

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ**



**НАВЧАЛЬНА ПРАКТИКА: МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНА**

**методичні рекомендації**

до виконання практичних та самостійних робіт  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП  
«Агроінженерія» спеціальності Н7 «Агроінженерія» денної і  
заочної форм здобуття вищої освіти

**Миколаїв**  
**2026**

**УДК 378.147:62**  
**Н15**

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету, протокол №8 від 18.05.2026 р.

**Укладачі:**

Полянський П. М. – канд. екон. наук, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ.

Доценко Н.А. – д-р. пед. наук, професорка кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ.

Іванов Г. О. – канд. техн. наук, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ.

Степанов С. М. – ст. викладач кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ.

Баранова О. В. – асистент кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ.

**Рецензенти:**

Марченко Д.Д. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу МНАУ.

Галич І.В. - канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії Державний біотехнологічний університет, м. Харків.

## **Організація та керівництво проведення практики**

Технологічна практика проводиться в майстерні інженерно-енергетичного факультету по закінченню 2 семестру. Здобувачі вищої освіти закріплюються за робочими місцями в майстерні таким чином, щоб він за час практики попрацював на різних робочих місцях.

*Основним принципом* організації і проведення практики є вивчення здобувачами вищої освіти самостійної роботи по виготовленню деталей, виробів, вміння їх оброблювати та ремонтувати.

Перед початком самостійної роботи з здобувачами вищої освіти проводиться ввідне заняття з метою ознайомлення їх з обладнанням, інструментами, основними вимогами по організації робіт і техніці безпеки на робочому місці а також з правилами внутрішнього розпорядку на підприємстві з відповідним записом у журналі.

Протягом усього терміну проходження практики з здобувачами вищої освіти перед початком робіт проводиться вступне заняття з метою отримання теоретичних знань відповідно прогарами практики.

Практичні навички роботи, отриманні здобувачами вищої освіти в період проходження практики, є одним із важливих елементів підготовки інженера-механіка сільськогосподарського виробництва. Ними ведеться щоденник в протягом всього періоду практики, в якому вони роблять відмітки про виконання роботи.

Навчальна практика проводиться протягом п'яти тижнів.

В кінці навчальної практики здобувачі вищої освіти складають повний звіт про проходження практики. Після цього вони складають захист практики. Для цього необхідно, щоб в щоденнику здобувача вищої освіти стояли підписи майстра виробничого навчання навпроти кожного дня роботи в майстерні.

Загальне керівництво практикою здійснюють викладачі кафедри загальнотехнічних дисциплін, виконанням завдань керує майстер виробничого навчання кафедри.

## Зміст

| № п/п | Найменування розподілу   |
|-------|--|
| 1.    | Тема 1. Вступ. Слюсарні роботи.  |
| 2.    | Практична робота: №1. Розмітка площинна  |
| 3.    | Практична робота: №2. Розмітка просторова  |
| 4.    | Практична робота: №3. Рубання, виправлення, згинання металу                                  |
| 5.    | Практична робота: №4. Різання металу   |
| 6.    | Практична робота: №5. Обпилювання металу   |
| 7.    | Практична робота: №6. Свердління, зенкування, розгортання                                    |
| 8.    | Практична робота: №7. Нарізування різьби   |
| 9.    | Практична робота: №8. Розпилювання і припасування  |
| 10.   | Практична робота: №9. Шабрування   |
| 11.   | Практична робота: №10. Притирання і доведення  |
| 12.   | Тема 2. Будова і налагодження токарно-гвинторізного верстата                                 |
| 13.   | Тема 3. Будова і налагодження універсально-фрезерного верстата і ділильної головки           |
| 14.   | Тема 4. Будова і налагодження шліфувальних верстатів   |
| 15.   | Тема 5. Обробка заготовок на протяжних верстатах.  |
| 16.   | Тема 6. Проектування технологічного процесу виготовлення сталеві поковки                     |
| 17.   | Тема 7. Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка.                             |
| 18.   | Тема 8. Побудова зовнішньої характеристики електрозварювального трансформатора               |
| 19.   | Тема 9. Визначення режимів і технологічних коефіцієнтів при електродуговому зварюванні сталі |
| 20.   | Тема 10. Слюсарно-складальні роботи.<br>Практична робота № 10.1 «Слюсарно-складальні роботи» |
| 21.   | Практична робота № 10.2 «Збирання деталей у комплекти, що йдуть на вузлову зборку»           |
| 22.   | Практична робота № 10.3 «Вузлова зборка»   |
| 23.   | Практична робота № 10.4 «Самостійне виконання робіт слюсарем механоскладальних робіт»        |
| 24.   | Зразок звіту здобувача вищої освіти практиканта  |
| 25.   | Література   |

## **Тема 1. Вступ. Слюсарні роботи.**

**Мета роботи:** проведення інструктажу з охорони праці та БЖД, ознайомлення з програмою навчання та спеціальною технологією; з кваліфікаційною характеристикою слюсаря з механоскладальних робіт, з правилами внутрішнього розпорядку, огляд робочого місця слюсаря з механоскладальних робіт, його організація і технічне обслуговування, ознайомлення із задачами машинобудівної промисловості по створенню матеріально - технічної бази України, перспективами розвитку машинобудування, призначенням механоскладальних робіт в машинобудуванні, проведення екскурсії в майстернях.

### **Теоретичні відомості.**

Нещасні випадки на виробництві - удари, поранення тощо - називають виробничим травматизмом, що найчастіше відбувається з двох причин: внаслідок недостатнього засвоєння працюючими виробничих навичок і відсутності необхідного досвіду в поводженні з інструментами та обладнанням, через невиконання правил безпечної праці та правил внутрішнього розпорядку.

Основними умовами безпечної роботи при виконанні слюсарних операцій є правильна організація робочого місця, користування лише справними інструментами, суворе дотримання виробничої дисципліни та вимог безпеки.

Усі частини верстатів і механізмів, що обертаються, а також оброблювані заготовки з частинами, що виступають, мусять мати захисні огороження. Небезпеку становлять внутрішньозаводський автомобільний і безрейковий електротранспорт, ручні вагонетки, візки, а також рух робітників у вузьких проходах чи на шляхах, де працює вантажопідйомний транспорт.

Для транспорту, що рухається, встановлюють різні сигнали - звукові (дзвінки, сирени) і світлові (лампи різних кольорів - червоного, жовтого, зеленого), які треба знати і дотримувати.

При безпосередньому дотику до струмоведучих частин (вимикачів, рубильників тощо) чи до металевих предметів, які випадково виявилися під напругою, виникає небезпека ураження електричним струмом. У місцях, де є електричні установки, вивішують попереджувальні написи (наприклад, Небезпечно!, Під струмом!) або ставлять умовні знаки.

Електроінструменти слід підключати до електричної мережі з допомогою шлангового кабелю, який має спеціальну жилу, що служить для заземлення і занулення, через штепсельну розетку, одне гніздо якої з'єднано з землею чи з нульовим проводом. На штепсельній вилці контакт для з'єднання корпусу з землею роблять більшої довжини, ніж інші струмоведучі контакти. Завдяки такій будові при вмиканні електроінструмента спочатку відбувається заземлення чи занулення, а потім вмикаються струмоведучі контакти.

При роботі з електроінструментами слід застосовувати індивідуальні засоби захисту - гумові рукавички, калоші та килимки, ізолюючі підставки тощо.

До початку роботи треба: надягнувши спецодяг, перевірити, щоб у нього не було звисаючих кінців, рукава застебнути чи закатати вище ліктя; перевірити слюсарний верстак - він має бути міцним, стійким і відповідати зросту робітника; слюсарні лещата бути справними і міцно закріпленими на верстаку, ходовий гвинт обертатися в гайці легко; насічка на губках лещат бути якісною; підготувати робоче місце; звільнити потрібну для роботи площу, видаливши всі сторонні предмети; забезпечити достатню освітленість; заготовити і розкласти у відповідному порядку потрібні для роботи інструменти, пристрої, матеріали тощо; перевірити справність інструментів, правильність їх заточки і доводки; при перевірці інструмента звернути увагу на те, щоб молотки мали рівну, ледь опуклу поверхню, були добре насаджені на рукоятки і закріплені клином; зубила і крейцмейселі не мали зазубрин робочій частині та гострих ребер на гранях; на пилки і шабери мають бути міцно насаджені рукоятки; перевірити справність робочого обладнання та його огороження; перед підняттям вантажів перевірити справність підйомних пристроїв (блоків, домкратів тощо), у всіх підйомних механізмів мають бути надійні гальмівні пристрої, а маса вантажу, що піднімається, не перевищувати вантажопідйомність механізму; вантажі слід надійно закріплювати міцними сталевими канатами або ланцюгами; не можна залишати вантаж у підвішеному стані після роботи; забороняється стояти і проходити під піднятим вантажем; не можна перевищувати граничні норми маси вантажів, що переносяться вручну.

Під час роботи:

- міцно затискати в лещатах деталь чи заготовку, а під час встановлення чи зняття її дотримуватися обережності, бо при падінні деталь може нанести травму;
- ошурки з верстака чи оброблюваної деталі видаляти лише щіткою;
- при рубанні металу зубилом враховувати, в який бік безпечніше для оточуючих спрямовувати частки, що відлітають, і встановити з цього боку захисну сітку; працювати лише в захисних окулярах;
- якщо за умовами роботи не можна застосовувати захисні окуляри, рубання виконувати так, щоб відрубуванні частки відлітали в той бік, де немає людей;
- не користуватися випадковими підставками чи; несправними пристроями;
- не допускати забруднення одягу гасом, бензином, мастилом.

Під час роботи пневматичним інструментом дотримуватися таких вимог:

- при приєднанні до інструмента шланг попередньо перевірити і продути стиснутим повітрям;
- не тримати пневматичний інструмент за шланг чи робочу частину;
- не роз'єднувати шланги;
- подавати повітря лише після встановлення інструмента в робоче положення.

Після закінчення роботи:

- ретельно прибрати робоче місце;
- покласти інструмент, пристрої та матеріали на відповідні місця;
- для попередження самозаймання промащеного ганчір'я та виникнення пожежі прибрати його в спеціальний металевий ящик з кришкою, що щільно зачиняється.

## **ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

Проходження механіко-технологічної навчальної практики здобувачами вищої освіти в умовах дії правового режиму воєнного стану вимагає суворого дотримання не лише стандартних галузевих інструкцій з охорони праці, а й специфічних безпекових протоколів, спрямованих на збереження життя і здоров'я учасників освітнього процесу під час виникнення військових загроз. Дані правила є обов'язковими для виконання всіма студентами денної та заочної форм навчання під час виконання як практичних (слюсарних, верстатних, зварювальних, ковальських) робіт у майстернях, так і самостійної роботи на об'єктах виробництва чи в умовах дистанційного навчання.

### **1. Загальні положення безпеки в умовах воєнного стану**

Кожен здобувач освіти перед початком виконання будь-якої практичної роботи з розмітки, рубання, обпилювання, верстатної обробки чи зварювання зобов'язаний пройти вступний, первинний та спеціальний протиаварійний/воєнний інструктаж з безпеки життєдіяльності. Керівник практики забезпечує ознайомлення студентів із планом евакуації навчально-виробничого підрозділу, схемами руху до найближчої захисної споруди (цивільного захисту, протирадіаційного укриття або облаштованого підвального приміщення), а також із правилами поведінки при оголошенні повітряної тривоги чи інших надзвичайних ситуацій воєнного характеру.

У разі оголошення сигналу повітряної тривоги або виникнення безпосередньої загрози обстрілу, будь-який виробничий чи навчальний процес НЕГАЙНО припиняється. Нехтування сигналами цивільного захисту є грубим порушенням дисципліни та правил охорони праці

### **2. Алгоритм дій при оголошенні сигналу «Повітряна тривога»**

Під час роботи у слюсарних, механічних або зварювальних майстернях при подачі звукового сигналу сирени, отриманні сповіщення через мобільні додатки або системи внутрішнього зв'язку, кожен студент зобов'язаний чітко виконувати такі дії:

- Негайно зупинити роботу обладнання та інструментів. При використанні токарно-гвинторізних, універсально-фрезерних чи шліфувальних верстатів слід вимкнути кнопки аварійної зупинки, перевести органи керування у нейтральне положення та повністю знеструмити верстат за допомогою головного пакетного вимикача або рубильника.
- Припинити технологічні процеси термічної обробки та зварювання.

При використанні електрозварювальних трансформаторів негайно вимкнути джерело живлення дуги, переконатися у відсутності залишкового горіння чи іскріння, акуратно покласти електродотримач на ізольовану підставку. При виконанні робіт зі згинання чи поковки металу вимкнути нагрівальні пристрої.

- Перекрити комунікації. За наявності балонів із горючими та захисними газами, систем подачі стисненого повітря або охолоджувальних рідин - щільно закрити вентилі та крани.
- Евакуація до укриття. Без паніки, але оперативно, взявши особисті речі (документи, мобільний телефон, воду), залишити приміщення майстерні за визначеним евакуаційним маршрутом. Спрямувати рух до найближчого захисного укриття. Бігти під час евакуації заборонено для запобігання травматизму в проходах.
- Перебування в укритті. В укритті зайняти призначене місце, виконувати всі вказівки керівника практики або відповідального за цивільний захист об'єкта. Суворо заборонено залишати захисну споруду до офіційного оголошення сигналу «Відбій повітряної тривоги».

### **3. Особливості безпеки під час виконання слюсарних, верстатних та зварювальних робіт**

Виконання практичних робіт вимагає підвищеної концентрації уваги, яка в умовах психологічного напруження воєнного стану може бути знижена. Студенти повинні враховувати додаткові чинники ризику:

- Організація робочого місця: Заходи з розпилювання, припасування, шабрування, притирання та доведення мають супроводжуватися постійним підтриманням чистоти. Захаращення проходів заготовками, деталями або інструментами суворо заборонено, оскільки це може стати критичною перешкодою під час екстреної евакуації.
- Освітлення та світломаскування: У разі виконання робіт у вечірній час або в умовах погіршеної видимості (зокрема під час аварійних відключень енергосистеми), використання локального освітлення робочих зон верстатів має узгоджуватися з вимогами світломаскування навчального закладу чи підприємства. Вікна майстерень повинні бути захищені від розлітання уламків скла за допомогою спеціальної захисної плівки або захисних щитів.
- Робота при аварійному вимкненні електроенергії: У разі раптового зникнення напруги в мережі під час роботи на токарних, фрезерних чи протяжних верстатах, студент повинен негайно перевести вимикачі обладнання в положення «Вимкнено». Забороняється залишати робоче місце до відновлення електропостачання або до отримання відповідного розпорядження майстра (керівника практики). Всі маніпуляції з вилучення інструменту з деталі після раптової зупинки верстата проводяться виключно вручну і тільки після перевірки повного знеструмлення лінії.

### **4. Дії при виявленні вибухонебезпечних та підозрілих предметів**

Враховуючи специфіку агроінженерної підготовки, яка часто пов'язана з роботою на відкритих майданчиках, полігонах та з

використанням вторинної металевої сировини (старих вузлів, деталей сільськогосподарських машин, що підлягають розбиранню та складанню), існує потенційний ризик виявлення залишків снарядів, мін чи нерозірваних боєприпасів. У разі виявлення будь-якого підозрілого предмета (схожого на боєприпас, невідомого металевого циліндра, коробки з дротами тощо) студентам **КАТЕГОРИЧНО ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ**:

- наближатися до предмета, торкатися його, пересувати, піднімати або здійснювати на нього будь-який механічний, термічний чи хімічний вплив (зокрема, пробувати обробляти слюсарним інструментом, різати чи зварювати).
- користуватися мобільними телефонами або іншими засобами радіозв'язку в безпосередній близькості від предмета (це може спровокувати детонацію радіокерованих підричників).

**При виявленні такого предмета студент зобов'язаний:** негайно припинити всі роботи, відійти на безпечну відстань (не менше 100 метрів) тим самим шляхом, яким підходив, попередити оточуючих про небезпеку, терміново повідомити керівника практики, адміністрацію та викликати екстрені служби за телефонами «101» (ДСНС) або «102» (Національна поліція).

#### **5. Поведінка під час загрози та виникнення завалів приміщень чи руйнувань**

Якщо внаслідок бойових дій (артилерійського обстрілу, ракетного удару, атаки БПЛА) відбулося часткове руйнування будівлі майстерні, де проводяться заняття з механіко-технологічної практики:

- Якщо ви перебуваєте в приміщенні, яке завалюється або сильно пошкоджене, необхідно негайно зайняти найбезпечніше місце: сховатися під капітальною стіною, у кутку кімнати, під міцним верстатом або столом, які можуть захистити від падіння цегли, плит чи штукатурки. Захистити голову руками або одягом.
- Після припинення активної фази руйнування чи обстрілу слід негайно залишити будівлю, не користуючись ліфтами (використовувати тільки сходові клітки), уникаючи пошкоджених конструкцій та оголених дротів електромережі.
- Якщо ви опинилися під завалом: зберігайте спокій, не панікуйте. Намагайтеся вивільнити руки та ноги. Огляньте простір навколо себе, за наявності можливості обережно розберіть завал, уникаючи зсуву важких уламків. Якщо немає можливості вибратися самостійно, голосно кличте на допомогу, стукайте по металевих трубах чи конструкціях верстатів, щоб привернути увагу рятувальників. По можливості скористайтеся телефоном. Подавайте періодичні звукові сигнали. Не використовуйте сірники чи запальнички - це може призвести до вибуху через можливий витік газу чи наявність пилоповітряної суміші в заваленому приміщенні.

## **6. Надання першої домедичної допомоги потерпілим**

В умовах воєнного стану кожен майбутній фахівець з агроінженерії повинен володіти базовими навичками тактичної та домедичної допомоги. У разі отримання студентами або персоналом поранень, контузій чи травм під час практики:

- Оцінка безпеки: Переконайтеся, що вам та потерпілому нічого не загрожує (немає повторних обстрілів, пожежі, загрози ураження струмом чи обвалу конструкцій).
- Невідкладні дії при кровотечах: Оскільки слюсарні та верстатні роботи пов'язані з використанням різального інструменту, а воєнні чинники можуть призвести до уламкових поранень, першочерговим завданням є зупинка масивної кровотечі. Слід застосувати джгут (турнікет), тиснучу пов'язку або провести тампонаду рани, зафіксувавши час накладання джгута.
- Дії при термічних та хімічних опіках: При опіках, отриманих під час електрозварювання чи ковальських робіт (Теми 6, 8, 9), охолодити уражену ділянку чистою водою, накласти суху стерильну пов'язку. Не застосовувати жирні мазі чи олії.
- Повідомлення про інцидент: негайно викликати швидку медичну допомогу за телефоном «103», повідомити керівника практики та керівництво факультету/інституту. Організувати зустріч бригади медиків.

## **7. Безпека під час дистанційної (самостійної) форми виконання робіт**

Для студентів заочної форми навчання або під час запровадження дистанційного режиму навчання через безпекову ситуацію, виконання самостійних робіт з проектування технологічних процесів (Теми 6, 7) або підготовки звітів має здійснюватися за умов дотримання особистої безпеки за місцем перебування. Здобувач освіти повинен забезпечити облаштування безпечного робочого місця вдома, мати постійний доступ до офіційних каналів інформування ДСНС та місцевих органів влади, знати розташування найближчого сховища та негайно переривати самостійну роботу в разі оголошення тривоги в його регіоні.

## **8. Протипожежні заходи**

Джерелами виникнення пожежі можуть бути: струми короткого замикання, що утворюють електричну дугу; перегрівання електричних мереж і електрообладнання; тепло, що утворюється внаслідок тертя дисків, підшипників, пасових передач; іскрові розряди статичної електрики; полум'я; промениста енергія; іскри.

Причиною виникнення пожежі можуть бути займання виробничих відходів, промащеного ганчір'я, паклі, паперу та інших матеріалів, що використовуються для очищення механізмів. Пожежі також можливі в результаті самозагорання твердого мінерального палива, складеного в купу.

Найбільше значення при оцінці пожежної безпеки горючих речовин має температура, при якій можливе їх загоряння - температура спалаху й температура займання.

Температура спалаху - це найменша температура горючої рідини, при якій створюється суміш газів чи парів з повітрям, здатна займатися і горіти короткочасно при піднесенні відкритого полум'я.

До легкозаймистих рідин належать бензин, бензол, метиловий спирт, гас, температура спалаху яких становить відповідно  $-50...+10$  °С (залежно від марки) і  $-13$  °С;  $-1$  °С;  $+28$  °С.

Температурою займання називається найменша температура горючої речовини, при якій вона займається від відкритого джерела запалення (полум'я) і продовжує горіти після видалення цього джерела.

Процес горіння, що виникає в результаті нагрівання всієї суміші, коли немає зовнішнього видиву (відкритий вогонь)/ називається самозайманням.

Температура, при якій повільне окислення переходить у самозаймання, називається температурою самозаймання.

Горючі гази і пари (бензин, ацетилен, скипидар, водень тощо) у суміші з киснем повітря здатні утворювати вибухові суміші. Вибух - це надзвичайно швидке, визначуване частками секунди горіння, яке супроводжується виділенням значної кількості теплоти і розжарених газоподібних продуктів під великим тиском.

Основний запобіжний захід проти пожеж - це постійне дотримання в чистоті й порядку робочого місця, обережне поводження з вогнем, нагрівальними приладами і легкозаймистими речовинами.

Не можна допускати скупчення біля робочого місця великої кількості легкозаймистої виробничої сировини, напівфабрикатів тощо.

Відходи виробництва, особливо горючі, складають у відведеному для них місці.

По завершенні роботи робоче місце слід привести у належний порядок.

Промашені обтиральні матеріали прибрати до спеціальних ящиків. Посудина з легкозаймистими рідинами, а також балони з газами перенести у місце їх постійного зберігання. Слід вимкнути всі електроприводи та освітлювальні точки, за винятком чергових ламп.

Найпростіші протипожежні засоби та інвентар - ящики з піском та лопатами, мішечки з піском, пожежний кран, насоси, вогнегасники - мусять бути завжди в наявності та справності.

При виникненні пожежі слід вимкнути всі електроустановки, негайно телефоном чи спеціальним сигналом викликати пожежну команду і вжити заходів з тушіння пожежі власними силами за допомогою існуючого протипожежного обладнання та інвентаря.

Засобами пожежогасіння є також відра і гідропульти для води, різні покривала (азбестові ковдри, кошми, брезенти).

Палаючі матеріали і невелику КІЛЬКІСТЬ палаючої рідини гасять ПІСКОМ; гас, бензин, лаки і спирти, ацетон - піною; мастильні масла, оліфу, скипидар - розпиленою водою чи піною.

Для гасіння пожеж та загорянь застосовують ручні пінні вогнегасники ОП-3 або ОП-5. Вогнегасник ОП-3 приводять у дію ударом бойка об твердий предмет, а ОП-5 - поворотом рукоятки вгору. Після цього корпус

вогнегасника повертають головкою донизу і спрямовують піну на полум'я.

Для гасіння пожеж з успіхом можна застосовувати вуглекислотні вогнегасники, які мають балони місткістю 2 л (ОУ-2), 5 л (ОУ-5) і 8 л (ОУ-8). Вуглекислотний вогнегасник приводять у дію поворотом маховичка вентиля проти годинникової стрілки. До вентиля приєднують шланг зі снігоутворювачем, через який рідка вуглекислота викидається у вигляді снігу та газу і, обволікаючи палаючий об'єкт, гасить вогонь.

Під час пожежі не можна вибивати скло у вікнах, бо це збільшує приплив повітря, яке сприяє посиленню вогню; слід зберігати спокій.

### **Екскурсія по майстерні.**

Перед початком виконання практичних робіт для студентів проводиться обов'язкова ознайомча екскурсія навчально-виробничою майстернею. Під час цієї екскурсії здобувачі освіти ознайомлюються з розташуванням слюсарних верстаків, токарних, фрезерних та зварювальних дільниць, змістом праці по даній професії; діючими в майстерні положеннями, а також вивчають точні маршрути евакуації та схему руху до найближчого захисного укриття на випадок оголошення повітряної тривоги.

## Практична робота №1. Розмітка площини.

**Мета практичної роботи:** Закріплення і поглиблення теоретичних знань з технології металів, отримання навиків практичної роботи.

**Завдання практичної роботи:** Вивчити технологічні процеси оброблювання деталей, будову обладнання, інструментів, пристроїв та організацію робіт. Набути навиків практичної роботи на робочих місцях слюсаря механоскладальних робіт.

### Зміст практичної роботи:

Підготовка деталей до розмітки.


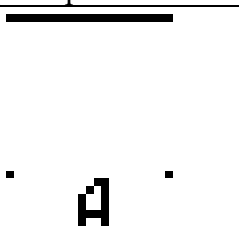
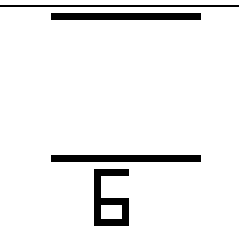
Вправа для нанесення довільно розташованих, взаємно рівнобіжних і взаємно прямолінійних перпендикулярних ліній, утворених відрізками прямих ліній (квадратна, прямокутника, трикутника тощо), кіл та радіусних кривих.

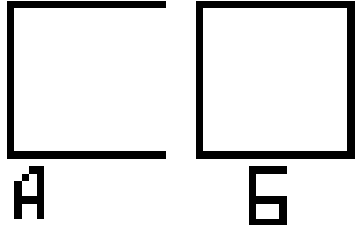

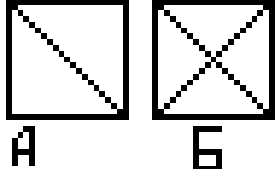
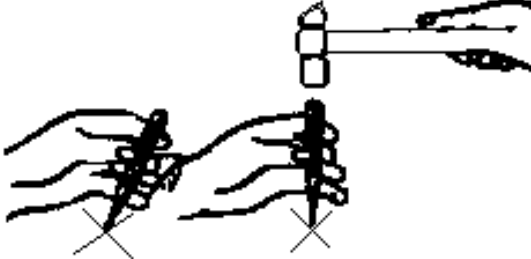
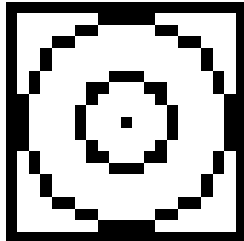
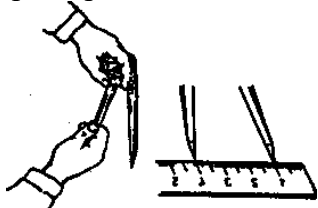

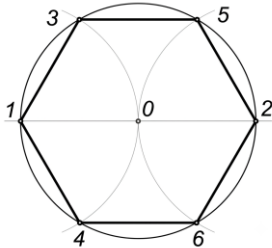
Розмітка осьових ліній. Кернення.

Розмітка контурів деталей з відліком розмірів від краю заготовки і від осьової лінії. Розмітка контурів деталей шаблоном. Заточення і заправлення розмічальних інструментів.

### Приклади робіт рекомендовані для слюсаря механоскладальних робіт

**Таблиця 1**

| № | Завдання та ескіз  | Інструктивні пояснення та вказівки   |
|---|--|--|
| 1 | Прикласти лінійку до заготовки.  | Лінійку прижимати до заготовки трьома пальцями лівої руки так, щоб між нею і заготовкою не було просвіту.  |
| 2 |  <p>Провести риску заданної довжини.</p>  | Взяти в праву руку креслярку як олівець і не перериваючи руху провести риску необхідної довжини. Під час проведення чертилку щільно прижимають до лінійки, нахилиючи її вправо на не великий кут. Риска проводиться за один рух, так як повторний рух приводить до роздвоювання риски. |
| 3 | <p>Провести риску паралельну першій. Відстань між рисками рівна довжині першої риски</p>   | Для проведення паралельної риски необхідно розмітити дві точки, які будуть розташовані на однаковій відстані від першої риски та з'єднати ці точки прямою.   |
| 4 | Провести дві паралельні риси, які водночас будуть перпендикулярні першим двом.   | Для цього використовують кутник за допомогою якого проводять першу перпендикулярну лінію. Друга перпендикулярна лінія наноситься аналогічним способом.   |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  |    |  <p>Отримуємо квадрат</p>   |
| 5  | <p>Провести дві діагональні риски</p>                              | <p>З'єднуємо рисками діагонально розташовані кути .<br/>Точка перетину двох діагоналей є центр квадрату</p>  |
| 6  | <p>Накернити центр квадрата.</p>                                   | <p>Кернер утримується трьома пальцями : великим, вказівним та середнім.<br/>Відклонивши кернер від себе встановити його вістря точно на центрі квадрата.<br/>Розмістити кернер перпендикулярно до розмічаємої поверхні і нанести по його головці не сильний удар молотком.</p>   |
| 7  | <p>Розмітити два кола різного діаметра із спільним центром.</p>  | <p>Для цього встановити ніжки циркуля на потрібний розмір</p>  <p>Послабити зажимний гвинт циркуля, одну ніжку поставити на нуль, другою взяти розмір, зажати зажимний гвинт циркуля.<br/>Перевірити розмір по лінійці.</p>  |
| 8  |    | <p>Розвести ніжки циркуля на заданий радіус .<br/>Одну ніжку циркуля поставити в заглиблення і прижимаючи обидві ніжки до деталі провести окружність.</p>  |
| 9  | <p>Розмітити шестигранник.</p>                                   | <p>Виконується на розміченій на пластині окружності (більшій, зовнішній). Провести через центр окружності осьову ризику й зробити в крапках 1 до 2 кернові поглиблення. Не змінюючи розмір циркуля, провести із крапок 1 і 2 дві дуги, які перетинають лінію окружності в точках 3 і 4, 5 і 6. Накернити ці точки. З'єднати рисками точки, 4, 6, 2, 5, 3 та 1.</p> |
| <p>Розділене на 6 частин зовнішнє коло є гранями гайки, а внутрішнє місцем нарізання різьби.</p> |   |  |





А) 1 - ніжок, 2 - основи, 3 - рамки, 4 - стопорного гвинта, 5 - штанги, 6 – голок для різної довжини

Б) 1 – штанги, 2 і 7 - вимірювальні губки, 3 – рухома рамка, 4 – затискач, 5 – ноніус, 6 – лінійка для вимірювання глибини

В) 1 – запобіжний стержень, 2 – резервуар для чорнил, 3 – нагрівач, 4 – канали змішувача, 5 – труба, 6 – вентиль, 7 – насос

Г) 1 – рами, 2 і 7 – стискачів, 3 – лінійки, 4 – затискача, 5 – допоміжної шкали, 6 – стержня

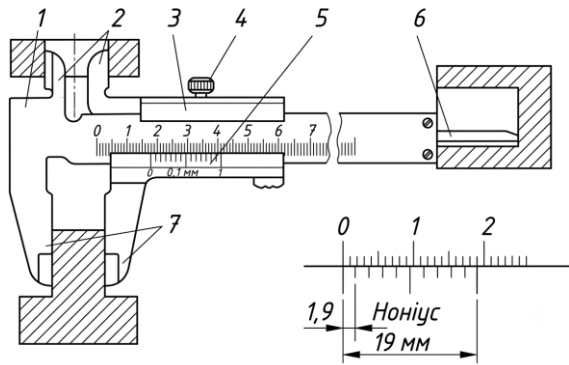


Рис.1 Штангенциркуль ШЦ – 1

10. Кернери виготовляють із таких матеріалів:

А) У10, У12, У8

Б) У7А, У8А, 7ХВ, 8ХВ

В) У10А, У13А, ШХ15, 13Х та ін.

Г) ВК15М, ВК10М, 40Х, 45ХС

11. **Встановіть відповідність:**

А) Рейсмус 1 вимірювання уклонів до  $0,0015^\circ$

Б) Кернер 2 пневматичний портативний

В) Кутник 3 для розмічання кутів та уклонів

Г) Кернер-центрошукач 4 нанесення паралельних ліній

Д) Транспортир 5 просторова розмітка

Е) Ватерпас 6 нанесення центрів на циліндричних поверхнях

12. Впишіть невідомі складові комбінованого рейсмуса:

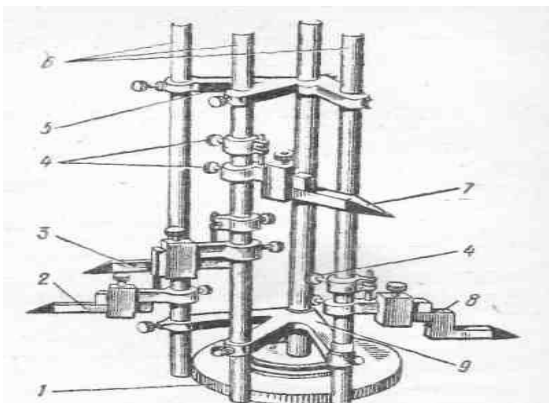


Рис. 2. Комбінований рейсмус

|         |         |
|---------|---------|
| 1 _____ | 2 _____ |
| 3 _____ | 4 _____ |
| 5 _____ | 6 _____ |
| 7 _____ | 8 _____ |
| 9 _____ |         |

**Порядок виконання роботи.**

1. Розташування деталі, ...

2. Підготовка інструменту, ...

3. Проведення осьової лінії, ...

4. Проведення допоміжних ліній, виносків, ...

5. Виконання роботи ...

## Практична робота № 2 «Розмітка просторова»

**Мета практичного роботи:** Закріплення і поглиблення теоретичних знань з технології металів, отримання навиків практичної роботи на металорізальних верстатах.

**Завдання практичної роботи:** Вивчити технологічні процеси оброблювання деталей, будову обладнання, інструментів, пристроїв та організацію робіт. Набути навиків практичної роботи на робочих місцях верстатника і слюсаря механоскладальних робіт.

### **Зміст практичної роботи:**

Ознайомлення з кресленнями, визначення розмічальних баз і розмірів.

Перевірка придатності заготовки за формою і по основних розмірах. Підготовка заготовок до розмітки. Визначення послідовності розмітки.

Розмітка осьових ліній суцільних і порожніх деталей і побудова контурів від цих осьових. Розмітка пазів, шпонкових канавок, вікон і т.п. на валах.

Розмітка поверхонь деталей без перекочування.

Розмітка деталей, що мають неопрацьовані й оброблені базові поверхні, з перекочуванням.

Розмітка складних виливків із застосуванням розмічальних пристосувань.

Заправлення розмічальних інструментів.

**Завдання для практичної роботи:** нанести розмітку на листовий метал згідно завдання, виготовити куб та циліндр.

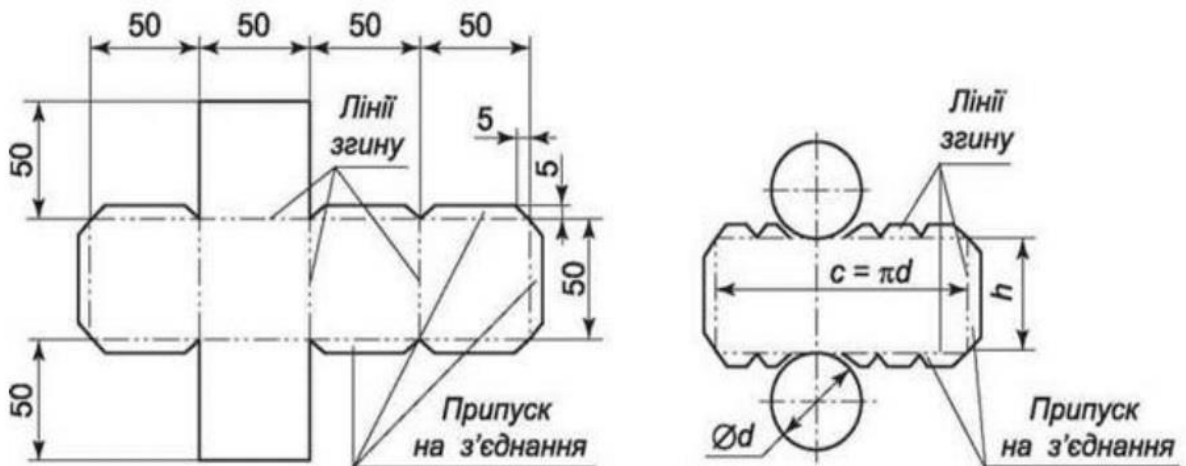


Рис.1 Креслення розгортки куба та циліндра

### **Практична робота № 3 «Рубання, виправлення, згинання металу»**

**Мета практичної роботи:** Закріплення і поглиблення теоретичних знань з технології металів, отримання навиків практичної роботи.

