

М. В. Митко, О. П. Шиліна, С. В. Цимбал

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

Організація самостійної та практичної роботи



Видання 2 – е, перероблене та доповнене

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

М. В. Митко, О. П. Шиліна, С. В. Цимбал

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

Організація самостійної та практичної роботи

Електронний навчальний посібник

Видання 2-е, перероблене та доповнене

Вінниця
ВНТУ
2025

УДК 629.113 (075.8)

М66

Рекомендовано до видання Вченою Радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 4 від 31.10. 2024 р.)

Рецензенти:

В. П. Сахно, доктор технічних наук, професор

В. А. Макаров, доктор технічних наук, професор

І. С. Мурований, кандидат технічних наук, доцент

Митко, М. В.

М66 Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Організація самостійної та практичної роботи : навчальний посібник [Електронний ресурс] / Митко М. В., Шиліна О. П., Цимбал С. В. – [Вид. 2-ге, перероб. та доп.]. – Вінниця : ВНТУ, 2025. – 119 с.

ISBN 978-617-8163-35-8 (PDF)

Посібник призначено для виконання самостійної роботи та практичних занять з курсу «Основи технології виробництва та ремонту автомобілів».

Мета посібника – навчити студентів самостійно вирішувати практичні задачі як виготовлення, так і відновлення деталей автомобіля.

В посібнику висвітлено питання організації, зміст та подано необхідну інформаційну базу для підготовки та виконання практичних робіт з дефектування, контролю під час ремонту та відновлення деталей автомобіля.

Навчальний посібник розроблено згідно з планом кафедри АТМ і програмою дисципліни «Основи технології виробництва та ремонту автомобілів».

УДК 629.113 (075.8)

ISBN 978-617-8163-35-8 (PDF)

© ВНТУ, 2025

ЗМІСТ

Вступ	4
Питання для самостійної підготовки до першого модуля	6
Питання для самостійної підготовки до другого модуля	7
1. Теоретичні основи ремонту автомобілів	8
Практична робота № 1	
Розробка та реалізація технологічного процесу розбирання та складання вузла автомобіля	17
Практична робота № 2	
Технічний аналіз можливості застосування доступних технологій для відновлення поверхонь деталей машин	21
Практична робота № 3	
Розробка маршруту механічної обробки заготовки деталі.....	24
Практична робота № 4	
Визначення припусків механічної обробки та розмірів заготовки.....	27
Практична робота № 5	
Розрахунок аналітичним методом режимів різання у випадку точіння та шліфування.....	34
Практична робота № 6	
Ручне електродугове зварювання.....	44
Практична робота № 7	
Відновлення деталей зварювальним напівавтоматом	55
Практична робота № 8	
Відновлення деталей наплавленням під шаром флюсу.....	63
Практична робота № 9	
Відновлення деталей наплавленням у середовищі вуглекислого газу	71
Практична робота № 10	
Технічне нормування операцій відновлення.....	79
Практична робота № 11	
Дефектація блока циліндрів двигуна та гільз	84
Практична робота № 12	
Дефектація колінчастого вала	91
Практична робота № 13	
Дефектація розподільного вала	98
Практична робота № 14	
Дефектація шатуна.....	103
Тестові завдання з дисципліни «Основи технології виробництва та ремонту автомобілів»	109
Словник термінів	112
Список використаних джерел	113
Додаток А	115

ВСТУП

Головна мета викладання дисципліни – сформувати професійні вміння та навички здобувачів в галузі сучасної концепції технології виготовлення та ремонту автомобілів, які дозволяють вільно володіти необхідними відомостями про сучасні прогресивні способи і методи; повно та послідовно викласти на сучасній науковій основі знання про найбільш важливі прогресивні способи і методи використання їх у галузі технології виробництва та ремонту автомобілів.

Дисципліна **«Основи технології виробництва та ремонту автомобілів»** є однією з базових дисциплін бакалаврського напрямку 274 – «Автомобільний транспорт» у загальному циклі технічних дисциплін підготовки здобувачів.

