x (зусилля подачі) і провертатись в кулачках під дією моменту $M_{кр}$ (рис.3).

Необхідно прикласти таке зусилля, щоб не було ні переміщення, ні провертання деталі відносно кулачків. Залежно від форми насічки на кулачках, протидія переміщенню і провертання може бути різною, оскільки при цьому можуть бути різні коефіцієнти тертя.

Припустимо, що при переміщенні деталі в кулачках вздовж її осі коефіцієнт тертя буде f_1 , а при провертанні - f_2 . Тоді сили між кулачками і деталлю складатимуть:

при переміщенні $T_1=f_1 Q$;

при провертанні $T_2=f_2 Q$.

Визначимо величину затискного зусилля при умові неможливості переміщення деталі в кулачках.

Користуючись прийнятими позначеннями і маючи на увазі, що у патрона три кулачки, складемо рівняння сил:

$$3T_1=P_x.$$

Після підстановки значення T_1 і введення коефіцієнта K рівняння має вигляд:

$$3f_1 Q = KP_x,$$

звідси
$$Q = \frac{KP_x}{3f_1}.$$

Тепер визначимо величину затискного зусилля при умові неможливості провертання деталі в кулачках.

Оскільки деталь затиснута в трьох кулачках, рівняння моменту матиме вигляд:

$$3 T_2 r = M_{кр}.$$

де $M_{кр}$ – момент сили різання;

T_2 – сила тертя між кулачком і деталлю при провертанні останньої;

r – радіус зовнішньої циліндричної поверхні деталі на місці закріплення її в кулаках.

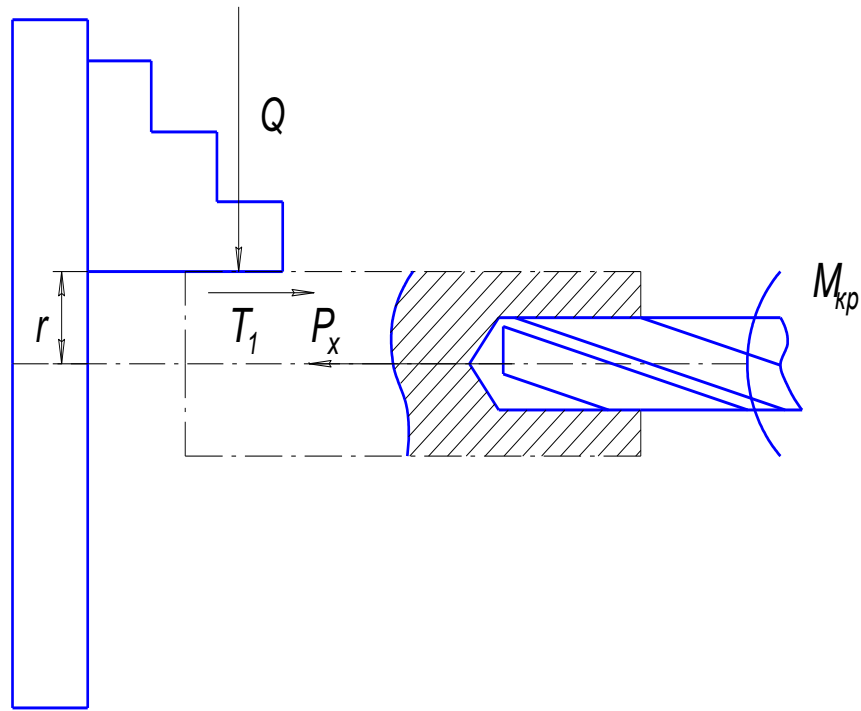


Рис.3. Схема закріплення заготовки при свердлінні отвору

Після підставлення значення T_2 і введення коефіцієнта K рівняння має вигляд:

$$3 f_2 Q r = K M_{кр},$$

звідси:

$$Q = \frac{KM_{кр}}{3 f_2 r}.$$

При розрахунку затискного зусилля для коефіцієнтів тертя деталі в місцях контакту з установочними елементами і затискними пристроями можна приймати такі значення:

$f = 0,16-0,18$ – при контактi з гладкою плоскою поверхнею;

$f = 0,18-0,30$ – по лінії та зі сферичною поверхнею;

$f = 0,5-0,6$ – з рифленими поверхнями.

Коефіцієнт надійності закріплення K приймати 1,5 - 2,5. Менше значення коефіцієнта приймають при чистовій обробці, більше – при чорновій.