**Завдання практичної роботи:** Вивчити технологічні процеси оброблювання деталей, будову обладнання, інструментів, пристроїв та організацію робіт. Набути навиків практичної роботи на робочому місці слюсаря механоскладальних робіт.

#### **Зміст практичної роботи:**

Вправи в правильній постановці корпусу і ніг при рубанні.

Вправи в триманні молотка і зубила, у русі при нанесенні кистьового, ліктьового і плечового удару.

У всіх темах проводиться інструктаж з організації робочого місця і безпечною умовою праці.

Рубання листової сталі за рівнем губок тисків, по розмічальних рисках.

Зрубання шару на поверхні чавунної деталі (плитки) після попереднього прорубування канавок крейцмейселем.

Вирубання крейцмейселем прямолінійних і криволінійних пазів на широкій поверхні чавунних деталей (плитках) по розмічальних ризиках.

Прорубання канавок за допомогою канавочника.

Вирубання на плиті заготовок різних обрисів з листової сталі. Обрубання кромки під зварювання. Обрубання виступів і нерівностей на поверхнях відмінних чи деталей зварювальних конструкцій із застосуванням механізованого інструмента. Заточення інструмента. Механізація рубання.

Виправлення смугової сталі на плиті.

Виправлення круглого сталевого прутка на плиті з застосуванням призм. Перевірка за лінійкою і на плиті.

Виправлення за допомогою ручного преса.

Виправлення труб сортової сталі (куточка).

Згинання смугової сталі під заданий кут.

Згинання сталевого сортового прокату на ручному пресі з застосуванням найпростіших згинальних пристосувань. Згинання смугової сталі ребро. Згинання кромки листової сталі вручну і з наповнювачем. Навивка гвинтових і спіральних пружин.

#### **Техніка безпеки при згинанні.**

З метою дотримання техніки безпеки заготовки закріплюють міцно в лещатах або інших пристроях, працюють тільки на справному устаткуванні.

Вправа: виконати ручне згинання сталевих труб.

Обладнання та матеріали: заготовки металу, зубило, слюсарний молоток, слюсарні лещата, ковадло.

Послідовність виконання роботи:

1. Отримайте заготовки для виконання практичної роботи.
2. Перевірте правильність розмітки згідно з кресленням.
3. Закріпіть заготовку в слюсарних лещатах.
4. На рівні губок лещат проведіть рубання вздовж базової лінії.

5. На плиті проведіть рубання по похилих прямих та за потреби заокруглення.
6. На правильній плиті легкими ударами молотка вирівняйте вирубану заготовку.
7. Підготуйте заготовку до обпилювання.

### Практична частина.

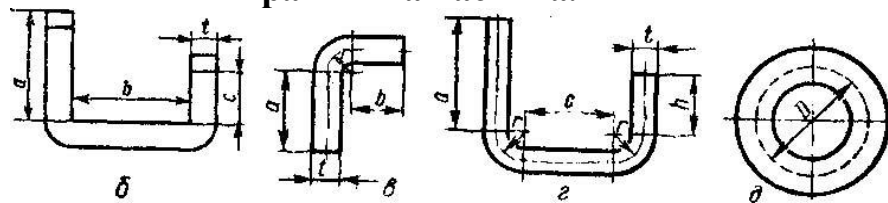


Рис.1 Креслення заготовки

### Порядок виконання роботи.

1. розташування деталі, ...
2. підготовка інструменту, ...
3. закріплення заготовки, ..
4. подальша обробка,
5. порядок виконання роботи

### Практична робота № 4 «Різання металу»

**Мета практичної роботи:** Закріплення і поглиблення теоретичних знань з технології металів, отримання навиків практичної роботи на металорізальних верстатах.

**Завдання практичної роботи:** Вивчити технологічні процеси оброблювання деталей, будову обладнання, інструментів, пристроїв та організацію робіт. Набути навиків практичної роботи на робочих місцях верстатника і слюсаря механоскладальних робіт.

**Зміст практичної роботи:**

#### Програма навчання в навчальній майстерні

Установка полотна в рамці ножівки.

Вправи в постановці корпусу, в утриманні слюсарної ножівки і руху нею.

Установка, закріплення і різання смугової, квадратної, круглої сталі і труб у тисках по ризиках. Розрізання кутової сталі по ризиках. Відрізка смуг від листа по ризиках з поворотом полотна ножівки.

Різання труб труборізом. Різання листового матеріалу ручними ножицями. Різання металу важільними ножицями. Різання пружинної сталі абразивними колами. Механізація різки.

#### Порядок виконання роботи.

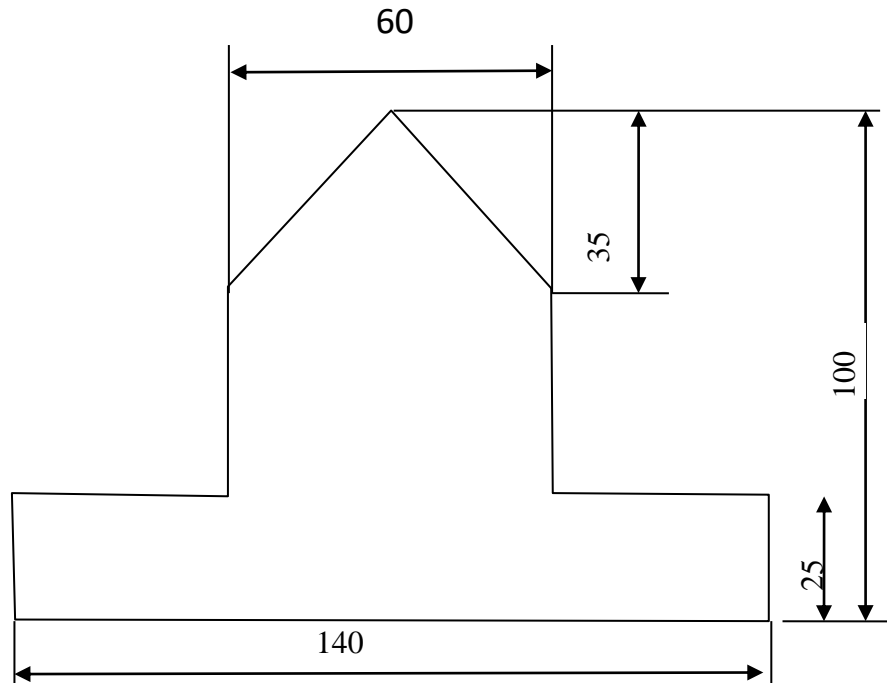
Кожен здобувач вищої освіти виконує роботу по своїй контурній заготовці виробленою на минулому занятті з теми «Розмітка площини», додержуючись техніки безпеки та наступного алгоритму роботи:

1. розташування деталі, ...
2. підготовка інструменту, ...

3. закріплення заготовки, ..
4. подальша обробка різанням,
5. порядок виконання роботи різання металу.

Завдання: виконати розмітку на металі і вирізати заготовки для лопаток.

Рис.1 Лопатка (лист сталевий та оцинкований 0,55 мм)



#### Тестові завдання з теми.

Дайте однозначну відповідь «так» або «ні», якщо ви згодні або ні з наступними твердженнями:

1. Різання – слюсарна операція, при якій відбувається розділення матеріалу на дві окремі частини за допомогою ріжучого інструменту.
2. До ріжучих інструментів відносять напилки і щітка.
3. Ножівкове полотно - це тонка сталевий загартований стрічка товщиною від 0.6мм до 0.8мм, шириною 12мм – 15мм, а довжиною 250 – 300мм з нарізаними зубцями.
4. Перед різанням треба виконати клепання молотком з квадратним бойком.

**Виберіть правильну відповідь:**

5. Полотно виготовляють з таких матеріалів:

- А) КМ, КФ
- Б) БФ-4, БФ-6, ВС-10, БФ-2
- В) У10А, У12А, Р9, Р18, ВК6, ВК8, Т15К6, СР, ПН, ТРЮФЕ
- Г) У10, У12, У10А, У12А, Р9, Х6ВФ, Х12Ф1
- Д) У13А, У12А, Р9 та ін.

6. Що може бути причиною появи тріщин на полотні і його переломлення?

- А) З8г маси молотка
- Б) розрізання труб малого діаметру

*В) перекіс ножівки в процесі різання*

*Г) 60°*

*Д) Немає правильної відповіді*

7. Яка товщина листа може бути розрізана ручними ножицями?

*А) приблизно 12мм*

*Б) сталь товщиною до 1мм та сталевий дрiт*

*В) 35°*

*Г) до 5мм*

*Д) більше 5мм*

8. На рисунку 2 зображено :

*А) трубний ключ*

*Б) труборіз роликівий*

*В) струбцини для обпилювання*

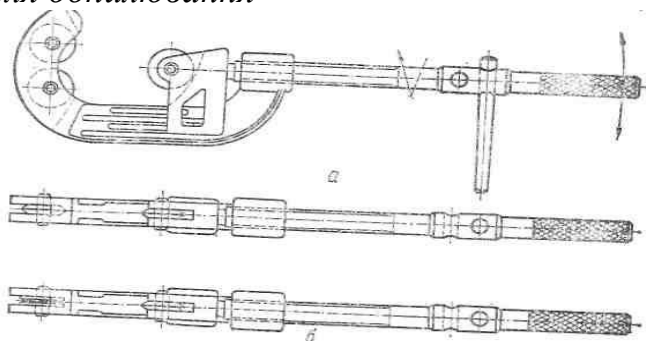


Рис.2

9. Чим ще крім знайомих інструментів можна виконувати різання металів?

*А) Ацетиленовим полум'ям з використанням спеціального пальника*

*Б) Електроконтактний спосіб*

*В) Електроіскровий спосіб*

*Г) Переносний пристрій ПРП5-2*

10. На рисунку 3 зображено:

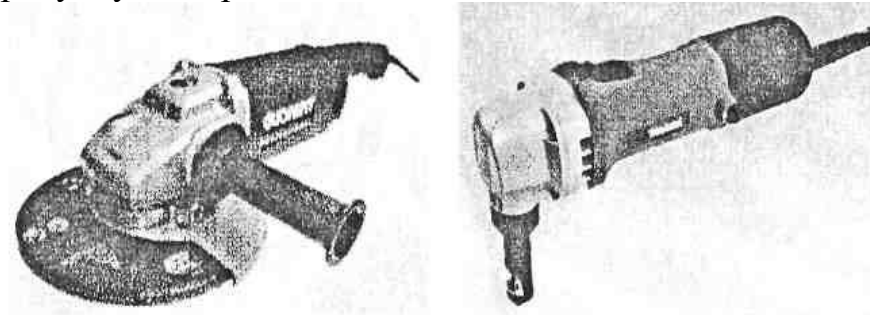


Рис.3

*А) Електролобзик та кутова шліфувальна машина*

*Б) Листові ножиці та висічні ножиці*

*В) Важільні ножиці та «болгарку»*

*Г) Висічні ножиці та кутова шліфувальна машина*

11. Встановіть відповідність між браком та причинами його виникнення:

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| А) Косий розріз металу                | 1)неправильне затискання у лещатах  |
| Б) Пошкодження (пом'ятість) заготовки | 2) недотримання заданих розмірів через не правильне розмічання або розрізання не по рисці |
| В) Зломлений край заготовки           | 3) відламування торця заготовки   |

12. Впишіть невивстаючі складові ножівки:

1. Гайка-баранець,
- 2.
- 3.
4. Ножівкове полотно...

### Тестові завдання з теми: Рубання металу

Дайте однозначну відповідь «так» або «ні», якщо ви згодні або ні з наступними твердженнями

1. Рубання – слюсарна операція, при якій із заготовки зрізують зайвий шар металу або розрубують її на частини.

2. До ударних інструментів відносять зубило і крейцмейсель.

3. Точність обробки при рубанні повинна становити 0,5 – 1мм.

4. Під час рубання потрібно використовувати молотки з квадратним бойком.

**Виберіть правильну відповідь**

5. Зубило і крейцмейсель виготовляють з таких марок матеріалів:

А) КМ, КФ

Б) БФ-4, БФ-6, ВС-10, БФ-2

В) У10А, У12А, Р9, Р18, ВК6, ВК8, Т15К6

Г) У7, У7А, У8А, 7ХВ, 8ХВ

Д) У13А, У12А, Р9 та ін.

6. Для різних слюсарних операцій молотки вибирають так, щоб на 1мм різальної кромки зубила припадало:

А) 38г маси молотка

Б) 42г маси молотка

В) 40г маси молотка

Г) 45г маси молотка

Д) 50г маси молотка

7. Для рубання чавуну і бронзи лезо зубила повинно бути загострено під кутом:

А) 60°

Б) 70°

В) 35°

Г) 45°

Д) 30°

Е) 120°

8. Найчастіше при рубанні, щоб працювати довго і не втомлюватися застосовую удар :

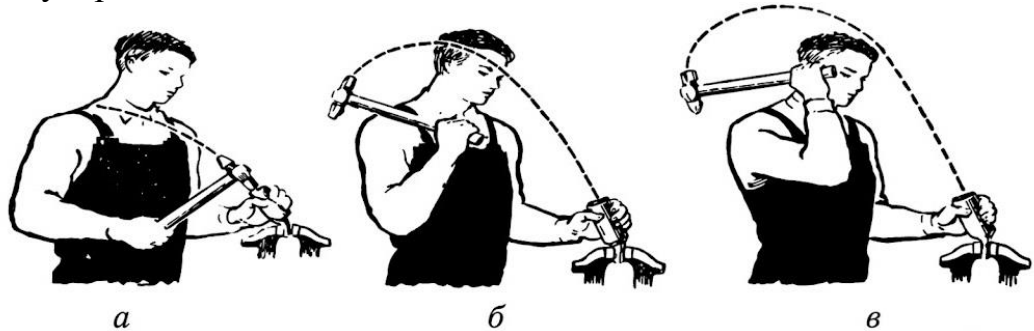


Рис.4 Удари молотком

а – кистьовий; б – ліктювий; в – плечовий.

9. Крейцмейсель застосовують при:

А) вирубванні вузьких канавок

Б) шпонкових пазів

В) для зрубання поверхневого шару з широкої плити

Г) вирубвання круглих отворів

10. Пневматичний рубальний молоток РМ-5 складається з:

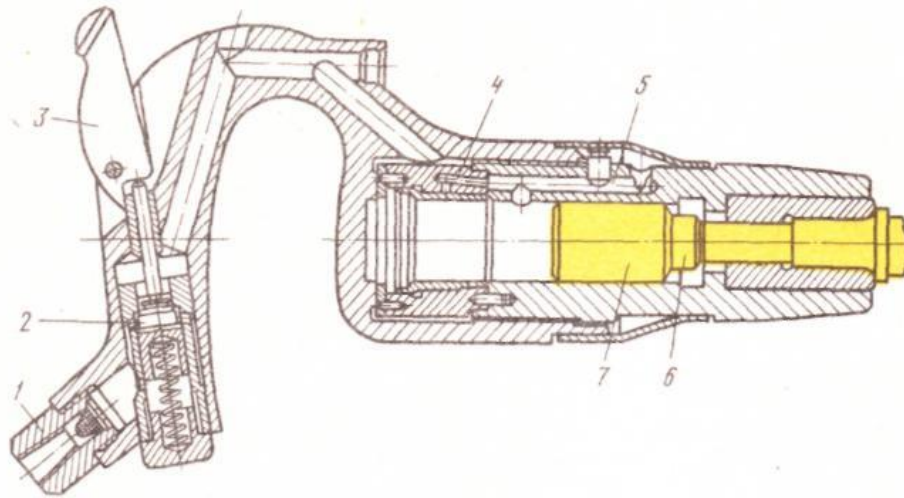


Рис.5 Пневматичний рубальний молоток РМ-5

А) 1- корпус, 2 – рукоятки, 3 – плашка, 4 – планшайба, 5 – важеля.

б – зубчасте колесо, 7 - клапан

Б) 1- штуцер, 2 – вал, 3 – конічне колесо, 4 – шпindelь, 5 – рукоятка, 6 – зубчасте колесо, 7 - ударник

В) 1 – корпус, 2 – рукоятка, 3 – ніпель, 4 – клапан, 5 – золотник, 6 – робоча камера, 7 - важіль

Г) 1 – штуцер, 2 – клапан, 3 – курок, 4 – золотник, 5 – камера робочого ходу,

б – камера зворотного ходу, 7 - ударник

**11. Встановіть відповідність між несправностями та їх причинами, які можуть виникати у пневматичних молотків:**

|  |   |
|--|---|
| <b>А)</b> Велике витрачання стиснутого повітря               | <b>1)</b> На деталі, що труться потрапив сторонній предмет, через забруднене повітря  |
| <b>Б)</b> Заїдання ударника або золотника                    | <b>2)</b> перебільшена норма зношування клапана і букси, золотника і золотникового барабану, ударника та стволу, кінцевої букси |
| <b>В)</b> Зменшене число ударів при слабому одиничному ударі | <b>3)</b> Недостатній тиск стиснутого повітря у повітряному проводі   |

**12. Впишіть невивстаючі складові молотка:**

1. Бойок
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. Рукоятка

**Практична робота № 5 «Обпилювання металу»**

**Мета практичної роботи:** Закріплення і поглиблення теоретичних знань з технології металів, отримання навиків практичної роботи на металорізальних верстатах.

**Завдання практичної роботи:** Вивчити технологічні процеси оброблювання деталей, будову обладнання, інструментів, пристроїв та організацію робіт. Набути навиків практичної роботи на робочих місцях верстатника і слюсаря механоскладальних робіт.

**Зміст практичної роботи:**

Вправа в триманні терпуга, у правильній постановці корпусу і ніг при обпилюванні. Вправа в рухах і балансуванні терпуга при обпилюванні широких поверхонь.

Обпилювання широких, вузьких і плоских поверхонь, з перевіркою площини лекальною лінійкою.

Обпилювання плоских поверхонь, сполучених під зовнішнім і внутрішнім кутом 90. Обпилювання поверхонь, сполучених під гострим і тупим кутом (зовнішнім і внутрішнім).

Перевірка площини лекальною лінійкою. Перевірка кутів косинцем, шаблоном і простим кутоміром. Вправа у вимірі деталей вимірювальною лінійкою і штангенциркулем.

Обпилювання паралельних плоских поверхонь.

Обпилювання поверхонь циліндричних стрижнів і фасок на них.

**Порядок виконання роботи.**

1. розташування деталі;
2. підготовка інструменту;
3. закріплення заготовки;
4. подальша обробка обпилюванням;
5. порядок виконання роботи обпилювання металу.

## Тестові завдання з теми: Обпилювання

Дайте однозначну відповідь «так» або «ні», якщо ви згодні або ні з наступними твердженнями:

1. Обпилювання – слюсарна операція, при якій відбувається знімання шару матеріалу за допомогою ріжучого інструменту (напилка).

2. До ріжучих інструментів відносять абразивний круг і кордова щітка.

3. По частоті насічки відповідно до ГОСТ 1465-69 на 10мм довжини напилки поділяють на чорнові №0 і 1; личкувальні №2 і 3; та бархатні №4 і 5.

4. Перед обпилюванням слюсарю 5-го тарифного розряду треба виконувати kleпання молотком з квадратним бойком та шабрування кутовою шліфувальною машинкою.

**Виберіть правильну відповідь:**

5. Напилки виготовляють із інструментальної високовуглецевої сталі, швидкоріжучих сталей та легованих сталей таких марок:

А) КМ, КФ

Б) БФ-4, БФ-6, ВС-10, БФ-2

В) У10А, У12А, Р9, Р18, ВК6, ВК8, Т15К6, СР, ПН, ТРЮФЕ

Г) У12А, У13А, Р9, Р7Т, ШХ9, ШХ15

Д) У13А, У12А, Р9 та ін.

6. Назвіть види насічок напилків:

А) зубчаста, дрібнозерниста, алмазна, флюсова, шаберна

Б) плоскі тупоносі, напівкруглі, ножівкові, ромбічні, тригранна, овальна

В) одинарна, хвильова, рашпільна, подвійна

Г) не знаю

Д) немає правильної відповіді

7. Від чого залежить вибір відповідного напилка для даної операції чи матеріалу?

А) приблизно 12мм

Б) сталь товщиною до 1мм та сталевий дріт

В) 35°

Г) від матеріалу, виду обпилювання, величини шару матеріалу, що підлягає зніманню

Д) більше 5мм

Е) величини оброблювальної деталі

8. На рис.1 а), б), в), г) зображено:

А) на всіх зображено заборонені прийоми насаджування рукоятки на напилки

Б) на а) та б) насадження рукоятки, а на в) та г) зняття

В) обпилювання

Г) немає правильної відповіді

Д) не знаю

Е) варіант Б) тільки навпаки

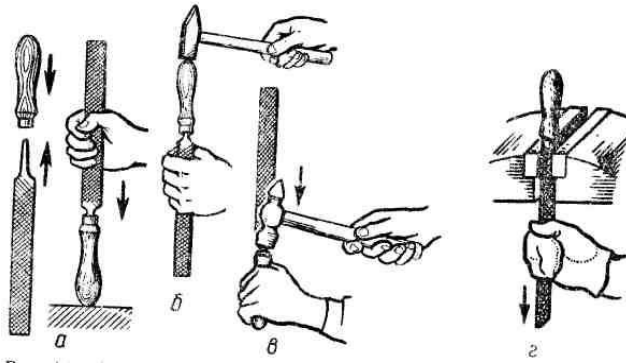


Рис.1

9. Найчастішими дефектами при обпилюванні є такі:

А) нерівності поверхонь і завали країв

Б) вм'ятини або пошкодження поверхні заготовки при неправильному затисканні її в лещатах

В) неточність розмірів, задири та подрятини на поверхні металу

Г) скіс кромки

10. На рисунку 2 зображено електричний напилек конструкції Судаковича, який складається з таких основних частин:

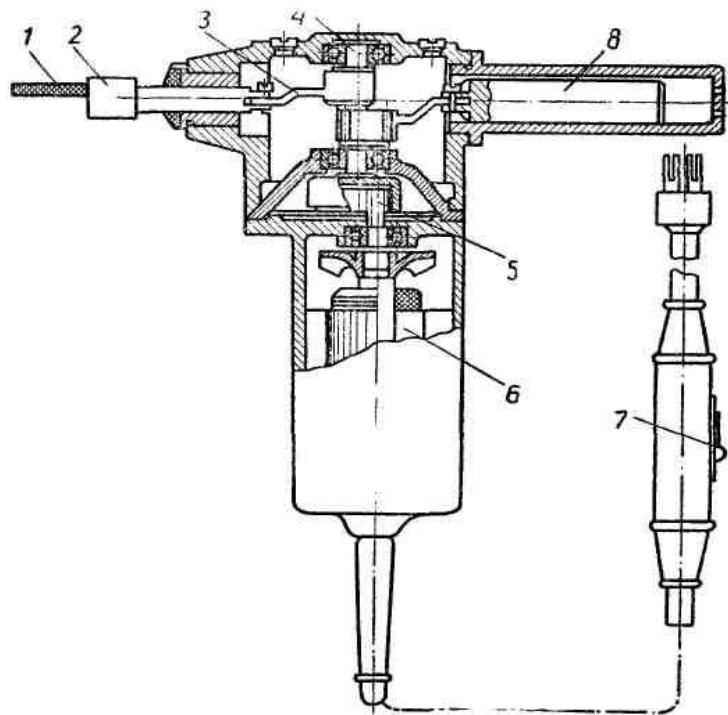


Рис.2 Електричний напилек

А) 1- корпус, 2 – рукоятки, 3 – плашка, 4 – планшайба, 5 – важеля. 6 – зубчасте колесо, 7 – клапан, 8 - балансір.

Б) 1 – напилек, 2 - рукоятка, 3 - ніпель, 4 – клапан, 5 – золотник, 6 – робоча камера, 7 - важіль, 8 - балансір.

В) 1- итуцер, 2 – вал, 3 – конічне колесо, 4 – шпindelь, 5 – рукоятка, 6 – зубчасте колесо, 7 – ударник, 8 – балансір.

Г) 1 - напилек, 2 - патрон, 3 - шатун, 4 - колінчастий вал, 5 - зубчаста пара, 6 – електродвигун, 7 – кнопка пуску електродвигуна, 8 – балансір.

# Інструкційно-технологічна картка

Таблиця 1

| № з/п | Зміст завдання та послідовність виконання | Обладнання, інструмент, пристосування  | Технічні умови і вказівки щодо виконання завдання   | Малюнок (схема)  |
|-------|---|--|---|--|
| 1.    | Суть обпилювання                          |  | Обпилювання-операція, від час виконання якої з поверхні заготовки знімається шар металу за допомогою різального інструменту – напилка   |  |
| 2.    | Мета обпилювання                          |  | Мета обпилювання полягає в тому щоб надати деталям потрібних форм, розмірів і заданої шорсткої поверхні.  |  |
| 3.    | Види обпилювання                          |  | У практиці слюсарної обробки найчастіше застосовують такі види обпилювальних робіт:<br>- обпилювання зовнішніх плоских і криволінійних поверхонь;<br>- Обпилювання зовнішніх і внутрішніх кутів, а також складних або фасонних поверхонь;<br>- обпилювання заглиблень, отворів, пазів і виступів.   |  |
| 4.    | Прийоми обпилювання                       | Слюсарний стіл, лещата спецодяг, набір інструменту для обпилювання поверхонь | Успішність виконання операції обпилювання залежить від правильного закріплення заготовки в лещатах, правильного положення (корпуса, ніг і рук) й раціональних робочих рухів у процесі обпилювання.<br>Деталь затискають у лещатах так, щоб оброблювана поверхня її виступала над губками лещат не більше як на 5-8мм.<br>Положення робітника відносно лещат залежить від характеру обпилювання. Найзручнішим вважають таке, за якого корпус робітника утворює кут 45градусів з лінією, що проходить через губки лещат.<br>У процесі обпилювання на напилку треба натискати тільки під час його руху в перед. На початку ходу напилка треба натискання лівою рукою має бути максимальним, а правою мінімальним. При переміщенні напилка в перед натискання правою рукою треба збільшувати, а лівою зменшувати. | <p style="text-align: center;">Прийоми обробки обпилюваних поверхонь напилком (а), дерев'яним бруском (б) увігнуті поверхні абразивною шкуркою (с) та прийом очищення напилка скребокми (д)</p> <p style="text-align: center;">Напрямок руху напилка поперечним (а), подовжнім (б), перехресним (с) і коловим (д) штрихами</p> |



## **Практичне роботи № 6 «Свердління, зенкування, розгортання»**

**Мета практичної роботи:** Закріплення і поглиблення теоретичних знань з технології металів, отримання навиків практичної роботи на металорізальних верстатах.

**Завдання практичної роботи:** Вивчити технологічні процеси оброблювання деталей, будову обладнання, інструментів, пристроїв та організацію робіт. Набути навиків практичної роботи на робочих місцях верстатника і слюсаря механоскладальних робіт.

### **Зміст практичної роботи:**

Вправа в керуванні свердлувальним верстатом, його накладка (при установці заготовки в тисках, на столі, у залежності від довжини свердла і глибини свердління і т.п.). Свердлування наскрізних отворів по кондукторі, накладним шаблонам.

Свердлування наскрізних отворів із застосуванням упорів, мірних лінійок, лімбів і т.п. Розсвердлювання отворів. Свердлування ручним дрилем. Свердлування з застосуванням механізованих ручних інструментів. Заправлення елементів свердел, що ріжуть.

Підбір зенківоч і зенкерів в залежності від призначення отвору і точності його обробки; налагодження верстата. Зенкерування наскрізних циліндричних отворів.

Зенкування отворів під голівки гвинтів і заклепок. Підбір твердих і регульованих розгорнень у залежності від призначення оброблюваного отвору. Розгортання циліндричних і глухих отворів вручну і на верстаті. Розгортання конічних отворів під штифти.

### **Тестові завдання з теми: Свердління**

**Дайте однозначну відповідь «так» або «ні», якщо ви згодні або ні з наступними твердженнями:**

1. Свердління – це слюсарна операція, яка дає можливість отримувати отвори та заглиблення у суцільному матеріалі різанням .

2. До ріжучих інструментів у свердлінні відносять абразивний круг та кутова шліфувальна машинка.

3. Робоча частина спірального свердла має ріжучу та направляючу складові.

4. Величина кута при вершині свердла залежить від твердості оброблювального матеріалу і становить  $60^{\circ}$  -  $120^{\circ}$

### **Виберіть правильну відповідь чи твердження:**

5. Відповідно до прийнятої класифікації свердлильні станки по технологічному признаку поділяються на ... основних типів:

А) 4

Б) 5

В) 6

Г) 7

Д) 8

6. Для виготовлення свердел, як правило, застосовують такі матеріали:

- А) КМ, КФ
- Б) БФ-4, БФ-6, ВС-10, БФ-2
- В) У10А, У12А, 9ХС, Р9, Р18, ВК6, ВК8, Т15К6
- Г) У10, У12, У10А, У12А, Р9, Х6ВФ, Х12Ф1
- Д) У13А, У12А, Р9 та ін.
- Е) не знаю
- Є) немає правильної відповіді

7. Продуктивність та економічність свердління залежить від вибору режимів різання до яких належать...:

- А) діаметр свердла
- Б) товщина матеріалу, в якому виконують отвір
- В) кут при вершині свердла повинен становити 35°
- Г) подача
- Д) більше 5мм/с
- Е) швидкість різання

8. На рисунку 1 а), б), в) зображено:

А) вертикально – свердлильний станок, шпиндель розточного станка та радіальний автомат

Б) чотирьохшпиндельний станок, багатошпиндельна свердлильна головка та радіально свердлильний станок

В) вертикально – свердлильний станок, шпиндель розточного станка та головка з регульовальними різцями

Г) багатошпиндельна свердлильна головка, токарний станок та чотирьохшпиндельний станок

- А)
- Б)
- В)

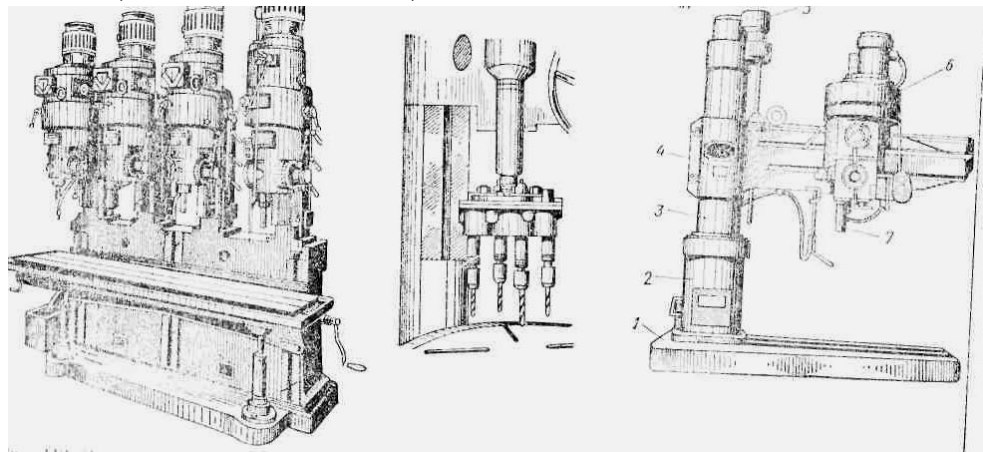


Рис. 1

9. Найчастішими дефектами після свердління є такі:

- А) груба поверхня отвору
- Б) діаметр просвердленого отвору більший за даний
- В) зміщення осі отвору та її перекошення
- Г) нерівності поверхонь і завали країв

10. На рисунку зображено дріль з тріщіткою, яка складається з таких основних частин:

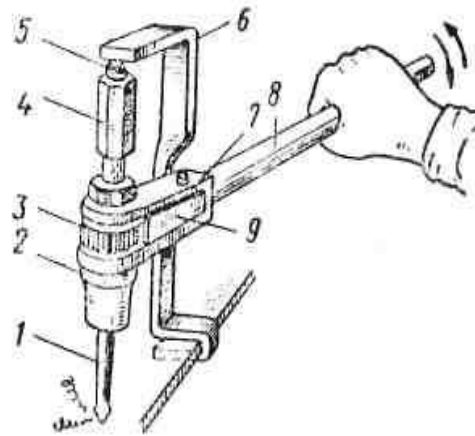


Рис.2 Дриль з тріщіткою

А) 1- корпус, 2 – рукоятки, 3 – плашка, 4 – планшайба, 5 – важеля.  
6 – зубчасте колесо, 7 – клапан, 8 – балансир, 9 - пружина .

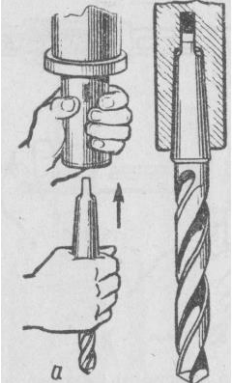
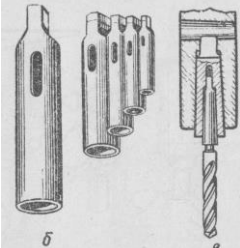
Б) 1 – напилек, 2 – рукоятка, 3 – ніпель, 4 – клапан, 5 – золотник, 6 – робоча камера, 7 – важіль, 8 – балансир, 9 - пружина.

В) 1- шуццер, 2 – вал, 3 – конічне колесо, 4 – шпindelь, 5 – рукоятка,  
6 – зубчасте колесо, 7 – ударник, 8 – балансир, 9 - пружина.

Г) 1 – свердло, 2 – шпindelь, 3 – храпове колесо, 4 – довга гайка, 5- корпусний упор, 6 – нерухома скоба, 7 – вилка, 8 – рукоятка, 9 - пружина .