Важливими для вивчення курсу «Основи технології виробництва та ремонту автомобілів» є такі дисципліни, як «Матеріалознавство», «Технологія металів», «Вступ до фаху», «Автомобільні двигуни», «Експлуатація матеріалів».

Отримати практичні навички з дефектації, комплектування, складання, ремонту деталей, розробки технологічних операцій, встановлення технічно обґрунтованих норм часу, оформлення технологічних документів; вивчення принципів схем типового технологічного обладнання, інструмента та пристосувань; вивчення фізичної суті явищ, що відбуваються в металах та сплавах в умовах обробки та експлуатації.

Набуті під час вивчення цього курсу знання є необхідними для розробки оптимальних конструкцій автомобілів і технологічних процесів обробки, правильного вибору матеріалів деталей машин та способу їх відновлення.

Компетентності, якими має оволодіти здобувач внаслідок вивчення дисципліни.

ЗК 02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 06. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК 08. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

Програмні результати вивчення дисципліни

РН 2. Застосовувати знання з фундаментальних наук для вивчення професійноорієнтованих дисциплін.

РН 7. Здійснювати професійну діяльність використовуючи інформаційні технології, «Інформаційні бази даних», Internet-ресурси, програмні засоби та інші інформаційнокомунікаційні технології.

РН 25. Організувати виробничу діяльність структурних підрозділів підприємств автомобільного транспорту, малих колективів виконавців

(бригад, дільниць, пунктів), щодо експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів автомобільного транспорту, їх систем та елементів.

Основним завданням вивчення дисципліни є отримання майбутніми фахівцями необхідного рівня знань з технології виробництва та ремонту автомобілів, технологічного обладнання та устаткування для виробництва деталей автомобілів.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти мають:

– **знати:**

класифікацію показників якості, надійності, роботоздатності, фізико-механічних характеристик матеріалів; експлуатаційні характеристики матеріалів; основні технологічні процеси машинобудування; технологічне обладнання та устаткування для виробництва, ремонту та відновлення автомобільних деталей, вузлів, агрегатів; технологію складання та контролю якості процесів складання автомобілів;

– **вміти:**

оцінювати якість, ефективність технологічних методів виробництва та ремонту автомобільних деталей; складати технологічні, операційні та маршрутні карти з виробництва та ремонту деталей автомобіля; впроваджувати високоефективні технології з високим ступенем уніфікації, надійності, довговічності.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ДО ПЕРШОГО МОДУЛЯ

1. Виробничі і технологічні процеси в автомобілебудуванні. Коротка характеристика автомобілебудівної промисловості України. Типи виробництв та їх техніко-економічна характеристика. Виробничий і технологічний процеси. Основні принципи і форми організації виробничого процесу. Технологічна підготовка виробництва. Технологічна спадковість у машинобудуванні.

2. Методи виготовлення заготовок. Види заготовок деталей автомобілів. Заготовки з прокату. Литі заготовки. Ковані та штамповані заготовки. Заготовки, отримані листовим штампуванням. Характеристика заготовок із пластмас і гуми. Попередня обробка заготовок.

3. Базування та закріплення деталей в пристроях під час обробки. Способи встановлення заготовок під час обробки. Види баз. Схеми базування деталей. Принцип суміщення та постійності баз. Похибки базування. Пристосування для механічної обробки. Установлювальні елементи пристосувань. Елементи затискних пристроїв пристосувань. Установлювально-затискні елементи. Механізовані приводи до пристосувань. Елементи пристосувань, що слугують для направлення інструменту. Корпуси пристосувань. Допоміжний інструмент. Вибір пристосувань і особливості їх проектування.

4. Методи досягнення точності та якості обробки. Технологічність конструкції автомобільної техніки та її елементів. Фактори, що впливають на точність виготовлення деталей машин. Вибір баз під час обробки заготовок. Методи та засоби визначення якості оброблюваної поверхні. Припуски на механічну обробку. Зміцнення поверхневого шару деталей технологічними методами. Антикорозійна, термічна та хіміко–термічна обробка металевих виробів.