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

4.1. Розрахунок кількості використаного обладнання

Розрахунок кількості потрібного обладнання та його завантаження є попереднім для проектування ділянки (цеху) машинобудівного заводу. Визначення кількості верстатів за техніко-економічними показниками виконується при проектуванні, коли номенклатура виробів точно не визначена, а також при проектуванні цехів одиничного і дрібносерійного, серійного виробництва з великою і різноманітною номенклатурою виробів, що виготовляються. Кількість обладнання розраховують за методикою, наведеною в п. 2.4.

Розраховану кількість верстатів m_p округлюємо до найближчого більшого цілого числа – прийнятої кількості верстатів $m_{п}$.

Коефіцієнт завантаження даного типу обладнання дорівнює:

$$K_3 = (m_p/m_{п}) 100, \%$$

При аналізі ступеня використання верстату безпосередньо для машинної обробки розраховується коефіцієнт використання верстату за основним часом:

$$K_0 = T_0/T_{шт-к}$$

де K_0 - розраховують для окремих верстатів групи, або середній для всіх верстатів.

У серійному виробництві необхідно прагнути, щоб середній коефіцієнт використання верстатів K_0 за основним часом був не менше 0,65.

4.2. Розрахунок вартості механічної обробки

Технологічна собівартість деталі для спроектованого технологічного процесу визначається як сума затрат на заготовку та виконання всіх операцій механічної обробки:

$$C_T = S_{заг.} + \sum_{i=1}^n C_{oi}, \text{ грн.},$$

де $S_{\text{заг.}}$ - собівартість заготовки (сума затрат);
 C_{oi} - собівартість (затрати) на виконання i -ої операції;
 n - кількість операцій.

Вартість механічної обробки C_0 на операції дорівнює:

$$C_0 = C_{\text{п.з}} T_{\text{шт}}/60, \text{ грн,}$$

де $T_{\text{шт}}$ - штучний час на операції, хв;
 $C_{\text{п.з}}$ - величина годинних приведених затрат, грн/ год.

Величина $C_{\text{п.з}}$ характеризує економічність обладнання. Чим менше $C_{\text{п.з}}$, тим верстат більш економічний. Величина годинних приведених затрат визначається:

$$C_{\text{п.з}} = C_3/M + C_{\text{ч.з}} + E_{\text{н}}(K_{\text{с}} + K_{\text{п}}), \text{ грн/год,}$$

де C_3 - основна і додаткова заробітна плата, грн/год;
 M - коефіцієнт багатостатного обслуговування (залежить від числа верстатів, які обслуговує робітник: при кількості верстатів 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7 коефіцієнт відповідно дорівнює 1; 0,65; 0,48; 0,39; 0,35; 0,32; 0,3);

$C_{\text{ч.з}}$ - годинні затрати по експлуатації робочого місця, грн/год;

$E_{\text{н}}$ - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капіталовкладень: для машинобудування $E_{\text{н}}=0,2$;

$K_{\text{с}}$ - питомі годинні капіталовкладення у верстат, грн/год;

$K_{\text{п}}$ - питомі годинні капіталовкладення в приміщення, грн./год.

$$C_3 = C_{\text{тф}} 1,95 k, \quad \text{грн/год;}$$

де $C_{\text{тф}}$ - годинна тарифна ставка верстатника, грн/год (табл. 9);
 $1,95$ - сумарний коефіцієнт, який визначається, як добуток коефіцієнтів (виконання норм, додаткової зарплати, відрахувань на соцстрах та пенсійний фонд (соцстрах у випадку безробіття));

k - коефіцієнт, який враховує заробітну плату наладчика (для серійного виробництва $k = 1$, для масового $k = 1,1 - 1,15$).

9.Погодинні тарифні ставки робітників, зайнятих на верстатах з обробки металів різанням

Умови праці	Розряд роботи					
	1	2	3	4	5	6
Робота з нормальними умовами праці:						
відрядники	50,3	54,8	60,6	67	75,4	86,3
почасовики	47,1	51,2	56,6	62,7	70,5	80,7
Робота із шкідливими умовами праці:						
відрядники	53	57,6	63,7	70,5	79,4	90,8
почасовики	49,5	53,9	59,6	65,9	74,2	84,9

$$C_{ч.з} = C_{с.з} k_M, \text{ грн/год,}$$

де $C_{с.з}$ - практичні годинні затрати на базовому робочому місці. Для серійного виробництва вони дорівнюють 0,363 грн.;

k_M - коефіцієнт, який показує у скільки разів затрати, пов'язані з роботою вибраного верстата, більші за аналогічні витрати у базового верстата (значення k_M наведені в табл. 10).