### Інструкційно-технологічна картка

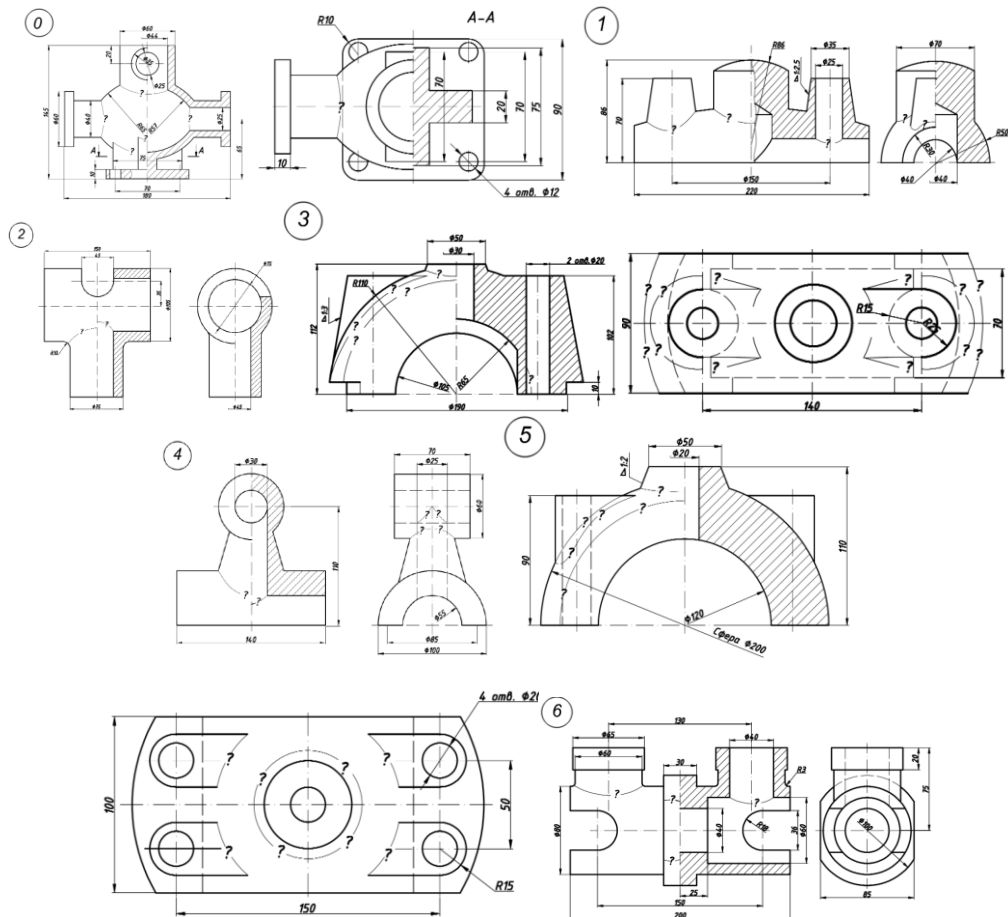
Таблиця 1

| № з/п | Зміст завдання та послідовність виконання | Обладнання, інструмент, пристосування                | Технічні умови і вказівки щодо виконання завдання  | Малюнок (схема)   |
|-------|---|--|--|---|
|       | Кріплення свердел.                        | Свердильний верстат, набір свердел,                  | Кріплення свердел, розверток, зенкерів і зенківок на свердильних верстатах залежно від форми хвостовика здійснюються трьома способами – безпосередньо в конічному отворі шпинделя, у перехідних конічних втулках і в свердильному патроні. У конічному отворі шпинделя конічний хвостовик утримується силою тертя, що виникає між конічними поверхнями. Лапка хвостовика входить у паз шпинделя й запобігає повертанню хвостовика. |  |
| 2.    | Кріплення свердла у перехідній втулці.    | Свердильний верстат, набір свердел, перехідні втулки | Здійснюються тоді, коли конус хвостовика інструмента менший за розмір конуса отвору шпинделя. На (рис. в) показано закріплення інструмента за допомогою перехідної втулки. Втулки із свердлом вставляють в отвір шпинделя верстата.  |  |

|    |                              |  |  |  |
|----|------------------------------|--|--|--|
| 3. | Кріплення свердла в патроні. | Свердлильний верстат, набір свердел, патрон. | Трикулачковий патрон забезпечує точне і надійне кріплення свердла. Обойма 3 міцно насаджена на гайку 2, на внутрішньому конусі якої є різьба, а на торці конічні зуби.   |  |
| 4. | Свердління за розміткою      | Свердлильний верстат, набір свердел, патрон. | За розміткою свердлять одиничні отвори. Попередньо на деталь наносять осеві риски, кругову риску 1, що визначає контури майбутнього отвору, і контрольну риску 2 діаметром, дещо більшим за діаметр майбутнього отвору. ; потім накернюють заглиблення в центрі отвору. Керновий отвір круга роблять глибше, щоб надати попередній напрям свердлу. (рис. а, б) |  |

### Виконати отвори згідно варіанту.

#### Варіанти завдань.





Нарізання зовнішніх правих і лівих різьб на болтах, шпильках і трубах.  
Нарізання зовнішніх різьб вручну.

Підготовка отворів для нарізання різьб вручну.

Підготовка отворів для нарізання різьб мітчиками.

Нарізування різьб в наскрізних і глухих отворах. Нарізання різьб з застосуванням механізованих інструментів.

Контроль різьбових деталей.

### **Тестові завдання з теми: Нарізування різьби**

**Дайте однозначну відповідь «так» або «ні», якщо ви згодні або ні з наступними твердженнями**

1. Нарізуванням різьби називається її утворення зняттям стружки (а також пластичним деформуванням) на зовнішніх або внутрішніх поверхнях деталей заготовок.

2. Основними елементами різьби є: гвинтова лінія, профіль, крок, зовнішній та внутрішній діаметр.

3. У метричній різьбі кут між боковими гранями профілю різьби становить  $55^\circ$ .

4. Трубна циліндрична різьба – це дюймова різьба, але на відміну від останньої спряжується без зазорів і має заокругленні вершини.

**Виберіть правильну відповідь**

5. Кут профілю дюймової різьби становить:

А)  $45^\circ$

Б)  $55^\circ$

В)  $60^\circ$

Г)  $40^\circ$  6. Внутрішню різьбу нарізають мітчиком, зовнішню - ...:

А) круглою з відігнутим кінцем рейсмусовою насадкою та воротком

Б) плашкою та клупом

В) прогонкою, плашкою та іншими інструментами

7. Машинні мітчики поділяються на ...:

А) циліндричні

Б) конічні

В) гайкові

Г) із відігнутим хвостовиком

Д) плашкові

Е) маточні

Є) всі відповіді вірні

8. Мастильно-охолодна рідина, що використовується для нарізування різьби на сталі є:

А) без охолодження; 3...5%-на емульсія, гас

Б) суміш з 50% сірчаного масла та 50% гасу

В) емульсія; сірчане масло, змішані масла, сірчане масло з гасом

Г) вода при температурі  $65^\circ \text{C}$ , царська горілка, розчин мідного купоросу

9. Клуп складається з таких основних частин:

А) 1 - ніжок, 2 - основи, 3 - рамки, 4 - стопорного гвинта, 5 - штанги, 6 – голок для різної довжини, 8 – довгих рукояток, 9 - плашок

Б) 1 – довгі рукоятки, 2 - корпус, 3 – чотирьох плоских різбових плашок,

4 – планшайби, 5 – черв'як, 6 – важель, 7 – зубчастий сектор, 8 – напрямні плашки, 9 - рукоятка

В) 1 – запобіжний стержень, 2 – резервуар для чорнил, 3 – нагрівач, 4 – канали змішувача, 5 – труба, 6 – вентиль, 7 – насос

Г) 1 – рами, 2 і 7 – стискачів, 3 – лінійки, 4 – затискача, 5 – допоміжної шкали, 6 – стержня

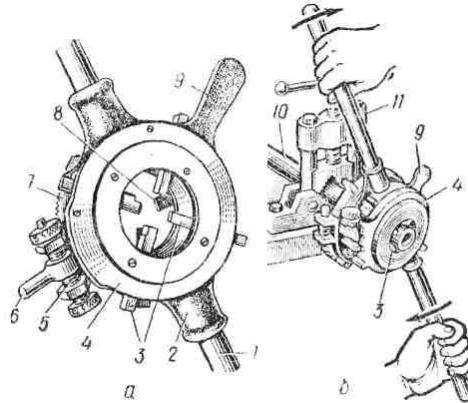


Рис.1 Клуп

10. Зрив різьби може виникати при:

А) тупому мітчику

Б) заниженому діаметрі отвору та забиванні стружкою мітчика

В) високій твердості матеріалу деталі

Г) незадовільне охолодження

**11. Встановіть відповідність:**

А) Рвана різьба 1 встановлювати та правильно працювати мітчиком

Б) Тупа різьба 2 правильно підібрати діаметри свердла мітчика чи плашки

В) Неточний профіль різьби 3 застосовувати інструмент потрібного діаметра

Г) Послаблена різьба 4 замінити інструмент, правильно вибрати МОР

Д) Туга різьба 5 замінити мітчик, збільшити охолодження

Е) Конусність різьби 6 встановлювати мітчик без перекосу

12. Впишіть невідсутні складові воротків Рис.1 Воротки:

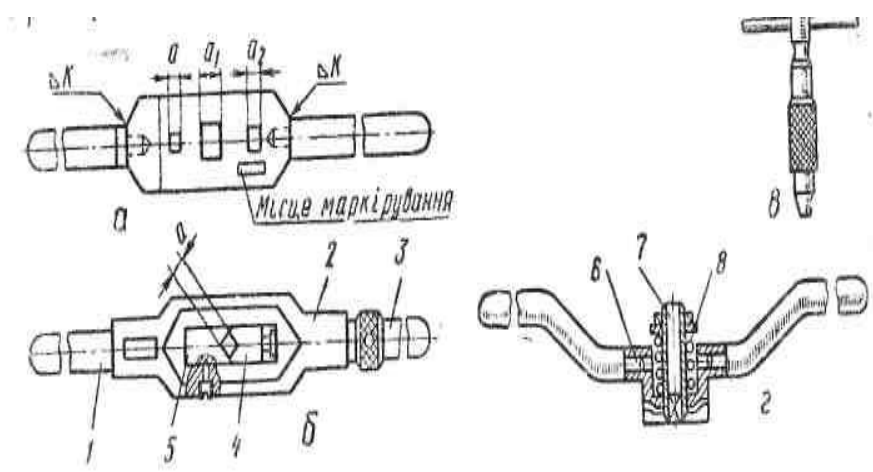


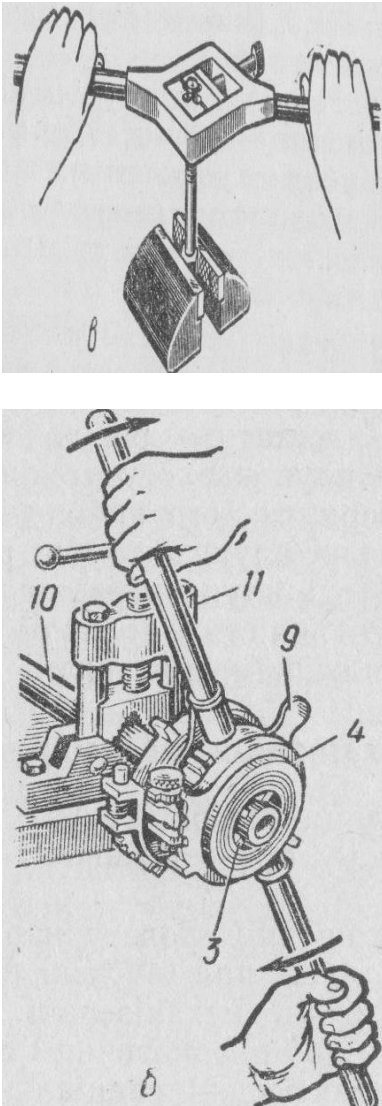
Рис.1 Воротки

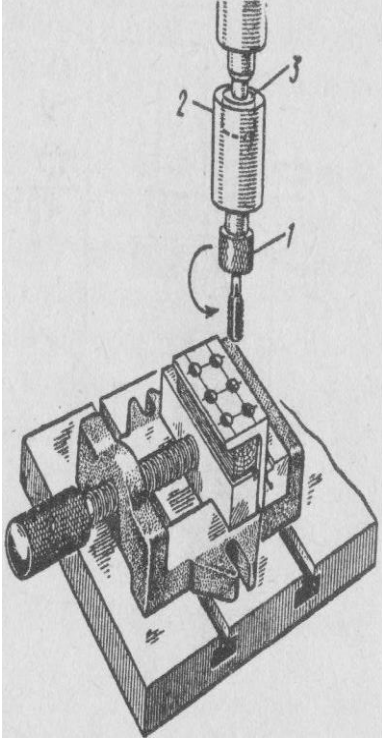
1, 3 – нерухома й рухома рукоятки;

**Інструкційно-технологічна картка**

**Таблиця 1**

| № з/п | Зміст завдання та послідовність виконання | Обладнання, інструмент, пристосування                                       | Технічні умови і вказівки щодо виконання завдання   | Малюнок (схема) |
|-------|---|---|---|-----------------|
| 1.    | Нарізування внутрішньої різьби.           | Лещата, кутник. Мітчик, плашки, клупи, воротки, верстак, запобіжний патрон. | Підбір свердел до свердління отворів різьбу. Розмір воротка – до закріплення мітчика вибирати залежно від діаметра останнього. Загальну довжину і діаметр рукоятки воротки визначають встановленими практичною формулами $L=20d+10$ і $d=0,5D+5$ ,  |                 |
| 2.    |   |   | де L – довжина воротка ; D – діаметр мітчика; d – діаметр рукоятки воротка. Після підготовки отвору різьбу і вибору воротки заготовку закріплюють в лещатах, і в цей отвір вставляють вертикальний мітчик за кутником. Притискаючи лівою рукою вороток до мітчика, правою повертають його праворуч до тих пір, поки мітчик не вріжеться на кілька ниток в метал і не займе стійкого положення, після чого |                 |

|    |  |                                       |  |  |
|----|--|---------------------------------------|--|--|
|    |  |                                       | <p>вороток беруть за рукоятки двома руками й обертають перехопленням рук чергою кожні півоберта. Для полегшення роботи вороток з мітчиком обертають весь час за годинниковою стрілкою, а здійснюють один-два оберти праворуч і пів оберта ліворуч і так далі. Закінчивши. Обертання воротка у зворотній бік викручують мітчик з отвору</p>   |  |
| 3. | <p>Нарізування зовнішньої різьби:<br/>1. на стержні<br/>2. на трубі.</p> | <p>Лещата, кутник. плашки, клупи.</p> | <p><b>1.</b> Положення рук, координація рухів та необхідність натискання на плашку у началі врізування. Конструкція рухів у процесі нарізування різьби. Необхідність зворотних рухів для зрізання стружки. Необхідність змащення. Контроль довжини нарізної частини стержня.<br/>При нарізуванні різьби плашкою стержень закріплюють у лещатах так, щоб його виступаючий над рівнем губок кінець був на 20..25 мм більшим за довжину нарізаної частині. Для забезпечення врізування на стержні знімають фаску.<br/>Потім на стержень накладають закріплену у клуп плашку і з незначним натискуванням обертають клуп так, щоб плашка врізалася на одну, дві нитки. Після нарізувану частину стержня змащують маслом і обертають клуп з рівномірним тиском на обидві рукоятки..<br/><b>2.</b> Підготовка - обпилювання фаски на трубі. Закріплення труби</p> |  |

|    |   |   |   |  |
|----|---|---|---|--|
|    |   |   | <p>– горизонтально в трубному прижилі або у лещатах із застосуванням дерев'яних прокладок. Довжина обпилювальної фаски не менше 4-5 мм. Кінець нарізаної труби закріпити в трубному затискачі, змастити мастилом. Встановити клуп на трубу обертати клуп навколо труби в чотири прийоми, тобто за кожен прийом повернути його приблизно на 90 градусів. Перевірити якість різьби</p>  |  |
| 4. | Нарізування внутрішньої різьби за допомогою свердлильного верстата. | Лещата, кутник. Мітчик, верстак, запобіжний патрон. | <p>Встановлення деталі у машинні лещата – на підкладку з отвором. Встановлення мітчика у патрон. Настроювання верстата на частоту обертів шпинделя. Оберти мітчика в початкове положення – зворотнім ходом верстата. Застосування способу нанизання гайок на хвостовик мітчика. Запобіжний патрон встановлюють у шпиндель верстата, як звичайний патрон з конічним хвостовиком. Мітчик вставляють у цангу патрона і закріплюють накидною гайкою. Свердлильний верстат налагоджують на швидкість різання 5..8 м/хв.. Після вмикання верстата перевіряють мітчик на биття, потім його змащують маслом і нарізують різьбу. Мітчик регулюють на допустиме зусилля круглою гайкою 2, яка стопориться вінтом 3.</p> |  |

## Практична робота № 8 «Розпилювання і припасування»

**Мета практичної роботи:** Закріплення і поглиблення теоретичних знань з технології металів, отримання навиків практичної роботи на металорізальних верстатах.

**Завдання практичної роботи:** Вивчити технологічні процеси оброблювання деталей, будову обладнання, інструментів, пристроїв та організацію робіт. Набути навиків практичної роботи на робочих місцях верстатника і слюсаря механоскладальних робіт.

### Зміст практичної роботи:

Висвердлювання і вирубування прорізів отворів по розмітці.

Розпилювання по розмітці прорізів і отворів із прямолінійними сторонами. Обробка з застосуванням свердлувальних машин, обпилювально-зачищувальних, шліфувальних кіл і ін.

Обробка отворів складних контурів терпугами з застосуванням механізованих інструментів і різних пристосувань.

Перевірка форми і розмірів універсальними інструментами по шаблонах і вкладишам. Вправа у вимірюванні мікрометром.

Взаємне припасування двох деталей із прямолінійними контурами.

**Завдання для практичної роботи:** виготовити та припасувати вкладиш та пройму.

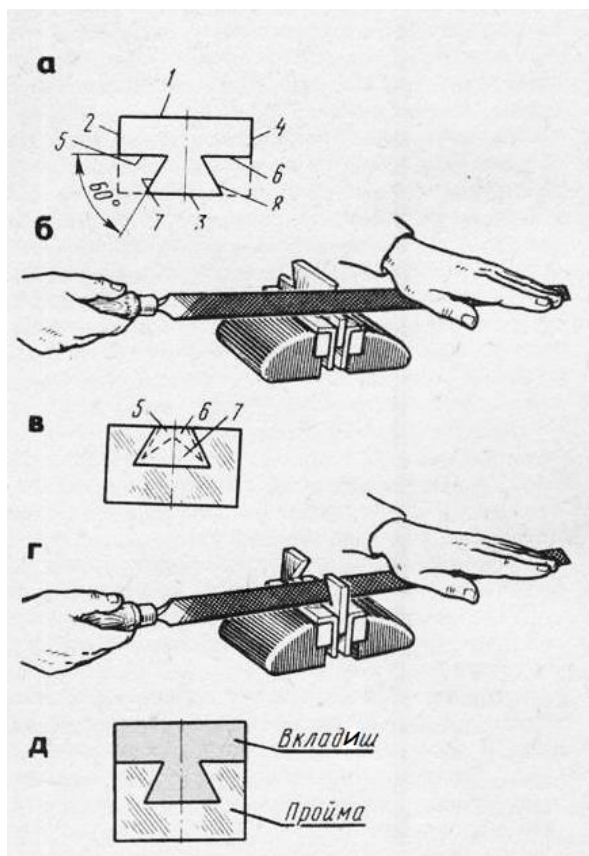


Рис.1. Виготовлення вкладиша

## Практична робота № 9 «Шабрування»

**Мета практичної роботи:** Закріплення і поглиблення теоретичних знань з технології металів, отримання навиків практичної роботи на металорізальних верстатах.

**Завдання практичної роботи:** Вивчити технологічні процеси оброблювання деталей, будову обладнання, інструментів, пристроїв та організацію робіт. Набути навиків практичної роботи на робочих місцях верстатника і слюсаря механоскладальних робіт.

### Зміст практичної роботи:

Підготовка плоских поверхонь під шабрування. Вибір пристосувань, інструментів і допоміжних матеріалів для шабрувальних робіт.


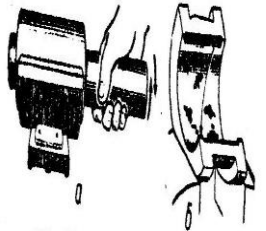
Шабрування плоских поверхонь. Шабрування рівнобіжних і перпендикулярних плоских поверхонь і поверхонь, сполучених під різними кутами.

Шабрування криволінійних поверхонь.

Заточування і заправлення шаберів для обробки плоских і криволінійних поверхонь.

### Інструкційно-технологічна картка

**Таблиця 1**

| № з/п | Зміст завдання та послідовність виконання                           | Обладнання, інструмент, пристосування                       | Технічні умови і вказівки щодо виконання завдання   | Малюнок (схема)  |
|-------|---|---|---|--|
| 1.    | Прийоми шабрування плоских поверхонь:<br>-«від себе»<br>-« на себе» | Слюсарний верстак, лещата, заготовка, набір шаберів, фарба. | Перед шабруванням поверхню фарбують. Процес шабрування «від себе» полягає у поступовому знятті металу з ділянок де є сірі плями. Правою рукою шабер тримають за рукоятку. А лівою натискають на кінець шабера (рис а) До оброблюваної поверхні шабер встановлюють під кутом 25...30°; різальна кромка має знаходитись на пофарбованій поверхні. Метал знімають скоблінням. Робочим ходом є рух вперед, тобто « від себе».<br>При прийомі -« на себе». Шабер беруть за середню частину (стержень) обома руками і встановлюють лезо до оброблюваної поверхні під кутом 60...75°, а не 25...30° як при шабруванні «від себе» верхня частина шабера впирається в плече працюючого. Робочий рух шабера здійснюється «на себе». |  <p style="text-align: center;">Прийоми шабрування:<br/>а) « від себе» б) «на себе»</p>                   |
| 2     | Шабрування криволінійних поверхонь                                  | Слюсарний верстак, лещата, заготовка, набір шаберів, фарба. | На вал або на шийку вала, з якою спряжуватиметься підшипник. Рівномірно наносять тонкий шар фарби, встановлюють вал у вкладиш підшипника (рис. а) або вкладиш підшипника на шийку вала і легким зусиллям повертають його. Після чого вал знімають (рис. б) і шабрують тригранним шабером виступаючі місця (рис.в). Шабер нахилиють так, щоб метал знімала середня частина різальної кромки. Правою рукою шабер тримають за рукоятку, ледь обертаючи, а лівою притискають його до оброблюваної поверхні. Шабрування продовжують доти. Поки не буде потрібної кількості плям, що визначають шаблоном сіткою (рис.г).  |  <p>а-перенесення фарби з вала на підшипник; б- сліди фарби;<br/>в-прийом шабрування; г- шабер-сітка.</p> |

## Практична робота № 10 «Притирання і доведення»

**Мета практичної роботи:** Закріплення і поглиблення теоретичних знань з технології металів, отримання навиків практичної роботи на металорізальних верстатах.

**Завдання практичної роботи:** Вивчити технологічні процеси оброблювання деталей, будову обладнання, інструментів, пристроїв та організацію робіт. Набути навиків практичної роботи на робочих місцях верстатника і слюсаря механоскладальних робіт.

### Зміст практичної роботи:

Перевірка розмірів деталей, що підлягають притиранню.

Підготовка матеріалів для притирання в залежності від призначення і точності притирання. Насичення притирань абразивами. Ручне притирання робочих поверхонь шаблонів для криволінійних профілів.

Машинно-ручне притирання і доведення робочих поверхонь шаблонів, граней, різців і т.п.

Монтажне притирання робочих поверхонь клапанів і клапанних гнізд, кранів з конічною пробкою. Контроль оброблених деталей по лекалах, лекальним косинцям, лінійкам, вимір мікрометром.

**Завдання для практичної роботи:** виготовити та припасувати вкладиш та пройму.

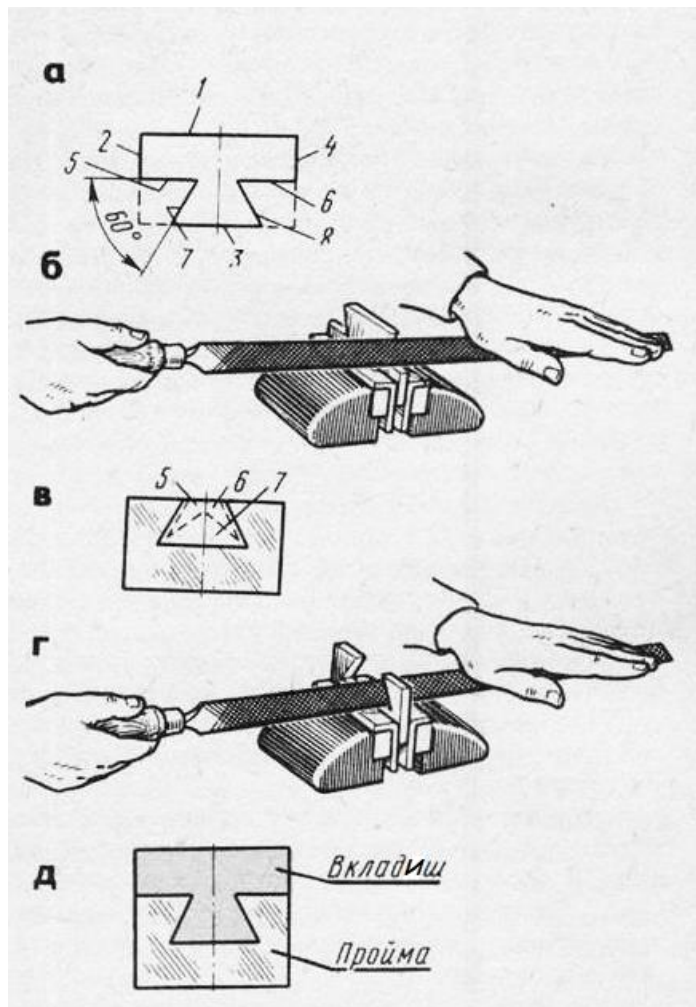


Рис.1. Виготовлення вкладиша

## Тема 2. Будова і налагодження токарно-гвинторізного верстата

**Мета роботи:** вивчити будову, кінематику і керування токарногвинторізним верстатом, призначення і дію його механізмів; навчитися налагоджувати механізми верстата на нарізування різей і точіння конічних поверхонь.

**Обладнання, матеріали та інструменти:** токарно-гвинторізний верстат, патрони, токарні центри, хомутик, прохідні, підрізні і різці для нарізи, комплект гайкових ключів, заготовки, мікрометр, штангенциркуль, калібр-пробка, калібр-втулка, шаблон для нарізи, шаблон для загострювання різців і установа його в різцетримачі, індикатор із стояком.

Теоретичні відомості:

На токарних верстатах можна виконувати різні види робіт, зокрема оброблювати нарізи і конічні поверхні. Сучасні токарні верстати забезпечують їх налагодження на заданий крок нарізи переважно без змінних коліс.

Налагодження універсальних токарно-гвинторізних верстатів на різні роботи зводиться до підбору передатних чисел передач коробки швидкостей, подач та інших механізмів. Це здійснюють, як правило, перемиканням відповідних важелів. При цьому не виконують спеціальних розрахунків для визначення параметрів налагодження кінематичних ланцюгів. Такі розрахунки проводять лише при нарізуванні особливо точних і з ненормалізованим кроком різей, а також на верстатах більш ранніх випусків.

У цьому разі розрахунок здійснюють, використовуючи рівняння кінематичного балансу ланцюга від шпинделя верстата до ходового гвинта подачі супорта:

$i_{об.шп} \cdot i_1 \cdot i_{зм} \cdot i_{к.п} \cdot t_r = t_p$ , де:  $i_1$  - передатне відношення передач від шпинделя до змінних коліс гітари;  $i_{зм}$  - передатне відношення змінних коліс гітари;  $i_{к.п}$  - передатне відношення механізмів коробки подач;  $t_r$ ,  $t_p$  - крок відповідно ходового гвинта і нарізуваної нарізи, мм.

Передатне відношення змінних коліс гітари при обробленні нарізи метричної нарізи становить:

$$i_{зм} = \frac{t_p}{i_1 i_{к.п} t_r}$$

Для оброблення дюймових нарізей (крок нарізи виражається кількістю ниток  $n$  на дюйм довжини, тобто  $t_p = 25,4/n$ ) передатне відношення змінних коліс:

$$i_{зм} = \frac{25,4}{n i_1 i_{к.п} t_r}$$

При обробленні модульної нарізи ( $t_p = \pi m$ ) передатне відношення змінних коліс гітари:  $i_{зм} = \frac{\pi m}{i_1 i_{к.п} t_r}$ , де:  $m$  - модуль нарізи, мм.

Для пітчевих нарізей крок дорівнює:  $t_p = 25,4\pi/p$ .

Передатне відношення змінних коліс гітари для пітчевої нарізи:

де:  $i_{зм} = \frac{\pi \cdot 25,4}{i_1 i_{к.п} t_r} p$  - пітч.

За передатним відношенням підбирають змінні колеса гітари:  $ac/bd = \text{ізм}$ , і перевіряють їх на умову зачеплення:  $a+b > c+15$ ;  $c+d > b+15$ .

При обробленні нарізі підвищеної точності верстат налагоджують так, що рух передається через змінні зубчасті колеса безпосередньо до ходового гвинта верстата повз коробку подач. У цьому разі  $ік.п = 1$ . Чим менше пар зубчастих коліс коробки подач у кінематичному ланцюзі подачі, тим точніший крок нарізі.

У багатозахідних нарізях розрізняють хід  $sr$  і крок нарізі  $tr$ . Ходом багатозахідної нарізі називають відстань між однойменними точками одного і того самого витка, виміряну паралельно осі нарізі, або відстань, на яку переміститься вздовж осі болт чи гайка за один його оберт.

Хід нарізі визначають за формулою:  $sr = tr \cdot k$ , де:  $k$  - кількість заходів.

Оброблення багатозахідної нарізі має таку особливість, що після нарізування першої нитки нарізувану деталь повертають (при нерухомому різці) на кут, що дорівнює  $360^\circ/k$ , і нарізають наступну нитку (захід). Поділ багатозахідних нарізей на заходи виконують кількома способами: за допомогою спеціальних пристроїв; зміщенням верхнього супорта з різцем в осьовому напрямку на крок нарізі; поворотом змінних зубчастих коліс гітари.

Як ділильні пристрої для повороту шпинделя на захід нарізі використовують поворотний патрон зі шкалою в градусах, повідковий патрон з отворами для встановлення пальця повідка тощо.

Точіння конічних поверхонь на токарному верстаті здійснюють такими способами: широким різцем, зміщенням корпусу задньої бабки, поворотом верхніх полозків супорта, за допомогою копіювально-конусної лінійки.

Широким різцем (рис.1, а) обробляють конуси завдовжки до 50 мм як з поперечною, так і з поздовжньою подачами.

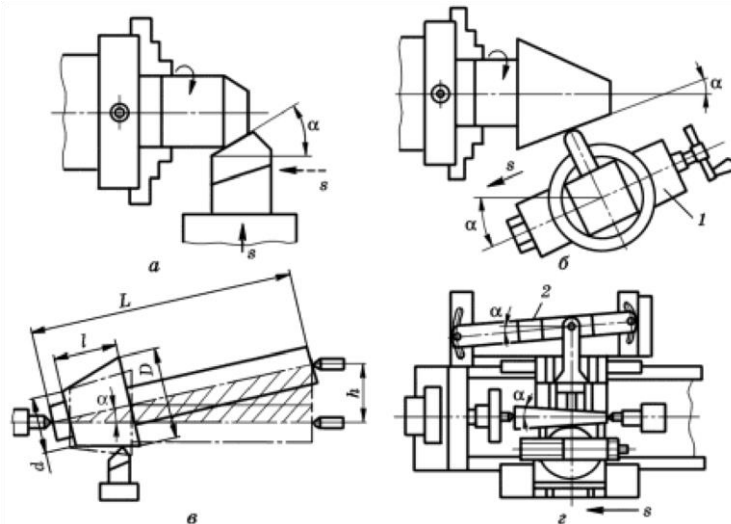


Рис. 1. Схеми точіння конічних поверхонь:

а - широким різцем; б - поворотом різцевих полозків 1; в - зміщенням корпусу задньої бабки; г - копіювально-конусною лінійкою 2

Поворот верхніх полозків супорта (рис. 1, б) використовують при обробленні коротких зовнішніх і внутрішніх конічних поверхонь.

Кут нахилу оброблюваної конусної поверхні (половина кута при

вершині конуса) беруть з креслення або розраховують за формулою

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D-d}{2l},$$

де:  $D, d$  - відповідно більший і менший діаметри конуса, мм;  $l$  - довжина конусної поверхні, мм. Кут повороту верхнього супорта встановлюють по лімбу з ціною поділки  $1^\circ$ .

Зміщення корпусу задньої бабки (рис. 1, в) застосовують при точінні зовнішніх конічних поверхонь з кутом конуса до  $8 \dots 10^\circ$ .

Зміщення корпусу задньої бабки визначають за формулою  $H = (D-d) L \cos \alpha / 2l$

де:  $L$  - довжина деталі, встановленої в центрах, мм;  $l$  - довжина конусної частини деталі, мм. При малих кутах ( $\alpha < 5^\circ$ ) зміщення корпусу задньої бабки становить  $h = (D-d)L/2l$

Точність оброблення конусів у такий спосіб невелика.

Точіння копіювально-конусною лінійкою (рис. 1, г) використовують на спеціально обладнаних верстатах. За допомогою такої лінійки можна обробляти зовнішні й внутрішні конічні поверхні з кутом при вершині до  $25^\circ$ . Спосіб забезпечує оброблення довгих заготовок з високою точністю і продуктивністю.

Токарно-гвинторізний верстат моделі 1К62 (рис. 2) призначений для оброблення зовнішніх, внутрішніх, циліндричних, конічних, фасонних і торцевих поверхонь, а також для нарізування метричних, дюймових, модульних і спеціальних різей. Верстат складається з основи 29, станини 28, коробки подач 2, коробки швидкостей 5, електричної шафи 20, супорта 26, задньої бабки 21. Органами керування є: 1 - рукоятка встановлення подачі та кроку нарізі; 3 - рукоятка вмикання коробки подач; 4, 8 - рукоятки встановлення частот обертання шпинделя; 6 - рукоятка встановлення кроку нарізі; 7 - рукоятка встановлення правої та лівої нарізі і подач; 9 - кнопка вимикання поздовжньої подачі; 10 - рукоятка поперечної подачі каретки супорта; 11 - рукоятка закріплення та повороту різцевої головки; 12 - рукоятка подачі різцевої головки; 13 - рукоятка вмикання подач з кнопкою прискорених подач; 14 - рукоятка закріплення пінолі задньої бабки; 15 - рукоятка закріплення задньої бабки; 16 - вимикач насоса охолодження; 17 - маховичок переміщення пінолі задньої бабки; 18 - лінійний вимикач; 19 - вимикач місцевого освітлення; 22, 30 - рукоятки вмикання, вимикання та реверсування шпинделя; 23 - кнопка «Стоп» головного приводу; 24 - рукоятка вмикання гайки гвинта; 25 - кнопка «Пуск»; 27 - маховичок ручного поздовжнього переміщення каретки.

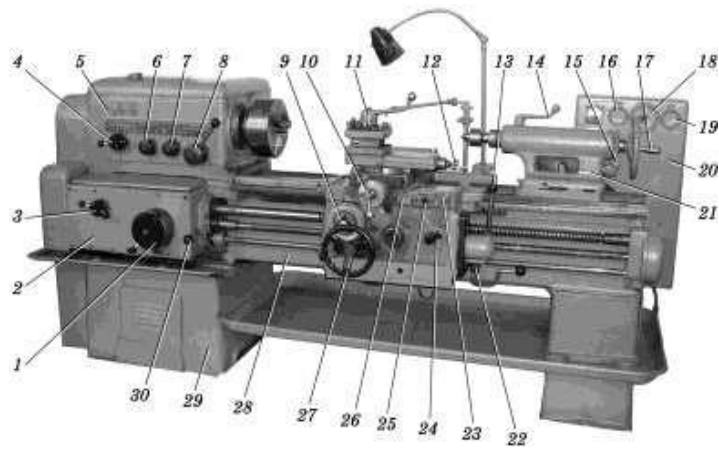


Рис. 2. Загальний вигляд токарно-гвинторізного верстата 1К62

Послідовність виконання роботи:

Нарізування однозахідної нарізі:

1. Вивчити загальну будову, керування, кінематичну схему токарного верстата та способи оброблення нарізі різцем.

2. Відповідно до завдання вибрати режим точіння заготовки під нарізь (табл. 1).

Режим точіння заготовок зі сталі різцями, обладнаними пластинами з Т15К6  
Таблиця 1.

| Шорсткість поверхні Ra | Подача s, мм/об | Швидкість різання, м/хв, при глибині різання, мм |           |           |
|------------------------|-----------------|--|-----------|-----------|
|                        |                 | 0,5...1,0  | 1,0...2,0 | 2,0...5,0 |
| 0,63...1,25            | 0,10...0,20     | 340...265  | 285...239 | 257...208 |
| 1,25...2,5             | 0,20...0,32     | 296...242  | 250...219 | 225...190 |
| 20...80                | 0,33...0,50     | 270...196  | 228...182 | 205...160 |

3. Призначити режими оброблення нарізі (табл. 2).

Режим оброблення метричної нарізі на деталях із сталі

Таблиця 2

| Крок нарізі | Різець із швидкорізальної сталі |          |                         | Різець з пластиною з Т15К6 |          |                         |
|-------------|---------------------------------|----------|-------------------------|----------------------------|----------|-------------------------|
|             | Кількість ходів                 |          | Швидкість різання, м/хв | Кількість ходів            |          | Швидкість різання, м/хв |
|             | чорнових                        | чистових |                         | чорнових                   | чистових |                         |
| 0,75...1,00 | 3                               | 3        | 7...12                  | 2                          | 2        | 142                     |
| 1,25...1,50 | 4                               | 3        | 9...14                  | 3                          | 2        | 132                     |
| 1,75...3,00 | 6                               | 3        | 11...13                 | 5                          | 2        | 129                     |
| 3,00...4,00 | 7                               | 4        | -                       | 6                          | 2        | 122                     |

4. Рукоятками встановити режим точіння поверхні заготовки під нарізь.