5. Основні методи механічної обробки деталей автомобілів. Види та режими механічної обробки різанням. Обробка зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь. Обробка плоских, зубчастих, різьбових та шліцьових поверхонь. Виготовлення шпонкових пазів. Обробка деталей класу «ексцентричні деталі». Розточування отворів і кільцевих канавок. Сучасні технологічні процеси, що мають перспективу використання в автомобілебудуванні.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ДО ДРУГОГО МОДУЛЯ

1. Технологія виготовлення типових деталей автомобілів. Технологія виготовлення валів. Технологія виготовлення втулок і вкладишів. Технологія виготовлення корпусних деталей. Технологія виготовлення деталей приводів і трансмісій.

2. Технологія виготовлення зварних конструкцій кузовів та рам автомобілів. Види зварювання. Технологія зварювання. Технічні вимоги до якості зварних з'єднань. Контроль якості зварних з'єднань. Поточкові лінії складання та зварювання автотранспорту. Складання та зварювання кузовів автобусів, електробусів, тролейбусів і трамваїв. Складання і зварювання причепів.

3. Проєктування технологічних процесів механічної обробки деталей та складання автотранспортних засобів. Основні вимоги до технологічних процесів механічної обробки. Вихідні дані для проєктування технологічних процесів. Організаційні форми виконання технологічних процесів. Встановлення плану і методів обробки. Вибір обладнання, пристосувань, різального та вимірних інструментів. Встановлення режимів різання. Проєктування технологічних процесів механічної обробки деталей. Типізація технологічних процесів і групові наладки. Послідовність та зміст операцій складання. Проєктування технологічних процесів складання. Нормування технологічних процесів механічної обробки та складання. Оцінювання техніко-економічної ефективності технологічних процесів.

4. Основи авторемонтного виробництва. Старіння автомобілів. Надійність та зміна технічного стану деталей автомобілів у процесі експлуатації. Система ремонту автомобілів. Авторемонтні підприємства.

5. Приймання автомобілів і агрегатів у ремонт. Приймання автомобілів і агрегатів у ремонт та їхнє зберігання. Проєктування процесу розбирання. Розробка технологічного процесу мийно-очисних робіт. Дефектування деталей.

6. Способи та засоби відновлення деталей автомобілів. Класифікація способів відновлення деталей. Вибір оптимального способу відновлення деталей. Відновлення деталей металізацією. Відновлення деталей паянням. Відновлення деталей хромуванням. Відновлення деталей залізненням. Відновлення деталей іншими видами покриттів. Відновлення деталей синтетичними матеріалами. Відновлення деталей за допомогою полімерних матеріалів.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

1.1 Загальні відомості:

Суть дефектації та сортування деталей

Мета дефектації (**defection**) розібраних деталей – визначення їх технічного стану і сортування на відповідні групи. Придатні, які підлягають відновленню на цьому підприємстві, і непридатні. Розподіл продукції на три групи – брак, дефекти, які можна виправити, бездефектна продукція – здійснюється на основі вибору відповідного методу контролю, норм допустимих дефектів і технологічних можливостей відновлення деталей з допустимими дефектами.

Багато причин відбраковки прямо чи непрямо пов'язані з технічними можливостями засобів і методів контролю та дефектації.

Значний вплив на норми відбраковки мають також технологічні можливості авторемонтного підприємства.

Після сортування придатні деталі відправляють у комплектувальне відділення, непридатні – на склад металобрухту чи використовують як матеріал для виготовлення інших деталей.

Деталі, які потрібно відновити, після визначення маршруту ремонту надходять на склад деталей, що очікують ремонту, і далі – на відповідні дільниці відновлення. Громіздкі деталі – рами, картери задніх мостів тощо – контролюють безпосередньо на робочих місцях.

Дефектацію деталей проводять після їх зовнішнього огляду за допомогою стандартних та спеціальних інструментів, пристроїв, приладів і устаткування.

