

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Центральноукраїнський національний технічний університет

КАФЕДРА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ МАШИН

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ МАШИН

**Методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу
„Основи технології виробництва та ремонту машин”**

для студентів спеціальності
208 “Агроінженерія”,
освітньо-кваліфікаційного рівня *бакалавр*

Кропивницький, ЦНТУ, 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Центральноукраїнський національний технічний університет

КАФЕДРА „ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН”

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ МАШИН

**Методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу
„Основи технології виробництва та ремонту машин”**

для студентів спеціальності
274 “Автомобільний транспорт”,
освітньо-кваліфікаційного рівня *бакалавр*

Затверджено на засіданні кафедри експлуатації
та ремонту машин
протокол № 1 від 29.08.2023

Кропивницький, ЦНТУ, 2023

Методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу „Основи технології виробництва та ремонту машин” для студентів спеціальності 208 „Агроінженерія”.
Кропивницький: ЦНТУ, 2023.- 41 с. (з додатками).

Укладачі: Красота М.В.
Магопець С.О
Бевз О.В.
Шепеленко І.В.
Осін Р.А.

Комп'ютерний набір і верстка М.В. Красота

© Методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу «Основи технології виробництва та ремонту машин»/Укл. Красота М.В., Магопець С.О, Бевз О.В., Шепеленко І.В., Осін Р.А.
Кропивницький, ЦНТУ 2023 – 41 с. (з додатками).

© РВЛ.ЦНТУ. Комп'ютерна верстка 2023

Зміст	
Вступ	5
<i>Практичне заняття №1</i>	6
Розробка технологічного процесу розбирання (складання) вузла машини	
<i>Практичне заняття №2</i>	9
Виконання робочого (ремонтного) креслення деталі та аналіз її конструктивних і технологічних особливостей	
<i>Практичне заняття №3</i>	15
Вибір типу заготовки (при виготовленні деталі)	
<i>Практичне заняття №4</i>	17
Розробка маршруту та опис операцій технологічного процесу та вибір баз при обробці	
<i>Практичне заняття №5</i>	20
Визначення припусків на механічну обробку	
<i>Практичне заняття №6</i>	26
Вибір та описання технологічного обладнання, пристроїв, різального і вимірювального інструменту	
<i>Практичне заняття №7</i>	27
Розрахунок режимів різання при механічній обробці	
<i>Практичне заняття №8</i>	38
Розрахунок норм часу при виконанні верстатних робіт	
Додатки	42

Вступ

Представлені методичні вказівки мають за мету надання здобувачам вищої освіти навичок практичного використання знань в галузі виробництва і ремонту машин та виконання кваліфікаційної роботи за темами технологічного спрямування.

В методичних вказівках надані рекомендації до виконання практичних завдань, пов'язаних з технологічними процесами розбирання (складання) агрегатів машин, проектування технологічних процесів виготовлення та ремонту деталей.

В процесі виконання практичних занять вирішуються наступні задачі:

- розширення, систематизація і закріплення теоретичних знань та їх застосування для проектування технологічних процесів виробництва та ремонту машин;
- розвиток і закріплення навичок ведення самостійної творчої інженерної роботи;
- оволодіння методикою теоретико-експериментальних досліджень технологічних процесів машинобудівного виробництва.

Практичні заняття являють собою комплексну роботу, розраховану на виконання протягом навчального семестру.

В практичних заняттях студент розробляє одиничний технологічний процес складання і розбирання складальної одиниці (агрегату чи вузла) машини і одиничні технологічні процеси виготовлення чи ремонту однієї деталі, що входить до цієї складальної одиниці.

Вихідною інформацією для розробки практичних занять служить:

- програма випуску складальної одиниці (агрегату чи вузла) машини;
- складальне креслення агрегату чи вузла, що ремонтується;
- робоче креслення деталі;
- технічні умови на ремонт деталі

Практичне заняття №1

Розробка технологічного процесу розбирання (складання) вузла машини

1.1. Вихідні дані та зміст звіту

Основні вихідні дані для розробки технологічного процесу складання (розбирання) вузла — складальне креслення вузла (натурний зразок); специфікація деталей, з яких він складається; річна виробнича програма; довідкова література та нормативні дані з обладнання, пристроїв, інструмента і технічного нормування.

Розробляти технологічний процес починають з вивчення конструкції вузла та його взаємодії з іншими вузлами машини. Потім складають загальний план операцій та технологічну схему складання (розбирання) вузла. Виходячи із заданої програми робіт, за довідковими даними чи даними діючого підприємства вибирають обладнання, пристрої та інструмент. На закінчення нормують складальні роботи, використовуючи нормативні дані або розрахункові залежності.

У звіті до практичних робіт повинні бути наведені наступні дані:

- призначення вузла. Наводять короткі відомості про розглядуваний вузол, його роль і місце в машині. Наводять техніко-економічні показники вузла, описують його конструкцію. Все це супроводжують схемами, фотографіями, кресленнями, ескізами і т. ін.

- технологічна схема складання (розбирання) вузла. Перед розробкою технологічної схеми складання (розбирання) проводять вивчення складального креслення (натурного зразка). Далі виявляють складальні групи, підгрупи та базові: деталі.

- складальною групою чи підгрупою називається частина виробу з двох або більше деталей, яка може бути складена і перевірена окремо, незалежно від загального складу виробу. Складальна група характеризується закінченістю частини виробу і входить безпосередньо до загального складу виробу. Складальна підгрупа є частиною складальної групи. Розрізняють складальні підгрупи першого, другого та вищих порядків. Складальна підгрупа першого порядку входить безпосередньо до складу складальної групи; другого порядку — до складу складальної групи першого порядку і т. д. Наприклад, якщо для даної ділянки чи складальної лінії редуктор є заключним виробом, то ведуча конічна шестірня в зборі з внутрішнім кільцем заднього підшипника буде складальною підгрупою першого порядку.

Технологічна схема процесу складання — це умовне зображення послідовності встановлення окремих деталей, складальних груп і підгруп у вузол із зазначенням контрольних і додаткових операцій, що виконуються при складанні.

1.2. Методика складання схеми складання (розбирання)

За методикою професора В.М. Кована [2] основний напрямок складального процесу в межах складальної операції відображають горизонтальним відрізком, лівий кінець якого позначає початок, а правий — закінчення складального процесу. Кожний елемент виробу, будь то складальна одиниця, деталь або закінчений виріб, умовно позначають прямокутником (рис. 1), розділеним на три частини. У верхній частині вказують назву елемента (деталі), у нижній лівій — його індекс, у нижній правій — кількість установлюваних у даному місці операції елементів.

До початку горизонтальної лінії схеми, прибудовують прямокутник (рис. 1) - що позначає базовий елемент конструкції, з якого починають складання. Для відмінності складальних одиниць від деталей, у перших поруч із індексом проставляють «Сб» (або це видно з позначення креслення). В кінці горизонтальної лінії прибудовують прямокутник, що позначає об'єкт складання — складальну одиницю. Над горизонтальною лінією вертикально розташовують прямокутники, що позначають деталі, що надходять на дану операцію поштучно, без якого-небудь попереднього з'єднання. Під горизонтальною лінією розташовують прямокутники, що позначають складальні одиниці. Складальні одиниці — вироби, зібрані на інших ділянках, а також ті, що надходять на даний завод з інших, спеціалізованих заводів, наприклад, шарикопідшипники, електродвигуни, насоси, прилади показуються без розшифрування процесу складання.

Технологічну схему складання розяснюють додатковими написами, які вказують зміст робіт, наприклад: спільно свердлити й розгорнути, регулювати зазор, змазати, зварити, запресувати і т.д.. Ці вказівки записують або на полицях виносних ліній, що йдуть від точок перетинання ліній зв'язку на схемі, або під схемою у вигляді пронумерованого тексту згідно з порядковими номерами операцій (1, 2, 3 і т.д.), які поміщають в кружках у місцях перетинання ліній зв'язку схеми. Контрольним операціям привласнюють номери, починаючи з першого з індексом К (наприклад, К1).

На схемах складання слід указувати тільки контрольні операції, передбачені технічними умовами й інструкціями. У них указують: зміст, послідовність виконання, припустимі відхилення контрольованого параметра й інші вимоги.

Знаючи вихідні дані, установлені методи складання й прийнятий тип виробництва, вибирають організаційну форму складального процесу (складання на стендах, рухливе складання, потокове складання, автоматичне складання).

Розрізняють розгорнуту та укрупнену схеми технологічного процесу складання виробу. Схема складання називається розгорнутою, якщо всі складові елементи виробу розчленовані і подані умовно у вигляді окремих деталей, показано всі контрольні операції та наведено додаткові пояснення. Розгорнуту схему виконують для нескладних виробів чи складальних груп. Схема складання називається укрупненою, якщо всі складові елементи виробу (або їх частина) не розчленовані на підгрупи та окремі деталі.

При наявності складних складальних одиниць у виробі рекомендується виконувати укрупнені схеми складання. У цьому випадку на тому ж аркуші приводяться розгорнуті схеми складання складальних одиниць.

Укрупнені схеми доцільно будувати для складних машин і агрегатів, таких як автомобіль, двигун, задній міст та інші, із зазначенням контрольних операцій, що виконуються при загальному складанні виробу.

На рис. 1.1 показано основні умовні позначення деталей, складальних груп і підгруп, контрольних операцій, додаткових вказівок або рекомендовані розміри умовних позначень. Елементи виробу позначають на схемі складання прямокутником, який поділено на три частини. У верхній частині зазначають назву деталі за каталогом або номер складальної групи, в лівій нижній частині — індекс, номер деталі за каталогом або номер складальної групи чи підгрупи в порядку входження у вузол чи номер позиції на складальному кресленні; у правій нижній частині — кількість деталей (груп, підгруп), що входять у вузол при виконанні даної операції. Такі вироби, як підшипники, сальники, контрольно-вимірювальні прилади і т. інш., є продукцією суміжних підприємств. Їх поставляють у складеному вигляді й зображують на схемах як складальні одиниці без розчленування на окремі деталі. Контрольні операції умовно подають на схемі у вигляді кола з літерою К та відповідним індексом, яким позначається порядковий номер контрольної операції.

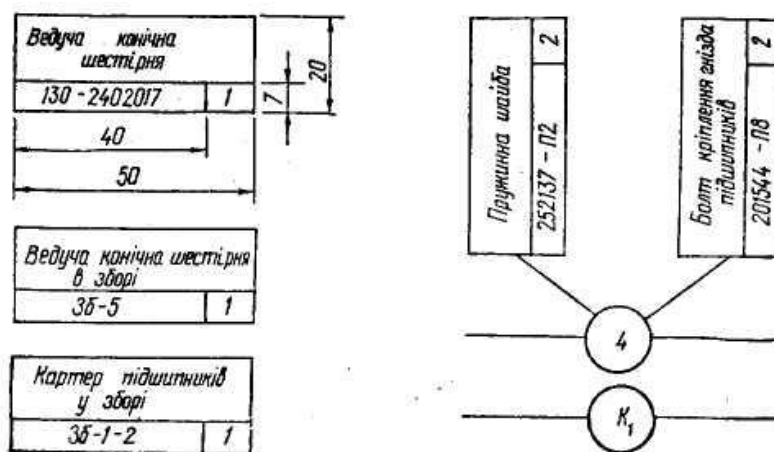


Рисунок 1.1 – Приклад умовних позначень деталей, складальних груп та підгруп на схемі розбирання (складання) вузла.

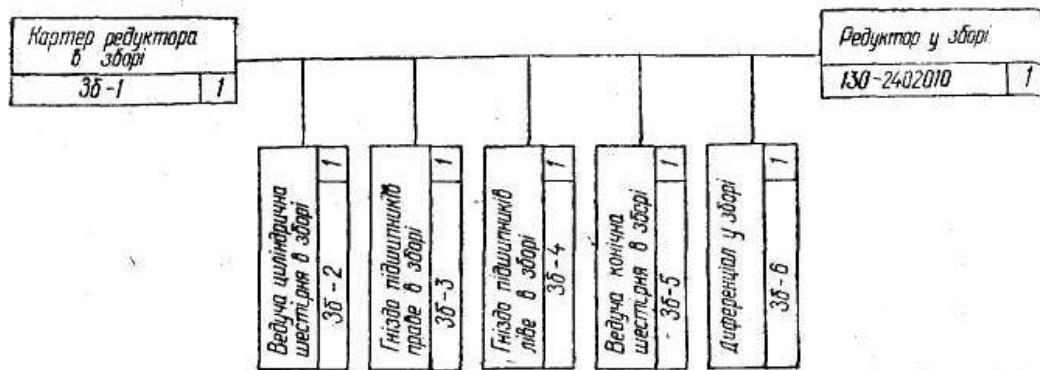


Рисунок 1.2 – Приклад схеми складальних груп редуктора заднього мосту.

Схема складальних груп становить умовне зображення послідовності входження складальних груп у вузол у найзагальнішому вигляді, без підгруп і деталей, без додаткових вказівок на виконання операцій.

На рис. 1.2 показано схему складальних груп редуктора заднього мосту автомобіля ЗИЛ. Схему складальних груп починають будувати з умовного зображення базової групи чи деталі і розміщують їх зліва направо. Складальні групи розміщують знизу вгору в порядку їх встановлення у виріб. При такій побудові схеми складальних груп легко перетворити в укрупнену схему складання виробу, додавши вгорі схеми умовні позначення деталей, що встановлюються при загальному складанні виробу, контрольні операції та додаткові вказівки.

Розглянуту схему доцільно будувати для агрегатів, які складаються з багатьох складальних груп таких, як двигун, коробка передач, задній і передній мости та машини у цілому. Для таких механізмів і вузлів, як масляний насос, водяний насос, диференціал верхня кришка коробки передач, виконання схеми складальних груп недоцільне через простоту їх конструкції та відсутність складальних груп.

На рис. 1.3 показано розгорнуту технологічну схему складання складальної групи 3б-2 ведучої циліндричної шестерні редуктора (рис. 1.4). Цифрами 1...3 показано послідовність і місце виконання додаткових вказівок щодо попереднього підбору та комплектування окремих деталей за різними параметрами. Літерою К позначена контрольна операція перевірки якості клепання.

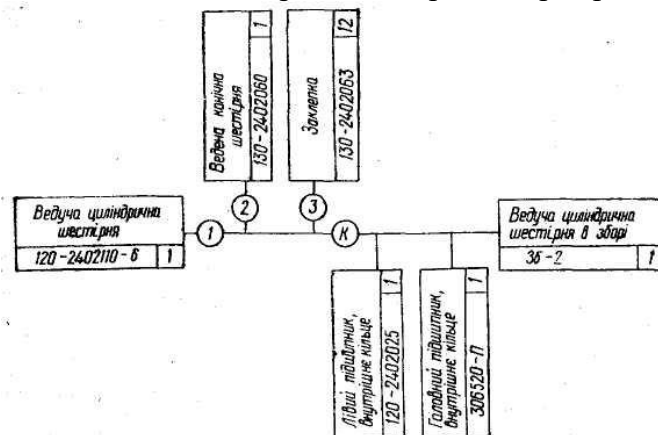


Рисунок 1.3 – Схема складання ведучої циліндричної шестерні.

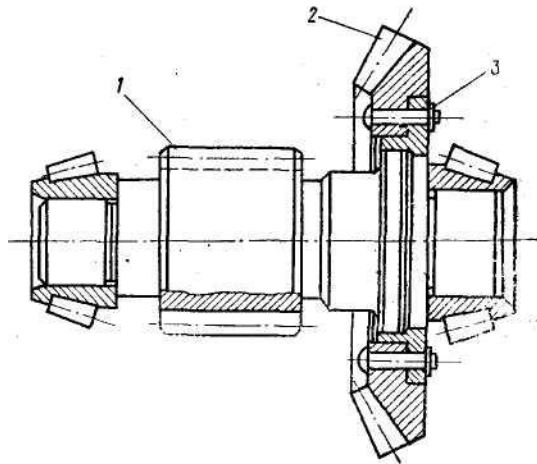


Рисунок 1.4 – Шестерня ведуча циліндрична.

При розробці технологічного процесу складання (розбирання) вузла заповнюються операційні карти на складання (розбирання).

Схема розбирання вузла складається аналогічним чином схемі складання.

Практичне заняття №2

Виконання робочого (ремонтного) креслення деталі та аналіз її конструктивних і технологічних особливостей

Для розробки технологічного процесу виготовлення (ремонту) деталі треба мати такі вихідні дані та матеріали: робоче креслення деталі та заготовки; робоче креслення складальної одиниці, до якої належить деталь; річну виробничу програму; умови застосування розроблюваного технологічного процесу; довідково-нормативну літературу; стандарти, нормалі, каталоги, інструкції і т. п.; типові технологічні процеси виготовлення чи ремонту деталей.

В основу розробки технологічного процесу виготовлення деталі покладено два принципи — технічний та економічний. Згідно з технічним принципом, спроектований технологічний процес має повністю відповідати вимогам робочого креслення деталі, а згідно з економічним — витрати на спроектований технологічний процес мають бути мінімальні.

Технологічний процес виготовлення деталі розробляють у певній послідовності: вивчають робоче креслення деталі та умови її роботи; вибирають вид заготовки та основні види обробки деталі; складають план операції та опис технологічного процесу; вибирають: базові поверхні; розраховують припуски і граничні розміри; вибирають обладнання, пристрої та інструмент; розраховують режими різання і виконують технічне нормування; встановлюють розряд роботи та кваліфікацію робітника; заповнюють технологічні документи. Розроблюючи технологічні процеси виготовлення деталей, максимально використовують типові технологічні процеси.

Для розробки технологічного процесу ремонту деталі додатково як вихідні дані необхідно знати дефекти елементів деталі та можливі способи їх усунення. Технологічний процес ремонту деталі можна розробляти за методом маршрутної чи подефектної технології. Найкращим у ремонтному виробництві вважається маршрутний метод. Розробку ведуть у такій послідовності: вибирають раціональний спосіб відновлення елементів деталі та присадний матеріал; складають маршрут виконання всіх видів робіт; вибирають базові поверхні; вибирають обладнання, пристрої, інструмент; розраховують режими різання і виконують технічне нормування; вибирають розряд роботи та кваліфікацію робітника; заповнюють технологічні документи.

2.1 Розробка робочого (ремонтного) креслення деталі

При проектуванні технологічного процесу ремонту деталі виконують ремонтне креслення (див. дод. 1) та карту технічних вимог на дефектацію деталі (див. дод. 2).

Ремонтне креслення виконують згідно ГОСТ 2.604-2002. Місця на деталі, які треба відновлювати, показують на кресленні потовщеною лінією, решту зображень — суцільною тонкою лінією. Граничні відхилення розмірів проставляють у вигляді числових значень або умовними позначеннями. Допуски на вільні розміри 14, 15, 16-го квалітетів округляють до десятої частки міліметра.

На ремонтних кресленнях зображують лише ті види, розміри і перерізи, які потрібні для відновлення деталі чи складальної одиниці.

На кресленні деталі, відновлюваної зварюванням, наплавленням, нанесенням металопокриттів, рекомендується виконувати ескіз підготовки відповідної ділянки деталі до ремонту.

При застосуванні зварювання, паяння на ремонтному кресленні зазначають назву, марку, розміри матеріалів, що використовуються при ремонті, а також номер стандарту на цей матеріал.

На ремонтних кресленнях категорійні (ремонтні) та приєднувальні розміри, а також розміри деталі, що ремонтується зніманням мінімально потрібного шару металу, позначають літерами, а їхні числові значення та інші дані зазначають на виносних лініях або в таблиці, розміщеній у правій верхній частині креслення. При цьому для ремонтних розмірів зберігають квалітет та посадку, передбачені в робочих кресленнях.

Для визначення способу ремонту на ремонтних кресленнях деталей наводять технологічні вимоги та вказівки. Вимоги щодо окремого елемента деталі вміщують на ремонтному кресленні поруч із відповідним елементом або ділянкою деталі. Позначення ремонтних креслень виконують додаванням до позначень літери «Р» (ремонтний).

При розробленні *карти технічних вимог на дефектацію деталей* мають бути передбачені всі можливі дефекти деталей, що вказані в завданні на курсовий проект.

При розробці ремонтного креслення та карти технічних вимог на її дефектацію деталей використовується робоча документація ремонтних підприємств та довідкові матеріали з капітального ремонту машини та їх агрегатів.

2.2 Аналіз конструктивних особливостей, призначення та умов роботи деталі, її технологічності

В процесі проектування студент повинен ознайомитися з конструкцією деталі, її призначенням і умовами роботи у вузлі або механізмі. Всі ці питання повинні бути розглянуті у відповідному розділі розрахунково-пояснювальної записки. Для технічно грамотного і обґрунтованого викладу цього розділу необхідно вивчити креслення загальних видів вузлів і механізмів, описати призначення самої деталі, основних її поверхонь і впливу їх взаємного розташування, точності і чистоти обробки на якість роботи механізму, до якого входить деталь. Якщо призначення деталі невідомо, то слід описати його за своїм міркуванням. Описуючи поверхні, необхідно надавати кожній з них буквені позначення, наприклад площина А або торець Б. Ці ж позначення повинні бути нанесені на відповідні поверхні на кресленні. Далі слід визначити відхилення на розміри і поверхні, відсутні на кресленні (на вільні розміри, невказані відхилення форми і розташування), для подальшого запису їх в технологічні карти. В описанні призначення і конструкції деталі повинно бути зазначено, які поверхні і розміри мають основне, вирішальне значення для службового призначення деталі і які - другорядне. В цьому ж розділі слід привести також дані про матеріал деталі: по хімічному складу, механічним властивостям до і після термічної обробки. Ці дані зводяться в таблицю.

Крім того, необхідно навести свої міркування щодо правильності вибору матеріалу для даних умов роботи деталі у вузлі і доцільності його заміни іншими марками і якими саме.

2.3. Аналіз технологічності конструкції деталі.

В процесі курсового проектування, так само як і у виробничих умовах, будь-яка конструкція (машина, вузол, деталь) повинна бути самим ретельним чином проаналізована. Мета такого аналізу - виявлення недоліків конструкції за відомостями, що містяться в кресленнях і технічних вимогах, а також можливе поліпшення технологічності даної конструкції. Технологічний контроль креслень зводиться до ретельного їх вивчення. Робочі креслення деталей повинні містити всі необхідні відомості, які б давали повне уявлення про деталь, тобто всі проєкції, розрізи і перетини, абсолютно чітко і однозначно пояснюючи її конфігурацію і можливі способи отримання заготовки. На кресленні повинні бути вказані всі розміри з необхідними допусками, квалітетами, відхиленнями від правильних геометричних форм, а також взаємного положення поверхонь.

Креслення повинно містити всі необхідні відомості про матеріал деталі, термічну обробку, захисні і декоративні покриття, вагу деталі і т. інш. Таким чином, технологічний контроль - важлива стадія проектування технологічних процесів і у багатьох випадках сприяє з'ясуванню і уточненню приведених вище чинників. Технологічний аналіз конструкції забезпечує поліпшення техніко-економічних показників технологічного процесу, що розробляється. Тому технологічний аналіз - один з найважливіших етапів технологічної розробки, у тому числі і курсового проектування.

Основні задачі, що вирішуються при аналізі технологічності конструкції оброблюваної деталі, мають за мету зменшення трудомісткості і металоємності, можливості обробки деталі високопродуктивними методами. Таким чином, поліпшення технологічності конструкції дозволяє понизити собівартість її виготовлення без збитку для службового призначення.

Щоб уникнути непомічених недоліків в конструкції, аналіз технологічності доцільно проводити в наступній послідовності.

1) На підставі вивчення умов роботи конструкції, а також запропонованого в завданні масштабу виробництва проаналізувати можливість її спрощення, заміни зварною, армованою або збірною конструкцією, а також можливість і доцільність заміни матеріалу.

2) Встановити можливість застосування високопродуктивних методів обробки.

3) Визначити призначення і розміри оброблюваних поверхонь, труднодоступні для обробки місця.

4) Визначити технологічну ув'язку розмірів, обумовлених допусками, квалітети, необхідність додаткових технологічних операцій для отримання високої точності і чистоти оброблених поверхонь.

5) Пов'язати вказані на кресленнях відхилення розмірів, квалітети і просторові відхилення, що допускаються, по геометричній формі і взаємному розташуванню поверхонь з геометричними похибками верстатів.

6) Визначити можливість безпосереднього вимірювання заданих на кресленні розмірів.

7) Визначити поверхні, які можуть бути використані при базуванні, можливість введення штучних баз.

8) Визначити необхідність додаткових технологічних операцій, викликаних специфічними вимогами (наприклад, допустимими відхиленнями у вазі деталі), і можливість зміни цих вимог.

9) Проаналізувати можливість вибору раціонального методу отримання заготовки, враховуючи економічні чинники.

10) Передбачити в конструкціях деталей, що піддаються термічній обробці, конструктивні елементи, що зменшують викривлення деталей в процесі нагріву і охолодження, і визначити, чи правильно вибрані матеріали з урахуванням термічної обробки.

11) З метою спрощення аналізу технологічності можна дати деякі приватні рекомендації для певних класифікаційних груп деталей.

Для корпусних деталей визначають:

а) чи допускає конструкція обробку площин на вихід і що заважає такому виду обробки?