5. Встановити заготовку і проточити поверхню під нарізь.

6. Встановити рукоятки на потрібні частоту обертання заготовки і подачу відповідно до кроку для оброблення нарізі.

7. Встановити різець для нарізі і провести ним оброблення на необхідні кількість ходів(табл. 2).

8. Правильність отриманого кроку нарізі перевірити штангенциркулем за десятьма нитками або наріземіром.

Нарізування багатозахідної нарізі:

1. Нарізати один захід нарізі так само, як для однозахідної, встановивши подачу, яка дорівнює ходу нарізі, а не її кроку.

2. Провести поділ на другий та наступні заходи нарізі одним із таких способів:

а) ділильним пристроєм, який має фланець з рисою (кріпиться на корпусі коробки швидкостей) і диск з шістдесятьма поділками (кріпиться на шпинделі).

Поділ виконують так. Рукоятками 22 або 30 (див. рис. 2) забезпечують зворотне обертання шпинделя та переміщення праворуч (для правозахідної нарізі) супорта, а потім прямо і одночасно вимикають електродвигун (вибираються зазори в кінематичному ланцюзі верстата). Рукоятку 3 ставлять у нейтральне положення. Повертають ділильний диск зі шпинделем вручну на потрібну кількість рисок залежно від кількості заходів нарізі і рукоятку 3 повертають у робоче положення.

Виставивши глибину, за кілька робочих ходів нарізають другий захід нарізі.

Рекомендується нарізувати всі заходи, залишивши припуск на чистові робочі ходи;

б) зміщенням різцевих полозків. Цей спосіб найпростіший, але не досить точний. При цьому спочатку вибирають зазор гвинта в гайці, а потім переміщують різець на крок нарізі. Під час поділу на другий та наступні заходи шпиндель не обертається;

в) за допомогою індикатора. Індикатор з магнітним стояком ставлять на верхній різцевий супорт, його кульку упирають в гладеньку частину патрона, а стрілка повертається з нуля до 1 мм. Переміщення різцевого супорта на крок нарізі контролюють індикатором.

3. Перевірити правильність отриманого кроку нарізі різеміром або шаблоном.

Оброблення конічних поверхонь зміщенням корпусу задньої бабки:

1. Підрахувати зміщення корпусу задньої бабки.

2. Змістити корпус задньої бабки гвинтами в поперечному напрямку на себе - при обробленні прямих конусів, від себе - при обробленні зворотних конусів. Зміщення контролюють штангенциркулем, індикатором або за шкалою (за наявності).

3. Установити заготовку в центрах з кульковими поверхнями робочого конуса. На заготовці поставити хомутик для обертання.

4. Вибрати режим точіння (див. табл. 1). Проточити конічну поверхню за кілька робочих ходів.

5. Виміряти діаметри конічної поверхні і за потреби виконати додаткове зміщення задньої бабки.

Оброблення конічних поверхонь поворотом різцевих полозків:

1. Згідно із завданням визначити кут повороту різцевих полозків (дорівнює половині кута при вершині конуса).

2. Вибрати режим точіння конічної поверхні з табл. 1 і визначити

частоту обертання шпинделя за найбільшим діаметром конуса.

3. Повернути різцеві полозки в потрібному напрямі на відповідний кут за шкалою з точністю  $1^\circ$  і закріпити.

4. Установити на верстаті заготовку, режим різання і різець.

5. Обточити конічну поверхню, подаючи різець вручну чи механічно (якщо вона є).

6. Після одного-двох робочих ходів виміряти розміри конічної поверхні і підрахувати дійсне значення кута. За потреби повернути полозки для забезпечення потрібного кута і його точності.

7. Виміряти розміри остаточно обробленої конічної поверхні і визначити дійсне значення кута.

**Контрольні запитання.** 1. Основні частини токарного верстата 1К62 і органи керування ним. 2. Передача руху в головному ланцюзі. 3. Передача руху від шпинделя при подачі різця і нарізуванні різних видів нарізі. 4. Способи точіння багатозахідних нарізей. 5. Способи точіння конічних поверхонь. 6. Яка послідовність налагодження токарногвинторізного верстата 1К62 на нарізування багатозахідних нарізей, точіння конічних поверхонь зміщенням корпусу задньої бабки і поворотом різцевих полозків? 7. Послідовність налагодження верстата на оброблення конічних поверхонь.

### Тема 3. Будова і налагодження універсально-фрезерного верстата і ділильної головки

**Мета роботи:** вивчити будову ділильної головки, послідовність розрахунків при налагодженні головки і фрезерного верстата на фрезерування зубців зубчастих коліс; одержати навички щодо методів і техніки поділу, фрезерування зубців зубчастих коліс.

**Обладнання, матеріали та інструменти:** фрезерний верстат, ділильна головка, набір дискових модульних фрез, заготовки, оправки, штангенциркуль, зубомір, індикатор зі стояком, набір ключів.

#### Теоретичні відомості.

Універсальний консольно-фрезерний верстат 6Р81 (рис. 1) призначений для фрезерування горизонтальних, вертикальних, фасонних поверхонь, різних граней, пазів, шліців валів, зубців циліндричних прямозубцевих і косозубцевих коліс, рейок, черв'ячних і конічних коліс, кулачкових та інших муфт, канавок свердел, зенкерів, мітчиків, розверток.

При фрезеруванні деталей з гвинтовими канавками стіл верстата може повертатися навколо вертикальної осі на потрібний кут. Верстат застосовують в одиничному, дрібно- і середньосерійному виробництвах. Керування верстатом здійснюють кнопками і ручками.

Основні частини верстата (див. рис. 1): 6 - станина; 9 - хобот; 10 - шпindel; 11 - підвіска; 12 - стіл; 13 - стіл поворотний; 23 - фундаментна плита; 24 - консоль; 25 - полочки стола; 26 - електрошафа.

Органи керування: 1 - ручка перемикачів напряму обертання шпинделя; 2 - ручка подачі холодильної рідини; 3 - кнопка вмикання двигуна шпинделя; 4 - маховичок ручної поздовжньої подачі стола; 5 - ручка перемикачів частот шпинделя; 7 - ручка перемикачів діапазону частот обертання шпинделя; 8 - квадрат переміщення хобота; 14 - ручка поздовжнього переміщення стола; 15 - ручка поперечного переміщення стола; 16 - ручка вертикального переміщення стола; 17 - маховичок ручного поперечного переміщення стола; 18 - ручка ручного вертикального переміщення консолі зі столом; 19 - ручка перемикачів подач; 20 - кнопка «Стоп»; 21 - ручка перемикачів діапазону подач; 22 - кнопка вмикання двигуна подач.

Ділильні головки і методика їх налагодження. Ділильні головки призначені для закріплення і періодичного повороту заготовки навколо осі на потрібний кут (поділ), неперервного обертання заготовки, узгодженого з її переміщенням. Універсальні ділильні головки дають можливість установити заготовку під кутом до столу. Найчастіше ділильні головки використовують на фрезерних верстатах. Їх можна застосовувати на розточувальних, свердлильних, довбальних та інших верстатах, а також як самостійні пристрої при розмічуванні й контролю.

Ділильні головки використовують при фрезеруванні зубців зубчастих коліс, канавок різальних інструментів (фрез, зенкерів, розверток, свердел), площин багатогранників тощо. Розрізняють ділильні головки для

безпосереднього поділу, універсальні та оптичні.

Найпоширенішими є універсальні ділильні головки, які застосовують для безпосереднього, простого, диференціального поділу і при нарізуванні гвинтових канавок (косозубцеві зубчасті колеса, канавки інструментів). Вони характеризуються найбільшим діаметром установлюваних заготовок. До складу ділильної головки (рис. 2, а) входять: ділильна бабка 6, задня бабка 1, люнет 2 і пристрої (трикулачковий самоцентрівний патрон, поводок з центром, гітара для диференціального поділу 7, гітара для обертання заготовки від ходового гвинта стола, змінні зубчасті колеса).

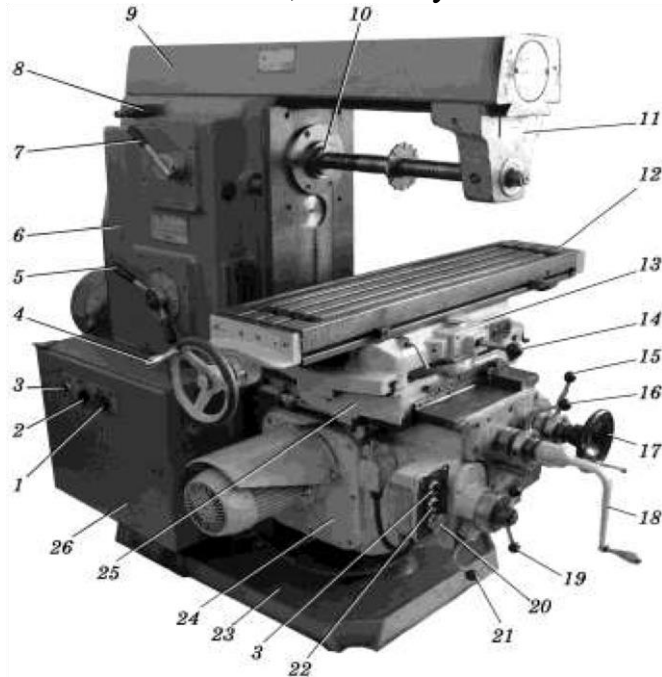


Рис. 1. Основні частини і органи керування верстата моделі 6P81

Задня бабка 1 забезпечує вищу жорсткість закріплення заготовки під час оброблення, центр задньої бабки може переміщатись у вертикальному напрямку і повертатися зміщенням корпусу по пазах основи. У горизонтальному напрямку центр задньої бабки зміщується маховичком. Люнет застосовують при обробленні нежорстких заготовок. Призматичну головку люнета встановлюють по висоті гайкою.

Ділильна бабка складається з чавунної основи 8 (рис. 2, а) і корпусу 13 (рис. 2, б). Корпус із шпинделем 3 лежить в основі на шийках і може повертатися у вертикальній площині на кут від  $-10^\circ$  до  $+90^\circ$  по шкалі 11. У потрібному положенні корпус закріплюють гайками 14. Корпус повертають під кутом до стола при обробленні деталей, закріплених у патроні. На шпинделі 3 встановлено диск безпосереднього поділу 4, який у певному положенні стопориться фіксатором 5. Щоб шпиндель не провертався в процесі різання, затискують стопор 12, а у разі поділу його відпускають.

Із правого боку корпусу бабки розміщується гітара диференціального поділу 7 із змінними зубчастими колесами 15. Поворот шпинделя на певний кут при простому та диференціальному поділах досягається встановленням фіксатора 9 рукоятки 18 на відповідному ряду отворів ділильного диска (лімба) 10.

Ділильний диск має кілька концентричних рядів отворів з обох боків. Наприклад, один бік може мати ряди з 16, 17, 19, 21, 23, 29, 30 і 31 отворами; другий - з 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49 і 54 отворами.

Для встановлення фіксатора рукоятки на будь-який ряд отворів лімба фіксатор 9 переміщують по пазу рукоятки 18 і закріплюють гайкою.

Для повороту рукоятки 18 на потрібну кількість отворів по диску 10 виставляють ножі розсувного сектора 17. При простому поділі диск 10 стопориться фіксатором 16. Періодичний поворот оброблюваної деталі на потрібний кут здійснюють способами безпосереднього, простого і складного (диференціального) поділу.

Безпосередній поділ (див. рис. 2, а) виконують вручну поворотом диска 4 із шпинделем. Кут повороту диска рахують по отворах, поділках або градусній шкалі, які є на ньому. Певне положення диска 4 забезпечують фіксатором 5. При цьому черв'як виводиться із зачеплення з черв'ячним колесом.

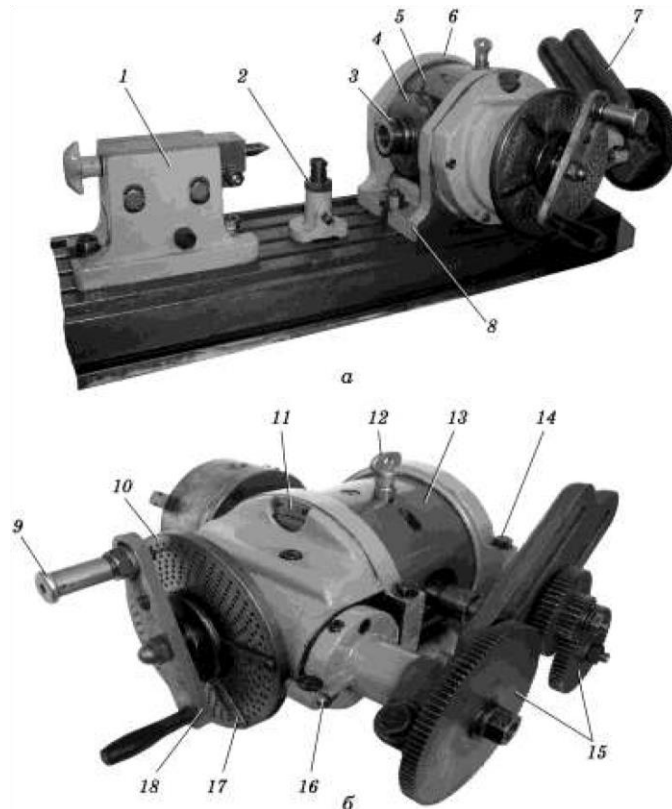


Рис. 2. Універсальна ділильна головка (а) і ділильна бабка (б)

Простий поділ (рис. 3, а) виконують поворотом шпинделя від рукоятки 2 (поз. 9 на рис. 2, б) при нерухомому диску 1 (поз. 10, рис. 2, а). Нерухоме положення диска забезпечується фіксатором 3 (поз. 16, рис. 2, б).

Поворот шпинделя із заготовкою на частину ( $z$  - кількість частин, на яку потрібно поділити заготовку) виконують за  $pr$  обертів рукоятки, які зв'язані рівнянням кінематичного балансу ланцюга простого поділу головки.

$$n_p i_1 i_{ч} = \frac{1}{z}, \text{ де: } i_1, i_{ч} - \text{ передатні відношення зубчастої і черв'ячної передач; } i_1 = 1;$$

$i\dot{ч}=k/z_k$ , де:  $k = 1$  - кількість заходів черв'яка;  $z_k$  - число зубців черв'ячного колеса (як правило,  $z_k=40$ , але буває 60, 80, 120).

Величину, обернену передатному відношенню черв'ячної пари, називають характеристикою ділильної головки:

При  $k=1$  і  $z_k = 40$   $N = 40$ , тоді з формули (1) маємо кількість обертів рукоятки ділильного диска для простого поділу:  $n_p = (1/N)=1/z$ ;  $n_p=N/z$ .

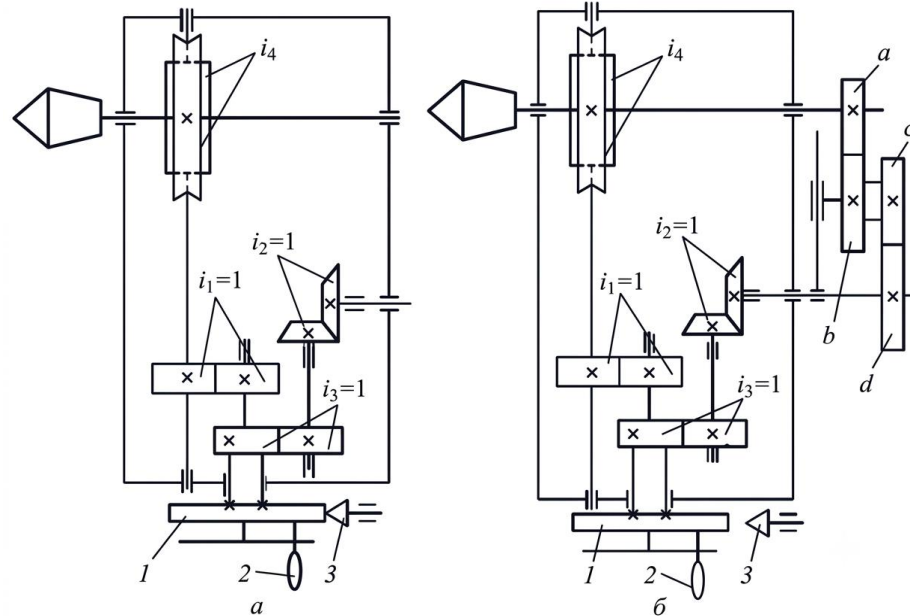


Рис. 3. Схеми налагодження універсальної ділильної головки

Формулу можна звести до такого вигляду:  $n_p=N/z=a+b/c$ , де:  $a$  - ціле число обертів рукоятки;  $b$  - кількість кроків між отворами, на яке потрібно додатково повернути рукоятку;  $c$  - кількість отворів у выбраному ряду диска.

Наприклад, потрібно фрезерувати зубчасте колесо з  $z = 30$  зубцями. Кількість обертів рукоятки становить  $N_p= N/z =40/30= 1+10/30 =1+1/3=1+7/21=1+11/33$ .

Щоб вибрати ряд отворів, потрібно скоротити дріб наскільки можливо і підібрати ряд отворів диска з числом, кратним знаменнику. Використовуючи властивості дробів, зробити, щоб число у знаменнику дорівнювало кількості отворів у выбраному ряду.

Щоб повернути рукоятку на  $1+1/3$  оберта, потрібно підібрати на диску ряд отворів з числом, кратним знаменнику, тобто 3. Наприклад, 21, 30, 33, 39. Після цього фіксатор 9 рукоятки 18 (див. рис. 2, б) встановлюють на ряд з выбраною кількістю отворів (наприклад, 21 отвір), рукоятку повертають на повний оберт і 7 проміжків між отворами на ряду з 21 отвором. Щоб при кожному повороті рукоятки не рахувати кількість проміжків, ножі розсувного сектора 17 встановлюють так, щоб між ними по ряду з 21 отвором по лімбу було 7 проміжків, тобто 8 отворів.

Складний (диференціальний) поділ (рис. 3, б) застосовують тоді, коли безпосереднім і простим способами не можна поділити коло на задану кількість частин.

За цього способу поділу забезпечують обертання диска 10 (рис. 2, б) від

шпинделя ділильної головки через гітару змінних коліс 15. Щоб диск 10 провертався фіксатор 16 виводять із зачеплення з ним. Для виконання диференціального поділу підбирають число  $z_0$  (рекомендується приймати кратним 5), що наближається до  $z$  і на яке можна виконати простий спосіб поділу.

Кількість обертів рукоятки ділильного диска у даному разі, тобто диференціальному поділі, буде дорівнювати  $N_p = N/z_0$ .

Диск простого поділу 1 обертається від шпинделя через змінні колеса  $a, b, c, d$ , пару конічних коліс з  $i_2 = 1$  і пару циліндричних коліс з  $i_3 = 1$ . Необхідне число обертів рукоятки  $N/z$  при цьому буде являти алгебраїчну суму повороту рукоятки 2 відносно диска ( $N/z_0$ ) і повороту самого диска 1 за  $1/z$  частину повороту шпинделя.

$$N / z = N / z_0 \pm 1/z \cdot i_2 \cdot i_3 = N / z_0 \pm 1/z \cdot i_2 \cdot i_3;$$

$$\text{де: } i_2 = ac/bd \text{ - передатне відношення змінних коліс гітари}$$

де:  $i_2 = ac/bd$  - передатне відношення змінних коліс гітари

$$i_z = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{N(z_0 - z)}{z_0}$$

диференціального поділу. Тобто,

Якщо  $z_0 > z$  (перед дробом знак «+»), то ділильний диск має обертатися в той самий бік, що й рукоятка. Якщо  $z_0 < z$  (перед дробом знак «-»), то ділильний диск 1 має обертатися назустріч обертанню рукоятки 2 ділильної головки. Потрібне обертання рукоятки і диска досягається встановленням паразитних коліс.

Якщо підбирають чотири змінних колеса, то потрібно перевірити їх на умову зачеплення:  $a+b \geq c+15$ ;  $c+d \geq b+15$ .

До універсальної ділильної головки поставляється набір змінних зубчастих коліс з кількістю зубців: 25, 25, 30, 35, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100.

Гвинтові канавки (косі зубці) отримують завдяки обертанню шпинделя фрезерного верстата з фрезою, поздовжній подачі стола із заготовкою і обертанню заготовки, яке пов'язане з поздовжньою подачею стола.

Гвинтову канавку отримують при передачі руху від ходового гвинта верстата  $t_g$  (рис. 4) через змінні зубчасті колеса  $(a_1/b_1) \cdot (c_1/d_1)$  вал 5, зубчасті передачі  $i_2, i_3$  на ділильний диск 8. Від диска 8 через фіксатор 7 обертається рукоятка і далі через циліндричну зубчасту  $i_1$  і черв'ячну  $i_4$  пари шпиндель 4 ділильної головки за допомогою оправки 2 обертає заготовку 1. Фіксатор 6 відведений від диска. Ділильна головка кріпиться на столі 3 фрезерного верстата, повернутого на кут  $\beta$ .

Рівняння кінематичного балансу ланцюга від ходового гвинта  $t_g$  до

заготовки з кроком гвинта  $T$  має такий вигляд:  $\left(\frac{T}{t_g}\right) \left(\frac{a_1}{b_1}\right) \left(\frac{c_1}{d_1}\right) i_2 i_3 \left(\frac{k}{z}\right) = 1$  об.

заготовки, де:  $i_2 = 1$ ;  $i_3 = 1$ .

$$\text{Тоді з формули (9) маємо } i = \left(\frac{a_1}{b_1}\right) \left(\frac{c_1}{d_1}\right) = \frac{N t_g}{T}.$$

Крок гвинтової канавки при фрезеруванні свердел, зенкерів, розверток та інших інструментів визначають за залежністю:

$$T = \frac{\pi D_z}{\operatorname{tg} \beta}$$

де:  $D_z$  - зовнішній діаметр заготовки, мм;  $\beta$  - кут нахилу гвинтової канавки до осі заготовки.

Крок гвинтової канавки при фрезеруванні гвинтових зубців коліс визначають за формулою

$$T = \frac{\pi D}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{\pi m z}{\sin \beta}, \quad \text{де: } D - \text{діаметр початкового кола, мм; } D = \frac{m z}{\cos \beta}, \quad \text{де: } m -$$

нормальний модуль, мм;  $z$  - число зубців колеса.

При фрезеруванні гвинтових канавок стіл 3 (див. рис. 4) верстата із заготовкою повертається в горизонтальній площині на кут  $\beta$ ; правих канавок - проти ходу годинникової стрілки, лівих канавок - за ходом годинникової стрілки, а в гітару змінних зубчастих коліс має бути встановлене додаткове паразитне колесо.

Для фрезерування  $z$  гвинтових канавок (зубців) після оброблення кожної 1

чергової канавки заготовку повертають на кола рукояткою 18 (див. рис. 2, б), використовуючи простий поділ.

Оптичну ділильну головку застосовують для виконання особливо точних робіт і перевірки правильності виконання поділу. Розрізняють такі типи оптичних ділильних головок: ОДГ-2, ОДГ-5, ОДГ-10 і ОДГ-60 (числа означають ціну поділки в секундах). Для всіх головок найбільший діаметр виробу, що закріплюється в центрах, становить 250 мм.

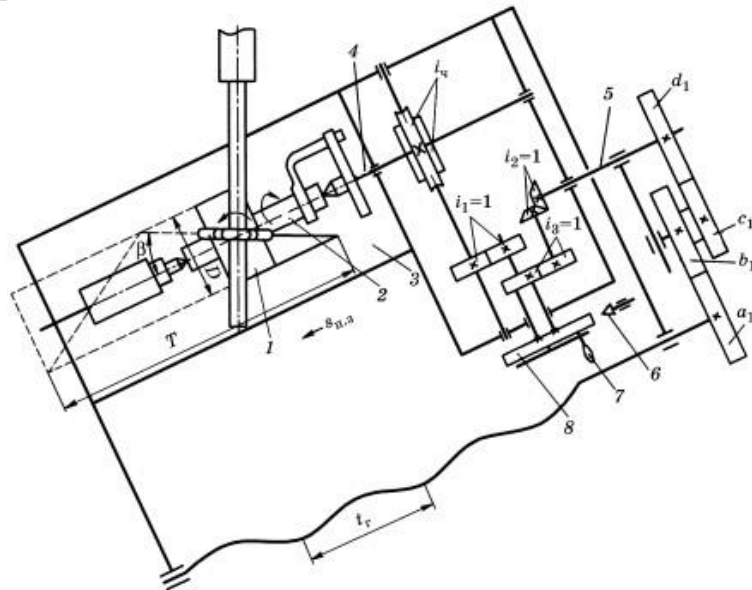


Рис. 4. Схема налагодження універсально-фрезерного верстата і ділильної головки на фрезерування гвинтових канавок (косих зубів)

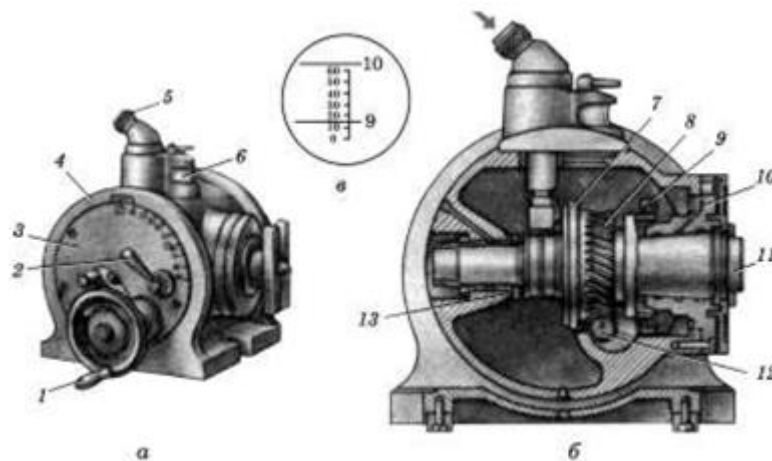


Рис. 5. Оптична ділильна головка

Оптична ділильна головка ОДГ-60 (рис. 5, а, б) складається з корпусу 4, шпинделя 11, встановленого на підшипниках 10 і 13 у поворотній частині 3 головки. Черв'ячне колесо 8 обертається черв'яком 12 від маховика 1. Черв'ячне колесо 8 зі шпинделем закріплюють у потрібному положенні притискною шайбою 9, повертаючи рукоятку 2. Черв'ячна пара призначена лише для повороту шпинделя. Один кінець валика черв'яка встановлюють в ексцентриковій втулці 7, що дає змогу виводити черв'як із зачеплення з черв'ячним колесом. Це потрібно для швидкого (вручну) повороту шпинделя головки.

Усередині корпусу головки є шкала, поділена на  $360^\circ$ . Зверху головки розміщується окуляр 5 з мікроскопом. Мікроскоп має нерухому шкалу 6 з ціною поділки  $1'$ . Поле зору окуляра мікроскопа з відліком поділок кута  $9^\circ 15'$  зображено на рис. 5, в. Поворот шпинделя головки на потрібні градуси і хвилини здійснюють маховиком 1, а точне встановлення - повільним поворотом накатної головки (на рисунку не показано). Кут повороту (в градусах) шпинделя визначають за формулою  $\alpha = 360/z$ .

Якщо задано крок поділок по колу, то кут повороту обчислюють за виразом  $\alpha = P360/\pi D$ , де:  $D$  - діаметр заготовки, мм;  $P$  - крок поділок по колу, мм.

Під час користування головкою кути послідовних поворотів додаються. Тому потрібно попередньо скласти повну таблицю кутів для всіх поворотів шпинделя головки.

Послідовність виконання роботи:

Нарізування прямих зубців зубчастого колеса:

1. Відповідно до завдання (модуль, число зубців, матеріал заготовки) розрахувати діаметр заготовки  $D_z = m(z + 2)$  і висоту зубця ( $h = 2,2m$ ). Якщо задано креслення деталі, то ці дані взяти з нього. Скласти креслення оброблюваної деталі.

2. Визначити кількість обертів рукоятки ділильного диска для простого поділу і для диференціального поділу.

3. Призначити режим фрезерування зубців дисковою модульною фрезою із швидкорізальних сталей за табл. 1. Значення подано для фрези із

сталі Р6М5, твердості заготовки до 207 НВ. Залежно від кута нахилу зубців значення подачі множать на коефіцієнт  $K_s = 0,9$  при  $\beta = 15^\circ$ ;  $K_s = 0,8$  при  $\beta = 30^\circ$ .

Режими нарізування зубчастих коліс дисковими модульними фрезами  
Таблиця 1.

| Оброблюваний матеріал | Подача на оберт фрези $s_0$ , мм/об, при модулі $m$ , мм |                          |              |              |              |              |              |
|-----------------------|--|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                       | 1  | 2                        | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            |
| Сталь Чавун           | 1,40<br>2,50   | 1,50<br>2,85             | 1,56<br>2,98 | 1,65<br>3,03 | 1,68<br>3,10 | 1,71<br>3,50 | 1,80<br>3,70 |
| Оброблюваний матеріал | $s_0$ , мм/об, фрези                                     | $v$ , м/хв, при $m$ , мм |              |              |              |              |              |
|                       |  | 1...5                    | 5...7        |              |              |              |              |
| Сталь                 | 0,7  | 32                       |              | 30           |              |              |              |
|                       | 1,4  | 29                       |              | 27           |              |              |              |
|                       | 2,0  | 26                       |              | 24           |              |              |              |
|                       | 2,5  | 23                       |              | 21           |              |              |              |
| Чавун                 | 1,2  | 27                       |              | 25           |              |              |              |
|                       | 2,5  | 24                       |              | 22           |              |              |              |
|                       | 3,7  | 21                       |              | 19           |              |              |              |
|                       | 4,5  | 18                       |              | 16           |              |              |              |

4. Встановити ділильну головку на фрезерний верстат.

5. Закріпити заготовку на оправку і встановити на ділильній головці (в центрах з хомутиком або в шпindelь ділильної головки і центр задньої бабки).

6. Фіксатор рукоятки 18 (див. рис. 2, б) вставити на потрібний ряд отворів ділильного диска 10.

7. Розсунути ножі 17 на необхідну кількість проміжків між отворами диска 10. При простому поділі ділильний диск 10 слід зафіксувати від провертання.

8. Вставити і закріпити змінні зубчасті колеса гітари (виконують при диференціальному поділі). При диференціальному поділі і нарізуванні гвинтових зубців ділильний диск 10 має бути розфіксований відведенням фіксатора 16.

9. Вибрати з набору потрібну фрезу, користуючись табл. 44.2, і встановити її на оправці в шпindelь верстата.

10. Вставити оброблювану деталь під фрезою так, щоб її вісь обертання розміщувалась у середній площині фрези.

Число зубців коліс, нарізуваних дисковими модульними фрезами  
Таблиця 2.

| Номер фрези              | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          | 7           | 8   |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-----|
| Число нарізуваних зубців | 12 –<br>13 | 14 –<br>16 | 17 –<br>20 | 21 –<br>25 | 26 –<br>34 | 35 –<br>54 | 55 –<br>134 | 135 |

11. Увімкнути обертання шпинделя верстата і підніманням стола вручну підвести заготовку до фрези, якої має торкнутися її циліндрична поверхня.

12. Відвести стіл із заготовкою праворуч від фрези і виставити по лімбу верстата глибину фрезерування, яка дорівнює висоті зубця.

13. Установити потрібну подачу стола і частоту обертання шпинделя верстата залежно від матеріалу фрези і заготовки.

14. Увімкнути поздовжню подачу і профрезерувати першу впадину.

15. Після фрезерування впадини увімкнути зворотню подачу і вивести заготовку в попереднє положення.

16. Повернути рукояткою заготовку на наступну впадину і профрезерувати її. Це виконати до нарізування всіх зубців колеса.

17. Зняти оброблену деталь і перевірити її відповідність вимогам креслення.

Нарізування гвинтових зубців зубчастого колеса:

1. Відповідно до завдання (модуль, число зубців, напрямок зубців і кут їх нахилу, матеріал заготовки) розрахувати діаметр заготовки  $D_a = \frac{m(z+2)}{\cos\beta}$  s і висота зубця ( $h=2,2m$ ).

2. Скласти креслення заготовки і зобразити схему налагодження верстата аналогічно рис. 4.

3. Призначити режим фрезерування зубців дисковою модульною фрезою зі швидкорізальних сталей за табл. 1.

4. Визначити кількість обертів рукоятки ділильного диска. Підібрати ряд отворів ділильного диска.

5. Підібрати змінні колеса гітари для передачі руху від ходового гвинта стола фрезерного верстата до ділильної головки і перевірити на умову зачеплення.

6. Підібрати номер дискової модульної фрези за зведеним числом зубців  $\left( z_{зв} = \frac{z}{\cos^3\beta} \right)$ , користуючись табл. 2.

7. Закріпити заготовку на оправку і встановити на ділильній головці. Фіксатор рукоятки 9 (див. рис. 2, б) вставити на потрібний ряд отворів ділильного диска 10. Розсунути ножі 17 на потрібну кількість проміжків між отворами диска 10.

8. Установити і закріпити змінні колеса гітари відповідно до схеми між ходовим гвинтом поздовжньої подачі стола верстата і ділильною головкою.

9. Вибрати з набору потрібну фрезу і встановити на оправці в шпиндель верстата.

10. Повернути стіл на потрібний кут і в потрібний бік, закріпити в цьому положенні. Надалі все виконують так, як і для прямих зубців, починаючи з п.8.

11. За допомогою оптичної ділильної головки розмітити заготовку на задану кількість частин.

**Контрольні запитання.** 1. Основні частини універсально-фрезерного верстата 6Р81. 2. Органи керування верстатом 6Р81. 3. Призначення і будова універсальної ділильної головки. 4. Види поділу, які виконують на ділильній головці. 5. Схема ділильної головки і формули для налагодження при простому поділі. 6. Схема налагодження ділильної головки при диференціальному поділі. Формули. 7. Схема налагодження ділильної головки і фрезерного верстата на нарізування гвинтових зубців (канавок). Формули. 8. Яка послідовність розрахунків при нарізуванні прямих і гвинтових зубців зубчастих коліс? 9. Як підбирають ряд отворів на диску простого поділу для заданого числа зубців (частин) зубчастого колеса. 10. Яка послідовність налагодження ділильної головки і фрезерного верстата на нарізування прямих і гвинтових зубців зубчастих коліс? 11. Основні частини оптичної ділильної головки. 12. Порядок роботи на оптичній ділильній головці.

## Тема 4. Будова і налагодження шліфувальних верстатів

**Мета роботи:** вивчити основні частини і органи керування кругло- і плоскошліфувального верстатів. Навчитися налагоджувати верстат і обробляти заготовки. Вивчити і засвоїти прийоми статичного балансування і правлення шліфувальних кругів.

**Обладнання, матеріали та інструменти:** круглошліфувальний і плоскошліфувальний верстат, шліфувальні круги, алмазний інструмент для правлення кругів, пристрій для статичного балансування шліфувальних кругів, поводкові хомутики, центри, мікрометр, штангенциркуль 0-125, 0-150, калібр скоба, масштабна лінійка.

### Теоретичні відомості

Види шліфування: Шліфування процес оброблення матеріалів абразивними інструментами, різальними елементами яких є зерна абразивних матеріалів (від латинського „abrasio” – „зіскрібання”. Шліфування застосовується як кінцеве (фінішне) оброблення різних за профілем поверхонь заготовок із усіх металів і сплавів, обдирних робіт (зачищення відливок та ін.), загострювання різальних інструментів. Шліфування забезпечує точність розмірів 11...5 квалітетів і шорсткість поверхні від Rz 40 до Ra 0,16 мкм.