У процесі дефектації та сортування деталі маркуються фарбою: придатні – зеленою, непридатні – червоною, деталі для відновлення – жовтою.

Кількісні показники дефектації та сортування деталей фіксують у дефектаційних відомостях або за допомогою спеціальних підсумовувальних лічильних пристроїв.

Дефектацію починають із зовнішнього огляду деталей. Зовнішнім оглядом визначають загальний технічний стан деталі і виявляють зовнішні дефекти – тріщини, пробоїни, вм'ятини тощо.

Щоб виявити приховані дефекти, застосовують спеціальні прилади і пристрої, робота яких ґрунтується на неруйнівних методах контролю. Розвиток засобів і методів дефектації дає змогу поліпшити якість ремонту автотранспортних засобів. На великих авторемонтних заводах використовують автоматизовані системи управління (АСУ), зокрема і на дільницях дефектації деталей, основані на електронних обчислювальних машинах (ЕОМ). Ці системи дають змогу отримувати необхідну інформацію

про кількісні показники виробничого процесу, потребу в матеріалах, комплектуючих виробів і забезпечувати ритмічність роботи цехів та дільниць. Таким чином, комплекс методів дефектації чи методів технічної діагностики, що дає змогу отримати кількісні критерії якості продукції, відіграє важливу роль у забезпеченні ресурсу капітально відремонтованих автотранспортних засобів до рівня 0,8 ресурсу нових [5, 12].

1.2 Класифікація дефектів деталей

Дефект (**defect**) – це кожна окрема невідповідність продукції вимогам, встановленим нормативною документацією. За наслідками дефекти поділяють на критичні, значні і малозначні.

Критичний – дефект, за якого використання продукції за призначенням практично неможливе або неможливе відповідно до вимог техніки безпеки.

Значний – дефект, який суттєво впливає на використання продукції за призначенням і/або на її довговічність, але не є критичним.

Малозначний – дефект, який не має істотного впливу на використання продукції за призначенням і на її довговічність.

За місцем розташування всі дефекти поділяються на зовнішні і внутрішні. Зовнішні дефекти, такі як деформація, полумки, зміна геометричної форми і розмірів, легко виявити візуально або нескладними вимірюваннями. Внутрішні дефекти, такі як тріщини від втомленості, тріщини від термічної втомленості, виявляють різними способами структуроскопії деталей.

До структуроскопії належать: магнітодефектоскопія, рентгеноскопія, ультразвукова дефектоскопія і т. д.

Таким чином, у процесі дефектоскопії деталей виконується комплекс робіт, які дають змогу виявити і охарактеризувати дефекти деталей. За можливістю виправлення дефекти класифікують на поправні і непоправні.

Поправні – дефекти, усунення яких технічно можливе та економічно доцільне. До них відносять деформації, вм'ятини, обломи, зношення поверхонь, задирки й інші дефекти, що не ведуть до повної втрати роботоздатності деталі.

Непоправні – дефекти, усунення яких технічно неможливе або економічно недоцільне. До них належать: тріщини – від втомленості, термічної обробки, повзучості; корозія – місцева, кристалічна, щілинна, газова, високотемпературна і т. д.

За причинами виникнення дефекти поділяються на три класи: конструктивні, виробничі, експлуатаційні.

Конструктивні дефекти – це порушення вимог технологічного завдання чи встановлених правил розробки (модернізації) продукції.

Причини таких дефектів можуть бути різні: помилковий вибір матеріалу виробу, неправильне визначення розмірів деталей, режиму

термічної обробки тощо. Ці дефекти є наслідком недосконалості конструкції та помилок конструювання.

Виробничі дефекти – порушення вимог нормативної документації на виготовлення (ремонт) або поставку продукції. Такі дефекти виникають внаслідок порушення технологічного процесу під час виготовлення чи відновлення деталей. Виробничі дефекти поділяються на шість груп.

Перша група – дефекти плавлення та лиття. До них належать: відхилення хімічного складу від заданого, внаслідок чого змінюються механічні властивості сплаву; газові пори, земляні та шлакові включення, усадочні раковини, спаї, гарячі і холодні тріщини та ін.