- б) чи можна обробляти отвори одночасно на багатошпиндельних верстатах з урахуванням відстаней між осями цих отворів?
- в) чи дозволяє форма отворів розточувати їх на прохід з одного або двох боків?
- г) чи є вільний доступ інструменту до оброблюваних поверхонь?
- д) чи потрібне підрізування торців маточин з внутрішніх сторін відливки і чи можна його усунути?
- е) чи є глухі отвори і чи можна замінити їх наскрізними?
- ж) чи є оброблювані площини, розташовані під тупими і гострими кутами, і чи можна замінити їх площинами, розташованими паралельно або перпендикулярно одна до одної?
- з) чи є отвори, розташовані не під прямим кутом до площини входу і виходу, і чи можлива зміна цих елементів?
- и) чи достатня жорсткість деталі, чи не обмежить вона режими різання?
- к) чи є в конструкції деталі достатні за розмірами і відстанню базові поверхні, якщо ні, то яким чином слід вибрати допоміжні бази?
- л) чи є в конструкції внутрішня різьба великого діаметра і чи можливо замінити її іншими конструктивними елементами?
- м) наскільки простий спосіб отримання заготовки, чи правильно вибрані елементи конструкції, що обумовлюють отримання заготовки.

Для валів указують:

- а) чи можна обробляти поверхні прохідними різцями?
- б) чи зменшуються до кінців діаметральні розміри шийок валу?
- в) чи можна зменшити діаметри великих фланців або бортів або виключити їх взагалі і як це вплине на коефіцієнт використання металу?
- г) чи можна замінити закриті канавки шпонок відкритими, які обробляються більш продуктивними дисковими фрезами?
- д) чи мають поперечні канавки форму і розміри, придатні для обробки на гідрокопіювальних верстатах?

с) чи допускає жорсткість валу отримання високої точності обробки (жорсткість валу вважається недостатньою, якщо для отримання високої точності співвідношення його довжини до діаметра $l:d > 10-12$; для валів що виготовляються з низькою точністю, це відношення може бути рівне 15; при багаторізцевій обробці це відношення слід зменшити до 10).

Слід пам'ятати, що технологія обробки гладких валів значною мірою відрізняється від технології виготовлення ступеневих валів простотою і економічністю, тому необхідно проаналізувати можливість заміни ступеневого валу гладким.

Зубчасті колеса - масові деталі машинобудування, тому питання технологічності набувають для них особливо важливого значення.

При аналізі технологічності конструкції зубчатих коліс слід визначити можливість високопродуктивних методів формоутворення зубчатого вінця із застосуванням пластичної деформації в гарячому і холодному стані. Конструкція зубчастого колеса повинна характеризуватися наступними ознаками:

- а) простою формою центрального отвору, оскільки складні отвори значно ускладнюють обробку, викликаючи необхідність застосування револьверних верстатів і напівавтоматів;
- б) простою конфігурацією зовнішнього контуру зубчатого колеса (оскільки найтехнологічнішими є зубчаті колеса плоскої форми без виступаючих маточин);
- в) маточинами, розташованими з одного боку, оскільки в протилежному випадку обробка по одній деталі на зубофрезерних верстатах викликає збільшення кількості цих верстатів на 25-30%;
- г) симетричним розташуванням перемички між маточиною і вінцем для зубчатих коліс, що підлягають термічній обробці як по відношенню до вінця, так і по відношенню до маточини; порушення цієї умови приводить до значних односторонніх викривлень при термічній обробці;
- д) правильною формою і розмірами канавок для виходу інструментів;
- е) можливістю багаторізцевої обробки залежно від співвідношення діаметрів вінців і відстаней між ними.

Так само проводиться аналіз технологічності і для інших деталей, що мають аналогічні елементи конструкції. Вказані вище зауваження дають уявлення про напрями в аналізі технологічності.

Після проведеного аналізу технологічності всі пропозиції по зміні конструкції деталі повинні бути систематизовані в розрахунково-пояснювальній записці ряд цих пропозицій за узгодженням з керівником проекту може бути внесений в конструкцію деталі.

Кінцева мета технологічного аналізу конструкції - оцінка пропозицій по її зміні, тому необхідно провести всі розрахунки, пов'язані як з економією металу, так і із зміною варіанту технологічного процесу.

Приклади аналізу технологічності деталі

Приклад 1. Деталь - корпус маточини (рис. 2.1). Деталь виготовляється з ковкого чавуну КЧ 37 відливанням, тому конфігурація зовнішнього контуру і внутрішніх поверхонь не викликає значних труднощів при отриманні заготовки. Проте формування повинне проводитися із застосуванням стержнів, що формують як внутрішні порожнини, так і порожнини і ребра з бічних сторін, особливо нетехнологічний литий отвір шириною 10 мм. Ці елементи визначаються конструктивними міркуваннями і змінити їх, досить складно.

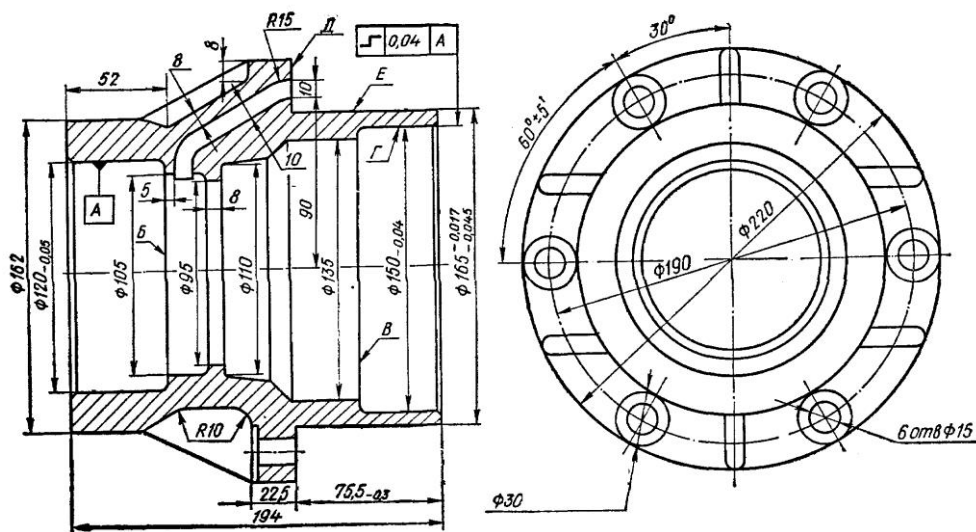


Рисунок 2.1 – Корпус маточини.

Те ж саме відноситься до внутрішніх поверхонь, що обробляються ($\varnothing 120_{-0,05}$ і $\varnothing 150_{-0,04}$). Ці отвори повинні бути виконані в межах вказаних відхилень і бути концентричними з точністю до 0,04 мм. Єдиним способом досягнення вказаної точності є остаточне розточування отворів на алмазно-розточувальних верстатах. При цьому в якійсь мірі порушується точність їх взаємного розташування щодо зовнішнього діаметра ($\varnothing 165_{-0,017/-0,045}$) оскільки саме цей діаметр буде використаний за установочну базу. Цим і обумовлюється другий пункт технічних вимог щодо необхідності остаточної обробки конструктивних баз після запресовування кілець підшипників. Нетехнологічні в даній конструкції цековки $\varnothing 30$ мм, оскільки тут не передбачений вільний доступ інструменту. Тому необхідно застосовувати інструменти з подовжувачами.

Крім того, зовнішнім діаметром ці цековки виходять на зовнішній діаметр деталі, що приводить до утворення гострих кромки і необхідності введення слюсарно-зачисних операцій ручної обробки. За рештою деталь достатньо технологічна, допускає застосування високопродуктивних режимів обробки, має зручні базові поверхні для первинних операцій і досить проста по конструкції.

Розташування кріпильних отворів як різьбових, так і гладких допускає багатоінструментальну обробку. Поверхні обертання можуть бути оброблені на багатошпіндельних верстатах.

Приклад 2. Деталь - шестерня (рис. 2.2) - виготовлена з легованої сталі 20ХНР і проходить термічну обробку. Остання обставина має велике значення відносно викривлень, можливих при нагріванні і охолодженні деталі. В цьому значенні перемичка, що зв'язує тіло зубчатого вінця і маточину, розташована невдало, оскільки при термічній обробці виникнуть односторонні

викривлення. Зубчатий вінець зменшиться в розмірах і викличе стиснення маточини з лівого торця. Таким чином, отвір отримає конічну форму і в свою чергу передасть це викривлення на зубчатий вінець. Тому перемичку між вінцем і маточиною слід в осьовому перетині розташувати похило, як це вказано на кресленні пунктиром. Така конструктивна зміна приведе до менших викривлень при термічній обробці.

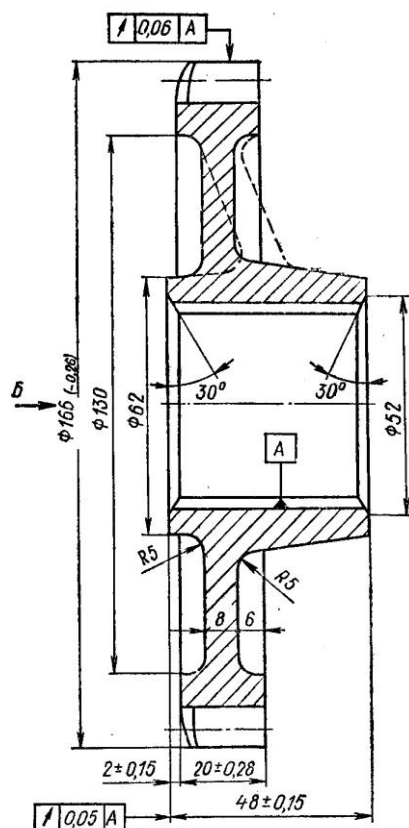


Рисунок 2.2 – Шестерня

Взагалі слід зазначити, що деталь не володіє достатньою жорсткістю для застосування методів пластичного формоутворення зубчатого вінця, а також протягування шліцьового отвору в маточині. Очевидно також, що деяке посилення маточини з цією метою не привело б до значного збільшення ваги заготовки. Висновок про недостатню жорсткість слід перевірити розрахунком. З погляду механічної обробки зубчаті колеса взагалі нетехнологічні, оскільки операція нарізування зубів із зняттям стружки проводиться в основному малопродуктивними методами. Разом з тим при конструюванні деталей питання підвищення продуктивності зубообробки повинні враховуватися. Так, наприклад, наявність виступу щодо зубчатого вінця на лівому торці неминуче приведе до того, що при одночасній обробці двох деталей зубофрезеруванням між ними доведеться встановити прокладку у вигляді кільця, що збільшить довжину різання і, отже, понизить продуктивність процесу. Це приведе також до того що на нижньому торці верхньої деталі при зубофрезеруванні утворюються заусенці, які потрібно буде зняти. Разом з тим, ці чинники могли бути враховані при конструюванні деталі, і технологічність її б була значно поліпшена.

Позитивним слід вважати наявність в отворі двох фасок, зовнішній діаметр яких більший зовнішнього діаметра шліцьового отвору.

Це дозволяє протягувати шліцьові отвори після виготовлення фасок, а торці обробляти на багаторізцевому верстаті. В цьому випадку різці для підрізування торців не доходять до шліцьового отвору, що забезпечує гарні умови різання (не по переривчастій поверхні) і, отже, високу точність.

Практичне заняття №3

Вибір типу заготовки (при виготовленні деталі)

Заготовку вибирають з урахуванням форми, розмірів, маси чи матеріалу деталі, точності здобутих розмірів, річної програми, обладнання та інструмента, його продуктивності, вартості і т. інш. Форма заготовки має бути максимально наближена до форми деталі. Вибраний вид заготовки супроводжують ескізом.

Метод виконання заготовок для деталей машин визначається призначенням і конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, масштабом і серійністю випуску, а також економічністю виготовлення. Вибрати заготовку - означає встановити спосіб її отримання, намітити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри і вказати допуски на неточність виготовлення. Для раціонального вибору заготовки необхідно одночасно враховувати всі вищеперелічені початкові дані, оскільки між ними існує тісний взаємозв'язок.

В аналізі повинні бути відображені: економічність способу; технологічний процес отримання заготовки, який ілюструється ескізами; оснащення технологічного процесу, елементи його механізації і автоматизації, якість заготовки, неполадки в технологічному процесі, причини браку і методи його усунення. Слід також виявити основні техніко-економічні показники процесу

отримання заготовки, якось: собівартість, відсоток використання матеріалу, трудомісткість і продуктивність на окремих операціях. На підставі проведеного аналізу, вивчення передових методів отримання аналогічних заготовок з літературних даних слід запропонувати найраціональніший спосіб отримання заготовки, який буде економічно виправданий. При виборі способу отримання заготовки необхідно прагнути максимального наближення форми і розмірів заготовки до параметрів готової деталі і зниження трудомісткості заготівельних операцій.

Заготовки з матеріалу, що калібрується. Кріпильні деталі, пальці, штовхачі клапанів, ролики, кульки, дрібні ступеневі вали та інші необхідно проектувати в масовому, крупносерійному і середньосерійному виробництві на пресах-автоматах холодної висадки з прутка діаметром до 25 мм, що калібрується. Холодна висадка забезпечує високу точність розмірів та низьку шорсткість поверхні. Економія металу при холодній висадці досягає 40% в порівнянні з виготовленням деталей із зняттям стружки. Продуктивність автоматів 30-400 шт/хв. Якщо форма деталей не дозволяє виготовляти заготовку холодною висадкою, необхідно їх проектувати для обробки на токарних автоматах і револьверних верстатах. Для умов цангового затискача слід застосовувати холодноотягнутий прокат. Для деталей, що обробляються по всій поверхні, необхідно вибирати прокат нижчої точності як дешевий. Якщо найбільший діаметр деталі не вимагає обробки і деталь шліфується на безцентрово-шліфувальному верстаті, її слід виготовляти з прокату більш високої точності. Дані щодо вибору заготовок з прокату ГОСТ 7417-75 наведено в табл. 1.

На токарних автоматах і револьверних верстатах можна виготовляти деталі з матеріалу прутка діаметром до 100 мм.

Штамповані заготовки. Штампуванням на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ) одержують поковки масою 0,1-100 кг з максимальним діаметром 315 мм. Штампування на ГКМ є одним з продуктивних способів і може бути рентабельним для певного виду заготовок.

Продуктивність до 400 поковок в годину. Штампування проводиться з прутків і труб, гарячекатаного металу підвищеної точності завдовжки до 4 м і діаметром від 20 до 270 мм. Іноді використовують холодноотягнуту сталь, що значно підвищує точність поковки. Допуски і припуски на поковки, що виготовляються на ГКМ, регламентуються ГОСТ 7505-89.

На ГКМ виготовляються наступні поковки: конічні шестерні з валом, циліндричні шестерні з валом, кільця, втулки, шестерні, шестерні з фланцем, двовінцеві шестерні, втулки з квадратним фланцем і т. інш. (рис. 3.1).

У тому випадку, коли поковку неможливо виконати на ГКМ, необхідно проектувати штампування на кривошипних пресах. На пресах можна штампувати деталі вагою до 200 кг типу плоских поковок, шестерень, хрестовин з круглою маточиною, круглих і квадратних фланців з маточинами, ступеневих валів-шестерень, поворотних кулаків, важелів, шатунів, колінчастих валів і т.д. (рис. 3.2).

Штампування на кривошипних пресах в 2-3 рази продуктивніше, припуски і допуски на 20-35% нижчі в порівнянні з штампуванням на молотах, витрата металу на поковки знижується на 10-15%. При штампуванні необхідно широко використовувати профільний прокат. Допуски і припуски штампованих заготовок на кривошипних пресах приймають за ГОСТ 7505-89. До першої групи (висока точність) необхідно відносити деталі масового виробництва, до другої групи (підвищеної точності) - деталі крупносерійного і середньосерійного виробництва.

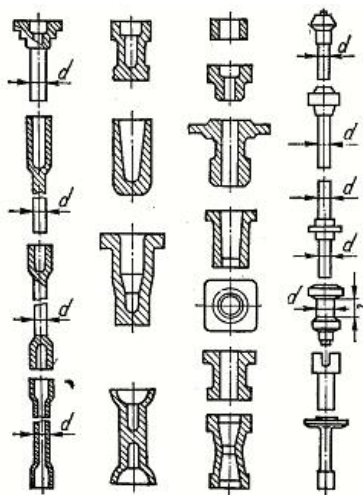


Рисунок 3.1 – Приклади поковок, що виготовляються на горизонтально-кувальних машинах

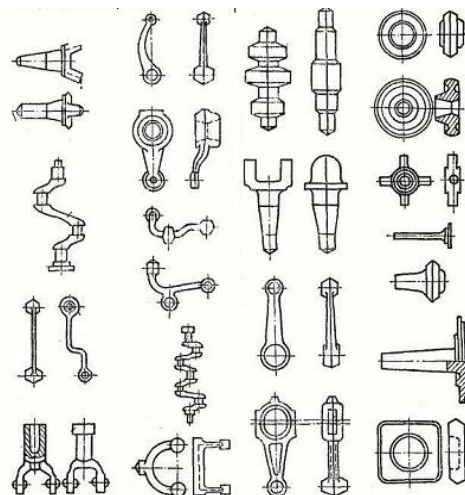


Рисунок 3.2 - Приклади заготовок, що штамнуються на молотах і пресах

Відливання. Точність відливань в піщані (земляні) форми і припуски на обробку регламентуються для чавунних деталей (у тому числі і для деталей з ковкого чавуну) ГОСТ 1855-55 і для сталевих деталей ГОСТ 2009-55.

Сталеві виливки складної форми вагою 50-500 г рекомендується відливати по моделях, що виплавляються.

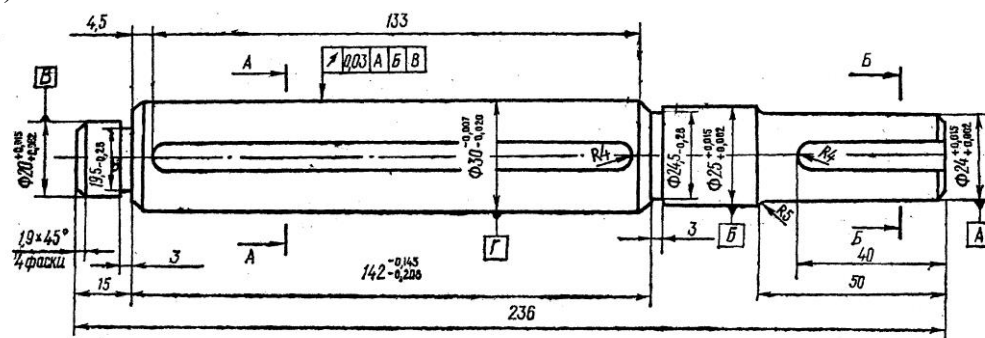
Відливки масою від 5 г до 500 кг в металевих формах (кокілях) в масовому і серійному виробництві отримується головним чином з алюмінію.

Литво в металеві форми під тиском проводиться для цинкових, алюмінієвих, магнієвих і латунних сплавів. Відливки виготовляються масою від 0,1 до 20 кг.

Рентабельно застосовувати цей метод для масового і серійного виробництва з випуском 2000 деталей в рік і більш. Під тиском відливають блоки циліндрів, поршні, корпуси коробок передач, армовані деталі (втулки, кільця і т. д.) і ін.

Приклад вибору заготовки. Наведемо приклад вибору заготовки для валу (рис. 3.3 а).

а)



б)

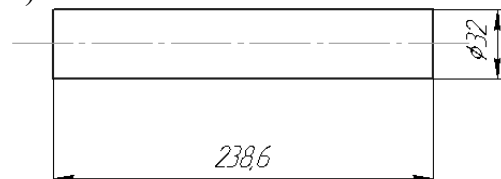


Рисунок 3.3 – Вал, заготовка валу: а- деталь; б – заготовка.

Відповідно заданого матеріалу деталі (наприклад матеріал валу сталь 45) пропонується заготовка з гарячекатаного прокату нормальної точності за ГОСТ 2590-88 із сталі 45 ГОСТ 1050-88. Цей сортамент рекомендується для виготовлення гладких та ступеневих валів з невеликим перепадом

діаметрів ступенів для стаканів діаметром до 50 мм, а також для втулок із зовнішнім діаметром до 25 мм. Орієнтуючись на конструктивні розміри вала, розміри заготовки знаходимо після розрахунку припусків на обробку. Для даного валу приймаємо заготовку з розмірами вказаними на рис. 3.3 б.

Практичне заняття №4

Розробка маршруту та опис операцій технологічного процесу та вибір баз при обробці

4.1 Рекомендації по складанню маршруту обробки деталі

Маршрут (послідовність) технологічного процесу має враховувати всі операції від чорнової до чистової обробки, включаючи при потребі мийні, контрольні та ін. Залежно від виду виробництва план операцій будують по-різному: при одиничному та дрібносерійному виробництві — за принципом групової технології, при серійному - використовуючи групові потокові лінії, при масовому - організовуючи обробку на неперервних поточкових лініях.

Розроблений технологічний процес має забезпечити потрібну якість виготовлюваного виробу. Основним завданням цього етапу є складання загального плану обробки деталі, опис змісту операцій технологічного процесу й вибір типу встаткування. Результати роботи оформляються у вигляді маршрутної карти.

При встановленні загальної послідовності обробки рекомендується враховувати наступні положення:

- кожна наступна операція повинна зменшувати погрішності обробки й поліпшувати якість поверхні;

- у першу чергу слід обробляти поверхні, які будуть служити технологічними базами для наступних операцій;

- потім необхідно обробляти поверхні, з яких знімається найбільший шар металу, що дозволить вчасно виявити можливі внутрішні дефекти заготовки;

- операції, при яких можлива поява браку через внутрішні дефекти в заготовці, потрібно робити на ранніх стадіях її обробки;

- обробка інших поверхонь ведеться в послідовності, зворотній ступені їх точності: чим точніше повинна бути поверхня, тем пізніше вона обробляється;

- ☐ закінчується процес виготовлення деталі обробкою тієї поверхні, яка повинна бути найбільш точною і має найбільше значення для експлуатації деталі; якщо вона була оброблена раніше, до виконання інших суміжних операцій, може виникнути необхідність в її повторній обробці;

- ☐ отвори потрібно свердлити наприкінці технологічного процесу, за винятком тих випадків, коли вони служать базами;

- не рекомендується поєднання чорнової і чистової обробок немірним інструментом на тому самому верстаті;

- якщо деталь піддається термічній обробці по ходу технологічного процесу, механічна обробка розчленовується на дві частини: до термічної обробки й після неї;

- ☐ технічний контроль намічають після тих етапів обробки, де ймовірна підвищена частка шлюбу, перед складними й дорогими операціями, після закінченого циклу, а також наприкінці обробки деталі;

Наведені рекомендації з розробки технологічного маршруту не є обов'язковими й вимагають творчого підходу в кожному конкретному випадку. Робота зі складання маршрутів обробки суттєво полегшує при використанні типових технологічних процесів на дану групу деталей.

4.2 Розробка змісту операцій

Кожна технологічна операція може бути описана на окремому документі - в операційній карті. У навчальному проектуванні механообробні операції обов'язково слід оформляти на

операційних картах. Операційна карта розробляється для серійного й масового виробництва і є доповненням до маршрутної карти.

В операційній карті вказуються послідовність виконання переходів, дані про технологічне оснащення, технологічні режими й трудових витратах.

Розробка технологічної операції починається з виявлення елементарних поверхонь, обробка яких повинна здійснюватися певним інструментом, тобто з розчленовування операції на переходи. У дод. 12 наведені схеми обробки поверхонь на різних верстатах.

Повний запис переходів слід застосовувати, якщо немає операційного ескізу. При наявності операційного ескізу слід застосовувати скорочений запис. Операційний ескіз служить графічною ілюстрацією до обробки заготовки. На ескізі зображується заготовка в тій стадії обробки, яка досягається після даної операції. Ескіз виконується на операційній карті.

У тих випадках, коли ескіз дуже складний, він може виконуватися й на окремому аркуші, у вигляді додатка до операційної карти.

Переходи містять вказівки - якими інструментами можна одержати кожен елементарну поверхню в залежності: від необхідної точності й шорсткості. Одночасно із цим визначається кількість проходів з розрахунками глибини різання для кожного проходу (див. розрахунки припусків і режими обробки).

Після визначення змісту переходів розглядають можливість скорочення кількості інструментів, можливість застосування декількох інструментів в одному налаштуванні й у зв'язку із цим - скорочення кількості проходів і переходів.

У процесі розробки переходів слід урахувати, що одночасна обробка декількох поверхонь забезпечує співвісність даних поверхонь із більш високою точністю.

Операція може містити один і більше установів, а також один і більше переходів. Спочатку розглядають і визначають кількість і послідовність установів, а потім - переходів. Для кожного установу виконується окремий ескіз із вказівкою номера установу.

Приклад маршруту обробки деталі

Наведемо приклад плану технологічних операцій для валу зображеного на рис. 3.3 а.