Залежно від форми оброблюваних поверхонь застосовують такі види шліфування: кругле (рис. 1) – для оброблення поверхонь, що мають форму тіл обертання (циліндричні, конічні); плоске (рис. 2) – для оброблення плоских поверхонь; фасонне – для шліфування фасонних поверхонь, в тому числі зубо-, різешліфування та ін.

Кругле зовнішнє шліфування циліндричних поверхонь може виконуватися за чотирма основними схемами (рис. 1, а-г):

а) з поздовжньою подачею  $D_{spz}$  заготовки (рис.1, а) – для оброблення відносно довгих поверхонь. Заготовка рівномірно обертається ( $D_{skol}$ ) і здійснює зворотно-поступальний рух ( $D_{spz}$ ). Шліфувальний круг обертається, (головний рух  $D_r$ ) і в кінці кожного ходу заготовки, переміщається на величину поперечної подачі  $S_p$ .

б) врізне шліфування з поперечною подачею шліфувального круга  $D_{sp}$  (рис.1, б) – для оброблення поверхонь, довжина яких менша ширини шліфувального круга. Цей спосіб застосовують для шліфування фасонних поверхонь і кільцевих канавок.

в) глибинне (рис. 1, в) – шар матеріалу знімається на всю глибину за один робочий хід. Шліфувальний круг має конічну частину довжиною 8...12 мм.

г) шліфування уступами (рис. 1, г), виконується поєднанням способів поперечної і поздовжньої подач. Шліфування здійснюють у два етапи. На першому етапі шліфують врізанням з подачею  $S_p$  (мм/об.заг.), пересовуючи періодично стіл на 0,8...0,9 ширини круга, для оброблення поверхні по всій довжині. На другому етапі виконують декілька ходів з поздовжньою подачею

Спз заготовки для видалення слідів оброблення між уступами. На цьому етапі круга не дається поперечна подача.

Шліфування конічних поверхонь (рис. 1, д), на круглошліфувальних верстатах виконують такими способами: поворотом стола (рис. 1, д), поворотом шліфувальної бабки; поперечною подачею заправленого на конус шліфувального круга.

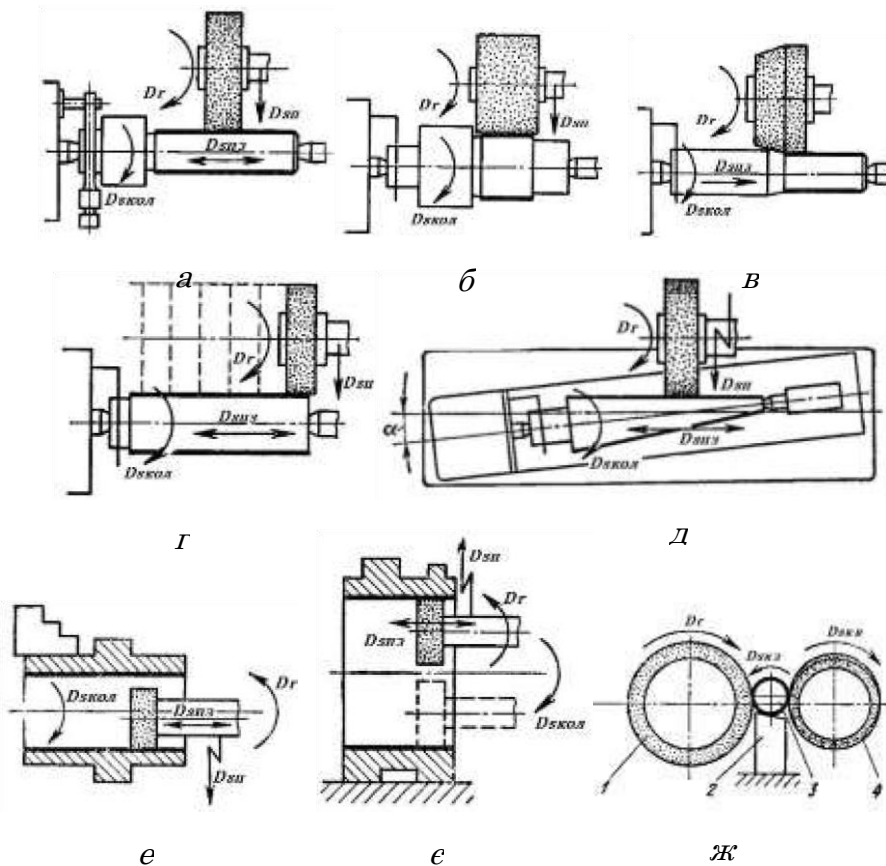


Рис. 1. Схеми оброблення заготовок на круглошліфувальних верстатах

Шліфування отворів у деталях, які мають форму тіл обертання і не великі за масою (зубчасті колеса, втулки та ін.) виконують на внутрішньошліфувальних верстатах (рис. 1, е). Шліфувальний круг здійснює обертальний рух  $D_r$  (головний), поздовжню і радіальну подачі. Заготовка закріплюється в патроні чи іншому пристрої і обертається з коловою подачею  $D_{skz}$ . У заготовках несиметричної форми або великих за розмірами і масою застосовують планетарне шліфування (рис.1, е). Заготовка в процесі оброблення нерухома, а всі рухи виконує абразивний інструмент.

Безцентрове шліфування (рис. 1, ж) виконується на безцентрових круглошліфувальних верстатах у випадку оброблення зовнішніх і внутрішніх (рідше) поверхонь. Головний рух  $D_r$  здійснює шліфувальний круг 1. Рух колової подачі заготовки  $D_{skz}$  забезпечується обертанням ведучого круга 4 із значно меншою швидкістю ніж шліфувального. Подача заготовки вздовж її осі досягається встановленням ведучого круга 4 під кутом  $0-8^\circ$  до осі шліфувального круга. Заготовка 3 опирається на ніж 2. Безцентрове шліфування виконують способом поздовжньої подачі (шліфування на прохід) і способом поперечної подачі – врізанням (заготовки зі ступінчастими або

фасонними поверхнями).

Плоске шліфування (рис. 2). Плоскі поверхні обробляють периферією (рис. 2, а) і торцем круга (рис. 2, б, г). Заготовки закріплюють на прямокутних або круглих столах. У випадку оброблення периферією круга на прямокутному столі (рис. 2, а), стіл із заготовкою здійснює зворотно-поступальний рух поздовжньої подачі  $D_{спз}$  і рух поперечної подачі  $D_{ск}$  (після шліфування по всій ширині). Шліфувальний круг обертається і здійснює поперечну подачу  $D_{спк}$  при зміні напрямку поперечної подачі стола.

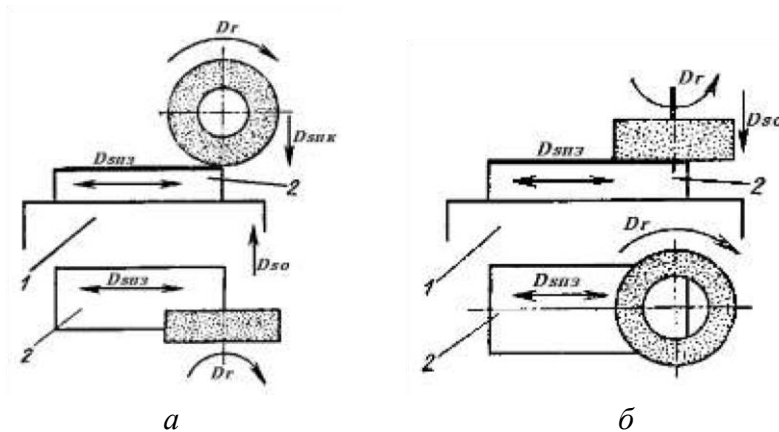


Рис. 2. Схеми плоского шліфування. 1 – стіл; 2 – заготовка

У випадку шліфування торцем круга на прямокутному столі (рис. 2, б), стіл здійснює лише зворотно-поступальний рух (поздовжня подача)  $D_{спз}$ , а круг – обертальний рух  $D_{р}$ , подачі  $D_{ск}$  і рух осьової (вертикальної) подачі  $D_{со}$  в кінці кожного ходу стола. Круглі столи (рис. 2, в, г) здійснюють обертальний рух колової подачі. Всі інші рухи здійснюються шліфувальним кругом аналогічно з рухами при шліфуванні на прямокутних столах.

Балансування шліфувальних кругів. Незбалансованість круга спричиняє інтенсивне зношування верстата, погіршення шорсткості поверхні, зниження точності оброблення, збільшення витрати абразивного інструменту, може призвести до розривання круга. Застосовують статичне і динамічне балансування.

Крім статичного балансування кругів на абразивних заводах їх додатково балансують у фланцях перед установленням на верстат. Для балансування застосовують балансувальні пристрої.

Балансувальний пристрій (рис. 3, а) складається із станини 1 і термічно оброблених ножів 2 (або валиків). Для балансування круг установлюють у фланцях 3 і на оправці 4. З обох боків круга ставлять прокладки із еластичного матеріалу. Балансують круг сухариками 5.

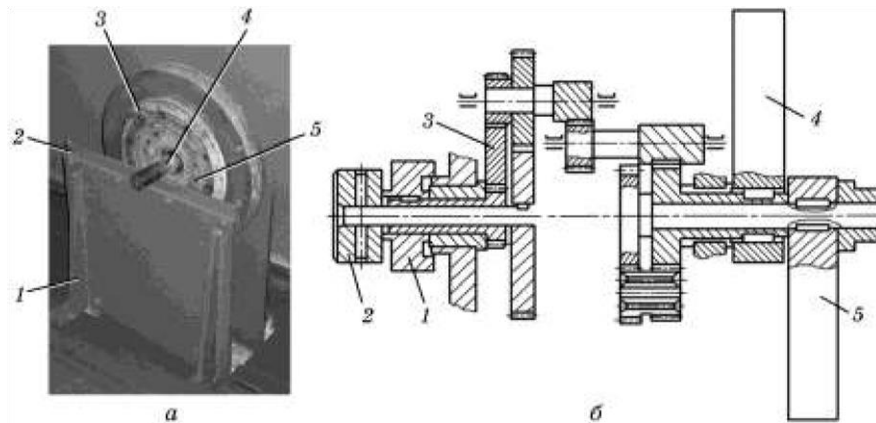


Рис. 3. Зовнішній вигляд пристрою для статичного балансування (а) і схема пристрою для автоматичного балансування шліфувального круга на верстаті (б).

Для балансування круг установлюють на балансувальний пристрій так, щоб вісь оправки була перпендикулярною до осі балансувальних ножів. Легким поштовхом прокочують круг по ножах до повної зупинки. Після зупинки круга в найвищій точці його периферії крейдю проводять радіальну риску. Круг повертають приблизно на кут  $90^\circ$  від крейдяної риски то в один бік, то в інший так, щоб він міг котитися по ножах.

Якщо після кожного повороту круг зупиняється так, що крейдяна риска буде в одному й тому самому положенні, то важку частину круга визначено правильно. Балансувальний сухарик, який розміщується найближче до крейдяної риски, рухаючи по кільцевому пазу, встановлюють симетрично відносно неї. Два інші сухарики встановити приблизно на однаковій відстані від верхнього.

Круг знову повертають на ножах на кут  $90^\circ$  то в правий бік, то в лівий. Якщо круг повертається у вихідне положення, то його зрівноважують, пересуваючи нижні сухарики відносно верхнього, який стоїть під крейдяною ризкою. Круг буде збалансований, якщо після повороту ліворуч або праворуч на  $90^\circ$  відносно крейдяної риски він залишається нерухомим у цьому положенні. Для контролю правильності балансування потрібно 2...3 рази повторити поворот круга відносно крейдяної риски на кут  $70... 90^\circ$ .

У процесі роботи збалансованість круга може змінюватися. Повторне балансування особливо потрібне для виконання точних робіт, отримання малої шорсткості поверхні і при швидкісному шліфуванні.

Для повторного балансування кругів застосовують балансувальні механізми для автоматичного зрівноваження круга на шліфувальному верстаті. Балансувальний механізм (рис. 3, б) - невеликий редуктор, корпус якого закріплюють на фланці шліфувального круга. У середині редуктора є два вантажі 4 і 5, які можуть зміщуватися один відносно одного. На зовнішньому боці корпусу редуктора є два маховички 1 і 2, якими через зубчасті передачі обертають вантажі. Обидва вантажі повертають одночасно в один і той самий бік, але вантаж 5 незначно відстає від вантажу 4. Таким чином, повертаючись, вантажі змінюють взаємне положення і забезпечують можливість знаходження дисбалансу. Якщо маховичком 2 зробити 128

обертів, то вантажі здійснять один оберт. Коли маховичок 1 зробить 64 оберти, вантажі здійснять один повний оберт, але в протилежний бік, оскільки рух передається через паразитне колесо 3.

При балансуванні на верстаті редуктор обертається разом із шліфувальним –1 кругом з частотою 800 хв і більше. Щоб привести редуктор у дію, достатньо зупинити обертання, загальмувавши один із маховичків.

Для балансування круга маховичок 2 потрібно утримувати від обертання доти, доки круг не буде збалансований. Якщо при гальмуванні маховичка 2 буде пройдено найсприятливіше положення і дисбаланс збільшиться, то відпускають маховичок 2 і гальмують маховичок 1. Отже, пригальмовуючи маховички по чергово, знаходять найсприятливіше положення вантажів для повного усунення дисбалансу.

#### Круглошліфувальний верстат 3С120В

Універсальний верстат 3С120В високої точності (рис. 4) призначений для шліфування зовнішніх і внутрішніх циліндричних і конічних поверхонь з поворотом стола і розворотом шліфувальної бабки. На верстаті оброблюють заготовки діаметром до 125 мм і довжиною до 400 мм – при зовнішньому шліфуванні, та діаметром до 50 мм і довжиною до 75 мм при внутрішньому шліфуванні. Розміри шліфувального круга  $D \times T = 350 \times 40$  мм. Найбільші кути повороту: верхнього стола за годинниковою стрілкою –  $4^\circ$ ; проти годинникової –  $11^\circ$ ; передньої бабки – до шліфувальної бабки –  $20^\circ$ ; від шліфувальної бабки –  $30^\circ$ ; шліфувальної бабки –  $0-90-180^\circ$ ; поворотної плити  $\pm 45^\circ$ . Частота обертання шпинделя передньої бабки 80-500 хв-1. Швидкість переміщення стола від гідропривода – 50...4000 мм/хв.

Величина поперечних періодичних подач – 0,0025 – 0,025 мм/хід.

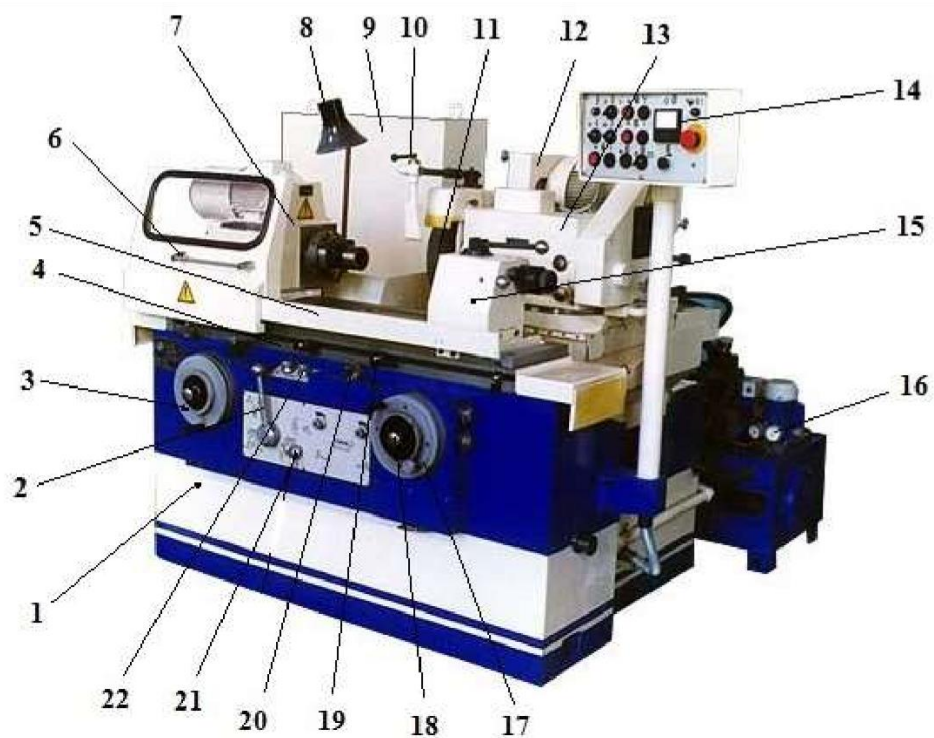


Рис. 4. Круглошліфувальний верстат 3С120В.

На верстаті здійснюються такі рухи:

- обертання шліфувального круга зовнішнього шліфування (шпинделя шліфувальної бабки) – головний рух;
- обертання заготовки – рух колової подачі;
- поперечна (періодична) подача шліфувальної бабки (ручна і автоматична);
- поздовжня подача (переміщення) стола із заготовкою;
- швидке підведення і відведення шліфувальної бабки;
- підведення (гідравлічне) пінолю задньої бабки;
- обертання шліфувального круга (шпинделя) внутрішнього шліфування – головний рух.

Верстат складається із станини 1, на напрямних якої встановлений нижній стіл 4 з поворотним столом 5. На Т-подібних позах нижнього стола закріплюються два упори 19 для встановлення довжини ходу стола 5. На поворотному столі закріплені передня бабка 7 і задня бабка 15.

Передня бабка має окремий електродвигун і забезпечує обертання заготовки від планшайби з поводком. Її можна повертати на певний кут для шліфування конічних поверхонь. Заготовка закріплюється в центрах або патроні.

Шліфувальна бабка 13 зовнішнього шліфування з шліфувальним кругом 11 монтується полозками на напрямних поворотної плити. Плита закріплюється на станині. Шпиндель шліфувальної бабки встановлюється в двох гідродинамічних підшипниках ковзання, які змащуються від окремого гідронасоса. Полозки мають фторопластові напрямні, які змащуються під тиском.

На задньому торці шліфувальної бабки 13 встановлений механізм внутрішнього шліфування 12, який комплектується двома шліфувальними головками з кругами діаметрами 80 або 50 мм. Для внутрішнього шліфування шліфувальна бабка розвертається відносно полозків на 180°.

На верстаті є гідростанція 16, яка забезпечує автоматичне переміщення стола, швидке підведення, відведення і автоматичну періодичну подачу шліфувальної бабки при шліфуванні і правці круга, відведення пінолі задньої бабки, подачу оливи до підшипників шпинделя шліфувальної бабки, змащування напрямних стола і полозків шліфувальної бабки.

Для подачі і очищення холодильної рідини на верстаті є окремо розміщена установка з магнітним сепаратором. Інтенсивність подачі рідини регулюється краном 10.

До верстата додається відкритий і закритий, люнети для шліфування довгих заготовок. Відкритий люнет використовують для заготовок діаметром від 5 до 40 мм, а закритий – важких заготовок діаметром від 5 до 60 мм.

Правку шліфувального круга по периферії і торцю круга виконують жорстким, або відкидним (лише по периферії) – пристроями для правки круга. Вони входять до комплекту верстата і встановлюється на столі. Відкидний прилад не потрібно знімати з верстата, а лише повернути головку в горизонтальне положення. Інструментом для правлення є алмазні олівці.

Зйомну оправку – алмазотримач відкидного приладу можна встановлювати на корпусі задньої бабки. Верстат може бути укомплектований (по необхідності) приладом радіусної правки круга при шліфуванні зовнішніх і внутрішніх поверхонь радіусом до 20 мм. Виконання зовнішнього чи внутрішнього шліфування встановлюють рукояткою 21. Ручне повздовжнє переміщення стола здійснюють маховиком 3, а швидкість повздовжньої подачі стола рукояткою 22. Ручну поперечну подачу шліфувальної бабки виконують маховиком 17, а швидке підведення і відведення її встановлюють рукояткою 2.

Для безпечної роботи шліфувальника є пересувне огороження 6, а робоча зона освітлюється ліхтарем 8. Керування верстатом здійснюється з панелі 14.

Гідросистема верстами 3С120В Гідросистема верстата забезпечує:

- автоматичне реверсування переміщення стола з робочою швидкістю шліфування і на швидкості правки круга;
- регулювання швидкості перегону стола;
- швидке підведення і відведення шліфувальної бабки;
- автоматичну періодичну подачу шліфувальної бабки в момент реверсу стола;
- відведення пінолю задньої бабки;
- розвантаження кругових напрямних шліфувальної бабки.

Принципова гідравлічна схема верстата 3С120В наведена на рис. 5. Насосна установка і більшість апаратури керування винесені в окремо розміщену гідростанцію. Основна насосна установка складається із насоса НП2 для привода шліфувальної бабки і насоса НП1 для привода всіх решти механізмів. При вмиканні реверсивного переміщення стола насос НП2 спрацьовує разом із насосом НП1.

Переміщення стола. Пуск стола від гідросистеми виконується при підведеній шліфувальній бабці (рукоятка РК взята на себе) і ввімкнених електромагнітах YA2 і YA4 поворотом рукоятки РК в право. При цьому олива від насосної установки підводиться до циліндра ЦМБ, який вимикає механізм ручного переміщення стола. Після цього через демпфер олива поступає під торець стопового золотника ЗС та переміщує його вліво за схемою. Зміною положення золотника ЗР олива поступає через золотники ЗС і ЗР то в ліву то в праву порожнини циліндра переміщення стола ЦС. З протилежної порожнини олива витискується на злив. Швидкість руху стола встановлюється дроселем ДРШ.

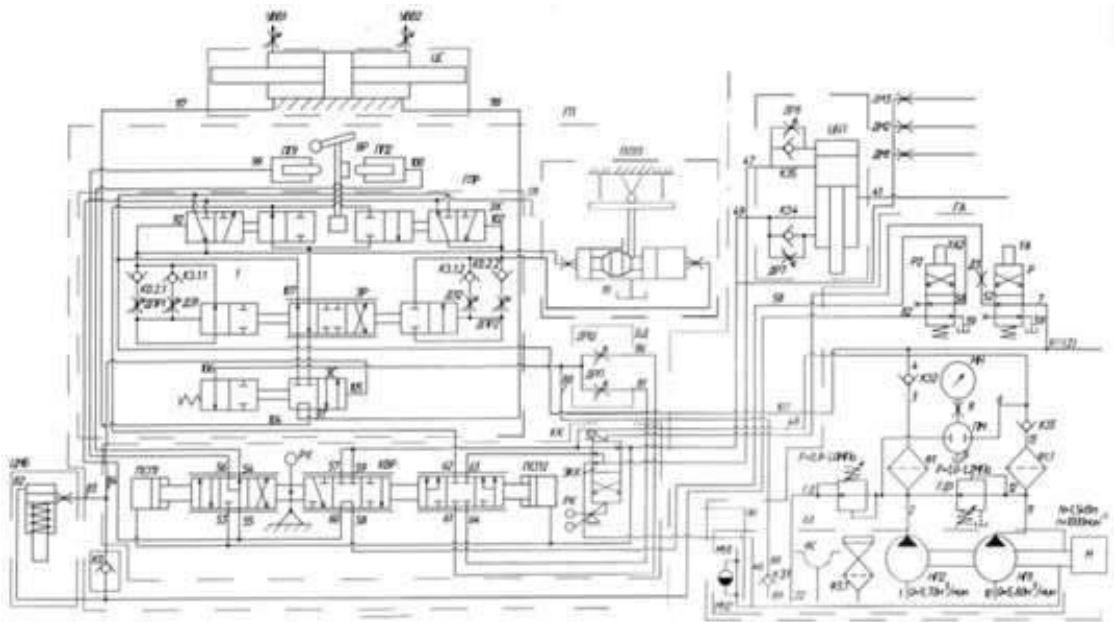


Рис 5. Принципова гідравлічна схема круглошліфувального верстата 3С120В

У крайніх положеннях стола упори 19 (див. рис.4) на нижньому столі натискають на важіль золотника ЗК (рис.5), який направляє оливу до правого чи лівого торців реверсивного золотника ЗР, через який вона попадає то в ліву то в праву порожнини гідроциліндра ЦС, а з іншої – зливається. У середньому положенні золотника ЗК стіл тормозиться завдяки дроселюванню зливання оливи конусним пояском золотника ЗК. При переході золотника ЗК через середнє положення, він під тиском оливи на плунжер швидко переміщується в крайнє положення, відкриваючи злив під час наступного ходу стола. Одночасно олива подається в золотник реверсу ЗР, який забезпечує реверс стола. Регулювання затримки стола при реверсах здійснюється дроселями ДЗ1 і ДЗ2, а плавність його розгону після реверсу – дроселями ДПР1 і ДПР2.

Перегін стола. Для керування перегонем стола рукоятку РК (поз. 2 на рис. 4) нахиляють вправо або вліво, залежно від необхідного напрямку руху стола. При цьому олива поступає через лівий переріз крана КК до плунжерів ПП1 або ПП2, які переміщуючись повернуть важіль реверса ВР у відповідну сторону.

Швидкість руху стола при перегоні забезпечується нахилом рукоятки РК, якою регулюється величина прохідної щілини крана КР. Плунжери ПСП1 і ПСП2 знаходяться під тиском, і після зняття зусилля шліфувальника з рукоятки РК вона повертається у вихідне положення.

Переміщення стола при правці круга. Рукоятку РК нахиляють вліво, а дроселем ДРП регулюють швидкість переміщення стола при правці круга. Для вимикання переміщення стола від гідросистеми рукоятку РУ повертають у вертикальне положення. При цьому порожнини гідроциліндра ЦС через стоповий золотник ЗС з'єднуються між собою, а муфта механізму блокування ручного переміщення стола вимикається пружиною і стає можливим переміщення стола вручну маховиком 3 (див. рис. 4).

Автоматичне вимикання зворотно – поступального переміщення стола здійснюють електромагнітом YA3. При цьому олива поступає під плунжер ЗКУ, золотник рухається вниз і олива по трубопроводу 48 поступає під торці плунжерів ПСП1 і ПСП2, які через рейку повертають кран КК. Рукоятка РК (поз. 2 на рис. 4) автоматично стає в середнє положення і відхиляється «від себе». Шліфувальна бабка відходить у крайнє положення, а стіл зупиняється.

Швидке підведення і відведення шліфувальної бабки. Швидке підведення шліфувальної бабки до заготовки здійснюється нахилом рукоятки РК (поз. 2 на рис. 4) на себе. При цьому олива через зворотній клапан КЗ2 і редуційний клапан КР поступає до золотника ЗКК, а через нього до верхньої порожнини циліндра ЦБП. З нижньої порожнини цього циліндра олива зливається. У кінці швидкого підведення олива зливається через дросель ДР7, а бабка гальмується при підході у крайнє положення. Швидкість гальмування регулюється дроселем ДР7. Для швидкого відведення шліфувальної бабки від виробу рукоятку РК (поз. 2 на рис. 4) подають від себе. У кінці швидкого відведення шліфувальна бабка гальмується. Швидкість гальмування регулюється дроселем ДР8. Автоматичне відведення шліфувальної бабки здійснюють вимиканням електромагніта YA3. При цьому олива через демпфер ДЗ поступає до золотника ЗКК, переміщує його вниз, а рукоятка РК нахиляється на себе.

Періодична подача шліфувальної бабки при повздовжньому шліфуванні. У момент реверсу стола олива під тиском подається до торців розподільника ППП і переміщує його у протилежне положення. При його переміщенні натискається один із мікроперемикачів, який вмикає електромагніт YA4. Залежно від положення перемикача на пульті, електромагніт YA4 може вмикатись під час реверсу зліва або справа, або за кожного реверсу. Відповідно буде здійснюватись і періодична подача шліфувальної бабки. При вмиканні YA4 олива подається через гідро розподільник до лівого торця плунжера МПП по каналах 43 - 44, а злив по каналах 45 – 80. При переміщенні плунжера МПП зліва направо собачка повертає храпове колесо яке через шестерні обертає гвинт шліфувальної бабки, яка здійснює поперечну подачу. При вимиканні YA4 олива подається у праву порожнину плунжера МПП і механізм поперечних подач перезаряджається.

Відведення пінолю задньої бабки. Керування пінолю задньої бабки здійснюється натисканням на педаль розміщену внизу на передній стінці станини, яка вмикає або вимикає електромагніт YA1. Відвести піноль задньої бабки можливо лише за відведеної шліфувальної бабки.

Плоскошліфувальний верстат ЗГ71

Плоскошліфувальний верстат високої точності призначений для шліфування плоских поверхонь периферією круга. В певних межах можливе оброблення поверхонь розміщених під кутом 90° до площини стола.

Технічна характеристика верстата.

Найбільші розміри заготовки, яка шліфується: довжина – 630мм; висота – 320мм; ширина – 200 мм. Розміри шліфувального круга  $D \times T \times d$  -

250×25×76. Частота обертання шліфувального круга – 2740хв-1. Колова швидкість шліфувального круга – 35 м/с. Найбільше вертикальне переміщення шліфувальної бабки – 365 мм. Ціна однієї поділки лімба маховика вертикальної подачі – 0.001 мм.

Величина автоматичної вертикальної подачі (ступінчастої через 0.005 мм) – 0.005...0.05 мм. Поперечна автоматична подача при найменшому ході стола і швидкості стола 10 м/хв. – не менша 2 мм.

Верстат 3Г71 (рис. 47.6): складається із станини 26 на якій кріпиться колона 17. По напрямних колони може переміщуватися (вертикально) шліфувальна бабка 15. Стіл 21 переміщується вздовж по хрестовому столі 22, якому надається поперечна подача по напрямних станини 21. Холодильна рідина подається і очищається холодильною станцією 24.

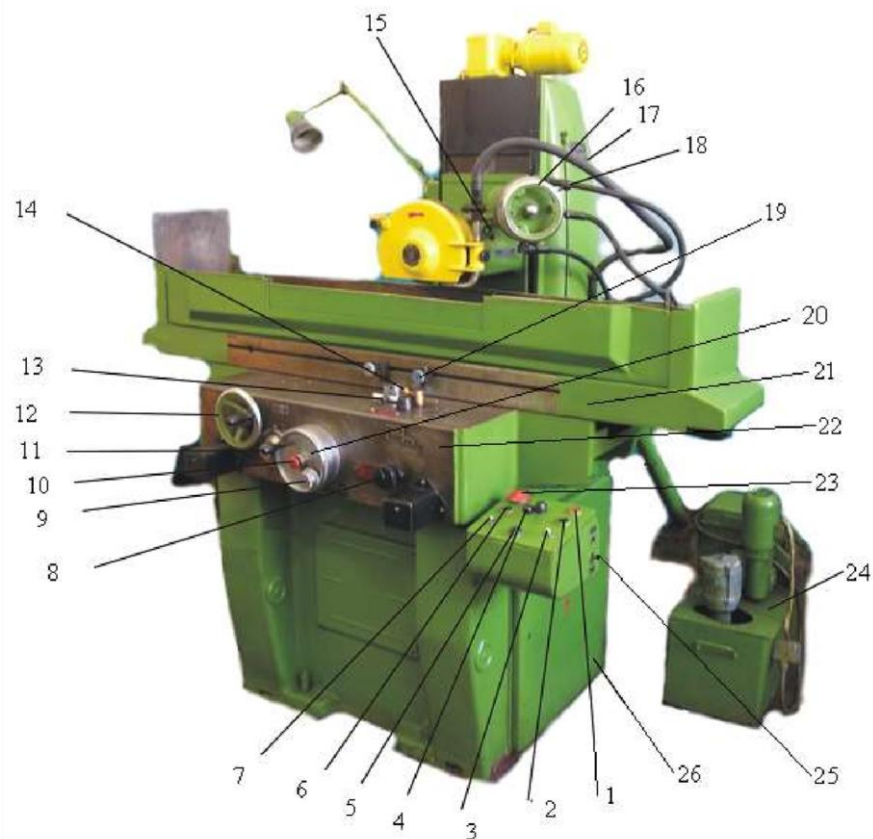


Рис. 6. Зовнішній вигляд плоскошліфувального верстата 3Г71

Органи керування: 1 – кнопка “Стоп гідроприводу”; 2 – кнопка “Пуск гідроприводу”; 3 – перемикач подачі холодильної рідини; 4 – перемикач пришвидшеного переміщення шліфувальної бабки; 5 – перемикач роботи “з магнітною плитою”; 6 – кнопка “Пуск шпинделя”; 7 – перемикач магнітної плити; 8 – кнопка вимкнення і реверсування поперечної подачі; 9 – маховик ручної мікрометричної поперечної подачі стола; 10 – кнопка вмикання маховика ручної поперечної подачі стола; 11 – лімб встановлення величини автоматичної поперечної подачі стола; 12 – маховик повздовжнього переміщення стола; 13 – рукоятка регулювання швидкості повздовжнього переміщення стола; 14 – рукоятка вмикання повздовжнього переміщення стола; 16 – маховик ручної вертикальної подачі шліфувальної бабки; 18 –

рукоятка встановлення величини автоматичної вертикальної подачі шліфувальної бабки; 19 – упор встановлення переміщення стола; 20 – маховик ручної поперечної подачі стола; 23 – кнопка “Все стоп”; 25 – вмикач верстата.

Робота гідроприводу верстата.

Гідропривід верстата вмикається в роботу кнопкою 2 “Пуск гідроприводу” (рис. 47.7) встановленням крана ВШЛГ – 35 в положення „Пуск”.

Гідрокінематична схема верстата дана на (рис. 7).

Повздожнє переміщення стола. Для цього повздожнього переміщення стола рукоятку 14 повертають в положення „Пуск” стола (рис. 6). При цьому лопатевий насос Г12-23А (рис.7) подає оливу через золотник Г54-13, фільтр тонкої очистки 0.2 Г – 41 – 23, по трубопроводу 1 в центральну порожнину реверсивного золотника „Л” панелі ВШПГ – 35. При положенні золотника „Л”, як показано на схемі, основний потік оливи поступає в його ліву проточку і по трубопроводу 4 у праву порожнину гідроциліндра переміщення стола. Стіл рухається в напрямку стрілки. Олива з лівої порожнини гідроциліндра стола зливається по трубопроводу 3, дросель „С”, підпирний клапан П у резервуар. Швидкість переміщення стола регулюється поворотом рукоятки 13 (рис. 6) дроселя С (рис. 7). Стіл переміщується вліво до тих пір поки упор „а” не поверне важіль реверса „б”, який через шестерні переміщує золотник керування В у ліве положення. При цьому реверсійний золотник Л переміщується вліво і олива через канал 3 поступає в ліву порожнину гідроциліндра переміщення стола і стіл рухається вправо. Під час реверсу (зміни напрямку руху) стола відбувається поперечна подача хрестового стола.

Поперечна подача стола. Для автоматичної поперечної подачі стола рукоятку реверса, зблоковану з краном Т, необхідно повернути за годинниковою стрілкою до упору. Після того як золотник керування В займе ліве положення, потік оливи із правої кільцевої виточки по трубопроводу 5 поступає до золотника Е розподільчої панелі. При цьому золотник Е переміщається у верхнє положення, а золотник Ж у нижнє положення, потік оливи із його центральної проточки по трубопроводу 7 поступає в ліву порожнину сервомотора і поверне лопатку за годинниковою стрілкою. Одночасно потік оливи із центральної порожнини золотника Ж через кран Т поступає в середню канавку золотника Н. Золотник Н зорієнтований у верхньому положенні. Із золотника Н олива по каналу 11 поступає у верхню камеру золотника М. Золотник М переміщається вниз, заводить у зачеплення рухому шестерню храпового механізму, яка, обертаючись повертає гвинт поперечної подачі і здійснює поперечна подачу стола. При цьому олива з нижньої камери золотника М через трубопровід 10 зливається. Коли золотник Е розподільчої панелі займе верхнє положення, верхня торцева камера золотника Ж через центральну канавку золотника Е і магістраль 6 з’єднається зі зливом. По трубопроводу 8 потік оливи під тиском 0.2...0.3 МПа перекине золотник Ж у верхнє положення, поступить у сервомотор і поверне лопатку проти годинникової стрілки у вихідне положення. Олива з



шорсткості обробленої поверхні, виду і характеру операцій шліфування.