Друга група – дефекти, що виникають в процесі обробки тиском. До них належать: поверхневі і внутрішні тріщини, розриви, риски, розшарування, флокени, торцеві тріщини, затиски і т. д.

Третя група – дефекти термічної, хіміко-термічної і електрохімічної обробки. До цієї групи входять термічні тріщини, знеуглецьовування, науглецьовування, водневі тріщини, перегрів, перепал, невідповідність шару гальванічного покриття, тріщини відшарування та ін.

Четверта група – дефекти механічної обробки. До цієї групи належать: обробні тріщини, припали, шліфувальні тріщини, порушення геометричних розмірів.

П'ята група – дефекти, що виникають під час виправлення, монтажу і демонтажу, а саме: тріщини рихтувальні, монтажні, погнутість, обломи різі, порушення посадок.

Шоста група – дефекти з'єднання металів. У цю групу входять раковини, пори, шлакові включення, перегрів, зміна розмірів зерна, гарячі і холодні тріщини, непровар, неповне заповнення шва, напуск, зміщення кромки шва, непропаювання, непроклеювання, відшарування та ін.

До експлуатаційних дефектів відносять дефекти, які виникають внаслідок зношення, втомленості, корозії тощо, а також неправильної експлуатації.

У процесі експлуатації найбільший процент відмов виникає через зношування (спрацювання). Зношування – це процес поступової зміни розмірів і форми тіла через тертя, що проявляється у відокремленні матеріалу від поверхонь тертя. Зношування (спрацювання) деталей залежить від умов тертя. Залежно від наявності мастила між тілами, що труться, розрізняють тертя сухе, граничне і рідинне.

Враховуючи, що кожному класу деталей притаманні конструктивні особливості і певні умови експлуатації, можна орієнтовно встановити характерні дефекти деталей кожного класу. У таблиці 1 наведено приклади такої класифікації дефектів деталей кожного класу [5, 12].

Технічні умови (ТУ) на контроль і сортування деталей в умовах авторемонтного виробництва розробляються на основі аналізу умов роботи деталі, фізико-механічних властивостей, переліку можливих дефектів та ін. Вони складаються у вигляді карт, які щодо кожної деталі окремо містять

таку інформацію: назва деталі і номер за каталогом, перелік дефектів, способи їх виявлення і рекомендовані способи усунення, ескіз з позначенням місць розміщення дефектів, основні розміри деталі, матеріал, твердість.

Таблиця 1 – Характерні дефекти деталей кожного класу

Клас деталей	Дефекти	
	Можна ліквідувати	Не можна ліквідувати
1	2	3
Товстостінні корпусні	Деформації, вм'ятини, суцільна корозія, обломи, збиті нарізка і отвори, спрацювання	Тріщини: від втомленості, термічної втомленості, повзучості, контактні. Корозія: місцева, міжкристалітна, щілинна, газова, розтріскування
Тонкостінні корпусні	Деформації, вм'ятини, суцільна корозія, розриви	Тріщини: від втомленості, термічної втомленості, контактні. Корозія: місцева, міжкристалітна, щілинна, газова
Прямі круглі стержні	Спрацювання поверхні, деформації, обломи, корозія суцільна	Тріщини: від термічної втомленості, контактні, від втомленості, повзучості, розтріскування під тиском. Корозія: місцева, міжкристалітна, щілинна
Прямі круглі стержні з фасонною поверхнею	Спрацювання поверхні, деформації, обломи, корозія суцільна	Тріщини: від втомленості, термічної втомленості, контактні, повзучості. Корозія: місцева, міжкристалітна, щілинна, газова
Порожнисті стержні	Спрацювання поверхні, деформації, задирки, корозія суцільна	Тріщини: від втомленості, термічної втомленості, повзучості. Корозія: місцева, міжкристалітна, газова
Диски з гладким периметром	Спрацювання поверхні, деформації, корозія суцільна	Тріщини: від втомленості, термічної втомленості, повзучості, контактні, розтріскування під тиском. Корозія: місцева, міжкристалітна
Диски з фасонним периметром	Спрацювання поверхні, деформації, корозія суцільна	Тріщини: від втомленості, контактні, повзучості. Корозія: місцева, міжкристалітна, щілинна, газова
Некруглі стержні	Спрацювання поверхні, деформації, обломи, корозія	Тріщини: від втомленості, термічної втомленості, контактні, повзучості. Корозія: місцева, міжкристалітна, щілинна