Основними положеннями технології машинобудування для деталей високої точності і якості, яким є даний вал встановлений чорновий, чистовий та фінішний етапи обробки. При чорновій обробці знімають максимальну кількість металу, залишаючи лише припуск на чистову обробку. При чистовій обробці робочим поверхням надають 6, 8 квалітету точності і шорсткості $Ra=0,63; 1,25$. Для отримання діаметрів шийок валу $\varnothing 20^{+0,015}_{+0,002}$; $\varnothing 30^{-0,007}_{-0,020}$; $\varnothing 25^{+0,015}_{+0,002}$ і $\varnothing 24^{+0,015}_{+0,02}$ 6 – го квалітету точності та зазначеної шорсткості передбачають шліфування. Починати обробку валу слід з виготовлення центрувальних отворів, які потім стануть допоміжними базами. Враховуючи високу точність пазів за шириною, їх необхідно виконати шпонковою фрезою на вертикально-фрезерному верстаті.

На підставі викладеного пропонується такий план операцій:

05 - токарно-револьверна

- а) підрізання торців до розміру 236;
- б) свердлення двох центровочних отворів;

010 – токарна

- а) чорнове обточування ступенів валу з одного кінця заготовки;
- б) чистове обточування ступенів вала з цього самого кінця заготовки;
- в) проточування канавки до $\varnothing 24,5_{-0,28}$;
- г) обточування фасок.

015 токарна

- а) чорнове обточування ступенів валу з іншого боку кінця заготовки;
- б) чистове обточування ступенів валу з цього самого кінця заготовки;
- в) проточування канавки до $\varnothing 19,5_{-0,28}$;
- г) обточування фасок.

- 020 шліфувальна: шліфування шийки до $\varnothing 24^{+0,015}_{+0,002}$ з того самого боку заготовки
- 025 шліфувальна: шліфування шийки до $25^{+0,015}_{+0,002}$ з одного кінця заготовки
- 030 шліфувальна: шліфування шийки до $\varnothing 30^{-0,007}_{-0,020}$.
- 035 шліфувальна: шліфування шийки до $\varnothing 20^{+0,015}_{+0,002}$
- 040 фрезерна:
- а) фрезерування пазу $8_{-0,36}$ довжиною 40;
- б) пазу $8_{-0,036}$ довжиною 133.
- 045 слюсарна: зачищення задирок та гострих кромek;
- 050 контрольна: контроль якості геометричних параметрів виготовлення деталі.

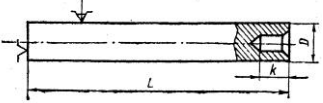
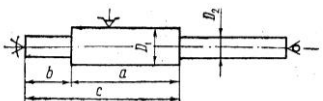
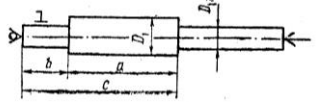
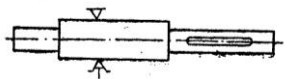
4.2 Вибір базових поверхонь, методів обробки та плану технологічного процесу виготовлення деталі

Спочатку слід вивчити робоче креслення деталі і заготовки з точки зору точності здобутих розмірів. Схеми базувань при різних видах обробки представлені в дод. 13.

Приклад вибору базових поверхонь наведемо для вищезазначеного валу відповідно плану операцій.

Базові поверхні, що використовуються при обробці валу пропонується звести до таблиці (табл. 4.1)

Таблиця 4.1 – Вибір базових поверхонь

Операція	Базова поверхня	Пристрій	Ескіз базування заготовки
Токарно-револьверна (005)	зовнішній контур і торець	цанговий патрон	
Токарна (010, 015)	центрувальні опори	самоцентруючий патрон при плаваючому передньому та жорсткому задньому центрах	
Шліфувальна (020 – 035)	центрувальні отвори	повідковий патрон з обертним переднім і жорстким заднім центрами	
Фрезерна (040)	найбільший діаметр	лещата призматичні	

Практичне заняття №5

Визначення припусків на механічну обробку

Припуск – це шар металу, який знімається з поверхні заготовки з метою надання заданих властивостей поверхні деталі, що обробляється. Припуск на обробку поверхонь деталей може бути назначений по відповідним довідковим таблицям, ГОСТом, або на основі розрахунково-аналітичного методу.

При механічній обробці заготовки задані кресленням форми, розміри і якість поверхневого шару досягаються послідовно за декілька операцій або переходів.

Кожному методу обробки відповідає певний діапазон квалітетів, допусків, розмірів, параметрів шорсткості й глибини дефектного шару.

Для чорнових операцій (переходів) обробка пов'язана з точністю вихідної заготовки, для чистових - з точністю виконання попередніх операцій(переходів). Параметри поверхонь залежно від типу заготовок представлені в табл. 5.1, 5.2.

Таблиця 5.1 - Якість поверхні різних видів заготовок

Вид заготовки	<i>Rz</i>	<i>T</i>
	<i>мкм</i>	
Відливки в земляні форми		
I класу найбільший габаритний розмір відливки, <i>мм</i> : ≤1250 1250—3150	600 800	
те ж II класу найбільший габаритний розмір відливки, <i>мм</i> : ≤1250 1250—3150	700 900	
Відливки в кокіль	200	300
Литво в оболонкові форми	40	260
Литво під тиском	20	140
Литво по моделях, що виплавляються	30	170
Штамповані заготовки Маса, <i>кг</i> : ≤ 0,25 0,25—2,5 25—25 25—100 100—200	150 150 150 200 300	150 200 250 300 300
Прокат гарячекатаний діаметр, <i>мм</i> : 5—25 26—75 80—150 160—250 гладко тягнутий, що калібрується шліфований, що калібрується	150 150 200 300 60 10	150 250 300 400 60 20

Примітка. Для виливків в земляні форми вказано сумарне значення $R_z + T$

Таблиця 5.2 - Якість торцевої поверхні після відрізання заготовок з гарячекатаного прокату (розміри в мм)

Спосіб відрізання	Діаметр відрізуваної заготовки, D	Відхилення розмірів, що допускається, по довжині заготовки	$R_z + T$	Відхилення від перпендикулярності торця до осі заготовки
-------------------	-------------------------------------	--	-----------	--

По упору на ножицях, дисковими пилами і приводними ножівками	5—25 26—75 80—150 >150	$\pm 1,0$ $\pm 1,3$ $\pm 1,8$ $\pm 2,3$	0,3	0,01D
На пресах і дисковими фрезами на відрізних верстатах	5—25 26—75	$\pm 0,3$ $\pm 0,4$	0,2	0,0007D
Відрізними різцями на верстатах токарного типу	5—25 26—75 80—150 160—250	$\pm 0,25$ $\pm 0,35$ $\pm 0,40$ $\pm 0,50$	0,2	0,045D

Примітка. При відрізанні на ножицях виходять вм'ятини і скіс; величина вм'ятини в напрямі, перпендикулярному до поверхні зрізу, досягає 0,2D, а величина скосу по торцю 3°. Величину вм'ятини і скосу необхідно враховувати при подальшій обробці відрізаної заготовки відповідно по діаметру і торцю.

Точність на кожній наступній операції (переході) обробки даного елемента поверхні звичайно підвищується при чорновій обробці на один - три квалітети, при чистовій - на один-два квалітети точності. Для деталей із чавуну й кольорових сплавів розміри оброблюваних поверхонь витримують на один квалітет точніше, чим для деталей зі сталі, оброблюваних в аналогічних умовах.

Середні точності для різних методів обробки й переходів при обробці наведені в табл. 5.5

Параметри шорсткості та величина допуску при механічній обробці представлені в табл. 5.3 - 5.5.

Таблиця 5.3 - Параметри, що досягаються після механічної обробки зовнішніх поверхонь

Вид заготовки	R_z	T
	мкм	
Обдирна обробка лезовим інструментом відливок II класу, гарячого прокату звичайної точності, нежорстких валів, поковок з великими припусками і т.п.	100	100
Чорнова обробка лезовим інструментом заготовок всіх видів	50	50
Чистова обробка лезовим інструментом і одноразова обробка заготовок з малими припусками	30	30
Чистове торцеве фрезерування	10	15
Протягування зовнішнє	5	10
Тонка обробка лезовими інструментами	3	—
Шліфування: попереднє чистове	10 5	20 15
Безцентрове шліфування прокату, що калібрується, 3 — За класів точності: до термообробки після термообробки	6 3—0,8	12 12

Таблиця 5.4 - Параметри, що досягаються після механічної обробки отворів

Вид заготовки	<i>Rz</i>	<i>T</i>
	<i>мкм</i>	
Свердлення спіральними свердлами	40	60
Глибоке свердлення	20	30
Зенкерування чорнове » чистове	50	50
	30	40
Розточування чорнове » чистове	50	50
	20	25
Розгортання нормальне » точне » тонке	10	25
	5	10
	3	
Протягування	4	6
Калібрування кулькою або оправкою	0,6	

Примітка: Види розгортання (нормальне, точне і тонке) визначаються допусками на діаметральні розміри розгортки.

Таблиця 5.5 - Обробка плоских поверхонь

Обробка лезовим інструментом													
стругання й довбання						фрезерування							
чорнове		чистове		тонке		чорнове		напівчистове		чистове		тонке	
IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra
13...11	12,5...3,2	12...10	1,6...0,8	10...9	1,6...0,2	13...11	12,5...3,2	12...10	3,2...1,6	10...8	1,6...0,8	8...6	1,6...0,2

Обробка лезовим інструментом							
протягання				шабрування			
чорнове		чистове		ручне		механічне	
IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra
11...10	3,2...1,6	9...6	1,6...0,4	7...6	0,63...0,08	8...7	0,8...0,1

Обробка абразивним інструментом									
шліфування						доведення			
чорнове		чистове		тонке		попередня		остаточна	
IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra	IT	Ra
9...8	1,6...0,4	8...7	0,4	7...6	0,2...0,05	5...4	0,63...0,16	4...3	0,32...0,04

Припуск на обробку поверхонь деталі може бути призначений по довідковим таблицям або на основі розрахунково-аналітичного методу визначення припусків.

Таблиці дозволяють призначити припуски незалежно від технологічного процесу деталі й умов його здійснення й тому, у загальному випадку, є завищеними й містять резерви зниження витрати матеріалу й трудомісткості виготовлення деталі.

Значення припусків на обробку для різних операцій наведено в табл., 5.6-5.12.

Значення припусків залежно від умов обробки наведено в дод. 28..

Таблиця 5.6 - Операційні припуски на обточування, мм

Інтервали	Чорнове обточування	Чистове обточування
-----------	---------------------	---------------------

розмірів	термічно необроблених і оброблених матеріалів		термічно необроблених матеріалів		термічно оброблених матеріалів	
	довжина					
	до 200	від 200 до 400	до 200	від 200 до 400	до 200	від 200 до 400
	припуск на діаметр					
від 3 до 6	-	-	0.5	-	0.8	-
від 6 до 10	1,5	1,7	0.8	1,0	1,0	1,3
10...18	1,5	1,7	1,0	1,3	1,3	1,5
18...30	2.0	2.0	1,3	1,3	1,3	1,5
30...50	2.0	2.2	1,4	1,5	1,5	1,9
50...80	2.3	2.5	1,5	1,8	1,8	2.0
80...120	2.5	2.8	1,5	1,8	1,8	2.0
120...180	2.5	2.8	1,8	2.0	2.0	2.3
180...260	2.8	3.0	2.0	2.3	2.3	2.5
260...360	3.0	3.3	2.0	2.3	2.3	2.5

Таблиця 5.7 - Операційні припуски на розточування, мм

Інтервали розмірів	Припуски на діаметр при розточуванні					
	алюмінію		бронзи й чавуну		сталі	
	попередн	кінцев.	попередн	кінцев.	попередн	кінцев.
До 30	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
від 30 до 50	0.3	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1
50...80	0.4	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1
80...120	0.4	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1
120...180	0.5	0.1	0.4	0.1	0.3	0.1

Таблиця 5.8 - Операційні припуски на зенкерування, розточування й розгортання, мм

Інтервали діаметрів	Після свердління				Після зенкерування або розточування		Чистове розгортання після чорнового
	зенкерування	розточування	чистове розточування	розгортання	розгортання	чорнове розгортання	
від 3 до 6	-	-	-	0.15	-	0.15	0.05

від 6 до 10	-	-	-	0.2	0.2	0.2	0.1
10...18	0.8	0.8	0.5	0.3	0.2	0.2	0.1
18...30	1,2	1,2	0.8	0.3	0.3	0.2	0.1
30...50	1,5	1,5	1,0	-	-	-	-
50...80	-	2.0	1,0	-	-	-	-
80...120	-	2.0	1,3	-	-	-	-
120...180	-	2.0	1,5	-	-	-	-

Таблиця 5.9 - Операційні припуски на фрезерування площин, мм

Товщина	Чорнове фрезерування після грубого						Чистове фрезерування після чорнового					
	ширина до 200 мм			ширина від 200 до 400 мм			ширина до 200 мм			ширина від 200 до 400 мм		
	припуск на товщину при довжині											
	до 100	від 100 до 260	від 260 до 400	до 100	від 100 до 260	від 260 до 400	до 100	від 100 до 260	від 260 до 400	до 100	від 100 до 260	від 260 до 400
6...30	1,0	1,2	1,5	1,2	1,5	1,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
30...50	1,0	1,5	1,7	1,5	1,5	2,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	1,2
50...	1,5	1,7	2,0	1,7	2,0	2,5	1,0	1,3	1,5	1,3	1,5	1,5

Таблиця 5.10 - Операційні припуски на зенкерування, розточування й розгортання, мм

Інтервали діаметрів	Варіант 1	Варіант 2		Варіант 3	
	Остаточне шліфування термічно оброблених і необроблених заготовок	шліфування після термообробки		чорнове шліфування до термообробки	чистове шліфування після термообробки
		чорнове	чистове		
		припуск на діаметр			
3...6	0.2	0.15	0.05	-	-
6...10	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3
10...18	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3
18...30	0.3	0.2	0.1	0.3	0.4
30...50	0.4	0.3	0.1	0.3	0.4
50...80	0.5	0.3	0.2	0.3	0.5
80...120	0.5	0.3	0.2	0.3	0.5
120...180	0.8	0.5	0.3	0.5	0.8
180...260	0.8	0.5	0.3	0.5	0.8
260...360	0.8	0.5	0.3	0.5	0.8

Таблиця 5.11 - Операційні припуски на внутрішнє шліфування, мм

Інтервали діаметрів	Варіант 1	Варіант 2		Варіант 3	
	Остаточне шліфування термічно оброблених і необроблених заготовок	шліфування після термообробки		чорнове шліфування до термообробки	чистове шліфування після термообробки
		чорнове	чистове		

	Припуск на діаметр				
6...10	0.2	-	-	-	-
10...18	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3
18...30	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3
30...50	0.3	0.2	0.1	0.3	0.4
50...80	0.4	0.3	0.1	0.3	0.4
80...120	0.5	0.3	0.2	0.3	0.5
120...180	0.5	0.3	0.2	0.5	0.5

Таблиця 5.12 - Операційні припуски на шліфування поверхонь, мм

Товщина	1-й варіант					2-й варіант									
	остаточне шліфування термічно оброблених і неопрацьованих заготовок					шліфування після термообробки									
						чорнове					чистове				
	ширина до 250		ширина від 250 до 400			ширина до 250		ширина від 250 до 400			ширина до 250		ширина від 250 до 400		
	припуск на товщину при довжині														
	до 250	від 250 до	до. 100	від 100 до	від 250 до	до 250	від 250 до	до 100	від 100 до	від 250 до	до 250	від 250 до	до 100	від 100 до	від 250 до
3...6	0.3	-	0.3	-	-	0.2	-	0.2	-	-	0.1	-	0.1	-	-
6...10	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
50...	0.5	-	0.5	-	-	0.3	-	0.3	-	-	0.2	-	0.2	-	-

Приклад. Призначення припусків за довідковими таблицями

Призначимо припуски на обробку посадочного місця $\varnothing 30$ валу представленого на рис. 3.3 а та відповідно плану технологічних операцій обробки даного валу.

Квалітет для кожного виду обробки приймаємо за дод. 27, величина шорсткості за табл. 4-7 або дод. 27, величину допуску за дод. 29

операція	Номер переходу	Зміст обробки	Квалітет і позначення допуску	Величина допуску, мм	Параметр шорсткості Ra/Rz
заготовка			h14	0,52	Rz 150
010 Токарна	1	чорнове точіння	h12	0,21	Ra 20
	2	чистове точіння	h9	0,084	Ra 5
025 Шліфувальна	3	Шліфувати	g6	0,021	Ra 1,5

Вибираємо величини міжопераційних припусків за довідковими таблицями або за даними дод. 28.2.

Припуск на діаметр	Проміжний				загальний
	Позначення	$2P_1$	$2P_2$	$2P_3$	$2P_{\text{общ}}$
	Величина, мм	1,65	0,25	0,10	2,0

Приймаємо заготовку за сортаментом з зовнішнім діаметром 32 мм.

Значення проміжних розмірів зводимо до таблиці в порядку зворотному обробці

Операція	перехід	Найменування розміру і припуску, мм	Розмір, мм	Допустимі відхилення	Припуск на діаметр, мм	Шорсткість, мкм
025		Діаметр поверхні за кресленням, тобто після шліфування Припуск на чистове шліфування	30 g6	- 0,07 - 0,020	0,1	1,5
010		Діаметр поверхні після чистового точіння Припуск на чистове точіння	30,1 h9	- 0,087	0,25	5
010		Діаметр поверхні після чорнового точіння Припуск на чорнове точіння	30,35 h12	- 0,36	1,65	20
-	-	Діаметр поверхні вибраної заготовки	Ø 32	По ГОСТ 7505-89		150

Практичне заняття №6

Вибір та описання технологічного обладнання, пристроїв, різального і вимірювального інструменту

Обладнання, пристосування та інструмент вибирається з урахуванням річної програми обробки заготовок і можливостей верстату. При одиничному і серійному виробництві та ремонті основне технологічне обладнання можливо вибирати за даними дод. 26 або за каталогом металорізальних верстатів.

Вид різального інструменту визначає режими різання та продуктивність процесу. Різальний інструмент необхідно конструктивно пов'язувати з поверхнею, що обробляється, та конфігурацією деталі. Доцільно використовувати стандартний інструмент оснащений пластинами з твердого сплаву, синтетичні алмази, металокераміку.

Необхідно навести характеристику обладнання, що використовується в технологічному процесі, рекомендується описання верстатів зводити в таблицю за нижче наведеним зразком.

Верстати, пристосування та інструмент

Операція	Обладнання (найменування, характеристика)	Пристосування	Інструмент	
			різальний	вимірювальний

Практичне заняття №7

Розрахунок режимів різання при механічній обробці

Основні вихідні дані для розрахунку чи вибору режиму різання такі: річна виробнича програма; робоче креслення деталі та заготовки, обладнання та інструмент, що використовуються для обробки. Режим різання можливо за довідковими даними або розраховувати за формулами наведеним в дод. 15.

Найчастіше використовується метод послідовного визначення елементів. Суть його полягає в тому, що спочатку призначають або розраховують один з елементів режиму різання. Всі наступні визначають залежно від тих, що є, тобто попередніх елементів.

Основні критерії, що визначають правильність вибору режимів різання, - це основний час обробки t_0 хв, і стійкість інструменту T , хв:

$$T^m = C_v / vt^{x_v} s^{y_v}$$

Середні значення періоду стійкості найбільш застосовуваних інструментів такі: різці – 30..90 хв; свердла 45...110 хв; фрези 80...240 хв.

Значення v , t і s впливають на стійкість інструменту як прямо, так і побічно. Якщо при обробці незагартованої сталеві поверхні різцем Т15К6 при всіх інших однакових умовах по черзі збільшувати v , t і s на 50 %, то стійкість різця зменшиться відповідно на 86; 50 і 30 %. Отже, розраховуючи режими різання, насамперед слід приймати максимальний припуск на обробку, потім - найбільшу подачу і, нарешті, - найбільшу швидкість різання.

Розрахунок режимів різання може бути загальний, інструментальний і частковий. При загальному розрахунку розробник має дуже малу інформацію — робоче креслення деталі, заготовки і річну виробничу програму. Йому треба вибрати обладнання, інструмент і розрахувати режими так, щоб забезпечити найменший основний час t_0 обробки. Такий метод розрахунку застосовують в основному для проектування нових і реконструкції старих цехів. В інструментальному розрахунку розробник крім такої самої вихідної інформації, що і в загальному розрахунку, має відомості про використовуване обладнання. При частковому розрахунку розробник має повну інформацію про заготовку, деталь, обладнання та інструмент і повинен вибирати такі режими різання, які забезпечували б найменше t_0 при конкретному обладнанні та інструменті з тими обмеженнями, які на них накладаються.

Розрахунок режиму різання при послідовному визначенні елементів виконують у два етапи: 1) визначають елементи режиму різання; 2) перевіряють правильність вибраних елементів, тобто виконують перевірний розрахунок.

У курсовому проекті режими різання для всіх операцій призначаються, а за завданням викладача для однієї-двох операцій і розраховуються. Треба прагнути того, щоб режим різання був найвигідніший, тобто відповідав максимальній продуктивності та мінімальній собівартості обробки.

Методику призначання та розрахунку режимів різання при одноінструментній обробці застосовують в індивідуальному, дрібносерійному та серійному виробництві. Режими різання вибирають в такому порядку: вивчивши робоче креслення деталі та конкретний оброблюваний елемент заготовки, визначають довжину робочого ходу інструмента. Вибирають різальний інструмент і його стійкість, враховуючи при цьому властивості оброблюваного матеріалу, точність обробки, жорсткість системи ВППД, припуск і т. п.

Керуючись довідковою літературою і дод. 15, знаходять глибину різання t , мм. Треба намагатися, щоб глибина різання дорівнювала припуску на обробку, тобто $t = z$.

Якщо з технологічних причин (точність обробки, шорсткість поверхні та ін.) такого співвідношення досягти не вдається, то при першому проході глибина різання має бути $t_1 = (0,8...0,9) z$, при другому проході $t_2 = (0,2...0,1) z$.

При шорсткості обробленої поверхні $R_a = 3,2$ мкм включно $t = 0,5...2,0$ мм, а при $R_a > 0,8$ мкм $t = 0,1...0,4$ мм.

При струганні та довбанні глибина різання призначається так само, як і при точінні. При фрезеруванні t визначає тривалість контакту зуба фрези із заготовкою. Глибину різання вимірюють у напрямі, перпендикулярному до осі фрези.

При шліфуванні рекомендуються такі значення глибини різання t , мм:

кругле зовнішнє

попереднє — 0,01—0,025

остаточне — 0,005... 0,015

кругле внутрішнє

попереднє — 0,005...0,02

остаточне — 0,0025... 0,01
 кругле безцентрове
 попереднє — 0,02...0,2
 остаточне — 0,0025..0,01
 плоске периферією круга
 попереднє — 0,05... 0,15
 остаточне — 0,005.. .0,001.

Потім вибирають подачу s , мм. Щоб дістати максимальну продуктивність, намагаються використати найбільшу подачу верстата, враховуючи при цьому задану точність і шорсткість поверхні після обробки, жорсткість системи ВПД і матеріал різального інструмента.

Знаючи t і s для конкретної операції, певного інструмента, матеріалу оброблюваної деталі та умов обробки, вибирають або розраховують швидкість різання v .

Значення коефіцієнта C_v та показників степеня x , y , q , u , p , m у формулах для визначення швидкості різання наведено в дод. 16...20.

Якщо інструмент заточують алмазними кругами, то добуту розрахункову швидкість різання треба помножити на поправочний коефіцієнт $k = 1,08$ (при централізованому заточуванні) і $k = 0,80$ (при децентралізованому заточуванні).

Маючи швидкість різання, за формулами дод. 15 визначають розрахункову частоту обертання шпинделя верстата або число подвійних ходів стола і різця. Звіряючи добуте значення n_p з паспортними даними верстата, встановлюють фактичну частоту обертання шпинделя n_ϕ , максимально наближену до розрахункової. З n_ϕ розраховують фактичну швидкість різання v_ϕ , м/хв. Наприклад для точіння

$$n_\phi = \pi D n_\phi / 1000.$$

Визначають силу різання P_p за довідковими даними або розраховують її за формулами дод. 15. Значення стало C_p і показників степеня x , y , n , q , u , ω у формулах сил різання, по тужності і крутного моменту для різних видів обробки наведено в табл. 24...27. Значення поправочного коефіцієнта k у формулах для визначення v , P , N , M становить 0,66...2,0. Нижнє значення стосується обробки заготовок із сталей, верхнє — чавунів і кольорових металів та їхніх сплавів.

Потім визначають ефективну потужність різання N_e . Наприклад для точіння

$$N_e = P_p v_\phi / 6120$$

або

$$N_e = M_{кр} n_\phi / 306.$$

Ефективну потужність різання можна також вибирати за нормативними даними.

За ефективною потужністю різання визначають потужність шпинделя верстата $N_{шп}$, кВт:

$$N_{шп} = N_e / \eta$$

Коефіцієнт корисної дії η в середньому можна брати таким, що дорівнює 0,75...0,90. Значення $N_{шп}$ повинно бути меншим або дорівнювати потужності електродвигуна верстата, тобто $N_{шп} < N_{дв}$. У цьому разі обробка деталі можлива.