Залежно від конкретних факторів встановлюють такі характеристики шліфувального круга, які рекомендовані в табл. 1 і 2:

а) форма і розміри абразивного інструменту – вибираються зовнішній діаметр і ширина круга максимально допустимі для даного верстата, обов'язково стандартних розмірів;

Таблиця 1. Характеристики шліфування кругів для круглого шліфування

| Оброблюваний матеріал | Кругле шліфування  |             |           |         | Внутрішнє шліфування |             |         |
|-----------------------|--------------------|-------------|-----------|---------|----------------------|-------------|---------|
|                       | Марка абразиву     | Зернистість | Твердість | Зв'язка | Марка абразиву       | Зернистість | Зв'язка |
| Конструкційна сталь   | 12А-16А            | 32-63       | С2-СМ2    | К       | 12А-16А              | 32-50       | К       |
| Загартована сталь     | 12А-16А<br>22А-25А | 32-80       | СМ1-М3    | КБ      | 12А-16А<br>22А-25А   | 40-63       | К;Б     |
| Інструментальна сталь | 12А-16А            | 32-63       | СМ2-СМ1   | КБ      | 12А-16А              | 40-63       | К;Б     |
| Чавун                 | 52С-55С            | 32-63       | СМ1-М2    | К       | 52С-55С              | 32-50       | К       |
| Алюмінієві сплави     | 52С-55С            | 32-50       | СМ1-М3    | К       | 52С-55С              | 32-50       | К       |
| Латунь                | 52С-55С            | 32-50       | СМ1-С1    | К       | 52С-55С              | 40-63       | К       |
| Тверда бронза         | 12А-15А            | 32-63       | СМ1-М3    | К       | 12А-15А              | 40-63       | К       |
| Тверді сплави         | 62С-64С            | 40-100      | СМ1-М3    | К       | 62С-64С              | 63-80       | К       |

Характеристики абразивних кругів для плоского шліфування периферією круга

Таблиця 2

| Оброблюваний матеріал     | Шорсткість поверхні Ra, мкм | Характеристики круга |                     |                     |                 |               |
|---------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|-----------------|---------------|
|                           |                             | марка абразиву       | номер зернистості і | категорія твердості | номер структури | марка зв'язки |
| Незагартована сталь       | 1,2...2,5                   | 13А, 14А             | 40...63             | С2-СТ1              | 3,4             | К1, К5, К8    |
|                           | 0,63...1,25                 |                      | 16...32             |                     |                 |               |
| Загартована сталь         | 1,2...2,5                   | 23А, 24А             | 40...63             | СМ1-СМ2             | 5,6             | К1, К5, К8    |
|                           | 0,63...1,25                 |                      | 16...32             |                     |                 |               |
| Чавун                     | 1,2...2,5                   | 53С, 54С             | 40...63             | СМ2-С1              | 3,4             | К2, К3        |
|                           | 0,63...1,25                 |                      | 16...32             |                     |                 |               |
| Алюмінієві сплави, латуні | 1,2...2,5                   | 54С, 55С             | 40...63             | М2-СМ2              | 7,8             | К2, К3        |
|                           | 0,63...1,25                 | 25А                  | 16...32             |                     |                 |               |
| Тверда бронза             | 1,2...2,5                   | 54С, 55С             | 40...63             | М2-СМ2              | 4,5             | К2, К3        |
|                           | 0,63...1,25                 | 14А                  | 16...32             |                     |                 |               |

Примітка. Верхні значення для попереднього, а нижні значення для заключного шліфування б) вид абразивного матеріалу – залежно від виду і властивостей оброблюваного матеріалу, виду абразивного оброблення; в) зернистість абразивного матеріалу залежно від шорсткості обробленої поверхні. Так зернистість складає: 50; 63 – для попереднього круглого і плоского шліфування до  $Ra = 2,5 \dots 0,63$  мкм; 40; 32 – для попереднього і чистового шліфування до  $Ra = 2,5 \dots 0,32$  мкм; 25; 20; 16 – для чистового шліфування до  $Ra = 1,25 \dots 0,16$  мкм; 12; 10 – заключне шліфування до  $Ra = 0,63 \dots 0,16$  мкм; г) вид зв'язки залежно від способу шліфування. Керамічна К1, К2, К3, К4, К6, К8, К10 – для всіх видів шліфування крім прорізування пазів і відрізування; К2, К3 – для інструменту із карбіду кремнію, для загострювання інструментів із твердих сплавів; К1, К2, К8 – для інструменту із електрокорунду; вулканітові В1, В2, В3, В5 – для ведучих кругів безцентрового шліфування.

д) категорію твердості залежно від виду і властивостей оброблюваного матеріалу, довговічності інструменту. Тверді матеріали оброблюють м'якими кругами (М, СМ, С) м'які – твердими. В'язкі мідь, свинець обробляють м'якими кругами.

е) структуру абразивного інструменту залежно від виду оброблюваного матеріалу і способу шліфування. Рекомендуються номери структури: 3, 4 – для шліфування твердих і крихких матеріалів; 5, 6 – для круглого зовнішнього, безцентрового, плоского шліфування периферією круга металів з високим опором розтягу; 7, 8 – шліфування в'язких матеріалів з низьким опором розриву, внутрішнього шліфування, плоского шліфування торцем круга; 9, 12 – швидкісного шліфування.

Послідовність виконання роботи:

Оброблення на круглошліфувальному верстаті

1. Ознайомитись з правилами безпечної роботи на шліфувальних верстатах.
2. Ознайомитись із загальною будовою, органами керування, гідро кінематичною схемою круглошліфувального верстата 3С120Б.
3. Відповідно до завдання вибрати шліфувальний круг за розмірами і характеристиками.
4. Призначити режим шліфування.
5. Встановити і закріпити круг у фланцях та на оправці для статичного балансування. Провести статичне балансування шліфувального круга.
6. Встановити відбалансований круг на шпинделі шліфувальної бабки і закріпити та торці фланця балансувальний пристрій в тому ж положенні в якому він знаходився до зняття.
7. Увімкнути верстат і відбалансувати шліфувальний круг на верстаті.
8. Виконати правлення шліфувального круга. Правлення проводити за декілька робочих ходів с подачею на правильний інструмент  $0.02 \dots 0.03$  мм, а потім без подачі.
9. Встановити передню і задню бабки залежно від довжини заготовки так, щоб середина заготовки була на осі повороту верхнього стола.

10. Встановити верхній стіл так, щоб риска вказівника співпала з нульовою поділкою шкали конусності.

11. Встановити заготовку в центрах.

12. Упори реверсу стола виставити на довжину шліфування так, щоб вихід круга за межі заготовки в крайніх положеннях стола складав приблизно  $1/3$  його ширини.

13. Перемикнути рукоятку 21 (рис.47.4) у положення поздовжнього шліфування і встановити необхідну швидкість стола.

14. Швидко підвести шліфувальну бабку так, щоб шліфувальний круг не дійшов до заготовки і не врізався в неї. Відрегулювати подачу холодильної рідини і вручну підвести круг до дотикання із заготовкою (появляється іскра).

15. Прошліфувати заготовку і виміряти її діаметр у двох перерізах з протилежних торців. При наявності недопустимої конусності скоректувати положення верхнього стола на необхідну величину користуючись індикатором. Прошліфувати заготовку і знову заміряти конусність поверхні.

16. Відповідно до завдання налагодити верстат і прошліфувати конусну поверхню.

17. Вимірити мікрометром діаметри поверхні з обох кінців у взаємно перпендикулярних площинах і визначити еліпсність і конусність.

Оброблення на плоскошліфувальному верстаті

1. Ознайомитись із загальною будовою, органами керування, гідравлічною схемою плоскошліфувального верстата 3Г71.

2. Відповідно до завдання вибрати шліфувальний круг за розмірами і характеристиками. Призначити режим шліфування.

3. Встановити і закріпити заготовку на магнітній плиті. Для закріплення заготовки перемикач 7 (рис. 47.6) повертають у положення „Плита увімкнена”.

4. Встановити упори 15 поздовжнього реверса стола так, щоб хід стола був більший від довжини заготовки на 80...100 мм.

5. Увімкнути почергово шліфувальний круг (кнопкою 6) і гідропривід (кнопкою 2).

6. Дросельний кран гідропанелі встановити у положення „Пуск”.

7. Рукоятку 13 „Швидкість стола” повільно перевести з положення „менше” вліво поступово збільшуючи швидкість стола.

8. Підвести шліфувальний круг до заготовки, при швидкості стола 8...10 м/хв., рукояткою 4, а маховиком 16 встановити глибину шліфування.

9. Встановити необхідну швидкість стола рукояткою 13.

10. Встановити необхідну величину поперечної подачі маховиком 10.

11. Увімкнути кнопкою 8 автоматичну поперечну подачу в ту чи іншу сторону залежно від того з якої сторони починається шліфування. Прошліфувати поверхню заготовки.

Параметри режиму різання для різних видів шліфування визначають користуючись табл. 3.

Параметри режиму різання для шліфування конструкційних матеріалів

Таблиця 3

| Характеристика шліфування   | Швидкість круга, $V_k$ , м/с | Швидкість заготовки, (1) $V_z$ , м/хв. | Глибина шліфування, (1) $t$ , мм     | Поздовжня (поперечна)(2) подача, $S_{пз}$ , мм |
|---|------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| <b>Кругле зовнішнє шліфування</b>                                 |                              |  |                                      |  |
| З поздовжньою подачею: на кожен хід<br>на подвійний хід<br>врізне | 30...35                      | $\frac{12...25}{15...55}$              | $\frac{0,01...0,025}{0,005...0,015}$ | (0,3...0,7)В<br>$\overline{(0,2...0,7)В}$      |
|   |                              |  | 0,015...0,05                         | (0,3...0,7)В                                   |
|   |                              | $\frac{30...50}{20...40}$              |                                      | $\frac{0,001...0,005}{0,0025...0,0075}$        |
| <b>Кругле внутрішнє шліфування</b>                                |                              |  |                                      |  |
| попереднє   | 30...35                      | 20...40                                | $\frac{0,005...0,02}{0,0025...0,01}$ | (0,4...0,7)В/<br>(0,25...0,04)В                |
| заклучне  |                              |  |                                      |  |
| <b>Плоске шліфування периферією круга</b>                         |                              |  |                                      |  |
| На верстатах з прямокутним столом: серійному виробництві          | 30...35                      | $\frac{8...30}{15...20}$               | $\frac{0,015...0,04}{0,005...0,015}$ | (0,4...0,7)В<br>$\overline{(0,2...0,3)В}$      |
|   |                              | 3...8                                  | $\frac{0,05...0,15}{0,01...0,015}$   | 1.2 мм хід<br>1...1,5 мм хід                   |
| В інструментальному виробництві                                   |                              |  |                                      |  |

Примітки: 1 – значення у чисельнику для попереднього, у знаменнику для заключного шліфування. 2 – значення поперечних подач для врізного шліфування.

**Контрольні запитання.** 1. Способи зовнішнього круглого шліфування. 2. Способи внутрішнього круглого шліфування. 3. Способи плоского шліфування. 4. Вибір режиму різання при шліфуванні. 5. Загальна будова круглошліфувального верстата. 6. Органи керування круглошліфувального верстата. 7. Будова пристроїв для балансування кругів і послідовність балансування шліфувальних кругів. 8. Порядок налагодження круглошліфувального верстата на шліфування циліндричних і конічних поверхонь. 9. Будова плоскошліфувального верстата. 10. Органи керування плоскошліфувального верстата. 11. Послідовність налагодження плоскошліфувального верстата.

## Тема 5. Обробка заготовок на протяжних верстатах.

**Мета роботи:** ознайомитися з процесом обробки заготовок протягуванням і прошиванням, вивчити будову та призначення протяжок, їх конструктивні елементи, геометричні параметри різальних зубців, а також особливості обробки внутрішніх і зовнішніх поверхонь, набути практичних навичок аналізу схем різання та конструкції протяжного інструменту.

**Обладнання, матеріали та інструменти:** заготовки; протяжки для внутрішнього та зовнішнього протягування; прошивки для обробки отворів; креслення, схеми та плакати з будови протяжок; вимірвальний інструмент; довідкова та навчальна література.

### Теоретичні відомості.

Протягання - високопродуктивний метод обробки отворів, зовнішніх поверхонь різного профілю спеціальним інструментом - протяжками, що забезпечує високу точність форми та розмірів і малу шорсткість.

Протяжка - багатолезовий різальний інструмент, форма якого відповідає формі оброблюваної поверхні. Внаслідок того, що в процесі протягування кожен наступний зубець вище попереднього, припуск на обробку знімається поступово.

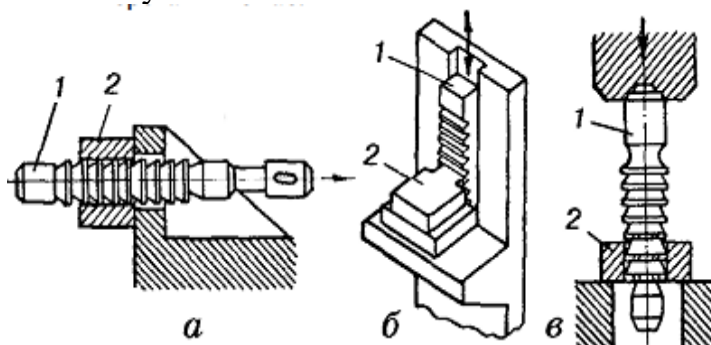


Рис.1. Схеми протягання і прошивання

Розрізняють внутрішнє і зовнішнє протягання. При внутрішньому протяганні (рис. 1, а) протяжку 1 протягають крізь попередньо просвердлений або розточений отвір заготовки 2. Залежно від форми поперечного перерізу протяжками можна виготовити отвори різного профілю. Протяжки для зовнішнього протягання (рис. 1, б) призначені для обробки зовнішніх плоских і лінійних поверхонь заготовок 2 невеликої ширини.

Подібним до протягання є прошивання (рис.1, в), яке здійснюють на пресах або спеціальних верстатах. Прошивку 1 протискають крізь отвір оброблюваної заготовки 2. Її застосовують для обробки коротких отворів.

Головним рухом при протяганні є переміщення протяжки. Руху подачі в механізмі протяжних верстатів немає.

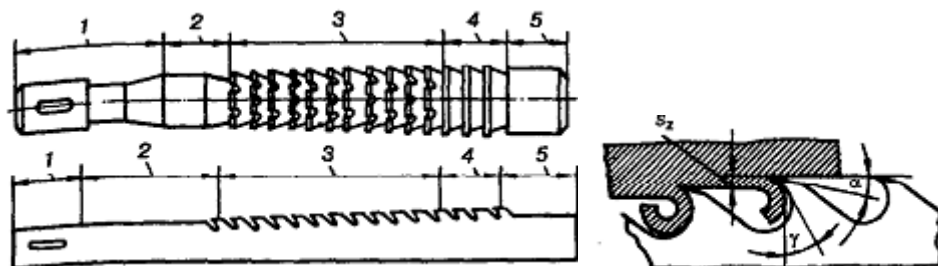
Схема різання при протяганні - це послідовність зрізання припуску зубцями протяжки. Розрізняють профільну, генераторну і прогресивну схеми різання.

При профільній схемі форма різальних кромek зубців протяжки подібна до профілю оброблюваної поверхні. Ці протяжки складні для

виготовлення, тому цю схему застосовують в основному для круглих і зовнішніх протяжок.

Генераторна схема передбачає послідовне зрізання припуску паралельними або дугоподібними шарами, розміщеними по концентричних обводах. Зубці різальної частини мають змінний контур, який поступово переходить у контур протягнутої поверхні. Лише останні зубці знімають тонкий шар по всьому профілю. Ці протяжки більш технологічні у виготовленні і при заточуванні. Основні елементи і геометричні параметри протяжок. За характером оброблюваних поверхонь розрізняють протяжки для внутрішнього і зовнішнього протягання. Використовують протяжки з різальними і зміцнювальними робочими елементами. У зміцнювальних робочих елементах зубці округлі і деформують поверхневий шар без зняття стружки.

Основні їх частини такі: хвостова 1, призначена для кріплення протяжки у верстаті; передня напрямна 2 - орієнтує протяжку в отворі в початковий момент роботи її різальних зубців; різальна 3 - знімає різальними зубцями, що поступово збільшуються по висоті, припуск на обробку; калібрувальна 4 - надає отвору або пазу остаточних розмірів; розміри калібрувальних зубців однакові і дорівнюють розмірам останнього різального зуба; задня напрямна 5 - призначена для спрямовування протяжки і захищає її від перекосу до виходу останнього калібрувального зубця з отвору.



На рис. 2 зображено протяжки для круглих отворів і шпонкових пазів.

Протяжки виготовляють переважно з легированої інструментальної сталі марки ХВГ і швидкорізальних сталей Р9 і С18. Застосовують також плоскі і шпонкові протяжки, оснащені пластинками з твердих сплавів ВК8 і Т5К10.

Для обробки циліндричних отворів використовують збірні протяжки зі змінними твёрдосплавними різальною і калібрувальною частинами.

Кожен зуб протяжки - це різець (рис. VI.49) із властивими йому геометричними параметрами різальної частини. Передній і задній куты протяжки визначають у площині, нормальній до різальної кромки. Залежно від механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $\gamma$  змінюється від 0 до 15... 18°. Передній кут зубців калібрувальної частини становить близько 0-5°.

Задній кут  $\beta$  для протяжок внутрішнього протягання залежно від класу точності оброблюваного отвору становить близько 1...4°. Калібрувальні зубці на задній поверхні мають стрічку завширшки 0,2...0,3 мм, у якої  $\beta = 0^\circ$ .

Крок зубців вибирають з таким розрахунком, щоб у різанні брало

участь одночасно не менше ніж 3 зубці.

Зубонарізання полягає у прорізуванні западин між зубцями і наданні їм потрібного профілю. Є два основних методи нарізання зубців зубчастих коліс: метод копіювання і метод обкатки, або огинання. Метод копіювання полягає в утворенні зубців зубчастого колеса спеціальним фасонним інструментом, профіль якого відповідає профілю за-падини між ними.

При нарізанні зубців зубчастого колеса методом обкатки потрібний профіль їх утворюється внаслідок узгоджених переміщень різальних кромки інструмента і заготовки колеса. Різальні кромки інструмента описують у просторі поверхню, яка відповідає поверхні зубчастої рейки або зубчастого колеса, що називаються виробною рейкою або виробним колесом. Унаслідок узгоджених рухів інструмента і заготовки заготовка огинається навколо виробної рейки або колеса, ніби перебуваючи з нею у постійному зачепленні.

В цей час різальні кромки інструмента прорізають на заготовці западини між зубцями.

Нарізають зубці зубчастих коліс за методом обкатки спеціальними інструментами на зуборізних верстатах. Найпоширенішими є зубофрезерні, зубодовбальні та зубостругальні верстати.

## **Тема 6. Проектування технологічного процесу виготовлення сталевих поковки**

**Мета роботи:** опанувати методику розроблення технології та складання технологічної карти на виготовлення поковки, отриманої вільним куванням або штампуванням.

**Обладнання, матеріали та інструменти:** креслення деталей, таблиці припусків і допусків на поковки із вуглецевих і легованих сталей, плакати, довідники з оброблення тиском та термічної обробки.

### **Теоретичні відомості**

Обробка тиском застосовується для отримання заготовок із пластичних матеріалів шляхом пластичної деформації з метою надання заготовці заданих форми та розмірів. Методи обробки тиском мають надзвичайно високу продуктивність, дозволяють зменшувати відходи металу, підвищують рівень механічних властивостей заготовок, але вимагають значних енергетичних витрат та складного обладнання. Найважливішими видами оброблення тиском є кування і прокатування, якими оброблюють близько 90% виплавленої сталі.

На машинобудівних заводах заготовки обробляють переважно куванням і штампуванням. У ковальсько-пресових цехах заводів сталеві заготовки обробляють на пресах і в штампах. Вибір обладнання та виготовлення поковки визначаються насамперед її розмірами, масою (від 150 г до 300...350 т), серійністю виробництва, складністю форми (прості, фасонні).

Заготовками для вільного кування може бути прокат простої геометричної форми, а також зливки.

Проектування поковки. Для розроблення креслення поковки використовують креслення готової деталі. Розміри поковки порівняно з розмірами деталі мають бути більші на припуски, які даються для механічного оброблення і на вигар матеріалу.

З метою спрощення форми поковки для окремих поверхонь, отримати які вільним куванням неможливо або важко, призначають напуски (місцеве збільшення припусків).

Крім припусків, з урахуванням неточності виготовлення поковки призначають граничні відхилення (допуски - різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами поковки). Тобто граничні відхилення встановлюють на номінальні розміри поковки. Приклад креслення поковки з зазначенням припусків і граничних відхилень наведено на рис. 1.

Значення припусків і граничних відхилень регламентовані держстандартом. При виготовленні рівних поковок круглого, квадратного і прямокутного перерізів із вуглецевої і легової сталі вільним куванням на молотах залежно від розмірів деталей, значення припусків і граничних відхилень рекомендується брати з табл. 1.

Припуски і допуски для поковок типу дисків, циліндрів, втулок, брусків, пластин як суцільних, так і з отвором, слід призначати з табл. 28.2.

1. Для прямокутних деталей розмір «Н» потрібно брати як найменший, а розмір «В» - як найбільший розмір деталі.

2. Отвори в поковках діаметром менше ніж 40 мм дозволяється не прошивати. Отвори діаметром понад 60 мм можна не прошивати в поковках, висота яких становить понад 120 мм.

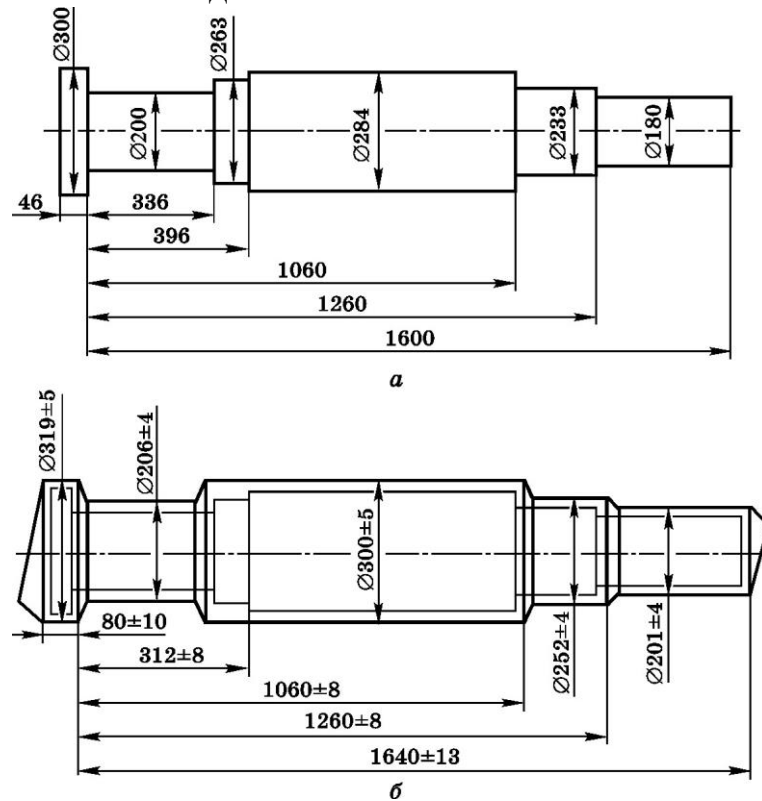


Рис. 1. Ескізи: а - деталі; б - поковки з урахуванням припусків і граничних відхилень

### Припуски і допуски на поковки різних форм

Таблиця 1.

| Довжина поковки, мм | Припуски ( $\delta$ ) і допуски ( $\pm\Delta$ ) залежно від розміру (перерізу - D, B, H) поковки, мм |            |            |            |            |            |            |            |
|---------------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                     | До 50  | 51...70    | 71...90    | 91...120   | 121...160  | 161...200  | 201...250  | 251...300  |
| До 250              | $5 \pm 2$  | $6 \pm 2$  | $7 \pm 2$  | $8 \pm 3$  | $9 \pm 3$  | -          | -          | -          |
| 250...500           | $6 \pm 2$  | $7 \pm 2$  | $8 \pm 2$  | $9 \pm 3$  | $10 \pm 3$ | $11 \pm 3$ | $12 \pm 3$ | $13 \pm 4$ |
| 500...800           | $7 \pm 2$  | $8 \pm 2$  | $9 \pm 3$  | $10 \pm 3$ | $11 \pm 3$ | $12 \pm 3$ | $13 \pm 4$ | $14 \pm 4$ |
| 800...1200          | $8 \pm 2$  | $9 \pm 3$  | $10 \pm 3$ | $11 \pm 3$ | $12 \pm 4$ | $13 \pm 4$ | $14 \pm 4$ | $15 \pm 4$ |
| 1200...1700         | -  | $10 \pm 3$ | $11 \pm 3$ | $12 \pm 4$ | $13 \pm 4$ | $14 \pm 4$ | $15 \pm 4$ | $16 \pm 5$ |
| 1700...2300         | -  | $11 \pm 3$ | $12 \pm 3$ | $13 \pm 4$ | $14 \pm 4$ | $15 \pm 4$ | $16 \pm 5$ | $17 \pm 5$ |
| 2300...3000         | -  | -          | $13 \pm 4$ | $14 \pm 4$ | $15 \pm 4$ | $16 \pm 5$ | $17 \pm 5$ | $18 \pm 5$ |
| 3000...4000         | -  | -          | -          | $15 \pm 5$ | $16 \pm 5$ | $17 \pm 5$ | $18 \pm 5$ | $19 \pm 5$ |

Примітка. Припуски і допуски для прямокутних деталей беруть залежно від найбільшого розміру перерізу.

Розрахунок маси і розмірів заготовки. Знаючи розміри поковки, визначають її масу, кг:  $m_{\text{пок}} = V_{\text{пок}} \cdot \rho$ , де:  $V_{\text{пок}}$  - об'єм поковки, см<sup>3</sup>;  $\rho$  - щільність поковки, г/см<sup>3</sup> (для вуглецевої сталі  $\rho = 7,85$ ).

Маса заготовки буде більшою від поковки на значення вигару металу та відходів на оброблення, кг:  $m_{\text{заг}} = m_{\text{пок}} + m_{\text{об}} + m_{\text{виг}}$ , де:  $m_{\text{пок}}$  - маса поковки, кг;  $m_{\text{об}}$  - маса відходів на оброблення, кг;  $m_{\text{виг}}$  - маса відходів на вигар, кг.

Орієнтовно загальну масу відходів на оброблення і вигар можна брати залежно від маси поковок (табл. 28.3).

Припуски і граничні відхилення на диски, циліндри, втулки, бруски, пластини

Таблиця 2

| Розміри перерізу деталі, мм | Розміри деталей | Припуски і граничні відхилення на відповідні розміри деталей (H, D, L, B, d), мм |         |         |          |           |           |           |           |           |           |
|-----------------------------|-----------------|--|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                             |                 | До 50  | 50...65 | 65...80 | 80...100 | 100...125 | 125...150 | 150...180 | 180...215 | 215...250 | 250...300 |
| 200...250                   | H,              | 8±3  | 9±3     | 9±3     | 10±2     | 11±3      | 12±4      | 13±4      | 14±5      | 15±6      | 16±6      |
|                             | D, L, B,        | 11±3   | 11±3    | 12±3    | 13±4     | 13±4      | 14±4      | 14±4      | 15±5      | 16±6      | 17±6      |
|                             | d               | 17±3   | 18±3    | 18±3    | 19±4     | 19±4      | 20±4      | 20±4      | 21±5      | 22±6      | 23±6      |
| 250...300                   | H,              | 9±3  | 10±3    | 10±3    | 11±3     | 12±4      | 13±4      | 14±4      | 15±5      | 16±6      | 17±6      |
|                             | D, L, B,        | 12±4   | 12±4    | 13±4    | 14±4     | 14±5      | 15±5      | 15±5      | 16±6      | 17±7      | 18±7      |
|                             | d               | 18±4   | 19±4    | 19±4    | 20±5     | 20±5      | 21±5      | 21±5      | 22±6      | 23±7      | 24±7      |
| 300...360                   | H,              | 9±3  | 10±3    | 10±3    | 11±3     | 12±4      | 13±4      | 14±4      | 15±5      | 16±6      | 17±6      |
|                             | D, L, B,        | 13±4   | 13±4    | 14±4    | 15±4     | 15±5      | 16±5      | 16±5      | 17±6      | 18±7      | 19±7      |
|                             | d               | 19±4   | 20±4    | 20±4    | 21±4     | 21±5      | 22±5      | 22±5      | 23±6      | 24±7      | 25±7      |
| 360...420                   | H,              | 10±3   | 11±4    | 11±4    | 12±4     | 13±5      | 14±5      | 15±5      | 16±6      | 17±7      | 18±7      |
|                             | D, L, B,        | 14±5   | 14±5    | 15±5    | 16±6     | 16±6      | 17±6      | 17±6      | 18±7      | 19±8      | 20±8      |
|                             | d               | 20±5   | 21±5    | 21±5    | 22±6     | 22±6      | 23±6      | 23±6      | 24±7      | 25±8      | 26±8      |
| 420...550                   | H,              | 10±3   | 11±4    | 11±4    | 12±4     | 13±5      | 14±5      | 15±5      | 16±6      | 17±7      | 18±7      |
|                             | D, L, B,        | 15±5   | 15±5    | 16±5    | 17±6     | 17±6      | 18±6      | 18±6      | 19±7      | 20±8      | 21±8      |
|                             | d               | 21±5   | 22±5    | 22±5    | 23±6     | 23±6      | 24±6      | 24±6      | 25±7      | 26±8      | 27±8      |

Загальна маса відходів на оброблення і вигар для поковок

Таблиця 3.

| Поковки  | Послідовність кування                        | Загальна маса відходів залежно від маси поковки, % |
|--|--|--|
| Глухі фланці, круглі, квадратні пластини, бруски | Осадка, обкатка, прогладжування              | 1,5...2,5  |
| Фланці з отвором, обичайки                       | Осадка, кування в розмір, прошивка, розкатка | 2  |
| Розгінні кільця, обичайки                        | Осадка, прошивка, розкатка                   | 2,5  |

|   |  |         |
|---|--|---------|
| Зубчасті колеса без центрального отвору                                       | Осадка, обкатка, засічка, розтяжка, правка | 8...10  |
| Зварні кільця, втулки, обичайки, муфти  | Гнуття, зварювання, правка                 | 3...5   |
| Гладенькі вали, вилки, бруски, квадратні, прямокутного і шестикутного профілю | Витяжка, обрубка, правка                   | 5...7   |
| Вали, вилки з двосторонніми уступами, шпинделі, тяги, вушка, скоби, болти     | Витяжка двостороння, засічка, обрубка      | 10...12 |

Розміри заготовки визначають у такому порядку.

Спочатку розраховують площу перерізу заготовки, см<sup>2</sup>:

- для шестерень, дисків, шківів:  $F_{заг} = F_{пок}K$ ;
- для валів, пальців, болтів:  $F_{заг} = F_{пок} / K$ ,

де:  $F_{пок}$  - площа перерізу поковки, см<sup>2</sup>;  $K$  - ступінь уковування (для вуглецевих сталей на рівних поверхнях  $K = 0,3$ ; для вуглецевих сталей на фланцях і виступах  $K = 1,75$ ; для легованих сталей на рівних поверхнях  $K = 2,0$ ; для легованих сталей на фланцях і виступах  $K = 1,5F$ ).

Якщо основною операцією при виготовленні поковки є осадка, то висота заготовки має бути меншою за три її діаметри. Це дає змогу уникнути викривлення заготовки при виготовленні поковки. Довжина заготовки, см,  $L_{заг} = V_{заг} / F_{заг}$ , де:  $V_{заг}$  - об'єм заготовки, см<sup>3</sup>.

Розроблення технологічної карти виготовлення поковки. Технологічний процес вільного кування або штампування складається з операцій, які виконують у певній послідовності і забезпечують отримання із заготовки потрібних розмірів і форми поковки.

Визначення послідовності операцій і переходів вільного кування. До основних операцій вільного кування належать рубання, осадка, висадка, роздача, гнуття, прошивка, закручування, ковальське зварювання, кування у пристроях. Розробляючи технологічний процес виготовлення поковки, потрібно прагнути до зменшення кількості операцій і переходів, зведення до мінімуму відходів металу та одержання деталі з високими механічними властивостями. З цією метою використовують спеціальні пристрої, замість пічного нагрівання заготовки виконують електронагрівання.

Для отримання високих механічних властивостей поковок має значення вибір температурного інтервалу кування, врахування сприятливого напрямку утвореної текстури металу. Якщо поковки виготовляють із литих заготовок, то для роздроблення дендритної структури необхідне багаторазове обтискання в поздовжньому та поперечному напрямках.

Як приклад призначення послідовності операцій і переходів вільного кування наведено технологічну карту виготовлення поковки шестерні.

Вибір інструменту й обладнання для виготовлення поковки.

Вибір інструменту залежить від розмірів і конфігурації поковки, для отримання якої потрібно виконати певні операції.

Наприклад, при куванні кільцевих поковок виконують осадку, прошивку, витяжку на оправці до діаметра. При виготовленні поковок типу валів основними операціями кування будуть витяжка і правка.

У зв'язку з цим при виборі інструменту в кожному конкретному випадку студент має користуватися плакатами на яких наведені операції та інструменти, які використовуються в процесі вільного кування заготовок.

#### Технологічна карта виготовлення поковки шестерні

Таблиця 4

| Операції і переходи            | Ескізи операцій і переходів   | Обладнання       | Інструмент               | Температурний інтервал кування, °С | Температура термічної обробки поковки, °С |
|--------------------------------|---|------------------|--------------------------|------------------------------------|---|
| Рубання заготовки              |    | Механічні ножиці | Ножі (верхній, нижній)   | -                                  | -   |
| Нагрівання                     |   | Піч              | -                        | 1200...1250                        | -   |
| Осадка заготовки               |   | Молот            | Бойки, кронциркуль       | 1250...850                         | -   |
| Обкатка бочкоподібної поверхні |  | Молот            | Той самий інструмент     | 1000...850                         | -   |
| Підігрівання                   |   | Піч              | -                        | 1200...1250                        | -   |
| Пробивання отвору              |  | Молот            | Бойки, прошивки, оправка | 1250...1000                        | -   |
| Обкатка по периметру           |  | Молот            | Бойки, кронциркуль       | 1000...850                         | -   |
| Підігрівання                   |   | Піч              | -                        | 1100                               | -   |
| Калібрування отвору            |  | Молот            | Калібр, бойки, оправка   | 1100...850                         | -   |
| Відпал                         |   | Піч              | -                        | -                                  | 650...700                                 |

Обладнання вибирають за масою падаючих частин ковальських молотів залежно від розмірів заготовки і виду операцій вільного кування, для виконання яких потрібно затратити максимальне зусилля (табл. 5).

Дані для вибору маси падаючих частин ковальського молота

Таблиця 5

| Маса падаючих частин молота, кг | Максимальний переріз заготовки (сторона квадрата або діаметр заготовки), мм |         | Маса падаючих частин молота, кг | Максимальний переріз заготовки (сторона квадрата або діаметр заготовки), мм |         |
|---------------------------------|---|---------|---------------------------------|---|---------|
|                                 | Осадка  | Витяжка |                                 | Осадка  | Витяжка |
| 100                             | 50  | 90      | 750                             | 135   | 200     |
| 200                             | 70  | 120     | 1000                            | 160   | 230     |
| 300                             | 85  | 140     | 2000                            | 225   | 280     |
| 400                             | 100   | 160     | 3000                            | 270   | 330     |
| 500                             | 115   | 180     | 5000                            | 350   | 400     |

Визначення режиму нагрівання заготовок і температурного інтервалу вільного кування. Заготовки для кування нагрівають у полумєневих і електричних печах, а також в електронагрівальних установках. Найпоширенішими є полумєневі печі, в яких нагрівають як дрібні заготовки, так і великі зливки масою 300...350 т.