Способи встановлення дефектів визначають, виходячи з досвіду роботи автобудівних і авторемонтних підприємств та на основі наукових досліджень, виконаних з метою розробки нових методів дефектації деталей.

Рекомендовані способи усунення дефектів також спираються на багатий досвід, накопичений вітчизняними і зарубіжними авторемонтними підприємствами щодо технології відновлення деталей.

Таблиця 2 – Карта дефектації

			Найменування деталі або складальної одиниці		Позначення
			Маточина опорного катка танка Т-72		
			Матеріал		Твердість
			КЧ-33-8-Ф 33		100-163 НВ.
Позиція на ескізі	Можливий дефект	Спосіб вивчення дефекту і засоби контролю	Розмір, мм		Висновок
			за робочим кресленням	допустимий без ремонту	
1	Обломи і тріщини маточини	огляд	-	-	Бракувати
2	Зношення поверхні під підшипник	Нутромір Індикаторний НІ 60140, ГОСТ 868-82	$72_{-0,051}^{-0,021}$ Р7	Ø 71,979	Відновлювати: наплавленням
3	Зношення поверхні під підшипник	Нутромір Індикаторний НІ 60140, ГОСТ 868-82	$80_{-0,051}^{-0,021}$ Р7	Ø79,979	Відновлювати: наплавленням
4	Зношення різьбових отворів	Пробка 6,0 мм ГОСТ	Ø 6 мм	Ø 6 мм	Відновлювати: заварюванням

1.3 Контроль розмірів, форми взаємного розміщення поверхонь деталей

Стан деталей, з'єднань і комплектних груп можна визначити оглядом, перевіркою на дотик, за допомогою вимірювальних інструментів та ін.

Оглядом виявляють руйнування деталі, такі як тріщини, викришування поверхні, зломи тощо, наявність накипу, нагар, течу води, мастила, палива.

Перевіркою на дотик визначають спрацювання і змінання ниток різі на деталях, еластичність сальників, наявність задирок, подряпин тощо.

Відхилення з'єднань від заданого зазору чи натягу деталей від заданого розміру, від площинності, форми, профілю тощо визначаються за допомогою вимірювальних інструментів.

Способи і схеми вимірювання визначаються розмірними параметрами загального виду. До них належать: відхилення розміщення і форми, хвилястості та шорсткості поверхні; розміри гладких циліндричних з'єднань; розміри, що входять в розмірні ланцюги; розміри кінцевих з'єднань і кутові розміри; розміри нарізних з'єднань та передач; розмірні параметри зубчастих і черв'ячних передач; розміри шліцьових та шпонкових з'єднань.

Вибір засобів контролю має ґрунтуватися на забезпеченні заданих показників процесу контролю й аналізу витрат на реалізацію контролю за заданою якістю виробу.

Вибираючи засоби контролю, потрібно використовувати ефективні для конкретних умов засоби контролю, регламентовані державними, галузевими стандартами і стандартами підприємств.

Вибір засобів контролю містить такі етапи:

- аналіз характеристик об'єкта контролю і показників процесу контролю;
- визначення попереднього складу засобів контролю;
- визначення остаточного складу засобів контролю, їх економічне обґрунтування, складання технологічної документації.

Залежно від виробничої програми, стабільності вимірюваних параметрів можна використовувати універсальні, механізовані чи автоматичні засоби контролю.

Під час ремонтів найбільшого поширення набули універсальні вимірювальні прилади та інструменти. За принципом дії їх можна поділити на такі види.