Методику призначання режимів різання при багатоінструментній обробці застосовують у крупносерійному і масовому виробництві, де для підвищення продуктивності і зниження собівартості обробки сталі впроваджують налагоджування кількох інструментів на одношпиндельних та багатошпиндельних верстатах різного призначення. Вибір режимів різання при багатоінструментній обробці в основному аналогічний до вибору при одноінструментній обробці і здійснюється в такому порядку:

1. Вибирають установочну поверхню оброблюваної деталі, схему розміщення інструмента і кінцеві розміри після обробки.
2. Визначають глибину різання для кожного переходу
3. Вибирають різальний інструмент.

4. Знаходять подачу в два етапи. На першому її шукають при одноінструментній обробці, враховуючи глибину різання, розміри обробки, механічні властивості оброблюваного і різального матеріалів точність обробки, шорсткість поверхні, послідовність роботи інструмента і т. ін. На другому етапі цю подачу коректують з урахуванням можливостей верстата та характеру оброблюваної поверхні. При точінні подачі що мають менше значення основного часу, зменшують. При фрезеруванні намагаються, щоб хвилинна подача (у загальному випадку) або подача на один оберт фрези для всіх інструментів установлених на одній оправці, була однаковою. При свердлінні, розгортанні і т. інш. подачі інструментів, установлених на багатошпиндельній головці, повинні мати загальну хвилинну подачу багатошпиндельної головки. Вибору швидкості різання передують визначення стійкості інструмента. Чим більше інструментів у наладці, тим їхня стійкість нижча. Оптимальною вибирають стійкість інструмента (з усіх, що є в даному супорті) з найменшим числом обертів шпинделя або інструмента який має найменшу швидкість різання. Рекомендують при цьому передбачати 1-2 заміни на зміну. За добутою стійкістю інструмента підраховують швидкість різання так само, як і для одноінструментної обробки. Для таких інструментів, як мітчики і розгортки швидкість різання знаходять незалежно від стійкості, бо вони визначаються технологічними можливостями.

Знаючи швидкість різання, визначають частоту обертання шпинделів і хвилинні подачі.

7. Правильність вибраних елементів режиму різання перевіряють так само, як і при одноінструментній обробці, причому сумарна ефективна потужність різання має бути меншою за потужність привода верстата.

Деякі особливості призначення режимів різання по різних видам обробки розглянуті нижче.

7.1 Точіння

Глибина різання t при чорновому точінні й відсутності обмежень по потужності устаткування, жорсткості системи СПД приймається рівною припуску на обробку; при чистовому точінні припуск знімається за два проходи й більше. На кожному наступному проході слід призначати меншу глибину різання, ніж на попередньому.

При параметрі шорсткості обробленої поверхні $Ra \leq 3,2$ включно $t = 0,5 \dots 2,0$ мм; $Ra > 0,8$ мкм, $t = 0,1 \dots 0,4$ мм.

Подача s при чорновому точінні приймається максимально допустимою за потужністю устаткування, жорсткістю системи СПД, міцністю ріжучої пластини й міцністю державки. Рекомендовані подачі при чорновому зовнішньому точінні наведені в табл. 7.1, а при чорновому розточуванні - у табл. 7.2. Подачі при чистовому точінні вибираються залежно від необхідних параметрів шорсткості обробленої поверхні й радіуса при вершині різця (табл. 7.3).

При прорізанні пазів і відрізанні величина поперечної подачі залежить від властивостей оброблюваного матеріалу, розмірів паза, діаметра обробки (табл. 7.4)

Значення коефіцієнта C_v , показників ступенів x, y і m наведені в дод. 15.

Таблиця 7.1 - Подачі при чорновому зовнішньому точінні різцями із пластинами із твердого сплаву й швидкорізальної сталі

Діаметр деталі, мм	Розмір державки різця, мм	Оброблюваний матеріал	
		Сталь конструкційна вуглецева й легована	Чавун, мідні й алюмінієві сплави

		Подача s, мм/об, при глибині різання t, мм							
		до 3	від 3 до 5	від 5 до 8	від 8 до 12	до 3	від 3 до 5	від 5 до 8	від 8 до 12
до 20	від 16 x 25 до 25 x 25	0,3-0,4	-	-	-		-		-
20...40	від 16 x 25 до 25 x 25	0,4-0,5	0,3-0,4	-	-	0,4-0,5	-	-	-
40..60	від 16 x 25 до 25 x 40	0,5-0,9	0,4-0,8	0,3-0,7		0,6...0,9	0,5-0,8	0,4-0,7	
60...100	від 16 x 25 до 25 x 40	0,6-1,2	0,5-1,1	0,5-0,9	0,4...0,8	0,8-1,4	0,7-1,2	0,6-1,0	0,5-0,9
100...400	від 16 x 25 до 25 x 40	0,8-1,3	0,7-1,2	0,6-1,0	0,5...0,9	1,0-1,9	0,8-1,9	0,8-1,1	0,6-0,9

Нижні значення подач відповідають меншим розмірам державки різця й більш міцним оброблюваним матеріалам, верхні значення подач - більшим розмірам державки й менш міцним оброблюваним матеріалам.

Таблиця 7.2 - Подача при чорновому розточуванні на токарних верстатах різцями із пластинами із твердого сплаву й швидкорізальної сталі

Різець або оправка		Оброблюваний матеріал					
Діаметр круглого перетину різця або розміри прямокутного перетину оправки, мм	Виліт різця або оправки, мм	Сталь конструкційна вуглецева, легована й жароміцна			Чавун, мідні й алюмінієві сплави		
		Подача s, мм/об, при глибині різання t, мм					
		2	3	5	2	3	5
10	50	0,08			0,12-0,16		
12	60	0,10	0,08		0,12-0,20	0,12-0,18	
16	80	0,1-0,2	0,15	0,1	0,20-0,30	0,15-0,25	0,1-0,18
20	100	0,5-0,8	0,15-0,25	0,12	0,3-0,4	0,25-0,35	0,12-0,25
25	125	0,25-0,5	0,15-0,4	0,12-0,2	0,4-0,6	0,3-0,5	0,25-0,35
30	150	0,4-0,7	0,2-0,5	0,12-0,3	0,5-0,8	0,4-0,6	0,25-0,45
40	200	-	0,25-0,6	0,15-0,4	-	0,5-0,8	0,3-0,8

Таблиця 7.3 - Подачі, мм/об, при чистовому точінні

Шорсткість поверхні, мкм		Радіус при вершині різця r, мм					
Ra	Rz	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,63		0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17

1,25	-	0,10	0,13	0,165	0,19	0,21	0,23
2,50		0,144	0,20	0,246	0,29	0,32	0,35
	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
-	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Подачі дані для обробки сталей з $\sigma_B=700\ldots 900$ МПа й чавунів; для сталей з $\sigma_B=500\ldots 700$ МПа значення подач множити на коефіцієнт $K_s=0,45$; для сталей з $\sigma_B=900\ldots 1100$ МПа значення подач множити на коефіцієнт $K_s = 1,25$

Таблиця 7.4 - Подачі, мм/об, при прорізанні пазів і відрізанні

Діаметр обробки, мм	Ширина різця, мм	Оброблюваний матеріал	
		Сталь конструкційна вуглецева й легована	Чавун, мідні й алюмінієві сплави
до 20	3	0,06-0,08	0,11-0,14
від 20 до 40	3-4	0,1-0,12	0,16-0,19
» 40 » 60	4-5	0,13-0,16	0,20-0,24
» 60 » 100	5-8	0,16-0,23	0,24-0,32

Тонка токарна обробка має ряд особливостей, що відрізняють її від чорнового й міжопераційного точіння, тому рекомендовані режими різання при тонкому (алмазному) точінні на швидкохідних токарних верстатах підвищеної точності й розточувальних верстатах наведені окремо в табл. 7.5.

Таблиця 7.5 - Режими різання при тонкому точінні й розточуванні

Оброблюваний матеріал	Матеріал робочої частини інструмента	Шорсткість поверхні Ra , мкм	Подача, мм/об	Швидкість різання, мм/хв	
Сталь:					
$\sigma_B < 650$ МПа	Т30К4	1,25-0,63		250-300	
$\sigma_B = 650.800$ МПа				150-200	
$\sigma_B > 800$ МПа			0,06-0,12	120-170	
Чавун:	ВК3	2,-1,25			150-200
149...163 НВ					
156...229 НВ				120-150	
170...241 НВ				100-120	
Алюмінієві сплави й бабіт		1,25-0,32	0,04-0,1	300-600	
			0,04-0,08		
Бронза й латунь					

7.2 Свердління. Розсвердлювання. Зенкерування. Розгортання

Глибина різання. При свердлінні глибина різання $t=0,5D$ (рис. 9.1, а), при розсвердлюванні, зенкеруванні й розгортанні $t = 0,5(D-d)$ (рис. 9.1, б).

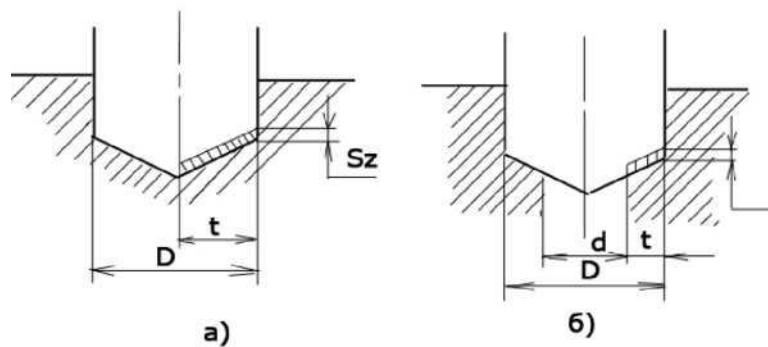


Рис.7.1. Схема різання при свердлінні

Подача. При свердленні отворів без обмежуючих факторів вибираємо максимально припустиму по міцності свердла подачу (табл. 7.6). При розсвердленні отворів подача, рекомендована для свердління, може бути збільшена до 2 разів. При наявності обмежуючих факторів подачі при свердленні й розсвердлюванні рівні.

Таблиця 7.6 - Подачі, мм/об, при свердлінні стали, чавуну, мідних і алюмінієвих сплавів свердлами зі швидкорізальної сталі

Діаметр свердла D, мм	Сталь				Сірий і ковкий чавун, мідні й алюмінієві сплави	
	HB< 160	160...240HB	240... 300HB	HB>300	HB< 170	HB> 170
2-4	0,09-0,13	0,08-0,10	0,06-0,07	0,04-0,06	0,12-0,18	0,09-0,12
4-6	0,13-0,19	0,10-0,15	0,07-0,11	0,06-0,09	0,18-0,27	0,12-0,18
6-8	0,19-0,26	0,15-0,20	0,11-0,14	0,09-0,12	0,27-0,36	0,18-0,24
8-10	0,26-0,32	0,20-0,25	0,14-0,17	0,12-0,15	0,36-0,45	0,24-0,31
10-12	0,32-0,36	0,25-0,28	0,17-0,20	0,15-0,17	0,45-0,55	0,31-0,35
12-16	0,36-0,43	0,28-0,33	0,20-0,23	0,17-0,20	0,55-0,66	0,35-0,41
16-20	0,43-0,49	0,33-0,38	0,23-0,27	0,20-0,23	0,66-0,76	0,41-0,47
20-25	0,49-0,58	0,38-0,43	0,27-0,32	0,23-0,26	0,76-0,89	0,47-0,54
25-30	0,58-0,62	0,43-0,48	0,32-0,35	0,26-0,29	0,89-0,96	0,54-0,60
30-40	0,62-0,78	0,48-0,58	0,35-0,42	0,29-0,35	0,96-1,19	0,60-0,71
40-50	0,78-0,89	0,58-0,66	0,42-0,48	0,35-0,40	1,19-1,36	0,71-0,81

Наведені подачі застосовують при свердленні отворів глибиною $l < 3D$ з точністю не вище 12-го квалітету в умовах жорсткої технологічної системи. А якщо ні, то вводять поправочні коефіцієнти на глибину отвору від 0,9 при $l < 5D$ до 0,75 при $l < 10D$.

Подачі при зенкеруванні наведені в табл. 7.7, а при розгортанні в табл. 7.8.

Таблиця 7.8 - Подачі, мм/об, при обробці отворів зенкерами зі швидкорізальної сталі й твердого сплаву

Оброблюваний матеріал	Діаметр зенкера D , мм								
	До 15	Від 15 до 20	Від 20 до 25	Від 25 до 30	Від 30 до 35	Від 35 до 40	Від 40 до 50	Від 50 до 60	Від 60 до 80
Сталь	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2
	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,5
Чавун, $HB < 200$ і мідні сплави	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4
Чавун $HB > 200$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4
	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,5

Наведені значення подачі застосовувати для обробки отворів з допуском не вище 12-го квалітету, Для досягнення більш високої точності (9-11 квалітети), а також при підготовці отворів під наступну обробку їх одному розгорненням або під нарізування різьблення мітчиком вводити поправочний коефіцієнт $K = 0,7$.

Таблиця 7.9 - Подачі, мм/об, при попередньому (чорновому) розгортанні отворів розгортками зі швидкорізальної сталі

Оброблюваний матеріал	Діаметр розгортання D , мм									
	До 15	Від 10 до 15	Від 15 до 20	Від 20 до 25	Від 25 до 30	Від 30 до 35	Від 35 до 40	Від 40 до 50	Від 50 до 60	Від 60 до 80
Сталь	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0
Чавун, $HB < 200$ і мідні сплави	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,2	3,4	3,8	4,3	5,0
Чавун $HB > 200$	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,4	3,8

Подачу слід зменшувати: при чистовому розгортанні в один прохід з точністю по 9-11- му квалітетам і параметром шорсткості поверхні $Ra = 3.2 \dots 6.3$ мкм або при розгортанні під полірування й хонінгування, помножуючи на коефіцієнт $K = 0,8$.

Таблиця 7.10- Середні значення періоду стійкості свердел, зенкерів і розгортки

Інструмент	Оброблюваний	Матеріал ріжучої	Стійкість T , хв, при діаметрі інструмента,
------------	--------------	------------------	---

(операція)	матеріал	частини інструмента	мм							
			До	6	11	21	31	41	51	61
			5	10	20	30	40	50	60	80
Свердло (свердління й розсвердлювання)	Конструкційна вуглецева й легована сталь	Швидкорізальна сталь	15	25	45	50	70	90	110	-
		Твердий сплав	8	15	20	25	35	45	-	-
	Корозійностійка сталь	Швидкорізальна сталь	6	8	15	25	-	-	-	-
Свердло (свердління й розсвердлювання)	Сірий і ковкий чавун, мідні й алюмінієві сплави	Швидкорізальна сталь	25	35	60	75	105	140	170	
		Твердий сплав	15	25	45	50	70	90	-	-
Зенкери (зенкерування)	Конструкційна вуглецева й легована сталь, сірий і ковкий чавун	Швидкорізальна сталь і твердий сплав	-	-	30	40	50	60	80	100
Розгортка (розгортання)	Конструкційна углеродистая й легована сталь	Швидкорізальна сталь	-	25	40	80	80	120	120	120
		Твердий сплав	-	20	30	50	70	90	110	140
	Сірий і ковкий чавун	Швидкорізальна сталь	-	-	60	120	120	180	180	180
		Твердий сплав	-	-	45	75	105	135	165	210

7.3 Фрезерування

Конфігурація оброблюваної поверхні й вид устаткування визначають тип застосовуваної фрези (рис. 7.2). Її розміри визначаються розмірами оброблюваної поверхні й глибиною шару, що зрізується. Діаметр фрези для скорочення основного технологічного часу й витрати інструментального матеріалу вибирають по можливості найменшої величини, враховуючи при цьому твердість технологічної системи, схему різання, форму й розміри оброблюваної заготовки.

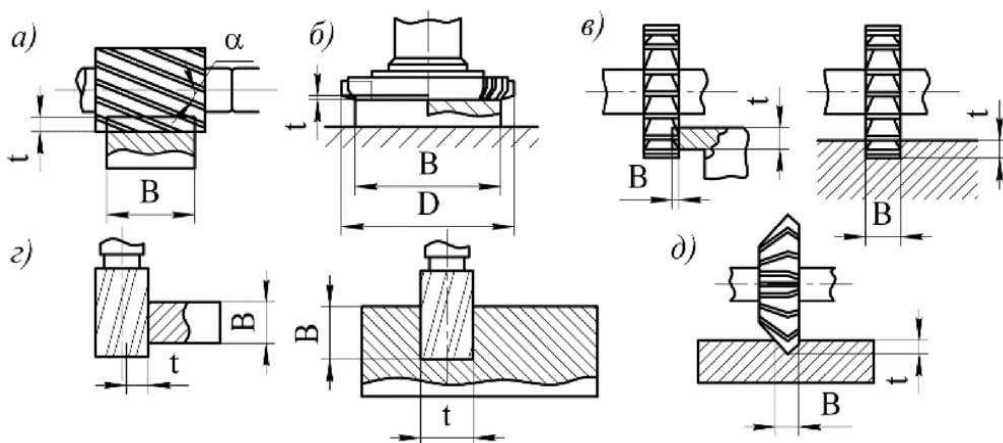


Рисунок 7.2- Види фрезерування.

Глибина фрезерування t і ширина фрезерування B - поняття, пов'язані з розмірами шару

заготовки, що зрізується при фрезеруванні (див. рис. 7.2). У всіх видах фрезерування, за винятком торцевого, t визначає тривалість контакту зуба фрези із заготовкою; t вимірюють у напрямку, перпендикулярному до осі фрези. Ширина фрезерування B визначає довжину леза зуба фрези, що брати участь у різанні; B вимірюють у напрямку, паралельному осі фрези. При торцевому фрезеруванні ці поняття міняються місцями.

Подача. При фрезеруванні розрізняють подачу на один зуб, подачу на один оберт фрези s_n і подачу хвилину s_M , які перебувають у наступному співвідношенні:

$$s_M = s_n n = s_z z n ,$$

де n - частота обертання фрези, об/хв; z - число зубів фрези.

Вихідною величиною подачі при чорновому фрезеруванні є її величина на один зуб s_z , при чистовому фрезеруванні - на один оберт фрези s , по якій для подальшого використання обчислюють величину подачі на один зуб $s_z = s/z$. Рекомендовані подачі для різних фрез і умов різання наведені в табл. 7.11 - 7.13.

Таблиця 7.11 - Подачі при чорновому фрезеруванні торцевими, циліндричними й дисковими фрезами зі швидкорізальної сталі

Потужність верстата або фрезерної головки, кВт		Фрези			
	Твердість системи заготовка- приспосовування	Торцеві й дискові		Циліндричні	
		Подача на один зуб, Sz, мм, при обробці			
		Конструкційної сталі	Чавуну й мідних сплавів	Конструкційної стали	Чавуну й мідних сплавів
Фрези з великим зубом і фрези із вставними ножами					
Від 10	Підвищена	0,20-0,30	0,40-0,60	0,40-0,60	0,60-0,80
	Середня	0,15-0,25	0,30-0,50	0,30-0,40	0,40-0,60
	Знижена	0,10-0,15	0,20-0,30	0,20-0,30	0,25-0,40
5 - 10	Підвищена	0,12-0,20	0,30-0,50	0,25-0,40	0,30-0,50
	Середня	0,08-0,15	0,20-0,40	0,12-0,20	0,20-0,30
	Знижена	0,06-0,10	0,15-0,25	0,10-0,15	0,12-0,20
До 5	Середня	0,06-0,07	0,15-0,30	0,08-0,12	0,10-0,18
	Знижена	0,04-0,06	0,10-0,20	0,06-0,10	0,08-0,15
Фрези із дрібним зубом					
5 - 10	Підвищена	0.08-0.12	0.20-0.35	0.10-0.15	0.12-0.20
	Середня	0.06-0.10	0.15-0.30	0.06-0.10	0.10-0.15
	Знижена	0.04-0.08	0.10-0.20	0.06-0.08	0.08-0.12
До 5	Середня	0.04-0.06	0.12-0.20	0.05-0.08	0.06-0.12
	Знижена	0.03-0.05	0.08-0.15	0.03-0.06	0.05-0.10

Більші значення подач брати для меншої глибини й ширини фрезерування, менші - для більших значень глибини й ширини.

Таблиця 7.12 - Подачі, мм/об, при чистовому фрезеруванні площин і уступів торцевими, дисковими й циліндричними фрезами

Параметр шорсткості поверхні Ra, мкм	Торцеві й дискові фрези із вставними ножами		Циліндричні фрези з швидкорізальної сталі при діаметрі фрези, мм залежно від оброблюваного матеріалу					
	Із твердого сплаву	Зі швидкорізальної сталі	Конструкційна вуглецева й легрована сталь			чавун, мідні й алюмінієві сплави		
			40-75	90-130	150-200	40- 75	90-130	150-200
6.3	-	1.2-2.7	-	-	-	-	-	-
3.2	0.5-1.0	0.5-1.2	1.0-2.7	1.7-3.8	2.3-5.0	1.0-2.3	1.4-3.0	1.9-3.7
1.6	0.4-0.6	0.23-0.5	0.6-1.5	1.0-2.1	1.3-2.8	0.6-1.3	0,8-1,7	1.1-2.1
0.8	0.2-0.3	-	-	-	-	-	-	-
0.4	0.15	-	-	-	-	-	-	-

Таблиця 7.13 - Середні значення стійкості T фрез

Фрези	Стійкість T, хв при діаметрі фрези, мм											
	20	25	40	60	75	90	110	150	200	250	300	400
Торцеві	-		120	180					240		300	400
Циліндричні з великим зубом	180								240		-	
Циліндричні цільні із дрібним зубом	-		120		180		-					
Дискові	-					120		150	180	240	-	
Кінцеві	80	90	120	180	-							
Прорізні й відрізні	-				60	75	120		150	-		
Фасонні й кутові	-		120			180	-					

7.4 Шліфування

Визначення режимів різання при шліфуванні починають із установлення характеристики інструмента. Інструмент при шліфуванні різних конструкційних і інструментальних матеріалів вибирають за даними, наведеним у довідниках.

Основні параметри різання при шліфуванні: V_z , м/хв, - швидкість обертального або поступального руху заготовки; t , мм, - глибина шліфування, обумовлена шаром металу, що знімається периферією або торцем кола в результаті поперечної подачі на кожний хід або подвійний хід при круглому або плоскому шліфуванні й у результаті радіальної подачі S_p при врізному шліфуванні; поздовжня подача S - переміщення шліфувального кола в напрямку його осі в міліметрах на один оберт заготовки при круглому шліфуванні або в міліметрах на кожний хід стола при плоскому шліфуванні периферією кола; V_K , м/сек, - швидкість кола.

Параметри різання при різних видах шліфування конструкційних і інструментальних сталей наведені в табл. 7.14.

Таблиця 7.14

Характеристика	Швидкіст	Швидкіст	Глибина	Поздовжня	Радіальна
----------------	----------	----------	---------	-----------	-----------

процесу шліфування	ь кола V_K , м/с	ь заготовки V_3 , м/хв	шліфування t , мм	подача S	подача S_p , мм/об
Кругле зовнішнє шліфування					
З поздовжньою подачею на кожний хід:	30-35	12-25	0.01-0.025	(0.3-0.7)B	
попереднє					
остаточне		15-55	0.005-0.015	(0.2-0.4)B	
З поздовжньою подачею на подвійний хід		20-30	0.015-0.05	(0.3-0.7)B	
Урізне:					
попереднє		30-50			0.002-0.075
остаточне		20-40			0.001-0.005
Кругле внутрішнє шліфування					
На верстатах загального призначення:	30-35	20-40	0.005-0.02 0.0025-0.01	(0.4-0.7)B (0.2-0.4)B	
попереднє					
остаточне					
Плоске шліфування периферією кола					
На верстатах із круглим столом:	30-35	20-60 40-60	0.005-0.015 0.005-0.01	(0.3-0.6)B (0.2-0.3)B	
попереднє остаточне					
На верстатах із прямокутним столом:	30-35	8-30 15-20	0.015-0.04 0.005-0.015	(0.4-0.7)B (0.2-0.3)B	
попереднє					
остаточне					
Плоске шліфування торцем круга					
На верстатах із прямокутним столом:	25-30	4-12 2-3	0.015-0.04 0.005-0.01		
попереднє остаточне					
На верстатах із круглим столом з вертикальною подачею на кожний оберт :		10-40 10-40	0.015-0.03 0.005		
попереднє остаточне					

Приклад розрахунку режимів різання для токарної операції

Точіння з $\varnothing 32$ до $\varnothing 30,35$ здійснюємо за два проходи. Різець прохідний Т15К6. Стійкість різця $T=90$ хв.