Електричні печі частіше використовують для нагрівання кольорових металів та сплавів і рідше для нагрівання сталі. В електронагрівальних установках основними методами нагрівання є індукційний і контактний. Індукційне нагрівання здійснюють в індукторах підвищеної частоти (500...8000 Гц) для заготовок діаметром понад 15...70 мм. Порівняно з полумєневими печами, електронагрівання заготовок має такі переваги: зменшуються втрати на окалину з 3...4 до 0,5%; практично немає знеуглецьованого шару.

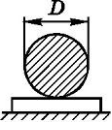
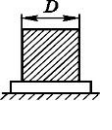
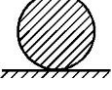
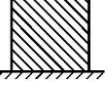
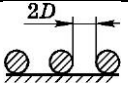
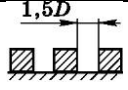
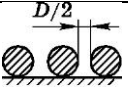
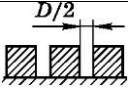
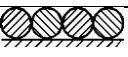

Вибираючи режим нагрівання, потрібно враховувати хімічний склад сплаву, від якого залежить теплопровідність. Щоб запобігти тепловим напруженням у сталі, для кожного виду сплаву потрібно крім температури вибирати конкретну швидкість і час нагрівання.

Час нагрівання заготовок у полумєневих печах можна визначити за формулою М.М. Доброхотова - В.Ф. Копитова, год:

$\tau = \alpha K D \sqrt{D}$ , де:  $\alpha = 1...4$  - коефіцієнт, який залежить від способу розміщення заготовок у печі (табл. 6);  $K$  - коефіцієнт (для конструкційної і низьколегованої сталі  $K = 10$ , для високолегованої сталі  $K = 20$ );  $D$  - діаметр круглої або сторона квадратної заготовки, м.

Значення коефіцієнта  $\alpha$  залежно від способу розміщення заготовок

Таблиця 6.

| Розміщення заготовок  | Коефіцієнт, $\alpha$ | Розміщення заготовок   | Коефіцієнт, $\alpha$ |
|---|----------------------|--|----------------------|
|  | 1,0                  |  | 1,0                  |
|  | 1,0                  |  | 1,0                  |
|  | 1,3                  |  | 1,8                  |
|  | 1,4                  |  | 2,2                  |
|  | 2,0                  |  | 4,0                  |

Максимально допустима температура нагрівання заготовок визначається за формулою:  $t_{\max} = \alpha t_c$ , де:  $t_c$  - температура, яка відповідає лінії солідуса АНЕ на діаграмі сплавів залізо - цементит (рис. 2);  $\alpha = 0,85 \dots 0,95$  - коефіцієнт зниження температури.

Нагрівання заготовок до вищих температур спричинює перегрівання або перепалювання сталі. При перегріванні зерна сталі ростуть і, отже, зменшується її пластичність. Перегрівання сталі можна усунути глибоким куванням з наступним термічним обробленням (відпалювання, нормалізація). Перепалювання характеризується оплавленням і окисленням сталі на межах зерен. Перепалена сталь є браком, який не можна виправити, таку сталь переплавляють.

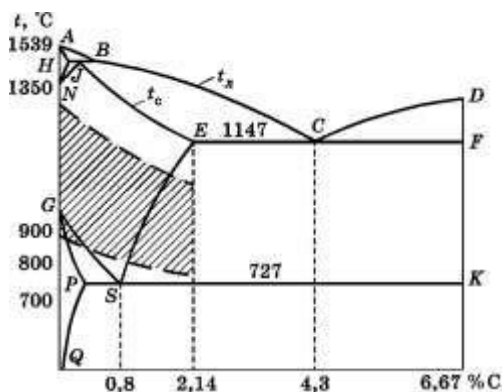


Рис. 2. Температурний інтервал гарячого оброблення тиском вуглецевих сталей.

Отриману поковку піддають термічній обробці (відпалюванню або нормалізації) для усунення крупнозернистої або різнозернистої структури і зняття внутрішніх напружень.

### Послідовність виконання роботи

1. Спроекувати поковку (розробити креслення поковки, виходячи із креслення деталі з урахуванням припусків).
2. Розрахувати розміри і масу поковки.
3. Розробити технологічну карту виготовлення поковки:
  - а) визначити послідовності операцій та переходів вільного кування;
  - б) вибрати інструмент та обладнання для виготовлення поковки;
  - в) визначити режим нагрівання заготовки та температурного інтервалу вільного кування.

На практиці часто для кожної марки сталі температуру початку і кінця кування вибирають, користуючись табл. 7.

### Температурний інтервал кування сталей

Таблиця 7.

| Марка сталі    | Температура початку кування, °С | Температура кінця кування, °С | Температура перепалювання, °С |
|----------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 10, 15         | 1300                            | 900                           | 1490                          |
| 20, 25, 35     | 1280                            | 880                           | 1400                          |
| 40, 45, 50     | 1260                            | 880                           | 1350                          |
| 55, 60         | 1240                            | 860                           | 1300                          |
| 65, 70         | 1220                            | 850                           | 1280                          |
| 15Г...60Г      | 1200                            | 800                           | 1270                          |
| 15Х, 20Х       | 1250                            | 800                           | 1350                          |
| 45Х, 50Х       | 1200                            | 800                           | 1270                          |
| 40ХН, 50ХН     | 1200                            | 800                           | 1300                          |
| 12ХН3А, 20ХН3А | 1200                            | 880                           | 1350                          |
| 40ХН           | 1200                            | 800                           | 1350                          |
| 30ХГС, 35ХГС   | 1180                            | 800                           | 1300                          |
| ШХ9, ШХ15      | 1180                            | 800                           | 1300                          |
| У12            | 1100                            | 800                           | 1180                          |
| Р9, Р18        | 1200                            | 900                           | 1380                          |

**Контрольні запитання і завдання.** 1. У якій послідовності проєктують поковку? 2. Залежно від чого визначають припуски на механічне оброблення поковок? 3. Методи і агрегати для нагрівання заготовок перед гарячим обробленням тиском. 4. Чим обмежується температура початку і кінця кування заготовок із сталей? 5. Якій термічній обробці піддають поковки після їх виготовлення?

## **Тема 7. Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка.**

**Мета роботи:** опанувати методику розроблення технологічного процесу виготовлення виливка.

**Обладнання, матеріали та інструменти:** креслярське приладдя, довідники, наочні посібники, моделі ливникової системи, креслення деталей, готові деталі, плакати з ливарного виробництва.

### **Теоретичні відомості**

Виготовлення виливка - складний технологічний процес (рис. 1), що передбачає проектування креслення литої деталі (виливка) і виготовлення модельно-стрижневого оснащення, приготування формової і стрижневої сумішей, розрахунок і плавлення шихти, виготовлення форм і їх заливання розплавом, їх вибивання, очищення, контроль якості.

У цій лабораторній роботі передбачається проектування креслення литої деталі і відповідно модельно-стрижневого оснащення, а також розрахунок ливникової системи для заданої литої деталі з урахуванням матеріалу, з якого її виготовляють.

Основою для виготовлення модельно-стрижневого комплекту (модель литої деталі і стрижневий ящик) є креслення литої деталі (рис. 2), яке розробляє конструктор, а модельник виготовляє комплект для цієї литої деталі.

При розробленні ливарної технології визначають: спосіб формування (ручне або машинне); положення виливка у формі під час заливання розплаву; усадку і припуски на механічне оброблення; кількість стрижнів і знакових частин; тип ливникової системи. Для цього складають технологічну карту на виготовлення виливка, марку розплаву, температуру заливання розплаву, склад шихти та ін. На кресленні моделі виливка косим штрихуванням або лініями червоного кольору позначають місця припусків на механічне оброблення, лініями або перехресним штрихуванням синього кольору - контури стрижнів і знакових частин моделі. При виготовленні моделі її розміри мають бути більшими від розмірів, що вказані на кресленні, на значення лінійної усадки сплаву (табл. 1) і величину припуску на механічне оброблення.

Якщо на кресленні показано знак  $\Psi$ , то припуск на механічне оброблення не передбачається. Якщо відливок піддається механічному обробленню, то розмір моделі для дрібних деталей більший на 2...3 мм на сторону. У ливарному виробництві отвори в деталі виконують, якщо при масовому виробництві діаметри цих отворів становлять понад 25 мм, при серійному - 30 мм, а при одиничному - 40...50 мм.

Щоб легше видалити модель із форми, її поверхні, розміщені паралельно напрямку руху при витягуванні із форми, виконують з формувальними уклонами - 1...3°, а стрижневих ящиків - 2...4°.

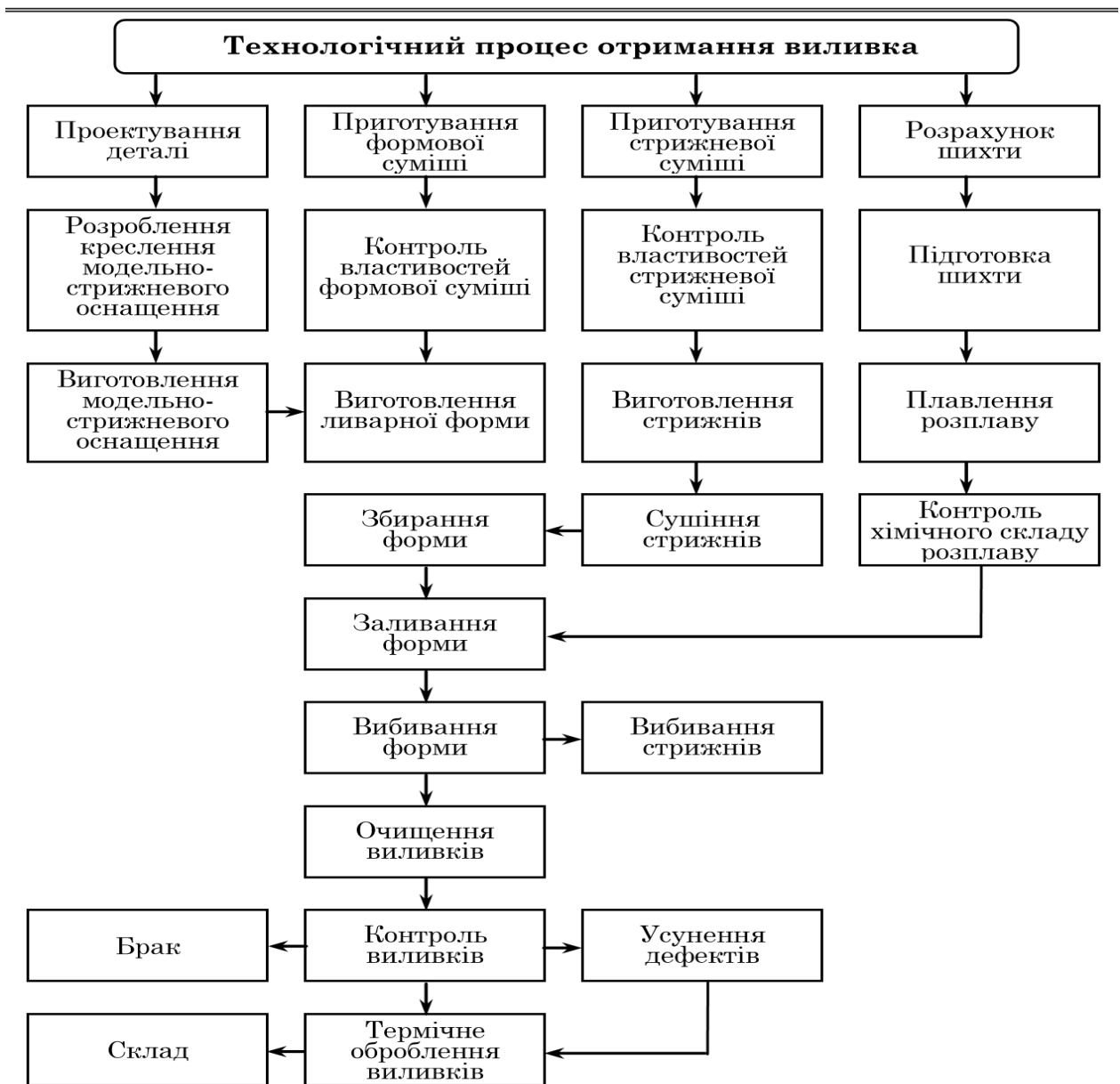


Рис. 1. Основні етапи процесу виготовлення виливка

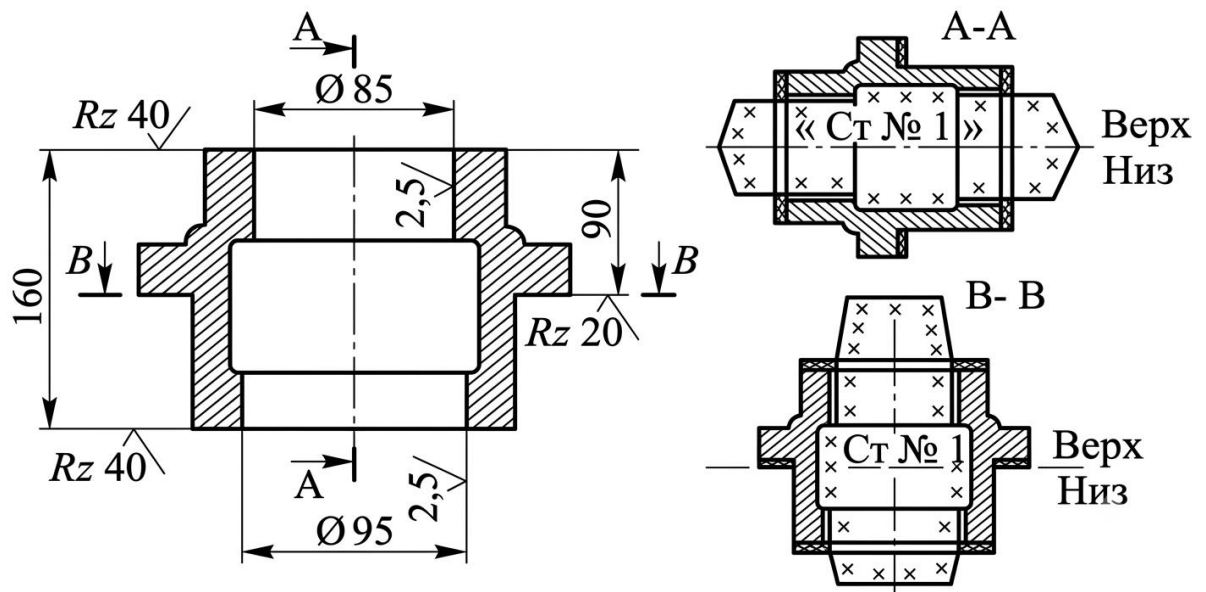


Рис. 2. Креслення деталі (корпусу підшипника)

## Лінійна усадка ливарних сплавів

Таблиця 1.

| Сплав                                | Усадка, %              | Сплав  | Усадка, %              |
|--------------------------------------|------------------------|--|------------------------|
| Чавун:<br>сірий білий                | 0,8...1,2<br>1,5...2,0 | Латунь                                       | 1,5...2,0              |
| Сталь вуглецева<br>(0,14...0,75% С)  | 1,2...1,3              | Сплави алюмінієві:<br>силумін<br>дюралюміній | 1,0...1,2<br>0,8...1,0 |
| Бронза:<br>олов'яниста<br>алюмінієва | 1,0...1,5<br>1,2...1,8 | Титанові сплави                              | 1,4...2,0              |

У литих деталях переходи стінки від однієї товщини до іншої мають бути плавними. Закруглення внутрішніх кутів у переходах називають галтелями, а зовнішніх - закругленнями. Залежно від розмірів деталей розміри радіусів галтелей для деталей такі: 1, 2, 3, 5, 8, 10, 15, 20, 25, 30 і 40 мм.

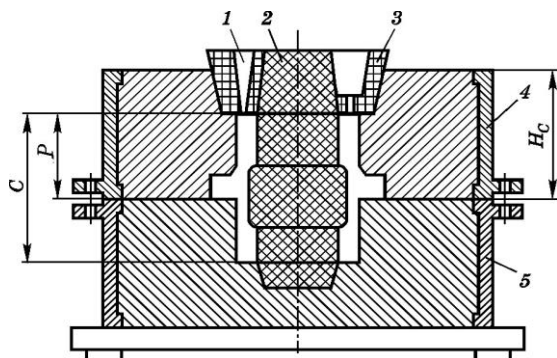
Для встановлення стрижня в ливарну форму на моделях роблять виступи (стрижневі знаки), які при виготовленні форми роблять у ній заглиблення (гнізда), в які вставляють стрижні.

Для отримання гладеньких робочих поверхонь моделей і стрижневих ящиків та запобігання насиченню вологою поверхні їх ґрунтують, шпаклюють і покривають модельним лаком (шелак - смола тропічних дерев) або нітроемалями.

Залежно від матеріалу, з якого виливають деталь (виливок), моделі фарбують у різні кольори: для чавунних деталей - червоний; сталевих - сірий; кольорових - жовтий; стрижневі знаки моделей - чорний.

### Послідовність виконання роботи

1. Отримавши креслення деталі, зробити відповідне креслення в зошиті з нанесенням усіх розмірів елементів і чистоту поверхонь, що вказує на необхідність припуску на механічне оброблення. Наприклад, виходячи із креслення корпусу підшипника (див. рис. 26.3), він має внутрішній отвір і фланець для кріплення. Під час його механічного оброблення потрібно обробити циліндричні поверхні діаметром 85 і 95 мм, торці по розміру 160 мм і поверхню фланця по розміру 90 мм.



оброблення.

Рис. 3. Схема ливникової форми в розрізі для визначення середнього

ефективного напору  $H_n$ : 1 - випор; 2 - стрижень; 3 - ливникова чаша;  
4 - верхня опока; 5 - нижня опока

Залежно від наведеної деталі при розробленні технологічного процесу можливі два варіанти роз'єднання моделі у формі: по лінії А – А або по лінії Б – Б.

3. Вибрати раціональне роз'єднання по певній площині і навести схему ливникової форми для отримання виливка з елементами ливникової системи (рис. 3).

4. Розрахувати масу виливка. Спочатку визначити об'єм виливка  $V_v$ ,  $\text{см}^3$ , а потім, виходячи із розмірів моделі деталі, - його масу, г:  $m_v = V_v \rho$ , де:  $\rho$  - густина розплаву,  $\text{г}/\text{см}^3$  (для сірого чавуну  $\rho = 7,10$ , для сталі  $\rho = 7,85$ , для бронзи  $\rho = 8,90$ , для силуміну  $\rho = 2,70$ ).

Визначити загальну масу розплаву  $m_r$ , потрібного для отримання виливка і заповнення каналів ливникової системи:

$m_r = m_v + m_{\text{т.с}}$ , де:  $m_{\text{т.с}}$  - маса розплаву ливникової системи;  $m_{\text{т.с}} = (0,15 \dots 0,20) m_v$ .

5. Розрахувати елементи ливникової системи.

Розрахувати ливникову систему - це означає визначити розміри та співвідношення всіх її елементів. Методи розрахунків ливникових систем ґрунтуються на законах гідравліки з використанням результатів, отриманих дослідницьким шляхом.

Розрахунки починають з визначення площі перерізу найвужчого місця ливникової системи, тобто живильників, а потім - шлаковловлювачів, стояка (випорів) тощо.

Визначають сумарну площу перерізу живильників за формулою:

$$F_{\text{ж}} = \frac{m_r}{\rho \mu \sqrt{2gH}} \quad \text{де: } g - \text{прискорення вільного падіння, м/с}^2;$$

$\mu$  - коефіцієнт, який залежить від загального гідравлічного опору ливникової форми руху розплаву (для чавунного литва  $\mu = 0,75 \dots 0,85$ ).

Площу перерізу шлаковловлювача  $F_{\text{шл}}$  і стояка  $F_{\text{ст}}$  залежно від товщини стінок виливка розраховують за співвідношенням для виливків:

- тонкостінних, дрібних:  $F_{\text{ж}} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 1 : 1,06 : 1,11$ ;

- середніх і дрібних:  $F_{\text{ж}} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 1 : 1,1 : 1,15$ ;

- великих:  $F_{\text{ж}} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 1 : 1,2 : 1,4$ .

Площа нижнього перерізу випору  $F_{\text{вип}} = 1,5 F_{\text{ст}} \text{ см}^2$ .

За наявності кількох випорів на одному виливку сумарний переріз їх може бути і більшим.

6. Визначити середній ефективний напір  $H_n$ , см (див. рис. 26.3), за формулою:

$H_n = H_c - P/2C$ , де:  $H_c$  - гідростатичний напір, який дорівнює відстані від рівня чаші до живильника,  $H_c = P + 9$ ;

$P$  - висота виливка над живильником;  $C$  - загальна висота виливка.

7. Тривалість заливання розплавом ливарної форми, с:  $\tau = k\sqrt{m_p}$ ,  
 де: k - коефіцієнт, який залежить від товщини стінки виливка/

$$\tau = 1,1\sqrt{m_p}$$

Для дрібного литва (< 25 кг) застосовують формулу

Значення коефіцієнта k залежно від товщини стінки виливка

Таблиця 2

|                            |       |         |         |          |
|----------------------------|-------|---------|---------|----------|
| Товщина стінки виливка, мм | До 10 | 11...20 | 21...40 | Понад 40 |
| Коефіцієнт k               | 1,1   | 1,35    | 1,5     | 1,7      |

Протокол результатів проектування виливка

Таблиця 3.

| Деталь | Матеріал деталі | Маса деталі, кг | Маса розплаву, кг | Температура заливання розплаву, °С | Тривалість заливання, с |
|--------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------------------------|-------------------------|
|        |                 |                 |                   |                                    |                         |
|        |                 |                 |                   |                                    |                         |

**Контрольні запитання і завдання.** 1. Перерахуйте елементи ливникової системи. 2. Послідовність операцій виготовлення виливка. 3. Співвідношення поперечних перерізів живильника, шлаковловлювача і стояка. 4. Що входить до модельно-стрижневого оснащення? 5. З якого матеріалу виготовляють моделі?

## Тема 8. Побудова зовнішньої характеристики електрозварювального трансформатора

**Мета роботи:** ознайомитися з вимогами, що ставляться до джерел живлення при ручному електродуговому зварюванні металів, а також з методикою побудови, за якою побудувати зовнішню характеристику зварювального трансформатора та характеристики електричної дуги.

**Обладнання, матеріали та інструменти:** електрозварювальний трансформатор, електродотримач, захисний щиток або маска-шолом, вольтметр, амперметр, електроди, зразки низьковуглецевої сталі.

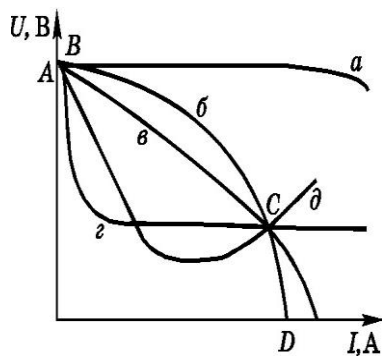
### Теоретичні відомості

Для живлення зварювальної дуги використовують спеціальні джерела струму тори змінного струму, генератори, випрямлячі та перетворювачі змінного струму на постійний.

В залежності від призначення джерела повинні забезпечувати: надійне запалювання та стабільне горіння дуги, її саморегулювання, встановлення та підтримання заданого режиму зварювання, можливість регулювання режиму в певних межах, задовільне перенесення металу та формування швів, незначне розбризкування, та в кінцевому підсумку одержання високоякісного зварного з'єднання.

Крім того джерела струму повинні мати мінімальну металоємкість, економним, надійним і безпечним у експлуатації.

Зварювальні трансформатори оцінюються зовнішньою характеристикою, яка відображає взаємозв'язок напруги і сили струму залежно від умов виконання процесу зварювання металів і сплавів.



Цей взаємозв'язок зручно виражати у вигляді графіка з координатами «напруга  $U$  - сила струму  $I$ » (рис. 1).

У джерел живлення звичайних силових агрегатів (електродвигунів, приладів освітлення, опалювальних систем тощо) зовнішня характеристика має вигляд прямої, паралельної осі абсцис (рис. 1, а). Тобто у цьому разі при зміні сили струму напруга має залишатися постійною.

Рис. 1. Зовнішні характеристики джерел струму: а - для живлення силових агрегатів; б - крутоспадна; в – полого; г - жорстка; д - зростаюча

Джерела живлення з крутоспадними характеристиками використовують при ручному зварюванні (рис. 1, б). Джерела живлення зі зростаючою характеристикою застосовують переважно для електрошлакового зварювання та зварювання в середовищі захисних газів (рис. 1, д).

Щоб забезпечити стійке горіння електричної дуги при ручному зварюванні, до джерел живлення ставлять певні вимоги.

1. Напруга холостого ходу  $U_{хх}$  має у 2,5...3 рази перевищувати робочу напругу  $U_p$ . При зварюванні постійним струмом металевим електродом  $U_{хх} = 40...60$  В, при зварюванні вугільним електродом  $U_{хх} = 50...80$  В.

При зварюванні змінним струмом металевим електродом  $U_{xx} = 50...70V$ .

2. Сила струму короткого замикання  $I_{к.з}$  має бути більшою від сили робочого струму  $I_p$ .

Відношення сили струму короткого замикання до сили робочого струму називають коефіцієнтом добротності  $D$ , який визначають за формулою  $D = I_{к.з}/I_p$ . Коефіцієнт добротності характеризує стійкість горіння електричної дуги і стійкість роботи джерела струму. Він має задовольняти умову  $1 < D < 2$ .

3. Зварювальний агрегат має бути динамічним, тобто швидко реагувати на будь-які зміни в режимі зварювання. Наприклад, час відновлення напруги від моменту короткого замикання  $U_{к.з} = 0$  до моменту напруги запалювання дуги  $U_z$  не повинен перевищувати  $0,02...0,05$  с.

4. Зварювальний агрегат повинен мати крутоспадну зовнішню характеристику (див. рис. 1, б). Це потрібно для збуджування і стійкого горіння електричної дуги при різних коливаннях режимів зварювання, а також для обмеження сили струму короткого замикання.

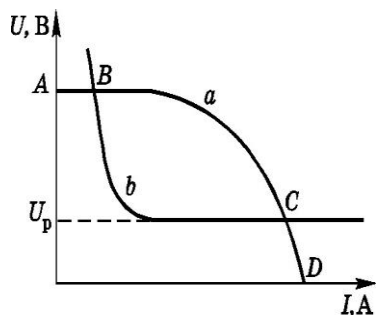
5. Зварювальний агрегат має забезпечити процес регулювання сили робочого струму і робочої напруги залежно від потреб процесу зварювання металу.

Крім сили струму, на напругу впливає довжина зварювальної дуги. Існує така емпірична залежність:  $U_{з.д} = abL$ , (.2) де:  $a = 10...12$  - падіння напруги між анодом і катодом, яке не залежить від довжини дуги, В;  $b = 2...3$  - середнє значення падіння напруги, віднесене до 1 мм довжини дуги, В/мм;  $L$  - довжина дуги, мм.

Із формули (29.2) бачимо, що зі збільшенням довжини зварювальної дуги напруга зростає. Проаналізувавши залежність напруги від сили струму при постійній довжині дуги (рис. 2), дійдемо висновку, що напруга змінюється тільки за малих значень сили струму (до  $30...40$  А), а потім залишається незмінною (крива BbC).

Оскільки при зварюванні металевих сплавів використовують великі значення сили струму, можна вважати, що робоча напруга  $U_p$  є постійною при зміні сили робочого струму  $I_p$ . Абсолютне значення напруги збільшуватиметься зі збільшенням довжини дуги. Інакше кажучи, якщо  $L_1 > L_2 > L_3$ , то й  $U_1 > U_2 > U_3$ .

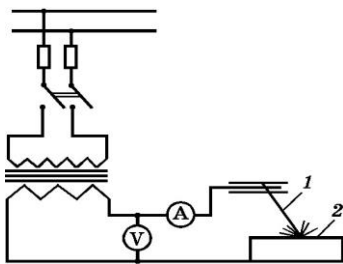
Отже, відповідно зміщуватиметься вгору точка С перетину зовнішньої характеристики АВаCD зварювального трансформатора і статичної характеристики дуги BbC (див. рис.2).



джерела живлення.

Щоб регулювати силу робочого струму, потрібно впливати на зовнішню характеристику джерела струму. Для цього зварювальні агрегати обладнують регулювальними пристроями, наприклад дроселем. Це дає можливість змінювати напругу холостого ходу, силу струму короткого замикання та крутість зовнішньої характеристики

Рис. 2. Зовнішні характеристики електрозварювального трансформатора АВaCD) о- і електродуги (BbC



Послідовність виконання роботи. Побудова зовнішньої характеристики електрозварювального трансформатора. З цією метою визначаємо кілька характерних точок, які виражають взаємодію напруги і сили струму залежно від зміни режимів зварювання.

Рис. 3. Принципова схема установки для побудови зовнішньої характеристики зварювального трансформатора і статичної характеристики електродуги

Для того щоб визначити силу струму короткого замикання (точка D на рис. 2), потрібно щільно притиснути електрод 1 до зварювального стола 2 і за показаннями амперметра зафіксувати отримане значення (рис. 29.3). Напругу холостого ходу (точка A на рис. 2) визначають за показаннями вольтметра при розімкненому електричному колі зварювання. Силу робочого струму  $I_p$  і робочу напругу  $U_p$  визначають тоді, коли при виконанні зварювальних робіт електрична дуга горить стійко, зварювальний шов формується щільним і безпористим, а процес зварювання є продуктивним. Для одержання проміжних значень сили струму і напруги на відрізку кривої АВaCD (див. рис. 2) потрібно під час експерименту змінювати довжину дуги від мінімальної ( $U_p$ ) до максимальної. З'єднавши отримані експериментальні точки плавною кривою, одержимо зовнішню характеристику АВaCD зварювального трансформатора (див. рис. 2).

Побудова статичної характеристики дуги. Статична характеристика дуги має чітко виражені ділянки згідно з технологічними етапами зварювання. Відомо, що зварювання металу починається з короткого замикання електродом на масу. Другий етап характеризується відриванням електрода від поверхні зварювання. Для утворення електродугового розряду потрібна напруга запалювання дуги  $U_z$ . На рис. 2 - це точка A. Третій етап - іонізація міжелектродного простору. У цьому разі напруга падає (відрізок лінії Bb) до рівня робочої напруги  $U_p$  (bC). У подальшому, коли відбуватиметься процес зварювання на робочому режимі, сила струму  $I_p$  і напруга на виході джерела живлення  $U_p$  дорівнюватимуть силі струму і напрузі електричної дуги (відрізок прямої bC майже паралельний осі абсцис). Отже, режим стабільного горіння електричної дуги визначатиметься точкою перетину зовнішньої характеристики джерела живлення і статичної характеристики дуги. На рис. 2 це положення відповідає точці C.

Результати одержаних експериментальних даних для побудови зовнішньої характеристики джерела живлення і статичної характеристики дуги, розрахунку коефіцієнта добротності та довжини зварювальної дуги потрібно занести в протокол (табл. 1).

## Результати експерименту

Таблиця 1.

| Тип зварювального агрегату | Марка електрода і його діаметр, мм | Дані для побудови зовнішньої характеристики зварювального агрегату і статичної характеристики дуги |            |                           |                     |
|----------------------------|------------------------------------|--|------------|---------------------------|---------------------|
|                            |                                    | Сила струму, А   | Напруга, В | Коефіцієнт добротності, D | Довжина дуги, L, мм |
|                            |                                    |  |            |                           |                     |

За одержаними результатами виконаного дослідження зробити висновок про роботу зварювального агрегату згідно з вимогами, що ставляться до джерел живлення при ручному зварюванні металу.

**Контрольні запитання і завдання.** 1. Джерела живлення для зварювання змінним струмом. 2. Вимоги до джерел живлення при ручному електродуговому зварюванні. 3. Як проводять досліди для побудови зовнішньої характеристики зварювального трансформатора. 4. Побудова статичної характеристики дуги при зварюванні змінним струмом. 5. Що таке коефіцієнт добротності зварювального агрегату?

## Тема 9. Визначення режимів і технологічних коефіцієнтів при електродуговому зварюванні сталі

**Мета роботи:** налаштувати зварювальний апарат на режим зварювання, розрахувати оптимальні режими електродугового зварювання; експериментально перевірити достовірність вибраних режимів визначенням технологічних коефіцієнтів зварювання сталі.

**Обладнання, матеріали та інструменти:** електрозварювальний апарат, кабелі, електродотримач, захисний щиток або маска-шолом, електроди, зразки з низьковуглецевої сталі завдовжки не менш як 10 см і завтовшки 3...6 мм, амперметр, вольтметр, секундомір, електричні ваги, штангенциркуль, лінійка, дротяна щітка, зубило, молоток.

### Теоретичні відомості

Якість зварного з'єднання і продуктивність процесу залежать від таких факторів, як:

- вид зварних з'єднань;
- підготовка кромки у стикових з'єднаннях;
- розміщення зварних з'єднань у просторі;
- розміщення зварних швів відносно до діючих зусиль;
- параметрів режимів електродугового ручного зварювання.

Види зварних з'єднань, що використовуються при ручному зварюванні, наведені на рис 1.

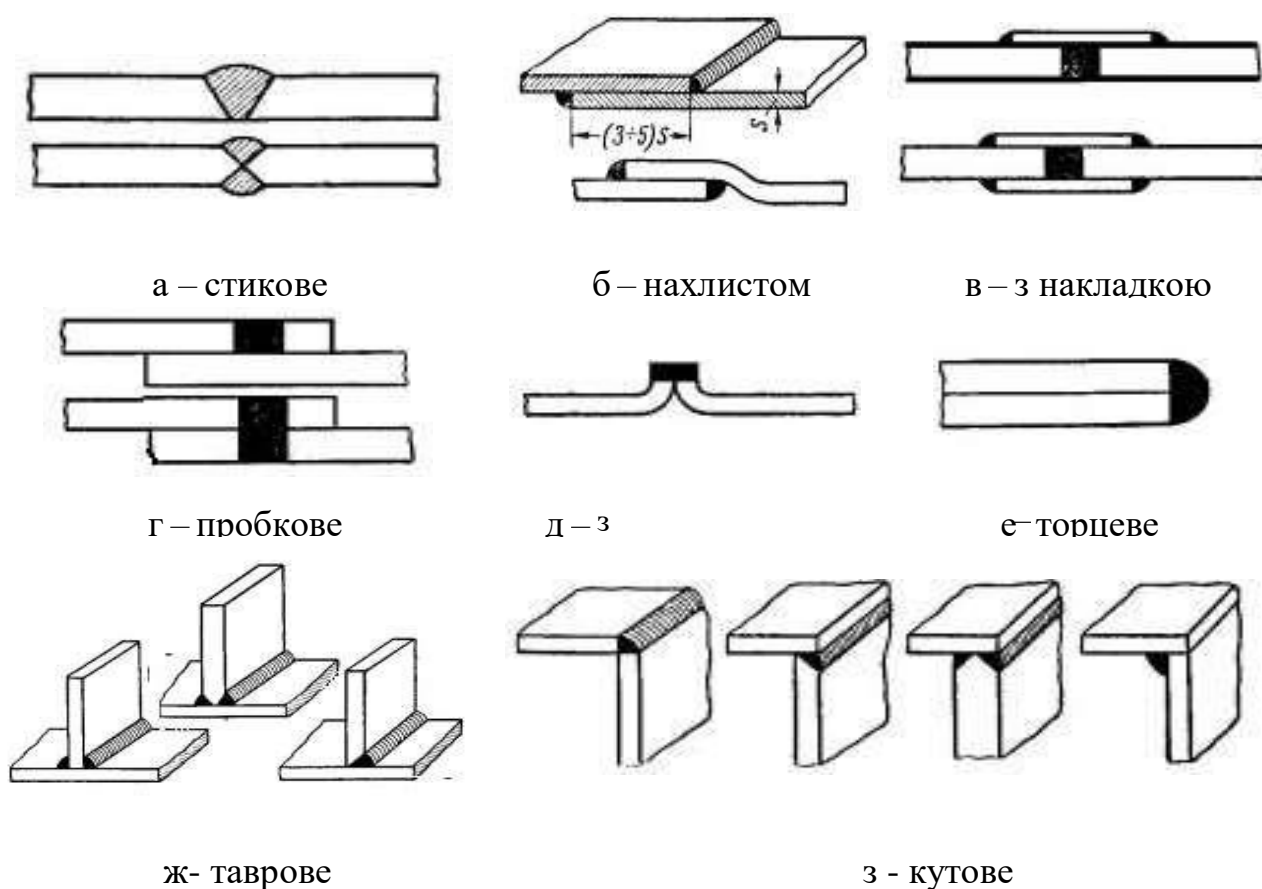


Рис. 1. Види зварних з'єднань

З метою забезпечення повного провару стикових з'єднань необхідно попередньо виконувати підготовку кромки. Характер підготовки кромки у стикових з'єднаннях в залежності від товщини металу, що зварюється, наведений на рис.2.