Механічні прилади – лінійки, штангенциркулі, пружинні прилади, мікрометричні тощо. Як правило, механічні прилади та інструменти відзначаються простотою, високою надійністю вимірювань, але мають порівняно невисоку точність і продуктивність контролю. Під час вимірювання необхідно дотримуватись принципу Аббе (компараторний принцип), виходячи з якого необхідно, щоб на одній прямій лінії були розміщені вісь шкали приладу і контрольований розмір деталі, тобто лінія вимірювання має бути продовженням лінії шкали. Якщо цього принципу не дотримуватися, то перекис і непаралельність напрямних вимірювального приладу спричинять значні похибки вимірювання.

Оптичні прилади – окулярні мікрометри, вимірювальні мікроскопи, колімаційні і пружинно-оптичні прилади, проектори, інтерференційні засоби тощо. За допомогою оптичних приладів досягається найвища

точність вимірювань. Але прилади цього виду складні, їх налаштування і вимірювання потребують значних витрат часу. Прилади ці дорогі і часто не досить надійні й довговічні.

Пневматичні прилади – довгоміри. Цей вид приладів використовують переважно для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів, відхилень форми поверхонь /зокрема внутрішніх/, конусів та ін. Пневматичні прилади мають високу точність і швидкість вимірювання. Ряд вимірювальних завдань, наприклад, точні виміри в отворах малого діаметра, можна вирішити тільки за допомогою приладів пневматичного типу. Але прилади цього виду часто потребують індивідуального тарування шкали з використанням еталонів.

Електричні прилади. Вони набувають все більшого поширення в автоматичній контрольно-вимірювальній апаратурі. Перспективність приладів зумовлена їх швидкою дією, можливістю документування результатів вимірювань, зручністю керування.

Основним елементом електричних вимірювальних приладів є вимірювальний перетворювач (датчик), що сприймає вимірювальну величину і виробляє сигнал вимірювальної інформації у формі, зручній для передачі, перетворення та інтерпретації. Перетворювачі класифікуються так: неелектроконтактні, електроконтактні шкальні головки, пневмоелектроконтактні, фотоелектричні, індуктивні, ємнісні, радіоізотопні, механотронні.

Промисловість випускає нормалізовані вузли засобів автоматичного контролю, що дозволило створити блочну конструкцію автоматичних вимірювальних засобів. Крім перетворювача такі засоби мають вимірювальну станцію, пороговий, завантажувальний, транспортувальний, запам'ятовувальний, виконавчий /сортувальний/ і перетворювальний пристрої. Загальним напрямком розвитку вимірювальних засобів для дрібносерійного, індивідуального і спеціалізованого виробництва є створення універсальних збірних, легко переналагоджуваних пристроїв, що складаються з агрегатних вузлів серійного виробництва. Такі вузли збірних пристроїв випускаються як в нашій країні, так і за кордоном. Вибір тих чи інших вузлів і пристроїв забезпечують за відповідною довідковою літературою.

Останнім часом у нашій країні і за кордоном інтенсивно розробляються засоби вимірювання нового типу – координатні вимірювальні машини, призначені для контролю складних корпусних деталей, точного вимірювання довжин, похибок форми та інших параметрів. Найуніверсальніші – трикоординатні вимірювальні машини, що містять автоматичну систему обробки результатів, виконану на базі мікроЕОМ. Все більшого поширення на підприємствах автобудування і ремонту набувають автоматичне і автоматизоване технологічне обладнання, верстати та інструмент. Технологічним процесом на такому обладнанні керують за допомогою засобів активного контролю.

Активний контроль проводиться до обробки деталі на технологічному обладнанні (захисно-блокувальні пристрої), в процесі обробки і після неї – для підналагодження обладнання. Найбільше розроблено засоби активного контролю в процесі абразивної обробки деталей, токарних, фрезерних та інших технологічних операцій, під час шліфування і хонінгування, вони широко використовуються на авторемонтному виробництві і, як правило, є заключною операцією ремонту деталі.