Попереднє обточування. Глибину різання t вважаємо такою, що дорівнює припуску на обробку, тобто 1,65 мм на сторону (див. стор. 45); $C_v=350$; призначаємо подачу $s=0,43$ мм/об (за довідником); тоді швидкість різання може бути обчислена за формулою (дод. 15)

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} s_z^{y_v}} k,$$

Значення C_v та показників ступенів приймаємо за дод. 16

$$v = \frac{350}{90^{0,20} \cdot 1,65^{0,15} \cdot 0,43^{0,35}} 0,77 \approx 178 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя визначається за формулою (дод. 15)

$$n = \frac{1000v}{\pi D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 178}{3,14 \cdot 32} = 1770 \cdot \text{хв}^{-1}$$

Чистове обточування. Глибину різання вважаємо такою, що дорівнює припуску на обробку, тобто 0,25 мм на сторону; подача $s=0,43$ мм/об; $C_v=170$; швидкість різання

$$v = \frac{350 \cdot 0,77}{90^{0,20} 0,25^{0,15} 0,43^{0,35}} = 180 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 30,35} = 1890 \text{ хв}^{-1}$$

Визначаємо ефективну потужність двигуна N_e , кВт верстата 16K25 при чорновому точінні з $\varnothing 32$ до $\varnothing 30,35$ за формулою дод. 15

$$N = \frac{P_z v}{102 \cdot 60}$$

де P_z – тангенціальна сила різання (дод. 15),

$$P_z = C_p t^{x_p} s^{y_p} k_M$$

оскільки $C_p=300$; $t=1,65$ мм; $y_p=0,75$; $k_M=1$; $s=0,43$ (дод. 21)

$$P_z = 300 \cdot 1,65^1 \cdot 0,43^{0,75} \cdot 1 = 262 \text{ Н.}$$

$$N_e = \frac{P_z v}{6120} = \frac{262 \cdot 178}{6120} = 7,62 \text{ кВт,}$$

Визначаємо потужність на шпинделі верстату

$$N_{\text{шп}} = N_e / \eta = 7,62 / 0,8 = 9,53 \text{ кВт,}$$

де η - ККД верстата $\eta=0,8$. Потужність електродвигуна за паспортом повинна відповідати умовам $N_{\text{дв}} > 9,53$.

За отриманими даними необхідно уточнити попередньо вибране обладнання, а також виконати уточнюючий розрахунок фактичної швидкості різання в залежності від обертів вибраного верстату.

Практичне заняття №8

Розрахунок норм часу при виконанні верстатних робіт

Одна з завершальних стадій технологічного процесу виготовлення (ремонт) деталі – розрахунок норм часу. Найпоширеніші аналітично-дослідний та аналітично-розрахунковий методи. Перший ґрунтується на хронометруванні робіт і застосовується в масовому та крупносерійному виробництві, другий – на математичному розрахунку норм часу та і застосовується в індивідуальному та серійному виробництві. Пропонується в курсовому проекті використовувати саме другий метод.

Технічна норма часу визначається за виразом

$$t_{\text{штк}} = t_{\text{п.з}} / N + t_{\text{шт}},$$

де $t_{\text{штк}}$ – штучно-калькуляційний час, хв; $t_{\text{шт}}$ – штучний час, хв; $t_{\text{пз}}$ – підготовчо-заключний час, хв.; N - партія деталей, що обробляється.

Штучний час складається з оперативного часу $t_{оп}$ та додаткового $t_{дод}$, що витрачається на обслуговування робочого місця., відпочинок та природні потреби.

$$t_{дод} = (5...8)\% t_{оп}$$

Оперативний час визначається як сума основного та допоміжного часу

$$t_{оп} = t_o + t_{доп.}$$

Допоміжний час витрачається на забезпечення виконання основної роботи, тобто встановлення та знімання заготовки, прийоми керування верстатом. Цей час залежить від маси та габаритних розмірів деталі, способу встановлення, партії деталі, вибирається з довідкової літератури.

Для спрощених розрахунків можливо користуватися співвідношенням

$$t_{доп} = (30...50)\% t_o.$$

Основний час – це час безпосередньої дії інструменту на деталь з урахуванням врізування l_1 та перебігу l_2 інструменту; t_o знаходять для кожної операції переходу чи проходу за формулами наведеними в дод. 25.

При цьому довжину проходу L визначають за формулою $L=l+l_1+l_2$,

де l – довжина поверхні, що обробляється. (табл. 8.1)

Таблиця 8.1 - Врізування l_1 та перебіг різця l_2 при обробці, мм

Вид обробки	l_1	l_2
Відрізання заготовки різцем	0,5...2	0,5...2
Точіння, розточування	0,5...2	1...4
Свердлення	0,5...2	1...3
Розсвердлювання, зенкування	0,5...2	1...3
Фрезерування	0,5...3	1...6
Нарізання різьби	1...3	1...3

Підготовчо-заклучний час $T_{п.з.}$ нормується на партію деталей, і частина його, що доводиться на одну деталь, включається в норму штучно-калькуляційного часу.

Підготовчо-заклучний час включає: ознайомлення з роботою; настроювання встаткування на виконання даної роботи; пробну обробку деталі; одержання завдання; одержання різального інструменту, пристосувань; здачу продукції; здачу інструмента, пристосувань.

Підготовчо-заклучний час залежно від використовуваного устаткування визначається з табл. 8.2-8.4, а при обробці деталей на свердлильних верстатах у кондукторах становить приблизно 11 хв.

Таблиця 8.2 - Підготовчо-заклучний час на налаштування токарного верстата

Спосіб установки деталі	Кількість різальних інструментів	Час, хв	Спосіб установки деталі	Кількість різальних інструментів	Час, хв
У патроні, що самоцентрується,	2	17,0	на планшайбі з косинцем	2	21,0
	4	19,0		4	22,0
	6	28,0		6	26,0
у центрах	2	16,0	на різних оправках	2	16,0
	4	18,0		4	18,0
	6	28,0		6	20,0

Примітка. Підготовчо-заклучний час на одержання й здачу інструмента, пристосування, продукції, ознайомлення з роботою становить приблизно 10 хв.

Таблиця 8.3 - Підготовчо-заклучний час на налагодження токарно-револьверного верстата

Спосіб установки Деталі	Кількість ріжучого інструмента	Час, хв
у патроні, у цанзі або на оправці	2	18
	4	22
	6	26
	9	32
	12	38
у пристосуванні	2	23
	4	27
	6	31
	9	37
	12	43

Таблиця 8.4 - Підготовчо-заклучний час на пробну обробку деталей при налаштуванні токарно-револьверного верстата

Кількість різців, установлюваних на розмір з допусками на обробку до 0,1 мм	Час ($T_0 + T_{\text{доп}}$) хв, до...				
	3 5		10	15	понад 15
	Час, хв				
-	4	6	10	12	15
1	5	7	11	13	16
2	6	8	12	14	17
3	7	9	13	15	18
4	8	10	14	16	19
5	9	11	15	17	20
Примітка. Підготовчо-заклучний час на одержання й здачу інструмента, пристосування; ознайомлення з роботою; здачу готової продукції становить приблизно 10 хв.					

Таблиця 8.5 - Підготовчо-заклучний час при використанні фрезерного верстата

Зміст приймань	Час, хв
Налагодження верстата, установка інструмента, пристосування	18
Одержання й здача інструмента, пристосування, продукції; ознайомлення з роботою	10
Поворот шпиндельної бабки на кут	2
Поворот стола на кут	1

Таблиця 8.6 - Підготовчо-заклучний час при використанні різьбонарізних верстатів

Зміст прийому	Час, хв
Налагодження верстата, установка інструмента	3
Одержання й здача інструмента, ознайомлення з роботою, здача готової продукції	10

Приклад технічного нормування

010 Токарна:

чорнове обточування з $\varnothing 32$ до $\varnothing 30,35$ мм на довжині 142 мм.

Попереднє проточування: розрахункова довжина проходу

$$L=l+l_1+l_2=142+2+2=146 \text{ мм,}$$

де l – довжина поверхні, мм; l_1 і l_2 – довжина врізування та перебігу різця відповідно приймається за табл. 22, $l_1 = l_2 = 2$ мм;

основний час визначається за формулою дод. 25

$$t_{01} = \frac{\pi DL}{1000 v_s} = \frac{3,14 \cdot 32 \cdot 146}{1000 \cdot 178 \cdot 0,43} = 0,19 \text{ хв.}$$

Чистове обточування

$$t_{02} = \frac{3,14 \cdot 31,35 \cdot 146}{1000 \cdot 180 \cdot 0,43} = 0,18 \text{ хв.}$$

Допоміжний час

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{доп1}} + t_{\text{доп2}}$$

де $t_{\text{доп1}}$ – час на встановлення і знімання деталі в патроні та центрі, $t_{\text{доп1}} = 0,35$ (за довідниковими даними); $t_{\text{доп2}}$ – час, що витрачається на переходи для зміни частоти обертання шпинделя і подачі, поворот супорта $t_{\text{доп2}} = 0,4 \cdot 2 = 0,8$ хв.

$$t_{\text{доп}} = 0,35 + 0,8 = 1,15 \text{ хв}$$

Час на обслуговування

$$t_{\text{доод}} = 4,6\%(t_o + t_{\text{доп}}) = \frac{4,6 \cdot (0,19 + 0,18 + 1,15)}{100} = 0,07 \text{ хв.}$$

Штучний час на операцію

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_{\text{доп}} + t_{\text{доод}} = 0,19 + 0,18 + 1,15 + 0,07 = 1,59 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час вибираємо за довідниками

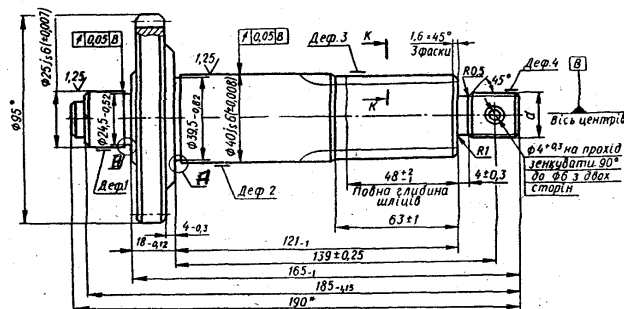
$$t_{\text{пз}} = 7 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час розраховуємо за умов партії деталей в кількості 5000 шт

$$t_{\text{шк}} = t_{\text{шт}} + t_{\text{пз}}/n = 1,59 + 7/5000 = 1,6 \text{ хв.}$$

Додатки

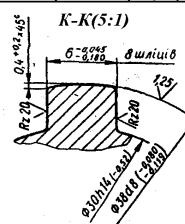
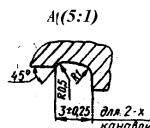
Додаток 1 Ремонтне креслення деталі



№ дефекту	Найменування дефекту	Коефіцієнт підпорядкованості дефекту	Основний спосіб усунення дефекту	Допустимий спосіб усунення дефекту
		Відсоток кількості дефектів, що надають на прийнятний бетапів		
1	Знос поверхні під шарикопідшипник 305 до розміру менше $\Phi 24,97\text{ мм}$		Наварити дотом 1,6 Нп - 30ХГСА ГОСТ 10543-62 у дуалекислему газі	Шліфувати, приварити сталюю стрічку згідно ГОСТ 2283-79 електродотактичним способом
2	Знос поверхні під шарикопідшипник 308 до розміру менше $\Phi 39,96\text{ мм}$		Те ж	Те ж
3	Знос шльців під муфту 150.41275-1 по товщині зубу менше 5,1 мм		Те ж	
4	Пошкодження різьби (зодістаті, дефрисування зрів б'льше д'як м'яток)		Те ж	

Вал прироста ВВП не приймається за наявності сколів та зломів згідно Технологічний маршрут:
наплавити (деф. 1, 2, 3, 4), нарізати шліци (деф. 3) і різьбу (деф. 4), вартувати СВЧ (деф. 1, 2, 3), шліфувати (деф. 1, 2, 3)

Умовне позначення розміру	Розмір за робочим кресленням, мм	Категорія ремонтного розміру	
		I	II
d	M20×1,5-6g	M16×1,5-6a	—

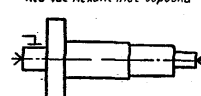
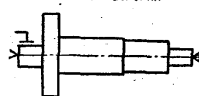


1. НРС 40...47; різьби НРС 28.. 32
2. Зміщення осі отв. $\phi 4$ з діаметральної площини не більше 0,2 мм
- 3.* Розміри для довідок

Схеми базування деталі

під час наплавлення

під час механічної обробки



Додаток 2 Карта технічних вимог на дефекацію

Деталь		Модель		Видовое изображение	
Номер детали		120-1620354			
Наименование		Технология			
Шифр СЧ 15		163 ... 223 НВ			
ГОСТ 1412-85					
1	Позиция на эскизе	Вид	По рис. чертёжу	Допустимый для ремонта	Допустимый для ремонта
2	Трицилиндровый двигатель	Вид	По рис. чертёжу	Допустимый для ремонта	Допустимый для ремонта
3	Средний цилиндр	Вид	По рис. чертёжу	Допустимый для ремонта	Допустимый для ремонта
4	Средний цилиндр	Вид	По рис. чертёжу	Допустимый для ремонта	Допустимый для ремонта
5	Средний цилиндр	Вид	По рис. чертёжу	Допустимый для ремонта	Допустимый для ремонта

Додаток 15 - Дані для розрахунків режимів різання.

Вид обробки	Глибина різання	Подача	Швидкість різання	Частота обертання шпинделя або число подвійних ходів	Тангенціальна або осьова сила різання	Потужність різання або крутний момент
Точіння, розточування, відрізування різцем	t	s_0	$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} s_z^{y_v}} k$	$n = \frac{1000v}{\pi D}$	$P_z = C_p t^{x_p} s^{y_p} k_M$	$N = \frac{P_z v}{102 \cdot 60}$
Свердління	$t = 0.5D$	$s_z;$ $s_0 = s_z z$	$v = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m s_z^{y_v}} k$	$n = \frac{1000v}{\pi D}$	$P_0 = C_p D^{q_p} s^{y_p} k_p$	$M = C_m D^q \times$ $\times M_s^y M_{kp}$
Розсвердлювання; зенкування розвертання	$t = 0.5(D-d)$	$s_0 = CD$ 0.6	$v = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} s_z^{y_v}} k$	$n = \frac{1000v}{\pi D}$	$P_0 = C_p D^{q_p} t^{x_p} s^{y_p} k_p$	$N = \frac{Mn}{975}$ $M = C_m D^q \times$ $\times M_t^x M_s^y M_{kp}$
Фрезерування, розрізування	t	$s_z; s_0;$ $s_{\kappa\theta} = s_z z$ ϕn	$v = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} s_z^{y_v} B^{u_v} z^{p_v}} k$	$n = \frac{1000v}{\pi D}$	$P_z = \frac{C_{P_z} t^{x_p} s^{y_p} B^{u_p} z^{p_p}}{D^{q_p} h^{o_p}}$	$N = \frac{P_z v}{102 \cdot 60}$
Стругання, довбання	t	s_x	$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} s^{y_v}} k$	$n = \frac{1000v}{L(1 + v_{p,x} / v_{x,x})}$	$P_z = C_{P_z} t^{x_p} s^{y_p} v^{n_p} z^{k_p}$	
Нарізування різьби: різцем	$t = t_p / i$	$s_0 = t_p$	$v = \frac{C_v i^{x_v}}{T^m t_p^{y_v} t^{z_v}} k$			$N = \frac{P_z v}{102 \cdot 60}$ $M = C_m D^q \times$ $\times M_t^x M_{t_p}^y M_{kp}$
мітчиком, плашкою, різьбовими головками	Глибина профілю різьби		$v = \frac{C_v d^{q_v}}{T^m t_p^{y_v}} k$	$n = \frac{1000v}{\pi D}$		
різьбовою фрезою	Те саме		$v = \frac{C_v}{T^m s^{y_v} m^{x_v}} k$		$P_z = \frac{C_p t_p^{y_p}}{i^{n_p}} k_p$	$N = \frac{Mn}{975}$
Нарізування зубів коліс: черв'ячною дисковою фрезою і довбляком	Глибина западини зуба	$s_z; s_0$	$v = \frac{C_v}{T^m s^{y_v} h^{x_v}} k$	$n = \frac{1000v}{\pi D}$		$N = 10^{-4} C_N s^y \times$ $\times N_m^x z^q N_{vkN}$
черв'ячною модульною		$s_x; s_{\kappa\theta}$	$v = \frac{C_v u^{q_v}}{T^m s^{y_v} h^{x_v}} k$	$n = \frac{1000v}{\pi D}$		

фрезую гребінкою, дисковим довб'яком				$n = \frac{1000v}{2L}$		$N = 10^{-3} C_N s^y \times$ $\times N_m^x D_u N_z^q N_{vkn}$
Шліфування: зовнішнє і внутрішнє без центрове плоске периферією круга	t	$s_0 = \beta$ B_k $s_{x\phi}$ $s_{x\phi}$	$v_d = \frac{C_v D^q}{T^m t^{xy}}$ $v_d = \frac{C_v D^q}{T^m 2t^{xy} s_0}$ $v_d = \frac{C_v}{T^m B^{uv} t}$	$n = \frac{1000v}{\pi D}$	-	$N = C_N v_d^r t^x B$

Примітки: В — ширина фрезерованої або шліфованої поверхні, мм; В_к — ширина шліфувального круга, мм; С — коефіцієнт, що характеризує властивості оброблюваного матеріалу, інструмента та умов обробки при визначенні v, Р, М, s₀, D — діаметр оброблюваної деталі або інструмента, мм; d — внутрішній діаметр оброблюваної деталі, мм; і — число проходів; k — поправочний коефіцієнт при обробці; М — крутний момент, Н • м; L — довжина ходу стола, мм; t — модуль різьби; N — потужність різання, кВт; n — частота обертання шпинделя станка, деталі, інструмента, об/хв, або число подвійних ходів стола, різця, подв. ход./хв; Р_о, Р_z — відповідно осьова і тангенціальна сили різання Н; s₀, s_z, s_{хв}, s_х — подача на один оберт, мм/об, на один зуб, мм/зуб, хвилинна, подача, мм/хв; подача на один подвійний хід, мм/подв. хід, відповідно; Т — період стійкості різального інструмента, хв; t — глибина різання або шліфування, мм; t_p — крок нарізуваної різьби, мм; v_d — швидкість обертання деталі, м/хв; v — швидкість різання, м/хв; v_{p.x}, v_{x.x} — швидкість відповідно робочого і холостого ходів стола, різця або довбача, м/хв; с — припуск на обробку, мм; z_ф — число зубів фрези; β — коефіцієнт поздовжньої подачі; m, x, y, g, u, p, r, ω — коефіцієнти.

Додаток 16 - Значення коефіцієнта C_v і показників ступеню в формулах швидкості різання при обробці різцями.

Вид обробки	Матеріал різальної частини різця	Подача, мм/об	C _v	x	y	t	охолодження
<i>Обробка конструкційної вуглецевої сталі (σ_s = 750МПа)</i>							
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	T15K6	s до 0,3 s понад 0,3 до 0,7 s > 0,7	420 350 340	0,15	0,20 0,35 0,45	0,20	Немає
Те саме, різцями з додатковим лезом	T15K6	s ≤ t s > t	292	0.30 0.15	0.15 0.30	0.18 0.18	
Відрізування	T15K6 P18		47 23,7	-	0.80 0,66	0.20 0,25	
Фасонне точіння	P18		22,7	-	0,50	0,30	Є
Нарізування	T15K6		224	0,23	0,30	0,20	

кріпильної різьби	P6M5	Чорнові ходи $t \leq 2 \text{ мм}$ $t > 2 \text{ мм}$	14,8 30	0,70 0,60	0,30 0,25	0,11 0,08	Немає
		Чистові ходи	41,8	0,45	0,30	0,13	
		Вихрове нарізування	T15K6	-	233	0,50	
Обробка сірого чавуну (190 HB)							
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	BK6	$s \leq 0,40$ $s > 0,40$	292 243	0,15 0,15	0,20 0,40	0,20 0,20	Немає
		Те саме, різцями з додатковим лезом	BK6	$s \geq t$ $s < t$	324 324	0,40 0,20	
Відрізування	BK6		68,5	-	0,40	0,20	Немає
Нарізування кріпильної різьби	BK6		83	0,45	-0,33		
Обробка ковкого чавуну (150 HB)							
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	BK8	$s \leq 0,40$ $s > 0,40$	317 215	0,15 0,15	0,20 0,45	0,20 0,20	Немає
		Відрізування	BK6		86	-	
Обробка мідних гетерогенних сплавів середньої твердості (100...140 HB)							
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	P18	$s \leq 0,20$ $s > 0,20$	270 182	0,12 0,12	0,25 0,30	0,23 0,23	Немає
		Обробка силуміну та ливарних алюмінієвих сплавів ($\sigma_s = 100...200 \text{ МПа}$, $HB \leq 65$), дюралюмінію ($\sigma_s = 300 - 400 \text{ МПа}$, $HB \leq 100$)					
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	P18	$s \leq 0,20$ $s > 0,20$	485 328	0,12 0,12	0,25 0,50	0,28 0,28	Немає

- Примітки: 1. При внутрішній обробці (розточуванні, прорізуванні канавок в отворах, внутрішньому фасонному точінні) застосовують швидкість різання, що дорівнює швидкості різання для зовнішньої обробки з введенням поправочного коефіцієнта 0,9.
2. При обробці без охолодження конструкційних і жароміцних сталей і сталевих виливків різцями з швидкорізальної сталі вводять поправочний коефіцієнт на швидкість різання 0,8.

3. При відрізуванні та прорізуванні з охолодженням різцями з твердого сплаву Т15К6 конструкційних сталей і сталевих виливків вводять поправочний коефіцієнт на швидкість різання 1,4.
4. При фасонному точінні глибокого, і складного профілю вводять поправочний коефіцієнт на швидкість різання 0,85.
5. При обробці різцями з швидкорізальної сталі термооброблених сталей швидкість різання для відповідної сталі зменшують, вводячи поправочний коефіцієнт 0,95 — при нормалізації, 0,9 — при відпалюванні, 0,8 — при поліпшенні.

Додаток 17 - Значення коефіцієнта C_v і показників ступеню в формулах швидкості різання при свердлінні.

Оброблювальний матеріал	Матеріал різальної частини інструмента	Подача s мм/об	C_v	q	y	m	охолодження
Сталь конструкційна вуглецева ($\sigma_s = 750 \text{ МПа}$)	P6M5	$\leq 0,2$	7,0	0,40	0,70	0,200	Є
		$> 0,2$	9,8	0,40	0,50	0,200	
Сталь жароміцна 12Х18Н9Т (141 НВ)		-	3,5	0,50	0,45	0,120	
Чавун сірий (190 НВ)	ВК8	$\leq 0,3$	14,7	0,25	0,55	0,125	Немає
		$> 0,3$	17,1	0,25	0,40	0,125	
Чавун ковкий (150 НВ)	ВК8	-	34,2	0,45	0,30	0,200	
Мідні гетерогенні сплави середньої твердості (100...140 НВ)	P6M5	$\leq 0,3$	21,8	0,25	0,55	0,125	Є
		$> 0,3$	25,3	0,25	0,40	0,125	
Силумін і ливарні алюмінієві сплави ($\sigma_s = 100...200 \text{ МПа}$, $HB \leq 65$), дюралюмінію ($HB \leq 100$)		$\leq 0,3$	36,3	0,25	0,55	0,125	Є
		$> 0,3$	40,7	0,25	0,40	0,125	

Примітка. Для свердел із швидкорізальної сталі визначені за наведеними даними швидкості різання дійсні при дворазовому заточуванні і підточеній перетинці; при одноразовому заточуванні швидкість різання треба зменшувати помножуючи її на коефіцієнт $k_{zv} = 0,75$.

Додаток 18 - Значення коефіцієнта C_v і показників ступеню в формулах швидкості різання при розсвердлюванні, зенкеруванні і розвертанні.

Оброблювальний матеріал	Вид обробки	Матеріал різальної частини інструмента	C_v	q	x	y	m	Охолодження
Сталь конструкційна вуглецева ($\sigma_s = 750 \text{ МПа}$)	Розсвердлювання	P6M5, ВК8	16,2 10,8	0,4 0,6	0,2	0,5 0,3	0,2 0,25	Є
	Зенкерування	P6M5, Т15К6	16,3 18,0	0,3 0,6		0,5 0,3	0,3 0,25	
	Розвертання	P6M5, Т15К6	10,5 100,6	0,3 0,3		0,2 0,65	0,4 0,4	
конструкційна загартована сталь ($\sigma_s = 1600...1800 \text{ МПа}$, $50...55 \text{ HRC}_e$)	Зенкерування	Т15К6	10,0	0,6	0,3	0,6	0,45	Є
	Розвертання		14,0	0,4	0,75	1,05	0,85	
Чавун сірий (190 НВ)	Розсвердлювання	P6M5, ВК8	23,4 56,9	0,25 0,5	0,1 0,15	0,4 0,45	0,125 0,4	Немає
	Зенкерування	P6M5, ВК8	18,8 105,0	0,2 0,4	0,1 0,15	0,4 0,45	0,125 0,4	
	Розвертання	P6M5, ВК8	15,6 109,0	0,2 0,2	0,1 0	0,5 0,5	0,3 0,45	

Чавун ковкий (150 HB)	Розсвердлювання	P6M5, BK8	34,7 77,4	0,25 0,5	0,1 0,15	0,4 0,45	0,125 0,4	Є
	Зенкерування	P6M5, BK8	27,9 143,0	0,2 0,4	0,1 0,15	0,4 0,45	0,125 0,4	
	Розвертання	P6M5, BK8	23,2 148,0	0,2 0,2	0,10	0,5 0,5	0,3 0,45	
								Немає

Додаток 19 - Значення коефіцієнта C_v і показників ступеню в формулах швидкості різання при фрезеруванні.