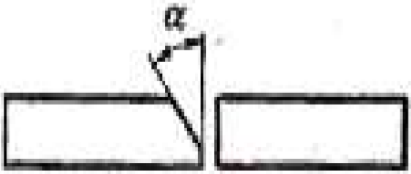
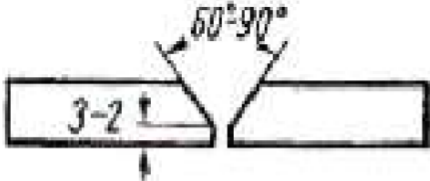
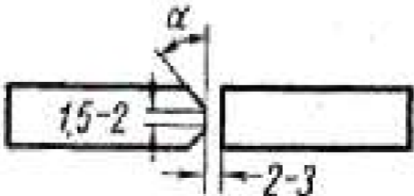
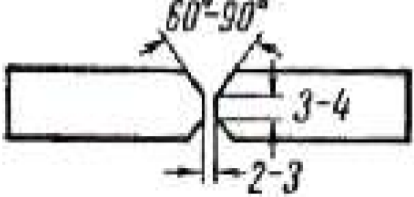
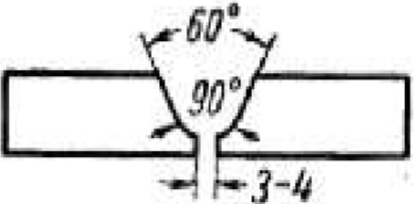
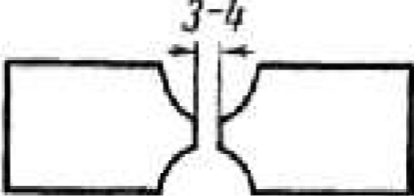
|   |   |
|---|---|
|    | <p>Відбортване з'єднання при товщині металу до 2-3 мм</p>   |
|    | <p>Прямокутні торці, використовуються для металів товщиною до 4 мм</p>                              |
|    | <p>Односторонній скіс під кутом <math>\alpha = 30-45^\circ</math> для товщин 13-15 мм</p>           |
|   | <p>V-подібна підготовка кромки для товщин 13-15 мм</p>  |
|  | <p>Двосторонній скіс одного листа під кутами <math>\alpha = 30-45^\circ</math> з кожної сторони</p> |
|  | <p>X-подібна підготовка кромки для товщин більше 15 мм</p>  |
|  | <p>Чашеподібна підготовка кромки для товщини менше 15 мм</p>  |
|  | <p>Чаше-подібна підготовка кромки для товщини більше 15 мм</p>                                      |

Рис. 2. Характер підготовки кромки у стикових з'єднаннях

Найбільш доцільною є чаше-подібна та Х-подібна підготовка кромek стикового з'єднання є, але в той же час і більш трудомісткою. Ці дані є орієнтовними і використовуються в залежності способів зварювання. Підготовка кромek виконується на металообробних верстатах, спеціальному обладнанні або газовим різанням. По відношенню до напрямку діючих зусиль розрізняють лобові, флангові і косі шви (рис. 3).

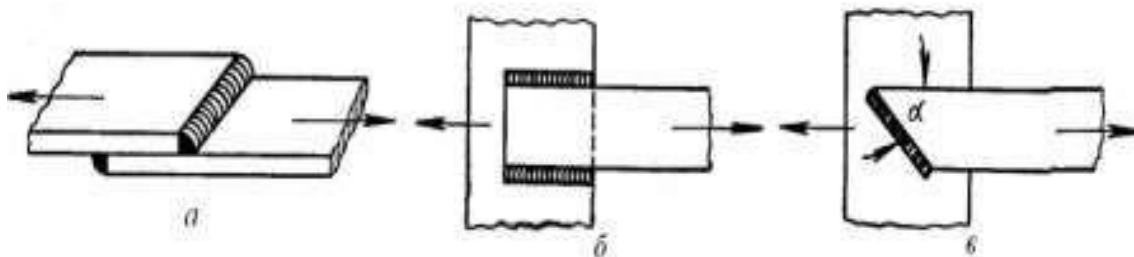


Рис. 3. Розміщення зварювальних швів по відношенню до діючих зусиль:

а - лобовий шов ; б – фланговий шов; в – косий шов.

Лобові шви розміщені нормально (перпендикулярно до напрямку діючого зусилля); розраховуються на розтяг і стиснення.

Флангові шви розміщені паралельно напрямку діючого зусилля; їх розраховують на зріз.

Косі шви розміщують під кутом  $\alpha$  до напрямку діючого зусилля. Їх розраховують в залежності від величини кута  $\alpha$ . При  $\alpha < 45^\circ$  - на зріз, при  $\alpha > 45^\circ$  на розтяг.

Залежно від розміщення швів у просторі (рис. 30.4.) необхідне застосування певного технологічного виконання зварювання.

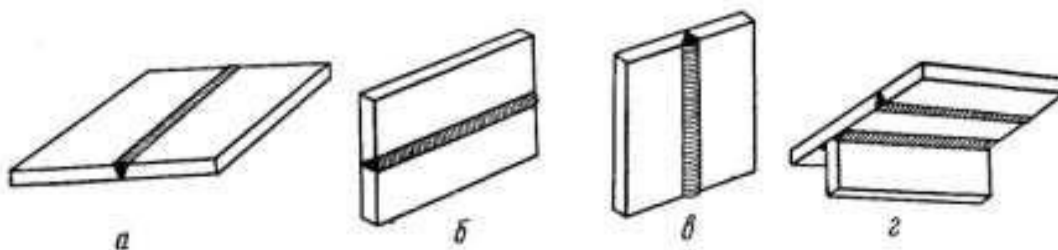










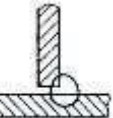



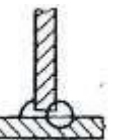


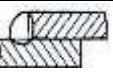


Рис. 4. Розміщення зварювальних швів у просторі:

а – нижні шви, які розміщені на нижній горизонтальній площині у різних напрямках (вони є найбільш легкими для виконання); б – горизонтальні шви, які розміщені горизонтально на вертикальній площині (виконання цих швів є значно складнішим ніж нижніх; в – вертикальні шви, які розміщені на вертикальній площині в будь-якому напрямку крім горизонтального ; г – стельові шви, які розміщені на верхній горизонтальній площині в будь-якому напрямку (вони є найбільш трудомісткими) для виконання.

Основні типи швів, які виконують ручним електрозварюванням регламентовані ГОСТ 5264-80. Кожен тип зварного з'єднання має умовні позначення: С – стикове, У – кутове, Т – таврове, Н – внапусток. Приклади деяких зварних з'єднань в залежності від товщини деталей наведені у табл. 1.

Приклади позначення зварних з'єднань

Таблиця 1

| Види зварних швів   | Умовні позначення | Рекомендовані товщини, мм | Види зварних швів  | Умовні позначення | Рекомендовані товщини, мм |
|---|-------------------|---------------------------|--|-------------------|---------------------------|
|    | C1                | 1...4                     |    | У1                | 1...4                     |
|    | C2                |                           |    | У4                | 1...6                     |
|    | C5                |                           |    | У7                | 3...60                    |
|    | C7                | 2...5                     |  |                   |                           |
|    | C9                | 3...60                    |   | Т1                | 2...40                    |
|  | C11               |                           |  |                   |                           |
|  | C13               |                           |  |                   |                           |
|  | C16               | 30...120                  |  | Т3                | 30...120                  |
|  | C23               | 15...100                  |  |                   |                           |
|  | C24               | 15...100                  |  | Н1                | 2...60                    |
|  | C26               | 30...175                  |  | Н2                |                           |

До параметрів режимів електродугового ручного зварювання належать діаметр електрода, зварювальна сила струму і напруга, довжина зварювальної дуги та швидкість зварювання.

Для зварювання сталей Держстандартом передбачено чотирнадцять типів електродів. При цьому дев'ять типів електродів E38, E42, E42A, E46, E46A, E50, E50A, E55, E60 використовують для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей та п'ять типів E70, E85, E100, E125, E150 для зварювання легованих сталей підвищеної та високої міцності. Тип електрода позначається літерою «Е» і цифрою, що вказує на гарантовану межу міцності металу шва в кг/мм<sup>2</sup>. Літера «А» свідчить, що метал шва має підвищені пластичні властивості.

Кожному типу електрода відповідає кілька марок електродів. Так, наприклад, типу E 42 відповідають електроди марок ОМ2, АНО-6, МЭЗ-0,4, для E46 – МР-3, ОЗС-4; для E50 – УОНИ-13/55.

Марка електрода – це його умовне позначення, що характеризує сталевий дріт та покриття. Для виготовлення електродів використовують дріт, хімічний склад якого повинен відповідати марці металу, що зварюють. Стальний дріт по хімічному складу поділяють на три групи: вуглецевий, легований і високолегований. Розміри електродів відповідно до ДСТУ Б.В.2.6-50:2008 наведені в табл. 2.

Розміри електродів для ручного електродугового зварювання

Таблиця 2

| Діаметр електрода,<br>Дел, мм | Довжина електрода із<br>вуглецевого і легovanого<br>дроту, l, мм | Довжина електрода з<br>високолегovanого<br>дроту, l, мм |
|-------------------------------|--|---|
| 1,6                           | 200, 250   | 150, 200  |
| 2,0                           | 250  | 200, 250  |
| 2,5                           | 250, 300   | 250   |
| 3,0                           | 300, 350   | 300, 350  |
| 4,0                           | 350, 450   | 350   |
| 5-12                          | 450  | 350, 450  |

Дріт для електродугового зварювання маркують індексом «Св», що означає зварювальний, а також літерами та цифрами. Літери вказують на вміст легуючих елементів у сплаві. Так, наприклад, «Г» - означає марганець, «С» - кремній, «Х» - хром, «Н» - нікель, «М» - молібден, «В» - вольфрам, «Ф» - ванадій, «Т» - титан та ін.

Перші дві цифри – це вміст вуглецю у сотих частках відсотків. Цифри, що стоять після літери, вказують на вміст даного легуючого елементу у відсотках. Літера «А» в кінці марки означає, що кількість шкідливих домішок складає:  $S \leq 0,25\%$ ,  $P \leq 0,30\%$ .

З метою отримання необхідної якості зварного з'єднання, на поверхню електродів наносять захисні покриття, які містять іонізуючі, газоутворюючі, розкислюючі, шлакоутворюючі, легуючі і зв'язуючі речовини.

За видами покриття електроди поділяють: з кислим покриттям, умовне

позначення «А»; рутиловим – «Р»; целюлозним – «Ц»; основним – «Б»; з покриттям змішаного типу, наприклад, «АЦ»; з іншими видами – «П».

За товщиною шару покриття електроди поділяють на дві групи; тонкі до 0,5 мм (стабілізуючі та іонізуючі) і товсті до 3,0 мм (якісні).

Приклад маркування електродів: Е46А – УОНИ – 13/45 – 4,0 – УД2, де: Е – тип електрода; 46 – межа міцності на розтяг зварювального шва,  $\sigma_b = 46 \text{ кГ/мм}^2$  (460 МПа); А – Зварювальний шов має підвищені пластичні властивості; УОНИ – марка електрода; 4,0 – діаметр електрода, 4 мм; У – призначений для зварювання конструкційних сталей з  $\sigma_b < 600$  МПа; Д – покриття електрода – товсте: 2 – група за якістю виготовлення: вищі вимоги.

При ручному зварюванні визначають тільки два параметри режиму: діаметр електрода  $D_{ел}$  і силу зварювального струму  $I_{зв}$ . Напруга дуги  $U$  залежить від сили струму, марок електрода і сплаву, що зварюють, та від довжини зварювальної дуги. Довжину дуги зварник задає вручну; вона дорівнює приблизно 0,5...1,1 від діаметра електрода.

Діаметр електрода залежить від товщини зварюваного металу, типу та конфігурації з'єднання. Для того щоб забезпечити максимальну продуктивність зварювання, бажано діаметр електрода брати більшим. Проте це не завжди доцільно, особливо при зварюванні тонких заготовок через можливість їх пропалювання.

Для загального випадку рекомендується застосовувати таке співвідношення, мм:  $D_{ел} = S/2 + 1$ , де:  $D_{ел}$  – діаметр електрода, мм;  $S$  – товщина зварювальної заготовки, мм.

При товщині заготовок понад 13 мм рекомендований діаметр електрода становить 5...6 мм. Сила зварювального струму залежить від виду і діаметра електрода, фізичних властивостей зварюваного сплаву, типу з'єднання, положення шва у просторі та швидкості зварювання.

При зварюванні мало- та середньовуглецевих сталей силу зварювального струму визначають за формулою:  $I_{зв} = K D_{ел}$ , де:  $K$  – коефіцієнт густини струму, А/мм.

При ручному зварюванні коефіцієнт густини електричного струму, А/мм, має становити: для електродів з низьковуглецевої сталі – 40...60; з високолегованих сталей – 35...40; для вугільних – 5...8; для графітових – 18...20.

При зварюванні сплавів з високою теплопровідністю силу струму збільшують у 1,3...1,5 рази. Навпаки, при зварюванні легованих сталей, теплопровідність яких низька внаслідок наявності в їхньому складі хрому, ванадію, вольфраму, мангану, нікелю тощо, виникає небезпека утворення термічних напружень і, отже, з'являються тріщини. Тому для легованих сталей використовують так званий м'який режим зварювання, при якому силу струму зменшують на 10...20% порівняно з силою струму при зварюванні низько- та середньовуглецевих сталей.

Найзручнішим методом зварювання є горизонтальний, коли рідкому металу нікуди витікати, а тому силу струму для електрода можна брати максимальною. Отже, і продуктивність зварювання також буде

максимальною.

Для живлення зварювальної дуги застосовують як постійний, так і змінний струм. У першому випадку використовують зварювальні генератори, у другому - трансформатори. У разі зварювання із застосуванням змінного струму, через недостатню іонізацію і охолодження міжелектродного простору при зміні полярності, силу зварювального струму потрібно підвищувати на 10...20%. Якщо певних даних про сплав немає, то силу зварювального струму орієнтовно можна визначити за формулою академіка К.К. Хренова:

$I_{зв} = (\alpha + \beta) D_{дел}$ , де:  $\alpha$ ,  $\beta$  - дослідні коефіцієнти (при ручному зварюванні звичайними сталевими електродами значення їх приймають, відповідно, 6 і 20).

Напругу зварювання можна визначити за довжиною зварювальної дуги за залежністю:  $U = (\alpha + \beta)L$ .

Довжина дуги  $L$ , мм, залежить від діаметра електрода:  $L = 0,5(D_{дел} + 2)$ .

Достовірність вибраних режимів і економічну ефективність зварювання оцінюють за технологічними коефіцієнтами зварювання:  $K_n$  - коефіцієнт наплавлення;  $K_p$  - коефіцієнт розплавлення;  $K_v$  - коефіцієнт втрат.

Коефіцієнт наплавлення характеризує технологічну якість використаних електродів, тобто втрати металу через розбризування при формуванні зварювального шва, випаровування, вигоряння, визначається кількістю наплавленого металу у грамах на один ампер протягом однієї години, г/(А·год):

$K_n = Q_n / I_{зв} \tau$ , де:  $Q_n$  - маса наплавленого металу, г;  $\tau$  - час горіння зварювальної дуги, год.

Масу наплавленого металу визначають зважуванням зразків до і після зварювання.

Коефіцієнт наплавлення, г/(А·год), становить: для якісних електродів - 10...12; для стабілізуювальних електродів - 8; для електродів широкого вжитку - 5...13. Коефіцієнт розплавлення враховує загальну кількість розплавленого металу електрода:  $K_p = Q_p / I_{зв} \tau$ , де:  $Q_p$  - маса розплавленого металу електрода, г.

Чим більша різниця між коефіцієнтами наплавлення і розплавлення, тим більші втрати металу при зварюванні. Вважається нормальним, якщо ця різниця не перевищує 20...30 %.

Коефіцієнт втрат розраховують як відношення маси втраченого металу до маси розплавленого, %:  $K_v = (Q_p - Q_n) / Q_n * 100$ .

Швидкість зварювання, м/год, визначають за формулою  $V = I_{зв} K_n / Q_n$ , де:  $Q_n$  - маса наплавленого металу, яка вимірюється у грамах на один метр довжини зварювального шва (г/м).

Витрати електроенергії, кВт·год, розраховують за формулою  $P = U I_{зв} \tau / 1000 \eta + M_x \cdot x(\tau \cdot z_{аг} - \tau)$ , де:  $\eta$  - коефіцієнт корисної дії зварювального апарата; при силі зварювального струму 100...450 А для генераторів  $\eta =$

0,3...0,4, для трансформаторів  $\eta = 0,8...0,85$ ;  $M_{xx}$  - потужність холостого ходу зварювального апарата, кВ·А (для генераторів  $M_{xx} = 2...3$ ; для трансформаторів  $M_{xx} = 0,2...0,4$ );

$\tau_{заг}$  - загальний час роботи зварювального апарата, який визначається проміжком часу від моменту ввімкнення зварювального апарата до моменту його вимкнення із джерела струму, год;  $\tau$  - час горіння дуги, год.

Послідовність виконання роботи

1. Для заданих зразків визначити діаметр електрода і силу струму, а також налаштувати зварювальний апарат на потрібний режим зварювання.

2. Зважити зразки на електричних вагах з точністю до  $\pm 0,1$  г.

3. Виміряти довжину електрода до початку зварювання зразків.

4. Зварити два зразки. Під час зварювання зафіксувати силу струму, напругу і час горіння дуги. Для визначення витрат електроенергії контролювати загальний час роботи зварювального апарата.

5. Зварені зразки зачистити від шлаку металевою щіткою. Якщо навколо шва є бризки застиглому металу, то обрубати їх зубилом. Після цього зразки зважити і розрахувати масу наплавленого металу.

6. Виміряти довжину електрода після зварювання і розрахувати масу розплавленого металу, г:  $Q_{ел} = \pi D^2 \rho / 4 (l_1 - l_2)$ , де:  $l_1, l_2$  - довжина електрода відповідно до і після зварювання, см;  $\rho$  - густина сплаву, г/см<sup>3</sup> (для сталі  $\rho = 7,85$ ).

7. Визначити технологічні коефіцієнти  $K_n, K_p$  і  $K_v$ .

Протокол визначення режимів та технологічних коефіцієнтів при електродуговому зварюванні сталі

Таблиця 3.

| Параметри                 | Позначення | Одиниця виміру | Дані дослідів |
|---------------------------|------------|----------------|---------------|
| Зразки:                   |            |                |               |
| Сталь - марка             |            |                |               |
| товщина                   | S          | мм             |               |
| маса:                     |            |                |               |
| до зварювання             |            | г              |               |
| після зварювання          |            | г              |               |
| маса наплавленого металу  | $Q_n$      | г              |               |
| довжина зварного шва      | L          | м              |               |
| Електрод - марка          |            |                |               |
| діаметр                   | $D_{ел}$   | мм             |               |
| довжина:                  |            |                |               |
| до зварювання             | $l_1$      | см             |               |
| після зварювання          | $l_2$      | см             |               |
| маса розплавленого металу | $Q_p$      | г              |               |
| Режими зварювання:        |            |                |               |
| сила струму               | $I_{зв}$   | А              |               |
| напруга                   | U          | В              |               |

|   |        |                |  |
|---|--------|----------------|--|
| довжина зварювальної дуги                   | L      | мм             |  |
| швидкість зварювання                        | v      | м/год          |  |
| витрати електроенергії                      | P      | кВт·год        |  |
| Час горіння дуги                            | $\tau$ | год            |  |
| Загальний час роботи зварювального апарата  | tзаг   | год            |  |
| Технологічні коефіцієнти зварювання:        |        |                |  |
| коефіцієнт наплавлення                      | Kн     | г/(А·год)      |  |
| коефіцієнт розплавлення<br>коефіцієнт втрат | Kр Kв  | г/(А·год)<br>% |  |

8. Розрахувати швидкість зварювання і загальні витрати електроенергії.

9. Експериментальні дані занести у протокол (табл. 3).

10. Скласти висновок про виконану роботу, в якому оцінити достовірність вибраних режимів зварювання, налаштування апаратури та якість безпосередньо виконаного зварювання зразків.

**Контрольні запитання і завдання.** 1. В якій послідовності визначають режим електродугового зварювання? 2. Залежно від чого вибирають діаметр електрода і силу зварювального струму? 3. Чим оцінюється економічна ефективність процесу зварювання? 4. Як визначають коефіцієнт наплавлення і розплавлення? 5. Коефіцієнт наплавлення для якісних електродів.

## **Тема 10. Слюсарно-складальні роботи.**

### **Практична робота № 10.1 «Слюсарно-складальні роботи»**

**Мета практичної роботи:** закріплення і поглиблення теоретичних знань з технології металів, отримання навиків практичної роботи на металорізальних верстатах.

**Завдання практичної роботи:** вивчити технологічні процеси оброблювання деталей, будову обладнання, інструментів, пристроїв та організацію робіт. Набути навиків практичної роботи на робочих місцях верстатника і слюсаря механоскладальних робіт.

#### **Зміст практичної роботи:**

Зборка роз'ємних з'єднань. Зборка вузлів за допомогою різьбових з'єднань. З'єднання деталей болтами і гвинтами. Затягування болтів (гайок) у груповому з'єднанні. Постановка на стопор різьбових з'єднань. Контроль нарізних сполучень.

Зборка шпонкових і шліцевих з'єднань. Підбор і пригін по пазу, запресовування нерухомих шпонок.

Зборка нероз'ємних з'єднань. Зборка за допомогою нерухомих посадок. Ознайомлення з устаткуванням і пристосуваннями для запресовування. Запресовування втулок, пальців і інших деталей за допомогою ручних і пневматичних пресів. Контроль якості і надійності з'єднань.

Клепка. Підготовка деталей до клепки. Підготовка заклепок. Клепка деталей внапусток заклепками з напівкруглими голівками. Клепка з'єднань. Клепка пневматичним інструментом.

Паяння. Підготовка деталей до паяння. Підготовка припоїв і флюсів. Паяння м'якими припоями за допомогою паяльника і пальника. Підготовка деталей і твердих припоїв до паяння. Обробка місця з'єднання і фіксація деталей, що з'єднуються. Паяння твердими припоями на пальнику та у горні. Обробка місць паяння.

Склеювання. Підготовка поверхні під склеювання. Підбір клеїв. Склеювання виробу і витримка його в режимах. Контроль якості склеювання.

**Завдання для практичної роботи:** розібрати, дефектувати, зібрати виданий майстром виробничого навчання редуктор.

### **Практична робота № 10.2 «Збирання деталей у комплекти, що йдуть на вузлову зборку»**

**Мета практичної роботи:** закріплення і поглиблення теоретичних знань з технології металів, отримання навиків практичної роботи на металорізальних верстатах.

**Завдання практичної роботи:** вивчити технологічні процеси оброблювання деталей, будову обладнання, інструментів, пристроїв та організацію робіт. Набути навиків практичної роботи на робочих місцях верстатника і слюсаря механоскладальних робіт.

#### **Зміст практичної роботи:**

Підбір і підготовка інструментів, пристосувань, які застосовуються при зборці деталей у комплекти.

Організація робочого місця, розташування деталей і інструментів для рівномірного використання обох рук працюючого.

Виконання підготовчих операцій.

Збирання, регулювання і фіксація в комплект. Забезпечення належного збереження зібраних комплектів.

Застосування передових прийомів роботи.

### **Практична робота № 10.3 «Вузлова зборка»**

**Мета практичної роботи:** закріплення і поглиблення теоретичних знань з технології металів, отримання навиків практичної роботи на металорізальних верстатах.

**Завдання практичної роботи:** вивчити технологічні процеси оброблювання деталей, будову обладнання, інструментів, пристроїв та організацію робіт. Набути навиків практичної роботи на робочих місцях верстатника і слюсаря механоскладальних робіт.

**Зміст практичної роботи:**

Збирання вузлів, що включають деталі механізмів обертального руху. Ознайомлення з пристроєм вузлів механізмів обертального руху, що підлягають збиранню.

Ознайомлення з вимогами вузлів.

Збирання підшипників. Збирання нероз'ємних підшипників (втулок). Збирання підшипників із двома вкладишами. Збирання підшипників із вкладишами бокового притискувача. Збирання регульованих підшипників.

Монтаж і демонтаж підшипників кочення.

Встановлення підшипників у корпус.

Встановлення регулювання валів, регулювання вкладишів, установка стопора. Встановлення упорних кілець, які застопорені гвинтом, шпилькою; загортання упорних кілець, застопорених гвинтом, шпилькою; загортання упорних гайок. Пригін шпонок і посадка деталей на вал.

Встановлення шківів і інших деталей, закріплюються на валу шпонкою.

Перевірка валів на паралельність.

Збирання вузлів, що включають деталі механізмів передачі руху. Збирання передач циліндричними зубчастими колесами. Підготовка зубчастих коліс, валів і деталей для кріплення до збирання. Установка зубчастих коліс на вал і їхнє кріплення. Перевірка правильної установки підшипників. Встановлення валів із зубчастими колесами в корпусі. Регулювання зачеплення зубчастих коліс.

Перевірка правильності і зачеплення циліндричних зубчастих передач, перевірка на плавність і безшумність.

Збирання передач конічними зубчастими колесами. Підготовка конічних зубчастих коліс, валів, закріплювальних і фіксуючих деталей до збирання. Перевірка взаємного розташування гнізд для валиків. Встановлення валів із зубчастими колесами в корпусі. Регулювання зачеплення конічних зубчастих коліс. Перевірка правильності зачеплення зубів конічних зубчастих передач.

Перевірка на плавність і безшумність роботи.

Збирання черв'ячних передач. Збирання черв'ячного колеса. Перевірка зібраного черв'ячного колеса. Установка черв'ячного зубчастого колеса на вал і кріплення його. Перевірка положення вісей гнізда для установки валів черв'ячної пари. Установка черв'ячної пари в корпусі.

Перевірка правильності зачеплення черв'яка і черв'ячного колеса.

Регулювання зачеплення черв'ячного колеса і черв'яка.

Установка і регулювання мастильної системи.

Застосування передових прийомів роботи.

Збирання, підгін і регулювання деталей механізмів поступального руху.

Перевірка деталей, поданих на збирання їхня підготовка до збирання.

Збирання з'єднань поступально рухомих деталей із плоскими поверхнями зіткнення Перевірка площин зіткнення різними методами: на пряmolінійність, паралельність, перпендикулярність за допомогою інструментів і пристосувань

Визначення чистоти оброблюваних поверхонь.

Застосування передових прийомів роботи.

Збирання вузлів, деталі механізмів, що включає, перетворення руху. Збирання кривошипно шатунної групи деталей, які потрапляють на збирання запресування втулок у поршневу голівку шатуна, пригін по шийці кривошипа вкладишів кривошипної головки, пригін і установка корених підшипників вала, укладання вала, перевірка співвісності і перпендикулярності, збирання кривошипно-шатунної групи, змащування ,перевірка , регулювання.

Збирання і розбирання ексцентрикового механізму.

Перевірка деталей і пригін хомута по диску установка зазорів збирання ексцентрика змащування, регулювання, розбирання.

Перевірка площин куліси і отвір кулачка, і пальця. Пригін сухаря. Регулювання механізму.

Застосування передових прийомів роботи.

Монтаж і регулювання вузлів та їх випробування . Загальне збирання машини. Установка станини, регулювання вузлів і перевірка їхньої взаємодії.

Монтаж трубопроводів. Збирання трубопровідних з'єднань зі зняттям і встановленням фітингів.

Виготовлення й установка прокладок і набивок.

Випробування на герметичність.

Випробування машини на холостому ходу. Підготовка машини до випробування. Випробування на ходу усіх вузлів і механізмів. Спостереження за роботою визначення дефектів і їхнє усунення. Регулювання машини після випробування. Поняття про діагностування. Випробування машини під навантаженням. Перевірка точності роботи машини відповідно до технічних умов. Остаточне регулювання машини.

Застосування передових прийомів роботи.

## **Практична робота № 10.4 «Самостійне виконання робіт слюсарем механоскладальних робіт»**

**Мета практичної роботи:** закріплення і поглиблення теоретичних знань з технології металів, отримання навиків практичної роботи.

**Завдання практичної роботи:** вивчити технологічні процеси оброблювання деталей, будову обладнання, інструментів, пристроїв та організацію робіт. Набути навиків практичної роботи на робочих місцях верстатника і слюсаря механоскладальних робіт.

### **Зміст практичної роботи:**

Самостійне виконання механоскладальних робіт усі вивчені операції, що включає, згідно 12- 14 -му квалітету. Збирання по кресленнях підприємства.

Застосування інструментів і пристосувань необхідних для виконання даного збирання.

Вибір і застосування рідин мащення та охолодження і консистентних змащень.

Застосування високопродуктивних прийомів і методів праці досвіду передовиків виробництва по ощадливому використанню матеріалів і електроенергії раціональної організації робочого місця.

Вивчення технологічних процесів оброблювання деталей на металорізальних верстатах. Закріплення знань з будови, призначенням та принципом роботи основного металорізального обладнання, видами ріжучих інструментів, пристроїв і допоміжного оснащення, що використовуються під час механічної обробки металів. Вивчено правила організації робочого місця верстата та слюсаря механоскладальних робіт.

Набуття практичних навичок підготовки обладнання до роботи та виконання основних технологічних операцій. Закріплення знання з техніки безпеки під час роботи на виробничому обладнанні. У результаті виконання роботи поглиблення теоретичних знань та вдосконалення практичних вмінь з технології металів.

Зразок звіту здобувача вищої освіти практиканта  
**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
Кафедра загальнотехнічних дисциплін

**ЗВІТ**

про проходження технологічної практики: *механіко-технологічна*

спеціальність Н7 – «Агроінженерія»

(терміни проходження)

Здобувач вищої освіти  
1-го курсу інженерно-  
енергетичного факультету

\_\_\_\_\_  
Керівник практики від МНАУ  
\_\_\_\_\_

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**Кафедра загальнотехнічних дисциплін**

**ЩОДЕННИК**

Технологічна практика: *механіко-технологічна*

(терміни проходження)

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_

Інженерно-енергетичний факультет

Кафедра загальнотехнічних дисциплін

Освітньо-кваліфікаційний рівень - бакалавр

Спеціальність Н7 – «Агроінженерія»

1-й курс

Здобувач вищої освіти

---

(прізвище, ім'я, по батькові)

**прибув** на \_\_\_\_\_  
підприємства, організації, установи „\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

Печатка

---

(підпис) (посада, прізвище та ініціали відповідальної особи)

**Вибув з** \_\_\_\_\_

Підприємства, організації, установи “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

Печатка

---

(підпис) (посада, прізвище та ініціали відповідальної особи)









## Рекомендована література

1. Баранова О. В., Полянський П. М. Дослідження формування параметрів якості поверхневого шару деталей. *Крамаровські читання* : збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди 115-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) (м. Київ, 24-25 лютого 2022 р.). Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2022. С. 40-43.
2. Бодрова Л. Г., Крамар Г. М., Ковальчук Я. О., Коваль І. В. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство, розділ Матеріалознавство : навчальний посібник. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. 157 с.
3. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Частина 1. Теоретичні основи матеріалознавства : навчальний посібник. Житомир, 2024. 101 с.
4. Гапонова О. П., Говорун Т. П. Інженерне матеріалознавство : навчальний посібник. Суми : Сумський державний університет, 2024. 403 с.
5. Будівельне матеріалознавство: задачі і вправи : навчальний посібник / Л. Й. Дворкін, О. М. Бордюженко, В. В. Житковський та ін. Рівне : НУВГП, 2023. 218 с.
6. Дворкін Л. Й. Основи матеріалознавства і технології будівельних виробів : навчальний посібник. Київ : Кондор, 2024. 808 с.
7. Кондращенко О. В. Будівельне матеріалознавство. Лабораторний практикум : навчальний посібник. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 100 с.
8. Матеріалознавство: тлумачний словник. Т. 1: А–М / за ред. Я. А. Криля ; Я. А. Криль, О. Р. Флюнт, Г. В. Криль. Львів : Новий Світ-2000, 2025. 432 с.
9. Матеріалознавство: тлумачний словник. Т. 2: Н–Я / за ред. Я. А. Криля ; Я. А. Криль, О. Р. Флюнт, Г. В. Криль. Львів : Новий Світ-2000, 2025. 476 с.
10. Полянський П. М., Іванов Г. О. Застосування обміднення при виготовленні деталей. *Розвиток українського села – основа аграрної реформи в Україні* : матеріали Причорноморської регіональної науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу (м. Миколаїв, 19-21 квітня 2023 р.). Миколаїв: МНАУ, 2022. С. 3-5. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/15330>
11. Ivanov, G., Polyansky, P. (2023). Failure Probability of Ship Diesel Parts Under Operating Conditions. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds) *Advanced Manufacturing Processes IV. InterPartner 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-16651-8\\_39](https://doi.org/10.1007/978-3-031-16651-8_39).
12. Kernyskyu, I., Volchenko, A., Szlachetka, O., Horbay, O., Skrypnyk, V., Zhuravlev, D., Bolonnyi, V., Yankiv, V., Humenuyk, R., Polyansky, P., Leśniewska, A., Walasek, D., & Koda, E. (2022). Complex heat exchange in friction steam of brakes. *Energies*, 15(19), 7412. <https://doi.org/10.3390/en15197412>.
13. Nykyforov, A., Antoshchenkov, R., Halych, I., Kis, V., Polyansky, P., Koshulko, V., Tymchak, D., Dombrovska, A., & Kilimnik, I. (2022). Construction of a regression model for assessing the efficiency of separation of lightweight seeds on vibratory machines involving measures to reduce the harmful influence of the aerodynamic factor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(1 (116)), 24–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253657>

## Шкала оцінювання

Загальна оцінка заліку “зараховано” виставляється, якщо рейтингова оцінка 60 або більше балів (60–100) за національною шкалою, за шкалою навчального закладу три і більше (чотири, п’ять) і за шкалою ECTS E і більше (D, C, B, A).

| Сума балів за всі види освітньої діяльності | Оцінка ECTS | Оцінка за національною шкалою  |
|---|-------------|--|
| 90 - 100                                    | A           | 5 (відмінно)   |
| 82 - 89                                     | B           | 4 (добре)  |
| 75 - 81                                     | C           | 4 (добре)  |
| 64 - 74                                     | D           | 3 (задовільно)   |
| 60 - 63                                     | E           | 3 (задовільно)   |
| 35 - 59                                     | FX*         | не зараховано з можливістю повторного складання<br>2 (незадовільно)*             |
| 0 - 34                                      | F*          | не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни<br>2 (незадовільно)* |

\*Оцінки FX та F у залікову книжку здобувача вищої освіти не виставляється відповідно до Положення про організацію освітнього процесу у МНАУ.



Навчально-методичне видання

## **НАВЧАЛЬНА ПРАКТИКА: МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНА**

методичні рекомендації

**Укладачі:** **Полянський** Павло Миколайович  
**Доценко** Наталія Андріївна  
**Іванов** Геннадій Олександрович,  
**Степанов** Сергій Миколайович,  
**Баранова** Олена Володимирівна

Формат 60x84/1/16. Папір офсетний.  
Ум. друк. арк. 7,3. Наклад 30 прим. Зам. № \_\_.

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету.  
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4490 від 20.02.2013 р.