10.Середнє значення k_M по групах обладнання

Група обладнання	Характеристика верстата	k_M
1	2	3
Токарно - гвинторізні	Висота центрів, мм	
	не більше 200	0,9
	200 - 300	1,3
Токарно - карусельні	Діаметр планшайби, мм	
	не більше 1120	2,7
	1120 - 1400	3,6
Токарні багаторізцеві напівавтомати	Висота центрів, мм	
	не більше 150	1,4
	150 - 200	1,8
Токарно - револьверні	Діаметр оброблюваної деталі, мм	
	в патроні 500	0,9
	36 – 65	1,3

Продовження таблиці 10.

1	2	3
Вертикально - свердлильні	Найбільший діаметр свердла, мм	
	не більше 12	0,5
	12 – 35	0,7
	35 – 70	1,2
Радіально – свердлильні	Найбільший діаметр свердла, мм	
	не більше 35	1,4
	35 – 75	1,6
Горизонтально - розточні	Діаметр видвижного шпинделю, мм	
	не більше 80	1,7
	80 – 110	3,1
	110 – 150	4,4
Круглошліфувальні	Висота центрів, мм	
	не більше 100	2,5
	100 – 200	1,8
Плоскошліфувальні	Розміри стола, мм	
	не більше 1000x300	1,4
	1000x300 – 2000x400	1,6
Горизонтально - фрезерні	Поверхня стола, мм	
	не більше 1000x250	1,1
	1000x250 – 1600x400	1,5
Вертикально - фрезерні	Поверхня стола, мм	
	не більше 1000x250	1,1
	1000x250 – 1250x300	1,5
	1250x300 – 1600x400	1,8
Універсально - фрезерні	Поверхня стола, мм	
	не більше 1000x250	1,1
	1000x250 – 1200x300	1,2
	1250x300 – 1600x400	1,5
Поздовжньо - стругальні	Поверхня стола, мм	
	3000x900 – 4000x1250	5,0
Поперечно - стругальні	Найбільший хід повзуна, мм	
	не більше 700	1,1
	700 - 900	1,3
Довбальні	Хід довб'яка, мм	
	не більше 200	1,1
	200 - 320	1,4

Питомі капітальні вкладення у верстат:

$$K_c = \frac{Ц}{F_d K_3}, \text{ грн/год,}$$

де $Ц$ – балансова вартість верстата;

F_d – дійсний річний фонд роботи верстата;

K_3 – коефіцієнт завантаження верстата.

Капітальні вкладення в приміщення:

$$K_{\Pi} = \frac{78,4 \cdot F}{F_d K_3}, \text{ грн/год,}$$

де F – площа, що займає верстат:

$$F = f k_f, \text{ м}^2;$$

де f – площа верстата, м^2 ;

k_f – коефіцієнт, що враховує додаткову виробничу площу (значення коефіцієнту k_f в залежності від площі верстата дорівнює: більше 20 м^2 – 1,5; більше 10 до 20 м^2 – 2; більше 6 до 10 м^2 – 2,5; більше 4 до 6 м^2 – 3; більше 2 до 4 м^2 – 3,5; менше 2 м^2 – 4). Мінімальна площа на один верстат дорівнює 6 м^2 (якщо F менше 6 м^2 то значення коефіцієнта приймають 6).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Справочник технолога-машиностроителя // Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение. 1985, - 2 тома.
2. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Под ред. А.Ф. Горбацевича. Минск: Вышэйшая школа. 1975, - 388 с.
3. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск: Вышэйшая школа. - 1988. 255 с.
4. Дипломное проектирование по технологии машиностроения // Под ред. В.В. Бабука. М.: Высшая школа. – 1979, - 464 с.
5. Егоров М.Е., Дементьев В.И., Дмитриев В.Л. Технология машиностроения. М.: Высшая школа. 1976, - 535 с.
6. Корсаков В.С. Расчеты и конструирование приспособлений в машиностроении. М.: Машгиз. 1959, - 215 с.
7. Обработка металлов резанием. Справочник технолога // Под ред. А.А. Папанова. М.: Машиностроение. 1988, 736 с.