Фрези	Матеріал різальної частини	Операція	Параметри зрізаного шару			C_v	q	x	y	u	p	m	Охолодження	
			B	t	s_z									
Обробка конструкційної вуглецевої сталі ($\sigma_s = 750MPa$)														
Торцеві	T15K6	Фрезерування площин	-	-	-	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2	Немає	
	P6M5		-	-	$\leq 0,1$ $> 0,1$	64,7 41	0,25 0,25	0,1 0,1	0,2 0,4	0,15	0	0,2		
Циліндричні	T15K6		≤ 35	≤ 2 > 2	-	390 443	0,17	0,19 0,38	0,28	0,05 0,08	0,1	0,33		
	P6M5		> 35	≤ 2 > 2		616 700		0,19 0,38						
	P6M5		-	-	$\leq 0,1$ $> 0,1$	55 35,4	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33		
			-	-	$\leq 0,12$ $> 0,12$	1340 740	0,2	0,4	0,12 0,4	0	0	0,35		
Дискові із вставними ножами	T15K6	Фрезерування площин і уступів	-	-	$\leq 0,06$ $> 0,06$	1825 690	0,2	0,3	0,12 0,4	0,1	0	0,35	Є	
			-	-	$\leq 0,1$ $> 0,1$	75,5 48,5	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,2		
		Фрезерування пазів	-	-	-	68,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2		
			-	-	-	145		0,44	0,24					0,26
Дискові суцільні	P6M5	Фрезерування площин, уступів і пазів	-	-	-	234	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37	Немає	
Кінцеві з коронками	T15K6		-	-	-	234	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37		
Кінцеві з напаяними пластинами			-	-	-	-	234	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37	Немає

Кінцеві суцільні	P6M5		-	-	-	46,7	0,45	0,5	0,5	0,1	0,1	0,33	€
Прорізні та відрізні	P6M5	Прорізування пазів і відрізування	-	-	-	53	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	€
Фасонні з опуклим профілем		Фасонне фрезерування	-	-	-	53	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33	
Кутові та фасонні з угнутим профілем		Фрезерування кутових канавок і фасонне	-	-	-	44	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33	
Шпонкові двоперові		Фрезерування шпонкових пазів	-	-	-	12	0,3	0,3	0,25	0	0	0,26	
Обробка жароміцної сталі 12X18H9T стані поставки													
Торцеві	BK8	Фрезерування площин	-	-	-	108	0,2	0,06	0,3	0,2	0	0,32	Немає
	P6M5		-	-	-	46,9	0,15	0,2	0,3	0,2	0,1	0,14	€
Обробка сірого чавуну (190 HB)													
Дискові із вставними ножами	P6M5	Фрезерування площин, уступів і пазів	-	-	-	85	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15	Немає
Дискові суцільні			-	-	-	72	0,2	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25	
Кінцеві	P6M5	Фрезерування площин і уступів	-	-	-	72	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25	Немає
Прорізні та відрізні		Прорізування пазів і відрізування	-	-	-	30	0,2	0,5	0,4	0,2	0,1	0,15	

Обробка ковкого чавуну (150 HB)															
Торцеві	BK6	Фрезерування площин	-	-	≤0,18	994	0,22	0,17	0,1	0,22	0	0,33	Не має		
					>0,18	695			0,3 2						
	Циліндричні		P6M5	-	-	≤0,1	90,5	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2	Є	
						≤0,1	57,4			0,4					
Дискові із вставними ножами	Фрезерування площин, уступів і пазів			-	-	≤0,1	77	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33		
						>0,1	49,5			0,4					
Дискові суцільні		-		-	≤0,1	105,8	0,25	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2			
					>0,1	68			0,4						
Кінцеві		-		-	-	95,8	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2			
					-	68,5			0,2						
Прорізні та відрізні		Прорізування пазів і відрізування		-	-	-	74	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2		
Обробка мідних гетерогенних сплавів середньої твердості (100...140 HB)															
Торцеві	P6M5	Фрезерування площин	-	-	0,1	136	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2	Не має		
					0,1	86,2			0,4						
Циліндричні			-	-	0,1	11,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33			
					0,1	74,3			0,4						
Дискові із вставними ножами		Фрезерування площин, уступів і пазів	-	-	0,1	158,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2			
					0,1	102			0,4						
Дискові суцільні			-	-	-	144	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2			
					-	103			0,3						
Кінцеві			Прорізування пазів і відрізування	-	-	-	111,3	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1		0,2	
Обробка силуміну та ливарних алюмінієвих сплавів (σ _г = 100...200МПа, HB≤65), дюралюмінію (σ _г = 300–400МПа ,HB≤100															

Прорізнi та вiдрiзнi	Р6М5	Фрезерування пазiв i вiдрiзування	-	-	-	200	0,25	0,3	0,2 0,2	0,3	0,1	0,2	Не має
Кiнцевi		Фрезерування площин i уступiв	-	-	-	185,5	0,45	0,3	0,2 0,2	0,1	0,1	0,33	
Дискovi		Фрезерування площин, уступiв i пазiв	-	-	-	259	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	
Дискovi вiз вставними ножами			-	-	$\leq 0,1$ $>0,1$	285 183,4	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,2	
Цилiндричнi		Фрезерування площин	-	-	$\leq 0,1$ $>0,1$	208 133,5	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33	
Торцевi			-	-	$\leq 0,1$ $>0,1$	245 155	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,2	

Примітка. Швидкість різання для торцевих фрез, визначена за табличними даними, дійсна при головному куті в плані $\varphi = 60^\circ$; при інших значеннях цього кута значення швидкості слід помножити на такі коефіцієнти: при $\varphi = 15^\circ$ — на 1,6; при $\varphi = 30^\circ$ — на 1,25; при $\varphi = 45^\circ$ — на 1,1; при $\varphi = 75^\circ$ — на 0,93; при $\varphi = 90^\circ$ на 0,87.

Додаток 20 - Значення коефіцієнта C_v і показників ступеню в формулах швидкості різання для різбових інструментів.

Оброблюваний матеріал	Нарізування різби	Матеріал різальної частини	Умови різання або конструкція інструмента	C_v	x	y	q	m	Середнє значення періоду стійкості T , хв
Сталь конструкційна вуглецева ($\sigma_v = 750$ МПа)	Кріпильної, різцями	T15K6	-	244	0,23	0,3	-	0,20	70
		P6M5	Чорнові ходи: $t \leq 2$ мм $t > 2$ мм	14,8 30	0,70 0,60	0,3 0,25	- -	0,11 0,08	80
			Чистові ходи	41,8	0,45	0,3	-	0,13	
	Трапецеїдальної, різцями	P6M5	Чорнові ходи	32,6	0,60	0,2	-	0,14	70
			Чистові ходи	47,8	0,50	0	-	0,18	
	Вихрове нарізування кріпильної і трапецеїдальної різби	T15K6	-	2330	0,50	0,5	-	0,50	80

	Мітчиками : машинним и гайковими гайковими автоматними	P6M5	-	64,8 53 41	-	0,5	1,2	0,90	90
	Круглими плашками	9XC Y12X	-	2,7	-	1,2	1,2	0,50	90
	Різьбонарізними головками	P6M5	Гребінки круглі і тангенціальні	7,4	-	1,2	1,2	0,50	120
	Гребінчастими фрезами		-	198	-	0,3	0,4	0,50	100
Чавун сірий (190HB)	Кріпильної, різцями	BK6	-	83	0,45	0	-	0,33	70
	Гребінчастими фрезами	P6M5	-	140	-	0,3	0,4	0,33	200
Чавун ковкий (150 HB)	Кріпильної, різцями		-	245	-	2	0,5	1	200
	Гребінчастими фрезами		-	20	-	0,5	1,2	0,90	90

Примітка. Нарізування різьби виконується із застосуванням мастильно-охолодних рідин.

Додаток 21 - Значення коефіцієнта C_p і показників ступеню в формулах швидкості різання при точінні.

Оброблюваний матеріал	Матеріал робочої частини різця	Вид обробки	Сила різання											
			Тангенціальна P_z				радіальна P_y				осьова P_x			
			C_p	x	y	n	C_p	x	y	n	C_p	x	y	n
Конструкційна сталь і сталеві виливки ($\sigma = 750$ МПа)	Твердий сплав	Зовнішнє поздовжнє і поперечне точіння і розточування	300	1	0.75	-0.15	243	0.9	0.6	-0.3	339	1.0	0.5	-0.4
		Зовнішнє поздовжнє точіння різцями з додатковим лезом	384	0.90	0.90	-0.15	355	0.6	0.6	-0.3	241	1.05	0.2	-0.4
		Відрізування і прорізування	408	0.72	0.80	0	173	0.73	0.67	0	-	-	-	-
		Нарізування різьби	148	-	1.70	0.71	-	-	-	-	-	-	-	-
		Зовнішнє поздовжнє точіння, підрізування і розточування	200	1	0.75	0	125	0.9	0.75	0	67	1.2	0.65	0

	Швидкорізальна сталь	Відрізування і прорізування	247	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
		Фасонне точіння	212	1	0.75	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Жароміцна сталь 12X18H9T (141 HB)	Твердий сплав	Зовнішнє поздовжнє і поперечне точіння і розточування	204	1	0.75	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Сірий чавун (190 HB)			92	1	0.75	0	54	0.9	0.75	0	46	1.0	0.4	0
		Зовнішнє поздовжнє точіння різцями з додатковим лезом	123	1	0,85	0	61	0,6	0,5	0	24	1,05	0,2	0
		Нарізування різби	103	-	1.80	0.82	-	-	-	-	-	-	-	-
		Швидкорізальна сталь	Відрізування і прорізування	158	1	1	0	-	-	0.75	-	-	-	-
Ковкий чавун (150 HB)	Твердий сплав	Зовнішнє поздовжнє і поперечне точіння і розточування	81	1	0.75	0	43	0.9	0.75	0	38	1.0	0.4	0
			100				88				40	1.2	0.65	
		Відрізування і прорізування	139	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Мідні гетерогенні сплави (120 HB)	Швидкорізальна сталь	Зовнішнє поздовжнє і поперечне точіння і розточування	55	1	0.66	0	-	-	-	-	-	-	-	-
		Відрізування і прорізування	75	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Алюміній і силумін		Зовнішнє поздовжнє і поперечне точіння і розточування	40	1	0.75	0	-	-	-	-	-	-	-	-
		Відрізування і прорізування	50	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Додаток 22 - Значення коефіцієнтів і показників ступеню в формулах крутного моменту і осьової сили при свердлінні, розсвердлювання і зенкеруванні.

Оброблюваний матеріал	Назва операції	Матеріал різальної частини	Крутний момент				Осьова сила			
			C_m	q	x	y	C_m	q	x	y
Конструкційна вуглецева сталь ($\sigma_s = 750 \text{ МПа}$)	Свердління	Швидко-різальна сталь	0,0345	2	-	0,8	68	1	-	0,7
	Розсвердлювання і зенкерування		0,09	1	0,9	0,8	67	-	1,2	0,65
Жароміцна сталь 12X18H9T	Свердління		0,041	2	-	0,7	143	1	-	0,7

(141 HB)	Розсвердлювання і зенкерування		0,106	1	0,9	0,8	140	-	1,2	0,65
Сірий чавун (190 HB)	Свердління	Твердий сплав	0,012	2,2	-	0,8	42	1,2	-	0,75
	Розсвердлювання і зенкерування		0,196	0,85	0,8	0,7	46	-	1	0,4
	Свердління	Швидко- різальна сталь	0,021	2	-	0,8	42,7	1	-	0,8
	Розсвердлювання і зенкерування		0,085	-	0,75	0,8	23,5	-	1,2	0,4
Ковкий чавун (150 HB)	Свердління		0,021	2	-	0,8	43,3	1	-	0,8
	Розсвердлювання і зенкерування	Твердий сплав	0,010 0,170	2,2 0,85	- 0,8	0,8 0,7	32,8 38	1,2 -	- 1	0,75 0,4
Мідні гетерогенні сплави середньої твердості(120 HB)	Свердління	Швидко- різальна сталь	0,012	2	-	0,8	31,5	1	-	0,8
	Розсвердлювання і зенкерування		0,031	0,85	-	0,8	17,2	-	1	0,4
Дюралюміній і силумін	Свердління		0,005	2	-	0,8	9,8	1	-	0,7

Примітка. Визначені за формулою осьові сили при свердлінні дійсні для свердел з підточеною перетинкою; для свердел з не підточеною перетинкою осьова сила при свердлінні зростає в 1,33 рази

Додаток 23 - Значення коефіцієнта C_p і показників ступеню в формулі колової сили P_z при фрезеруванні.

Фрези	Матеріал різальної частини інструмента	C_p	x	y	u	q	ω
<i>Обробка конструкційної вуглецевої сталі ($\sigma_s = 750 \text{ МПа}$)</i>							
Торцеві	Твердий сплав	825	1,00	0,75	1,1	1,30	0,2
	Швидкорізальна сталь	82,5	0,95	0,80	1,1	1,30	0
Циліндричні	Твердий сплав	101	0,88	0,75	1,0	0,87	0
	Швидкорізальна сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Дискові, прорізні та відрізні	Твердий сплав	261	0,90	0,800,72	1,1	1,10	0,1
	Швидкорізальна сталь	68,2	0,86		1,0	0,86	0
Кінцеві	Твердий сплав	12,5	0,85	0,75	1,0	0,73	-0,13
	Швидкорізальна сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Кутові та фасонні	Швидкорізальна сталь	47	0,86	0,72	0,1	0,86	0
<i>Обробка жароміцної сталі 12Х18Н9Т стані поставки</i>							
Торцеві	Твердий сплав	218	0,92	0,78	1,0	1,15	0
Кінцеві	Швидкорізальна сталь	82	0,75	0,6	1,0	0,86	0
<i>Обробка сірого чавуну (190 HB)</i>							
Торцеві	Твердий сплав	54,5	0,90	0,74	1,0	1,00	0
	Швидкорізальна сталь	50	0,90	0,72	1,14	1,14	0
Дискові, прорізні та відрізні	Швидкорізальна сталь	30	0,83	0,65	1,0	0,83	0
Циліндричні	Твердий сплав	58	0,90	0,80	1,0	0,90	0
	Швидкорізальна сталь	30	0,83	0,65	1,0	0,83	0

Обробка ковкого чавуну (150 HB)							
Торцеві	Твердий сплав Швидкорізальна сталь	491 50	1,00 0,95	0,75 0,80	1,1 1,1	1,30 1,10	0,2 0
Дискові, прорізнi та відрізнi	Швидкорізальна сталь	30	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Обробка мідних гетерогенних сплавів середньої твердості (100...140 HB)							
Дискові, прорізнi та відрізнi	Швидкорізальна сталь	22,6	0,86	0,72	1,0	0,86	0

Примітки : 1. Колову силу P_z при фрезеруванні алюмінієвих сплавів визначати як для сталі з введенням коефіцієнта 0,25.

2. Колова сила P_z визначена за табличними даними, відповідає роботі фрезою без затуплення. При затупленні фрези до допустимої спрацьованості сила зростає: при обробці м'якої сталі ($\sigma_s < 600$ МПа) - в 1.75...1.9 рази; в решті випадків – у 1,2...1,4 рази.

Додаток 24 - Значення коефіцієнтів і показників ступеню в формулах силових залежностей при нарізуванні різьби

Оброблюваний матеріал	Інструмент	C_p	C_m	y	q	u
Конструкційна вуглецева сталь ($\sigma_s = 750$ МПа)	Різці	148	-	1,7	-	0,71
	Мітчики:					
	машинні	-	0,0270	1,5	1,4	-
	гайкові	-	0,0041	1,5	1,7	-
	гайкові автоматні	-	0,0025	1,5	2,0	-
Чавун	Плашки круглі	-	0,0450	1,5	1,1	-
	Головки різьбові	-	0,0460	1,5	1,1	-
Чавун	Різці	103	-	1,8	-	0,82
	Мітчики машинні	-	0,0130	1,5	1,4	-
Силумін	Мітчики гайкові	-	0,0022	1,5	1,8	-

Додаток 25 - Розрахунок основного часу для різних операцій

Операція	Найвірогідніше значення параметра шорсткості поверхні	Формула основного часу	Рекомендований режим обробки
Різнання металу і підрізнання торців			
Відрізнання : дисковою ножівкою різцем	$R_z 50$	$t_o = L/s_{XB} + L/s_{XB \cdot 3B \cdot X}$	
	$R_z 20$	$t_o = L/s$	
		$t_o = \pi D^2 / 2000 v s$	
Підрізнання торця (несуцільного круга) чорнове	$R_z 25$	$t_o = \pi (D^2 - d^2) 4000 v s$	
чистове	$R_a = 1,6$		

Підрізання торця (суцільного круга) чорнове	R _z 25	t _o = πD ² · 4000vs	
чистове	R _a =1,6		
Обточування тіл обертання			
Токарне чорнове	R _z 40	t _o = πDL /1000vs	
чистове	R _z 10		
Шліфування зовнішнє кругле з поздовжньою подачею			
попереднє	R _a = 1,6	t _o = πDLhf /1000vst	
чистове	R _a =0,8...0,4		
тонке	R _a =0,2...0,1		
Шліфування зовнішнє без центрове з поздовжньою подачею			
попереднє	R _a =1,6...0,8	t _o = Lia /s _{xb}	
чистове	R _a =0,4...0,2		
Шліфування зовнішнє кругле (врізанням)			
Грубе	R _z 10	t _o = πDhf /1000v ₃ t	
Чистове	R _a =0,8...0,4		
Тонке	R _a =0,2...0,1		
Обробка зміцнювальним інструментом			
Роликом або кулькою після чистового точіння	R _a =0,4	t _o = πDL /1000vs	
Обробка отворів			
Свердлення отворів діаметром 20...70 мм	R _z 20	t _o = πDL /1000vs	
Зенкування	R _z 10		
Розгортання чорнове	R _z 10		
чистове	R _a =0,8...0,4		
Розточування			
чорнове	R _z 25		
чистове	R _z 10		
Шліфування внутрішнє			
попереднє	R _a 1,6...0,8	t _o = 2πDLhf /1000vst	
чистове	R _a 0,4...0,8		
Протягування внутрішніх поверхонь			
чорнове	R _z 10	t _o = La /1000v	
чистове	R _a =0,8		
дорнування	R _a =0,4...0,2		
Прошивання чистове	R _a =0,8...0,4	t _o = L /1000v	
тонке	R _a =0,4...0,1		
Обробка внутрішніх поверхонь зміцнювальним інструментом			
Калібрування після розточування	0,8...0,4	t _o = L /s _{xb}	
Полірування	0,4...0,025	t _o = πdLk	
Хонінгування середнє	R _a =0,8...0,4	t _o = kh	
тонке	R _a =0,2...0,1		
Суперфініш	R _a =0,4...0,2	t _o = kd	
Суперфініш дворазовий	R _a =0,1...0,05		
Механічне притирання		t _o = πdLk	

з незагартованої сталі з загартованої сталі	$R_a = 0,2 \dots 0,1$ $R_a = 0,1 \dots 0,02$		
Обробка плоских поверхонь. Фрезерування торцевою і циліндричною фрезою			
Фрезерна чорнова	$R_z 25$	$t_o = L / s_{xb}$	
чистова тонка	$R_z 12,5$ $R_z 1,6 \dots R_z 0,8$		
Підрізування бобишок торцевим зенкером або ножем	$R_z 10$	$t_o = \pi d L / 1000 v_s$	
Стругання або довбання			
чорнове	$R_z 25$	$t_o = B L a / 1000 v_{px} s$	
чистове	$R_z 10$		
Шліфування плоске торцем круга (стіл із зворотно-поступальним рухом)			
попереднє	$R_z 10$	$t_o = L h f / 1000 v_{cx} t$	
чистове	$R_a = 0,8 \dots 0,4$		
тонке	$R_a = 0,2 \dots 0,1$	$t_o = L h f / 1000 v_{ct} t$	
Протягування зовнішніх поверхонь			
чорнове	$R_z 10$	$t_o = L a / 1000 v$	
чистове	$R_a = 0,8$		
Доведення плоских поверхонь			
Полірування від 30x30 до 200x200	$R_a = 0,8 \dots 0,012$	$t_o = k B L$	
Механічне притирання деталей: з незагартованої сталі з загартованої сталі	$R_a = 0,2 \dots 0,1$ $R_a = 0,1 \dots 0,025$	-	
Обробка гвинтової поверхні			
Нарізання різьби мітчиком, плашкою і гвинторізною головкою (що не розкривається) саморозкривною гвинторізною головкою	$R_z 10$ $R_z 10$	$t_o = \pi D L a / 1000 v_s$ $t_o = \pi D L / 1000 v_s$	
Фрезерування різьб зовнішніх (багато нитковою фрезою)	$R_a = 1,6 \dots 0,8$	$t_o = 1,2 \pi^2 d_\phi / 1000 v_s z_\phi$	
Накатування різьби роликами і плашкою	$R_a 1,6 \dots 0,8$	$t_o = k D$	
Нарізання одно західної різьби різцем чорнове чистове	$R_a = 1,6$ $R_a = 0,8$	$t_o = \pi D L i a / 1000 v_s$	
Шліфування одно західної різьби чистове	$R_a = 0,4 \dots 0,02$	$t_o = \pi D L / 1000 v_s (h l t + i_\pi) a$	
Обробка евольвентних поверхонь. Обробка зубів циліндричних зубчастих коліс ($m=1 \dots 10$ мм)			
Довбання зубів чорнове чистове	$R_z 10$ $R_a = 1,6 \dots 0,8$	$t_o = B_B m (4,4 / 1000 v_{sp} +$ $+ 2 \pi z / 1000 v_{sk})$	
Фрезерування (вертикальна подача) чорнове чистове	$R_z 10$ $R_a = 1,6$	$t_o = \pi d_\phi B z / 1000 v \cdot s \cdot i_\phi$	
Шевінгування	$R_a = 0,8$	$t_o = B z h f / s \cdot n_{ш} z_{ш} \cdot s_B$	
Обробка зубів циліндричних зубчастих коліс ($m=1 \dots 10$ мм)			

Шліфування конічним кругом за методом обкатування (типу Найльс)	$R_a=0,4$	$t_o = \left[\frac{2L}{n(i_1/s_1 + i_2/s_2 + i_3/s_3)} + 2\tau_2(i_1 + i_2 + i_3) \right] z$	
Обробка торців зубів пальцевою фрезою			
Заокруглення зубів	$R_z 32$	$t_o = \tau z$	
Фрезерування зубів черв'ячних коліс ($m=1...6$ мм)			
Фрезерування (фреза однозаходна) чорнове чистове	$R_a=1,6$ $R_a=0,8...0,4$	$t_o = 2,7\pi D d_\phi / 1000v \cdot s_p$	
Зубостругання прямозубих конічних коліс			
Попереднє нарізання	$R_z 25$	$t_o = z(\pi d_\phi L / s_z z 1000v + \tau_2)$	
Зубостругання чистове тонке	$R_a=1,6$ $R_a=0,8$	$t_o = \tau z$	
Нарізання криволінійних конічних коліс зубонарізними головками ($m=1...10$ мм)			
чорнове	$R_z 16$	$t_o = \tau z$	
чистове	$R_a=1,6$	$t_o = \tau z$	
Обробка шліцевих поверхонь (вали $\varnothing=25...60$ мм)			
Фрезерування чорнове чистове	$R_z 12,5$ $R_a=1,6...0,8$	$t_o = \pi d_\phi L z / 1000v \cdot s$	
Шліфування дна западин шліців (центрування по зовнішньому діаметру)	$R_a=0,8$	$t_o = L z h_a / 1000v t$	
Відновлення спрацьованих поверхонь			
Нанесення покриттів електрозварюванням газозварюванням вібродуговим та автоматичним наплавленням під шаром флюсу	- - -	$t_o = 60 F l_{ш} \gamma k_B / \alpha_n I$ $t_o = 60 F l_{ш} \gamma k_B / \beta$ $t_o = 10 \cdot 60 h_{п} \gamma / D_k C \eta$	Залежно від умов нанесення покриття

Примітка: a – коефіцієнт, що враховує час холостого ходу; B – ширина заготовки, мм; B_b – ширина вінця, мм; S – електрохімічний еквівалент, г/(А · год); D_k – катодна густина струму, А/дм²; D, d – діаметр валу, отвору відповідно, мм; d_ϕ – діаметр фрези, мм; F – площа поперечного перерізу шва, мм²; f – коефіцієнт, що враховує число проходів без поперечної подачі; h – припуск на обробку, мм; h_n – товщина покриття, мм; i – число проходів; I – сила струму, А; i_1, i_2, i_3 – число проходів відповідно чорнових та чистових, i_n – число проходів без поперечної подачі, i_ϕ – число заходів фрези; k – коефіцієнт, що характеризує найвірогідніші умови обробки; k_B – коефіцієнт розбризкування металу, $k_B=0,90$; L – довжина проходу, мм; $l_{ш}$ – довжина шва, м; m – модуль зубчастого колеса, мм; n – частота обертання шпинделя, об/хв., число подвійних ходів на хвилину; $n_{ш}$ – частота обертання шевера, об/хв; s – поздовжня подача мм/об, при струганні – мм/подв. хід; s_1, s_2, s_3 – подачі при чорновому, напівчистовому і чистовому шліфуванні відповідно, мм/подв.хід; $s_{хв.зв.х}$ – хвилинна подача подвійного ходу, мм/хв; s_k – кругова подача, мм/подв хід, s_b – вертикальна подача, мм/об; t – глибина різання, мм; t_o – машинний час обробки, хв.; v – швидкість різання м/хв.; v_3 – колова швидкість обертання заготовки, м/хв.; $v_{ст}$ – швидкість переміщення стола, м/хв.; $v_{рк}$ – швидкість робочого ходу, м/хв.; z – число зубів зубчастого колеса, шліцевого валу, зірочки; z_ϕ – число зубів фрези; $z_{ш}$ – число зубів шевера; τ – час обробки одного зуба, хв.; τ_1 – час на переключення і ділення, хв.; τ_2 – час на повертання заготовки на один зуб, хв.; α_n – коефіцієнт наплавлення, г/(А · год); β – витрата ацетилену (кисню); γ – густина металу, що наплавляється, чи наросується, г/см³; η – коефіцієнт виходу металу за струмом (ККД ванни).

Додаток 26 - Металообробні верстати та їх характеристики

Назва	Модель	Габаритні розміри (довжина ширина), мм	Потужність електродвигуна, кВт	Частота обертання, шпінделя інструмента, об/хв.; число подвійних ходів повзуна стола, подв.хд/хв	Рекомендована галузь застосування
Верстати токарно-гвинторізні					
Токарно-гвинторізний	1A616	2135x1225	5,5	9...1800	Різні токарні та різьбонарізні роботи (найбільший діаметр обробки виробів – 180/320 ¹⁾ мм, 160/320 мм, 210/400 мм, діаметр прутка – до 34 мм)
те саме	1A616K	2135x1225	2,8/4,6 ²⁾	18...1800	Те саме
те саме	1M61 1M61П	2055x 1095	4	12,5...1600	Те саме (найбільший діаметр оброблюваного виробу - 160/320 мм, діаметр прутка - до 32 мм)
те саме	16Л20 16Л20П	2275x1110 2565x1110	3,8/6,3	16...1600	Те саме (найбільший діаметр оброблюваного виробу - 210/400 мм, діаметр прутка - до 35 мм)
те саме	16K20	3020x1110 2502x1190 2795x1190 3195x1190 3795x1190	11	12,5...1600	Те саме (найбільший діаметр оброблюваного виробу - до 220/400 мм, діаметр прутка - до 53 мм)
те саме	16K20П	2505x 1198	10	12,5...1600	Те саме (найбільший діаметр оброблюваного виробу - 220/400 мм, діаметр прутка - до 50 мм)
те саме	16K25	2505x1240 2795x1240 3195x1240 3795x1240	10/11	10..1600	Те саме
те саме	1M63	3550x1780 4950x1780	15	10...1250	Те саме (найбільший діаметр оброблюваного виробу - 350/630 мм, діаметр прутка - до 65 мм)
Верстати свердильно-розточувальні, стругальні, довбальні і протяжні					
-	2M112	770x370	0,6	450... 4500	Свердління отворів діаметром не більшим від 12 мм
Вертикально-свердильний	2Н118	870X590	1,5	180...2800	Різні види свердильних робіт виробів діаметром не більшим від 18 мм
Вертикально-свердильний універсальний полегшено-спрощений	2Н125Л	770x780	1,5	90... 1420	Те саме (діаметр свердління - не більший від 26 мм)
Вертикально-свердильний одношпіндельний	2Н125 2Н135 2Н150	916x785 1030x825 1355x890	2,2 4,0 7,5	45...2000 31,5...1400 22,4...1000	Те саме (діаметр свердління відповідно не більше від 25, 35 і 50 мм)

Вертикально-свердлильний	2Г175	І420х1020	11	18...800	Те саме (діаметр свердління - не більший від 75 мм)
Радіально-свердлильний	2М55	2665х1020	5,5	20...2000	Те саме (діаметр свердління – не більший від 50 мм)
те саме	2М54	2685х 1028	5,5	18...2000	Те саме
те саме	2М57	3500х1630	7,5	12,5...800	Те саме (діаметр свердління – не більший від 75 мм}
те саме	2М58-1	4850х1830	13	10... 1250	Те саме (діаметр свердління – не більший від 100 мм)
Горизонтально-розточувальний	2М614 2М614Г 2М515 2М615Г	4330х2590 3645х2590 4330х2590 3645х2590	4,5/6,7	20...1600	Різні розточні роботи (найбільший діаметр розточування – 350 мм, свердління – 50 мм)
те саме	2620В 2620Г	5700х3600	8,3/10,2	8...200	Те саме (найбільший діаметр розточування – 150 мм)
те саме	2622В 2622Г	5700х3600	8,3/10,2	12,5...1250	Те саме
Координатно-розточувальний одностояковий	2Д450	3305х2705	2,0	50...2000	Обробка отворів з розміщенням осей у прямокутній та полярній системах координат (найбільший діаметр розточуваного отвору – 250 мм)
Координатно-розточувальний одностояковий вертикальний	2Е440А	2440х2195	4,5	50..2000	Обробка отворів з розміщенням осей у прямокутній системі координат (найбільший діаметр свердління – 25 мм, розточування – 250 мм)
Координатно-розточувальний горизонтальний	2459	5483х4769	6,3	12,5... 1600	Те саме (найбільший діаметр свердління – 60 мм, розточування – 500 мм)
Поздовжньо-стругальний одностояковий	7110	7950х3700	75	6; 90 ³⁾ - 20; 90 ³⁾	Стругання плоских поверхонь виробів розміром не більшим за 1000 X 900 мм
Те саме	7112	9950х4200	100	6,5; 80 ³⁾ 20; 80 ³⁾	Те саме розміром не більшим за 1250 x 1120 мм
те саме	7116	14000х4500	100	20; 80 ³⁾ 6,5; 80 ³⁾	Те саме розміром не більшим за 1600 x 1400 мм
Поздовжньо-стругальний двостояковий	7210-6	13600х4000	75	5,5; 80 ³⁾	Те саме розміром не більшим за 1000 x 900 мм
Те саме	7216	14000х4800	100	6,5; 80 ³⁾ 20; 80 ³⁾	Те саме розміром не більшим за 1600 x 1400 мм
Поперечно-стругальний	7Е35	2350х1230	5,5	13,2; 150 ³⁾	Найрізноманітніші стругальні роботи в по-різному розміщених поверхнях (найбільший розмір обробки – 500 x 360 мм.

Поперечно-стругальний з гідравлічним приводом	7М36	2785x1750	7,5	(3...8); (24...28) ³⁾ (швидкість повзуна)	Те саме (найбільший розмір обробки – 150x 170 мм)
те саме	7Д36	2850x1680	7,5	3;48 ³⁾	Те саме (найбільший розмір обробки – 150 x 710 мм)
те саме	7303	2980x1400	5,5	10,6; 118 ³⁾	Те саме (найбільший розмір обробки – 20 x 720 мм)
Довбальний з гідравлічним приводом	7Д430 7Д450	3030x2175 3540x2890	10 10	120...320 ⁴⁾ 120...500 ⁴⁾	Різні довбальні роботи
Довбальний	7414	2000x5100	42	1600 ⁴⁾	Те саме
Напівавтомат протяжний горизонтальний для внутрішнього протягування	7Б55 7Б56 7Б57 7Б58	6340x2090 7200x2135 2400x 2500 10000x2600	18,5 30 37 55	1250 ⁵⁾ 1600 ⁵⁾ 2000 ⁵⁾ 2000 ⁵⁾	Різні протяжні роботи
те саме	7Б55У	4070x1600	17	1250 ⁵⁾	Те саме
Універсальний круглошліфувальний	3К12	2600x1900	5,5	1900..2720	Шліфування зовнішніх і внутрішніх циліндричних, конічних і торцевих поверхонь (найбільший діаметр установлюваного виробу – 200 мм, зовнішнього шліфування – 60 мм, внутрішнього – 25.., 50 мм, отвору – 200... 100 мм)
те саме	3У131 3У131В	3176x1689	5,5	1112	Зовнішнє і внутрішнє шліфування циліндричних і конічних поверхонь (найбільший діаметр оброблюваного виробу – 280 мм, довжина 700 мм)
Круглошліфувальний підвищеної точності	3М153У	2260x1780	7,5	1920	Те саме (найбільший діаметр оброблюваного виробу – 140 мм, довжина – 500 мм)
Напівавтомат універсальний круглошліфувальний	3У12А	2150x1500	4,0	1650	Те саме (найбільший діаметр оброблюваного виробу – 200 мм, довжина – 500 мм)
Круглошліфувальний особливо високої точності	3У12УА	2210x1666	4,0	1600	Те саме
Універсальний круглошліфувальний	3У142 3У142В	4220x2585	7,5	1112	Те саме найбільший діаметр оброблюваного виробу – 400 мм, довжина – 1000 мм)
Те саме	3У153 3У155	5510x3000 8100x3000	11,0	–	Те саме (найбільший діаметр оброблюваного виробу – 560 мм, довжина – 1400 і 2800 мм)
Автомат круглошліфувальний для шліфування фаски клапана	МШ-1974	1750x1425	3,0	920	Шліфування робочої фаски тарілки клапана
Круглошліфувальний для перешліфовування колінчастих валів	3А423	4600x2100	7,5	730	Перешліфовування шатунних і корінних шийок колінчастих валів двигунів внутрішнього

					згоряння (найбільший діаметр обертання – 580 мм, довжина – 1600 мм)
Копіювально-шліфувальний	3M433 3M433У	4500x2375	5,5	1590	Перешліфовування профілю кулачків розподільних валів автомобільних і тракторних двигунів (найбільший діаметр обертання – 140 мм, довжина – 100 мм)
Внутрішньошліфувальний універсальний	3K225В 3K225А	2225x1775	0,76	1150	Шліфування циліндричних і конічних глухих і наскрізних отворів виробів, що потребують високої точності обробки (найбільший діаметр виробу – 200 мм)
Те саме	3K227В 3K227А	2815x1900	3,2	1500	Те саме (найбільший діаметр установлюваного виробу – 400 мм)
Внутрішньошліфувальний безцентровий спеціальний	СШ64	3750x1400	7,5	5000 ⁶⁾ 6000 ⁷⁾	Шліфування внутрішньої поверхні гільз циліндрів автомобільних і тракторних двигунів методом поздовжніх подач з виходжуванням
Плоскошліфувальний з прямокутним столом і горизонтальним шпинделем	3Е722	3800x2215	11,5/14,5	3; 45 ³⁾	Шліфування периферією шліфувального круга площин машинобудівельних деталей
Безцентрово-шліфувальний доводочний	3Ш182Д	2700x2300	8,5	500; 1480 ³⁾	Доведення гладеньких, ступінчастих валів
Те саме	3Ш184Д	3750x2760	15	420; 1070 ³⁾	Те саме (найбільший діаметр оброблюваного виробу – 80 мм, найменший – 3 мм, довжина – 270 мм при наскрізному шліфуванні і 540 мм – при врізному)
Шліцьошліфувальний	3451 3451Б 3451В 3451Г	2820x1523 3850x1513 4850x1513 5650x1513	3,0	2880 4550 6300	Шліфування шліцьових валів (діаметр шліфованих виробів – 25... 125 мм, довжина шліфованих шліців – 550; 850; 1250; 1850 мм)
Різьбошліфувальний універсальний	5K822В	2200x2038	3,0	1657, 2340, 2655	Шліфування циліндричних і конічних різбових калібрів-пробок, кілець, точних гвинтів (найбільший діаметр – 200 мм, довжина – 500 мм)
Хонінгувальний вертикальний одношпиндельний	3Г833	1205x1180	3,0	155, 280, 400	Хонінгування внутрішніх поверхонь гільз і блоків циліндрів автомобільних і тракторних двигунів (найменший діаметр хонінгованого отвору – 30 мм, найбільший – 125 мм, допустимий – 165 мм, довжина хонінгування – 150...450 мм)
Хонінгувальний шліфувально-притиральний вертикальний	3Н84	2290x1820	7,5	62...315	Викінчувальна обробка дзеркала циліндрів гідроприводів та інших точних наскрізних та глухих отворів (діаметр отвору – 50...200 мм)

Верстати зубооброблювальні та фрезерні					
Напівавтомат зубостругальний для прямозубих конічних коліс підвищеної точності	5236П	1620x1050	1,1	160...800	Нарізування методом обкатки прямозубих конічних коліс (найбільший діаметр оброблюваного колеса – 90...125 мм)
Напівавтомат зубостругальний для прямозубих конічних коліс	5С286П	3235x2180	7,5	34...167	Та саме (найбільший діаметр оброблюваного колеса – 800 мм)
Напівавтомат зубофрезерний для прямозубих конічних коліс	5С227П	3075x1975	5,5	20...80	Те саме (найбільший діаметр оброблюваного колеса – 500 мм)
Напівавтомат зубодовбальний вертикальний для циліндричних коліс	5111	1635x1090	1,1	250...1600	Нарізування прямих і косих зубів зубчастих коліс з зовнішнім і внутрішнім зачепленням (найбільший діаметр установлюваного виробу – 80 мм)
Те саме	5140	1900x1450	4,0/4,5	65...450	Те саме (найбільший діаметр установлюваного виробу – 500 мм)
Те саме	5М150	4200x1800	4,8/5; 7/7,5	33...188	Те саме (найбільший діаметр установлюваного виробу – 800 мм)
Напівавтомат зубофрезерний вертикальний універсальний підвищеної точності	5304П	1200x1130	1,5	100...250	Нарізування зубів прямозубих, косозубих і черв'ячних коліс метолом обкатки (найбільший зовнішній діаметр виробу – 60 мм)
Те саме	5К301П	1320x812	2,2	100...600	Те саме (найбільший зовнішній діаметр виробу – 125 мм)
Напівавтомат зубофрезерний універсальний	5К310	200x1300	4,0	63...480	Те саме (найбільший діаметр нарізуваних коліс – 200 мм)
Напівавтомат зубофрезерний вертикальний	53А20	3150x1815	7,6/8,5	76...50	Те саме (найбільший діаметр установлюваного виробу – 200 мм)
Напівавтомат зубофрезерний вертикальний універсальний	53А30	2300x1500	3,2/4,2	50...400	Те саме (найбільший діаметр установлюваного виробу – 320 мм)
Напівавтомат зубофрезерний вертикальний	5В312	1790x1000	7,5	100...500	Те саме
Напівавтомат зубофрезерний універсальний	5К324	2500x1440	7,5	50...310	Те саме (найбільший діаметрі нарізуваних циліндричних і черв'ячних коліс – 500 мм)
Напівавтомат зубофрезерний вертикальний універсальний	53А50	2670x1810	8/10/12,5	40...405	Те саме
Те саме	53А50Н	2670x1810	8/10/12,5	40...405	Те саме

	53A80 53A80H 53A80K 53A80Д	28970x1810	8/10/12,5	40...405	(найбільший діаметр нарізуванні зубчастих коліс – 800 мм)
Напівавтомат зубофрезерний універсальний	5M32Д 5M32Б	2810x1640 2550x1640	7,5 7,5	50... 300 50...315	Нарізування циліндричних прямозубих, косозубих і черв'ячних коліс методом діагональної подачі (найбільший розмір нарізуваних коліс – 800мм)
Шліцьофрезерний горизонтальний	5350А	2335x1550	6,5/7,5	80... 250	Фрезерування різних шліців і зубів шестерень, виконаних у зборі з валом (найбільший діаметр обробки – 150 мм)
Вертикально- фрезерний консольний	6Т104	1250x1205	2,2	63...2800	Різні фрезерні роботи (найбільші поздовжнє і поперечне переміщення стола – 400x160 мм)
Те саме	6Р10	1445x1875	3,0	55...2240	Те саме (найбільші поздовжнє і поперечне переміщення стола – 500x160 мм)
Те саме	6Р11	1480x1990	5,5	50...1600	Те саме (найбільші поздовжнє і поперечне переміщення стола – 1000x250 мм)
Вертикально- фрезерний консольний	6Р12	2305x1950	7,5	31,5...1600	Те саме {найбільші поздовжнє і поперечне переміщення стола 1250x320 мм)
Те саме	6Р13 6Р13Б	2560x2260 2600x2260	11 15	31,5...1600 50...2500	Те саме (найбільші поздовжнє і поперечне переміщення стола – 1600 x400 мм)
Горизонтально- фрезерний консольний	6Т804Г	1315x1205	2,2	63...2800	Те саме (переміщення стола – 400 x160 мм)
Те саме	6Р80 6Р80Г	1525x1875	3,0	50...2240	Те саме (переміщення стола – 500 x 160 мм)
Горизонтально- фрезерний консольний широкоуніверсальний	6Р80Ш	1525x1875	3,0	50...2240	те саме
Горизонтально- фрезерний консольний універсальний	6Р81 6Р81Г	1480x1990	5,5	50...1600	Те саме (переміщення стола – 630 x 200 мм)
Горизонтально- фрезерний консольний широкоуніверсальний	6Р81Ш	1480x2045	5,5	50...1600	Те саме
Горизонтально- фрезерний консольний	6Р82 6Р82Г	2305x1950	7,5	31,5...1600	Те саме (переміщення стола – 800x250 мм)
Горизонтально- фрезерний консольний широкоуніверсальний	6Р82Ш	2470x1950	7,5	31,5...1600	Те саме
Горизонтально- фрезерний консольний	6Р83 6Р83Г	2560x2260	11	31,50... 1600	Те саме (переміщення стола – 1000 x 320 мм)
Горизонтально- фрезер- ний широкоуніверсальний	6Р83Ш	2680x2260	1,1	31,50... 1600	Те саме

Шпонково-фрезерний	692P	1505x1800	2,2	315...3150	Обробка шпонкових пазів (найбільший діаметр установлюваного вала – 75 мм)
Шпонково-фрезерний горизонтальний одношпindelний	6Д95	2750x1650	4	100...1250	Те саме (найбільший діаметр установлюваного вала – 630 мм)
Ножівковий	8Б72	1610x700		75, 120	Розрізування різних матеріалів
Автомат стрічковідрізний	8544	3045x3060	2,8	10...100	Те саме
Автомат відрізний круглопилний	8Г642	3545x2270	5,5	3,78...21	Те саме (найбільший діаметр розрізуваного матеріалу – 160 мм)
Те саме	8Г662САУ	2310x2600	7,5	27	Те саме (найбільший діаметр розрізуваного матеріалу – 240 мм)
Обпилювальний	874	835x560	1,1	50...300	Обробка деталей з твердих сплавів

Примітки: ¹⁾ – тут і в інших аналогічних випадках у чисельнику наведено найбільший розмір виробу над супортом, -у знаменнику – над станиною; ²⁾ – тут і далі в чисельнику наведено дані при правому обертанні, в знаменнику – при лівому; ³⁾ – швидкість робочого (зліва) і зворотного (справа) ходу стола, повзуна, м/хв; ⁴⁾ – хід довбляка, мм; ⁵⁾ – найбільша довжина ходу робочих полозків; мм; ⁶⁾ – для гільз діаметром 100; 105; 110 і 120 мм; ⁷⁾ – для гільз діаметром 125, 130 і 145 мм.

Додаток 27

Точність і якість поверхонь при обробці зовнішніх циліндричних поверхонь та отворів

Вид обробки	Параметр шорсткості, мкм	Глибина дефектного поверхневого шару, мкм	Квалітет допуск у розміру
1	2	3	4
Обточування:			
чорнове	50...6,3	120...60	14...12
напівчистове або однократне чистове	25...1,6	50...20	13...11
тонке	6,3...0,4	30...20	10..8
Шліфування:			
попереднє	6,3...0,4	20	9...8
чистове	3,2...0,2	15...5	7...5
тонке	1,6...0,1	5	6...5
Суперфінішування, притирання	0,8...0,1	5...3	5...4
Розточування:			
чорнове	25...1,6	50...20	13...11
чистове	6,3...0,4	25...10	10..8
тонке	3,2...1,6	10...5	7...5
Свердлення і розсвердлення	25...0,8	70...15	13...9
Зенкерування:			
чорнове	25...6,3	50...20	13...12
однократне литого або прошого	25...0,4	50...20	13...10
отвору	3,2...1,25	20...15	9...8
чистове після чорнового або свердлення			

Розгортання: нормальне точне тонке	12,5...0,8 6,3...0,4 3,2...0,1	25...15 15...5 10...5	11...10 9...7 6...5
Протягування: чорнового литого або прошитого отвору чистове після чорнового або після свердлення	12,5...0,8 6,2...0,2	25...10 10...5	11...10 9...6
Фрезерування: чорнове чистове тонке	20...10 6,3...3,2 1,6...0,8	100 10...5 10...5	13...11 10...8 9...8
Шліфування: попереднє чистове	6,3...0,4 3,2...0,2	25...10 20...5	9...8 7...6
Притирання, хонінгування розкочування, калібрування, алмазне вигладжування	1,6...0,1 6,3...0,1	5,3	5...4 0...5

Додаток 28

Додаток 28.1 - Припуски на розрізання та обробку торців

Прокат	Спосіб розрізання	Номінальний діаметр прокату або товщина матеріалу, мм				
		до 30	більше 30 до 50	більше 50 до 60	більше 60 до 80	більше 80 до 150
Припуск на розрізання чи вирізання деталей						
Сортовий	механічною ножівкою	2	2	2	2	2
	Дисковою пилою на відрізному верстаті	-	-	-	6	6
	Різцем на токарному верстаті	3	4	5	7	-
	Дисковою фрезою на фрезерному верстаті	3	4	-	-	-
Листовий	Газове різання:					
	секатором	3...4	5	5	6	7
	ручне	3...5	6...7	7	8	10
Припуск на механічну обробку торця, мм						
	На підрізання торця після відрізання	2	2	3	3	3
	На підрізання по контуру після вирізання	4...5	6	7	9	9

Додаток 28.2 - Припуски на механічну обробку заготовок з кольорових сплавів, що виготовляються на пресах та молотах

Найбільший габаритний розмір поковки, мм	Припуск на сторону у відповідності до квалітету, мм			Найбільший габаритний розмір поковки, мм	Припуск на сторону у відповідності до квалітету, мм		
	нижче 6	6, 7	8-14		нижче 6	6, 7	8-14
До 100	1,25	1,75	2,00	більше 250 до 360	2,00	2,50	2,75
Більше 100 до 160	1,50	2,00	2,25	» 360 » 500	2,25	2,75	3,00
» 160 » 250	1,75	2,25	2,50	» 500 » 630	2,50	3,00	3,25

Додаток 28.2 - Припуски на механічну обробку валів (зовнішні поверхні обертання), мм

Номінальний діаметр	Спосіб обробки	Припуск на діаметр при довжині вінця, мм					
		до 120	більше 120 до 260	більше 260 до 500	більше 500 до 800	більше 800 до 1250	більше 1250 до 2000
Точіння прокату підвищеної точності							
До 30	Чорнове однократна Чистове	<u>1,2</u>	<u>1,7</u>	=	=	=	=
		1,1	-	-	-	-	-
		<u>0,25</u>	<u>0,3</u>	=	=	=	=
		0,25	-	-	-	-	-
	Тонке	<u>0,12</u>	<u>0,15</u>	=	=	=	=
		0,12	-	-	-	-	-
Більше 30 до 50	Чорнове однократне Чистове	<u>1,2</u>	<u>1,5</u>	<u>2,2</u>	=	=	=
		1,1	1,4	-	-	-	-
		<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	<u>0,35</u>	=	=	=
		0,25	0,25	=	-	-	-
	Тонке	<u>0,15</u>	<u>0,16</u>	<u>0,20</u>	=	=	=
		0,12	0,13	-	-	-	-
Більше 50 до 80	Чорнове однократне Чистове	<u>1,5</u>	<u>1,7</u>	<u>2,3</u>	<u>3,1</u>	=	=
		1,1	1,5	2,1	-	-	-
		<u>0,25</u>	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	<u>0,4</u>	=	=
		0,20	0,25	0,3	-	-	-
	Тонке	<u>0,14</u>	<u>0,15</u>	<u>0,17</u>	<u>0,23</u>	=	=
		0,12	0,13	0,16	-	-	-
Більше 80 до 120	Чорнове однократне Чистовое	<u>1,6</u>	<u>1,7</u>	<u>2,0</u>	<u>2,5</u>	<u>3,3</u>	=
		1,2	1,3	1,7	2,3	-	-
		<u>0,25</u>	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	<u>0,35</u>	=
		0,25	0,25	0,3	0,3	-	-
	Тонке	<u>0,14</u>	<u>0,15</u>	<u>0,16</u>	<u>0,17</u>	<u>0,20</u>	=
		0,13	0,13	0,15	0,17	-	-
Точіння прокату звичайної точності							
До 30	Чорнове однократне	<u>1,3</u>	<u>1,7</u>	=	=	=	=
		1,1	-	-	-	-	-

	Напівчистове	<u>0,45</u> 0,45	<u>0,50</u> -	= -	= -	= -	= -
	Чистове	<u>0,25</u> 0,20	<u>0,25</u> -	= -	= -	= -	= -
	Тонке	<u>0,13</u> 0,12	<u>0,15</u> -	= -	= -	= -	= -
	Чорнове і однократне	<u>1,3</u> 1,1	<u>1,6</u> 1,4	<u>2,2</u> -	= -	= -	= -
	Чистове	<u>0,45</u> 0,45	<u>0,45</u> 0,45	<u>0,50</u> -	= -	= -	= -
	Тонке	<u>0,25</u> 0,20	<u>0,25</u> 0,25	<u>0,30</u> -	= -	= -	= -
Більше 30 до 50	Чорнове і однократне	<u>0,13</u> 0,12	<u>0,14</u> 0,13	<u>0,16</u> -	= -	= -	= -
	Чорнове і однократне	<u>1,5</u> 1,1	<u>1,7</u> 1,5	<u>2,3</u> 2,1	<u>3,1</u> -	= -	= -
	Напівчистове	<u>0,45</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,50	<u>0,55</u> -	= -	= -
	Чистове	<u>0,25</u> 0,20	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,35</u> -	= -	= -
	Тонке	<u>0,13</u> 0,12	<u>0,14</u> 0,13	<u>0,18</u> 0,16	<u>0,20</u> -	= -	= -
	Чорнове і однократне	<u>0,13</u> 0,12	<u>0,14</u> 0,13	<u>0,18</u> 0,16	<u>0,20</u> -	= -	= -
Більше 50 до 80	Чорнове і однократне	<u>1,8</u> 1,2	<u>1,9</u> 1,3	<u>2,1</u> 1,7	<u>2,6</u> 2,3	<u>3,4</u> =	= -
	Напівчистове	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,50	0,50 0,50	0,55	= -
	Чистове	<u>0,25</u> 0,25	<u>0,25</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,30	0,35	= -
	Тонке	<u>0,15</u> 0,12	<u>0,15</u> 0,13	<u>0,16</u> 0,14	<u>0,18</u> 0,17	0,20	= -
	Чорнове і однократне	<u>1,8</u> 1,2	<u>1,9</u> 1,3	<u>2,1</u> 1,7	<u>2,6</u> 2,3	<u>3,4</u> =	= -
	Напівчистове	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,50	0,50 0,50	0,55	= -
Св. 80 до 120	Чистове	<u>0,25</u> 0,25	<u>0,25</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,30	0,35	= -
	Тонке	<u>0,15</u> 0,12	<u>0,15</u> 0,13	<u>0,16</u> 0,14	<u>0,18</u> 0,17	0,20	= -
	Чорнове і однократне	<u>1,8</u> 1,2	<u>1,9</u> 1,3	<u>2,1</u> 1,7	<u>2,6</u> 2,3	<u>3,4</u> =	= -
	Напівчистове	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,50	0,50 0,50	0,55	= -
	Чистове	<u>0,25</u> 0,25	<u>0,25</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,30	0,35	= -
	Тонке	<u>0,15</u> 0,12	<u>0,15</u> 0,13	<u>0,16</u> 0,14	<u>0,18</u> 0,17	0,20	= -

Більше 120 до 180	Чорнове і однократне	<u>2,0</u> 1,3	<u>2,1</u> 1,4	<u>2,3</u> 1,8	<u>2,7</u> 2,3	<u>3,5</u> 3,2	4,8
	Напівчистове	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,50	<u>0,50</u> 0,50	<u>0,60</u> 0,55	0,65
	Чистове	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,25	0,30 0,25	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,35</u> 0,30	0,40
	Тонке	<u>0,16</u> 0,13	<u>0,16</u> 0,13	<u>0,17</u> 0,15	<u>0,18</u> -	<u>0,21</u> 0,20	<u>0,27</u> -
Св. 180 до 260	Чорнове і однократне	<u>2,3</u> 1,4	<u>2,4</u> 1,5	<u>2,6</u> 1,8	<u>2,9</u> 2,4	<u>3,6</u> 3,2	<u>5,0</u> 4,6
	Напівчистове	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,50	<u>0,55</u> 0,50	<u>0,60</u> 0,55	<u>0,65</u> 0,65
	Чистове	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,35</u> 0,35	<u>0,40</u> 0,40
	Тонке	<u>0,17</u> 0,13	<u>0,17</u> 0,14	<u>0,18</u> 0,15	<u>0,19</u> -	<u>0,22</u> -	<u>0,27</u> 0,26
Точіння штампованих заготовок							
До 18	Чорнове і однократне	<u>1,5</u> 1,4	<u>1,9</u> -	= -	= -	= -	= -
	Чистове	<u>0,25</u> 0,25	<u>0,30</u> -	= -	= -	= -	= -
	Тонке	<u>0,14</u> 0,14	<u>0,15</u> -	= -	= -	= -	= -
більше 18 до 30	Чорнове і однократне	<u>1,6</u> 1,5	<u>2,0</u> 1,8	<u>2,3</u> -	= -	= -	= -
	Чистове	<u>0,23</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> -	= -	= -	= -
	Тонке	<u>0,14</u> 0,14	<u>0,15</u> 0,14	<u>0,16</u> -	= -	= -	= -

Більше 30 до 50	Чорнове однократне Чистове Тонке	і	<u>1,8</u>	<u>2,3</u>	3,0	<u>3,5</u>	=	=
			1,7	2,0	2,7	-	-	-
			<u>0,30</u>	<u>0,30</u>	<u>0,30</u>	<u>0,35</u>	=	=
			0,25	0,30	0,30	-	-	-
			<u>0,15</u>	<u>0,16</u>	<u>0,19</u>	<u>0,21</u>	=	=
			0,15	0,15	0,17	-	-	-
Більше 50 до 80	Чорнове однократне Чистове	і	<u>2,2</u>	<u>2,9</u>	<u>3,4</u>	<u>4,2</u>	<u>5,0</u>	=
			2,0	2,6	2,9	3,6	-	-
		<u>0,30</u>	<u>0,30</u>	<u>0,35</u>	<u>0,40</u>	<u>0,45</u>	=	
	0,30	0,30	0,30	0,35	-	-		
	Тонкое	<u>0,16</u>	<u>0,18</u>	<u>0,20</u>	<u>0,22</u>	<u>0,26</u>	=	
		0,16	0,17	0,18	0,20	-	-	
Більше 80 до 120	Черновое однократное Чистове	и	<u>2,6</u>	<u>3,3</u>	4,3	5,2 4,5	6,3	8,2
			2,3	3,0	3,8		5,2	
		<u>0,30</u>	<u>0,30</u>	<u>0,40</u>	<u>0,45</u>	<u>0,50</u>	<u>0,60</u>	
	0,30	0,30	0,35	0,40	0,45	-		
	Тонкое	<u>0,17</u>	<u>0,19</u>	<u>0,23</u>	<u>0,26</u>	<u>0,30</u>	<u>0,38</u>	
		0,17	0,18	0,21	0,24	0,26	-	
Більше 120 до 180	Чорнове однократне Чистове	і	<u>3,2</u>	<u>4,6</u>	<u>5,0</u>	<u>6,2</u>	<u>7,5</u>	=
			2,8	4,2	4,5	5,6	6,7	-
		<u>0,35</u>	<u>0,40</u>	<u>0,45</u>	<u>0,50</u>	<u>0,60</u>	=	
	0,30	0,30	0,40	0,45	0,55	-		
	Тонке	<u>0,20</u>	<u>0,24</u>	<u>0,25</u>	<u>0,30</u>	<u>0,35</u>	=	
		0,20	0,22	0,23	0,27	0,32	-	
До 30	Шліфування заготовок							
	Попереднє після термообробки	0,30	0,60	-	-	-	-	
	Попереднє після чистового точіння	0,10	0,10	-	-	-	-	
	Чистове після попереднього шліфування	0,06	0,06	-	-	-	-	

Більше 30 до 50	Попереднє після термообробки	0,25	0,50	0,85	-	—	
	Попереднє після чистового точіння	0,10	0,10	0,10	—	—	—
	Чистове після попереднього шліфування	0,06	0,06	0,06	-		-
Більше 50 до 80	Попереднє після термообробки	0,25	0,40	0,75	1,20	—	—
	Попереднє після чистового точіння	0,10	0,10	0,10	0,10	-	-
	Чистове після попереднього шліфування	0,06	0,06	0,06	0,06	—	-
Більше 80 до 120	Попереднє після термообробки	0,20	0,35	0,65	1,00	1,55	—
	Попереднє після чистового точіння	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	-
	Чистове після попереднього шліфування	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	-
Більше 120 до 180	Попереднє після термообробки	0,17	0,30	0,55	0,85	1,30	2,10
	Попереднє після чистового точіння	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Чистове після попереднього шліфування	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

Примітки:

1. Припуски при точінні в чисельнику вказані при встановленні заготовки в центрах, в знаменнику - в патроні
2. Якщо величина припуску при шліфуванні не може бути знята за один прохід, то 70% його видаляють за один прохід,

30% - за інший

3. Величина припусків на обробку конічних поверхонь приймається така ж, як і на обробку циліндричних поверхонь, встановлюючи їх за більшим діаметром

Додаток 28.1 - Припуски на перехід при обробці плоских поверхонь, мм

Спосіб обробки площини	Припуски на сторону при найбільшому розмірі поверхні, що обробляється							
	до 50	більше 50 до 120	більше 120 до 260	більше 260 до 500	більше 500 до 800	більше 800 до 1250	більше 1250 до 2000	більше 2000 до 3150
Чорнова і однократна обробка лезовим інструментом після відливання:	0,9	1,1	1,5	2,2	3,1	4,5	7,0	10,0
в піщану форму I класу точності								
в піщану форму II класу точності	1,0	1,2	1,6	2,3	3,2	4,6	7,1	11,0
в постійну форму(в кокіль)	0,7	0,8	1,0	1,6	2,2	3,1	4,6	7,0
в оболонкову форму .	0,5	0,6	0,8	1,4	2,0	2,9	-	-
по виплавляємій моделі	0,3	0,4	0,5	0,8	-	-	-	-
Напівчистова обробка лезовим інструментом після чорнової	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,50	0,65
Чистова обробка лезовим, інструментом після напівчистої	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,20	0,20
Попереднє і однократне шліфування після чистої обробки лезовим інструментом	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,05
Чистове шліфування після попереднього	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05

Додаток 28.3 - Припуски на обробку отвору протягуванням, мм

Номінальний діаметр отвору	припуск на діаметр отвору підготовленого з точністю	
	до 6-го квалітету	грубіше 6-го квалітету
До 18	0,5	0,7
більше 18 до 30	0,6	0,8
» 30 » 50	0,8	1,0
» 50 » 80	1,0	1,2
» 80 » 120	1,2	1,5
» 120 » 180	1,5	1,8

Додаток 28.4 - Припуски на обробку отвору шліфуванням

Метод обробки	Припуск на діаметр при розмірі отвору		
	6-10	10-50	50-180
Шліфування до термообробки	0,2	0,3	0,4...0,5
Шліфування після термообробки чорнове	-	0,2	0,3
чистове	-	0,1	0,2

Додаток 28.5 - Припуски на обробку торців, мм

Довжина деталі	Чистове підрізання після чорнового			Шліфування після чорнового підрізання	
	Припуски при найбільшому розмірі торця				
	до 30	більше 30 до 120	більше 120 до 260	до 120	більше 120 до 260
До 10	0,5	0,6	1,0	0,2	0,3
більше 10 до 18	0,5	0,7	1,0	0,2	0,3
» 18 » 50	0,6	1,0	1,2	0,2	0,3
» 50 » 80	0,7	1,0	1,3	0,3	0,4
» 80 » 120	1,0	1,0	1,3	0,3	0,5
» 120 » 260	1,0	1,3	1,5	0,3	0,5

Додаток 28.6 - Припуски на обробку отворів хонінгуванням

Діаметр отвору	Сталь	Чавун
До 80	0,05	0,02
Більше 80 до 180	0,06	0,03
» 180	0,07	0,04

Додаток 28.7 - Припуски на притирання отворів

Діаметр отвору	Припуск на діаметр
До 50	0,010
більше 50 до 80	0,015
» 80 »> 120	0,020

Додаток 28.8 - Припуски на товщину зуба під чистове нарізання після чорнового або під довбання, мм

Модуль	min	max	Модуль	min	max
Більше 2 до 3	0,4	0,5	Більше 5 до 7	0,6	0,7
» 3 » 5	0,5	0,6	» 7 » 10	0,7	0,8

Додаток 28.9 - Припуски на ширину пазів, мм

Ширина паза	Чистове фрезерування після чорнового	Шліфування пазів у термооброблених деталей після чистового	Ширина паза	Чистове фрезерування після чорнового	Шліфування пазів у термооброблених деталей після чистового фрезерування
До 6	1,5	0,5	Більше 10 до 50	3,0	1,0
Більше 6 до 10	2,0	0,7	більше 50 » 120	4,0	1,0

Додаток 28.10 - Припуски на механічну обробку деталей з кольорових металів і сплавів

Втулки (отвори, що обробляються в суцільному матеріалі)			
	Припуск на діаметр при номінальному розмірі отвору,м		
	до 18 мм	більше 18 до 50 мм	більше 50 до 80 мм
Розточування та зенкерування після свердлення	0,80	1,00	1,10
Розгортання або попереднє шліфування після розточування або зенкерування	0,20	0,25	0,30
Чистове шліфування після попереднього шліфування, протягування або точне розгортання після нормального розгортання	0,12	0,14	0,18
Тонке розгортання або розточування після протягування або розгортання	0,10	0,12	0,14
Хонінгування після точного розгортання або чистового розточування	0,008	0,012	0,015
Притирання після тонкого розгортання або тонкого розточування	0,006	0,007	0,008
Зовнішні поверхні обертання			
	Припуск на діаметр		
Спосіб обробки	до 18	більше 18 до 50	більше 50 до 120
Чорнове або однократне обточування після лиття:			
в піщані форми	1,70	1,80	2,00
відцентрового	1,30	1,4	1,60
в кокіль	0,80	0,90	1,00
по моделям, що виплавляються	0,50	0,60	0,70
під тиском	0,30	0,40	0,50
Чистове обточування або попереднє шліфування після чорнового обточування	0,20	0,30	0,40
Чистове шліфування після попереднього шліфування або шліфування після однократного обточування	0,10	0,15	0,20

Торцеві поверхні						
Спосіб обробки	Припуск на торець при діаметрі поверхні, що обробляється					
	до 18	св. 18 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120		
Чорнове або однократне підрізання після відливання:						
в піщані форми (в землю)	0,80	0,90	1,00	1,10		
відцентрового	0,65	0,70	0,75	0,80		
в кокіль або оболонкові форми	0,40	0,45	0,50	0,55		
по моделям, що виплавляються	0,25	0,30	0,35	0,40		
під тиском	0,15	0,20	0,25	0,35		
Чистове підрізання після чорнового підрізання	0,12	0,15	0,20	0,25		
Шліфування після чистового підрізання	0,05	0,06	0,08	0,08		
Барабани (литі отвори)						
Спосіб обробки	Припуск на діаметр при його номінальному розмірі, мм					
	до 30	більше 30 до 50	більше 50 до 80	більше 80 до 120	більше 120 до 180	більше 180 до 260
Чорнове розточування або зенкерування після лиття:						
в піщані форми (в землю)	2,70	2,80	3,00	3,00	8,20	3,20
відцентрового	2,40	2,50	2,70	2,70	3,00	3,00
в кокіль або оболонкові форми	1,30	1,40	1,50	1,50	1,60	1,60
Чистове розточування або протягування після чорнового розточування	0,25	0,30	0,40	0,40	0,50	0,50
Протягування, тонке розточування, нормальне розгортання або шліфування після чистового розточування	0,10	0,15	0,20	0,20	0,25	0,25
Чистове шліфування після попереднього шліфування	0,10	0,12	0,15	0,15	0,20	0,20
Точне розгортання після нормального	0,05	0,08	0,08	0,10	0,10	0,15
Притирання після точного розгортання	0,008	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030

Зовнішні поверхні					
Спосіб обробки	Припуск на діаметр при його номінальному розмірі				
	до 50	більше 50 до 80	більше 80 до 120	більше 120 до 180	більше 180 до 260
Чорнове обточування після лиття:					
в піщані форми (в землю)	2,00	2,10	2,20	2,40	2,60
відцентрового	1,60	1,70	1,80	2,00	2,20
в кокіль або оболонкові форми	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30
Чистове обточування або попереднє шліфування після чорнового обточування	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
Попереднє шліфування після чистового обточування або тонке обточування після чистового обточування	0,15	0,20	0,25	0,25	0,30
Чистове шліфування після чорнового шліфування	0,10	0,15	0,15	0,20	0,20
Хонінгування, обробка абразивним полотном або тонке шліфування після чистового шліфування	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030
Притирання, суперфінішування або полірування після тонкого обточування	0,006	0,008	0,010	0,012	0,015
Торцеві поверхні					
Спосіб обробки	Припуск на торець при діаметрі поверхні, що обробляється				
	до 50	більше 50 до 80	більше 80 до 120	більше 120 до 180	більше 180 до 260
Чорнове або однократне підрізання після лиття:					
в піщані форми (в землю)	0,80	0,90	1,10	1,30	1,50
відцентрового	0,60	0,70	0,80	0,90	1,20
в кокіль або оболонкові форми	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70
Чистове підрізання після чорнового	0,10	0,13	0,13	0,15	0,15
Шліфування після чистового підрізання	0,06	0,08	0,08	0,11	0,11
Диски (зовнішні поверхні обертання)					

Спосіб обробки	Припуск на діаметр при його номінальному розмірі				
	від 120 до 180	більше 180 до 280	більше 280 до 360	більше 360 до 500	більше 500 до 630
Чорнове обточування після лиття:					
в піщані форми (в землю)	2,70	2,80	3,20 1,60	3,60	4,00
в кокіль або оболонкові форми	1,30	1,40		1,80	2,00
Чистове обточування або попереднє шліфування після чорнового обточування	0,30	0,30	0,35 0,25 0,08 0,03	0,35	0,40
Шліфування після чистового або однократного обточування	0,20	0,20		0,25	0,30
Тонке обточування після чистового обточування	0,05	0,03		0,10	0,15
Тонке шліфування після чистового шліфування	0,02	0,023		0,035	0,04
Торцеві поверхні					
Спосіб обробки	Припуск на торець при діаметрі поверхні, що обробляється				
	від 120 до 180	більше 180 до 280	більше 280 до 360	більше 360 до 500	більше 500 до 630
Чорнове або однократне підрізання після лиття:					
в піщані форми (в землю)	1,10	1,30	1,50	1,80	2,10
в кокіль або оболонкові форми	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Чистове підрізання шліфування після чорнового підрізання	0,15	0,13	0,17	0,7	0,20
Шліфування після чистового підрізання	0,11	0,11	0,13	0,13	0,15
Поверхні бобишок і приливів					
Спосіб обробки	Припуск на сторону при найбільшому розмірі поверхні, що обробляється				
	до 30	більше 30 до 50	більше 50 до 80	більше 80 до 120	
цекування, чорнове фрезерування, стругання або підрізання після лиття:					
в піщані форми (в землю)		0,60	0,65	0,70	0,75
в кокіль або оболонкові форми		0,30	0,35	0,40	0,45
Чистове фрезерування, стругання або підрізання після чорнового фрезерування, стругання або підрізання .		0,08	0,10	0,13	0,17

Корпусні деталі площини												
Спосіб обробки	Припуск на сторону при найбільшому розмірі поверхонь, що обробляються											
	до 50	Більше 50 до 120	Більше 120 до 180	Більше 180 до 260	Більше 260 до 360	Більше 360 до 500	Більше 500 до 630	Більше 630 до 800	Більше 800 до 1000	Більше 1000 до 1250	Більше 1250 до 1600	Більше 1600 до 2000
Чорнове або однократне фрезерування або стругання після лиття:												
в піщані форми (в землю)	0,65	0,75	0,80	0,85	0,95	1,10	1,25	1,40	1,60	1,80	2,10	2,50
в кокіль або оболонкові форми	0,35	0,45	0,50	0,55	0,65	0,85	0,95	1,10	1,30	1,50	-	-
по моделям, що виплавляються	0,25	0,32	0,38	0,46	0,56	0,70	0,83	1,00	-	-	-	-
під тиском	0,15	0,25	0,30	0,35	0,45	0,60	0,75	-	-	-	-	-
Чистове стругання або фрезерування після чорнового стругання або фрезерування	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,23	0,30	0,37	0,45	0,55	0,65	0,80
Шліфування після чистового стругання	0,04	0,06	0,07	0,09	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30	0,38	0,48	0,60

Литі отвори

Спосіб обробки	Припуск на діаметр при його номінальному розмірі	
	до 50	Більше 50 до 120
Чорнове розгортання або зенкерування після лиття:		
в піщані форми (в землю)	2,80	3,00
в кокіль або оболонкові форми	1,4	1,50
по моделям, що виплавляються	0,80	0,90
під тиском	0,40	0,45
Чистове розточування після чорнового розточування або зенкерування	0,30	0,40
Тонке розточування після нормального розгортання або попереднього шліфування після чистового	0,15	0,20
Тонке розгортання після нормального або чистового шліфування після попереднього	0,12	0,18

Торцеві поверхні

Спосіб обробки	До 30	більше 30 до 50	більше 50 до 80	більше 80 до 120	більше 120 до 180
Чорнове або однократне підрізання після лиття:					
в піщані форми (в землю)	0,65	0,70	0,80	0,90	1,00
в кокіль або оболонкові форми	0,35	0,40	0,45	0,55	0,65
по моделям, що виплавляються	0,25	0,30	0,35	0,45	0,55
під тиском	0,15	0,20	0,25	0,35	0,45
Чистове підрізання після чорнового підрізання	0,08	0,10	0,13	0,17	0,23
Шліфування після чистового підрізання	0,04	0,05	0,07	0,09	0,12

Литі вікна

Спосіб обробки	Припуск на дві сторони при розмірі вікна, що обробляється				
	до 50	Більше 50 до 80	Більше 80 до 120	Більше 120 до 180	Більше 180 до 260
Попереднє фрезерування або довбання по контуру після лиття:					
в піщані форми (в землю)	1,30	1,40	1,50	1,60	1,80
в кокіль або оболонкові форми	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20
по моделям, що виплавляються	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65
під тиском	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
Чистове фрезерування або довбання по контуру після попередньої обробки	0,35	0,40	0,45	0,55	0,63

Поверхні бобишок, пластиків, приливів

Спосіб обробки	Припуск на сторону при найбільшому розмірі поверхні, що обробляється			
	До 18	Більше 18 до 50	Більше 50 до 80	Більше 80 до 120
Цекування, чорнове або однократне фрезерування, стругання або підрізання після лиття:				
в піщані форми (в землю)				
в кокіль або оболонкові форми	0,60	0,65	0,70	0,7
по моделям, що виплавляються	0,30	0,35	0,40	0,45
під тиском	0,20	0,25	0,30	0,35
Чистове фрезерування, стругання або підрізання після попередньої обробки	0,12	0,15	0,20	0,25
	0,07	0,10	0,13	0,17

Кришки площини						
Спосіб обробки	Більше 500 до 630	Більше 630 до 800	Більше 800 до 1000	Більше 1000 до 1250	Більше 1250 до 1600	Більше 1600 до 2000
Чорнове або однократне фрезерування або стругання після лиття:						
в піщані форми (в землю)	0,80	0,90	1,00	1,20	1,40	1,70
в кокіль або оболонкові форми	0,50	0,60	0,70	0,90	1,30	1,40
по моделям, що виплавляються	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,30
під тиском	0,30	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
Чистове стругання або фрезерування після чорнової обробки	0,08	0,09	0,11	0,14	0,18	0,23
Шліфування після чистової обробки	0,05	0,06	0,07	0,09	0,12	0,15
Чорнове або однократне фрезерування або стругання після лиття:						
в піщані форми (в землю)	2,50	3,00	3,60	4,20	5,00	6,00
в кокіль або оболонкові форми	2,20	2,60	3,00	8,50	4,00	4,50
по моделям, що виплавляються	2,10	2,50	-	-	-	-
під тиском	1,70	-	-	-	-	-
Чистове стругання або фрезерування після чорнової обробки ,	0,37	0,45	0,55	0,65	0,80	1,00
Шліфування після чистової обробки	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80

Додаток 29

Значення допусків

Номінальні розміри, мм	Квалітети																			
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	допуски, мкм													допуски, мм						
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1,0	1,4
Понад 3 до 6	0,4	0,6	1,0	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
Понад 6 до 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
Понад 10 до 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
Понад 18 до 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
Понад 30 до 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,0	1,6	2,5	3,9
Понад 50 до 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3,0	4,6
Понад 80 до 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
Понад 120 до 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0	6,3
Понад 180 до 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
Понад 250 до 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
Понад 315 до 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
Понад 400 до 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4,0	6,3	9,7
Понад 500 до 630	4,5	6	9	11	16	22	30	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7,0	11,0

Навчально-методичне видання

Основи технології виробництва та ремонту машин

Методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу „Основи технології виробництва та ремонту автомобілів”, для студентів спеціальності 208 „Агроінженерія”. Кропивницький: ЦНТУ, 2023.- 41 с (з додатками).

Укладачі: Красота М.В., Магопець С.О, Бевз О.В., Шепеленко І.В., Осін Р.А.

Комп'ютерний набір і верстка Красота М.В.