Активний контроль дає змогу збільшити продуктивність праці, зменшити кількість браку. Але необхідно мати на увазі, що засоби активного контролю доцільно застосовувати тільки в тому випадку, коли виконавчі органи технологічного обладнання можуть сприймати і виконувати із заданою точністю прийняті команди.

1.4 Загальні поняття надійності

Загальні поняття надійності (стосовно автомобілів) установлені ГОСТ 27.002 – 2015.

Надійність (*reliability*) – властивість автомобіля виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах, що відповідають заданим режимам і умовам використання, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання й транспортування. Надійність – комплексна властивість, що може містити в собі безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збережність окремо або невизначене сполучення цих властивостей як для автомобіля загалом, так і для його частин.

Безвідмовність (*failure*) – властивість автомобіля безупинно зберігати роботоздатний стан на заданому пробігу (гарантований пробіг, пробіг до чергового технічного обслуговування) або протягом встановленого проміжку часу (гарантований період, час зберігання або транспортування).

Для кількісної характеристики безвідмовності автомобіля застосовуються такі показники: імовірність безвідмовної роботи, середній наробіток на відмову, параметр потоку відмов і наробіток на відмову.

Довговічність (*durability*) – властивість автомобіля зберігати роботоздатність до досягнення граничного стану з необхідними перервами для виконання технічного обслуговування й ремонту. Граничний стан визначається настанням моменту, коли подальша експлуатація автомобіля стає неможливою через порушення безпеки руху або недоцільною через зниження його експлуатаційних показників, або через те, що внаслідок зношування він прийшов у такий стан, за якого ремонт потребує неприпустимо більших витрат і, крім того, не забезпечується відновлення необхідної роботоздатності.

Показниками роботоздатності є: технічний ресурс і термін служби.

Технічний ресурс (*technical resource*) – наробіток автомобіля від початку експлуатації або його поновлення після ремонту певного виду до

переходу в граничний стан.

Термін служби (service life) – календарна тривалість експлуатації автомобіля від його початку експлуатації або поновлення після ремонту певного виду до переходу в граничний стан. Не можна плутати термін служби з ресурсом. Наприклад, ресурс двох автомобілів однієї марки однаковий, а термін служби різний, якщо один з них використовується у дві зміни, а другій в одну.

Під час оцінювання довговічності автомобіля використовуються такі показники як середній ресурс (середній термін служби) до капітального ремонту, середній ресурс до списання, середній ресурс між капітальними ремонтами і гама-процентний ресурс.

Висока якість відремонтованих автомобілів і агрегатів висуває підвищені вимоги до ресурсу відновлених деталей. Відомо, що в автомобілях і агрегатах після капітального ремонту деталі працюють, як правило, в значно гірших умовах, ніж в нових, що пов'язано зі зміною базисних розмірів, зсувом осей в корпусних деталях, зміною умов подачі мастила і ін. У зв'язку з цим технології відновлення деталей мають базуватися на таких способах нанесення покриттів і подальшої обробки, які дозволили б не тільки зберегти, але і збільшити ресурс відремонтованих деталей.

За останні 10 – 15 років відбулися суттєві зміни в розвитку системи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Розроблено і використовуються на практиці технологічні процеси, основані на результатах досліджень в сфері фундаментальних наук і високих технологій обробки металів та автомобільних матеріалів, з'являються нові матеріали та технологічні способи їх обробки, застосовуються прогресивні методи відновлення деталей та механізації і автоматизації технологічних процесів. Для реалізації нових технологічних процесів необхідне принципово нове обладнання, інструмент і засоби контролю, що є наслідком суттєвого переоснащення ремонтних підприємств.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОЗБИРАННЯ ТА СКЛАДАННЯ ВУЗЛА АВТОМОБІЛЯ

Мета роботи.

Набуття практичних навичок розробки, оформлення та використання технологічних процесів складання – розбирання вузлів автомобілів в процесі їх виробництва та ремонту.

Короткі теоретичні відомості

В процесі розробки технологічних процесів складання найчастіше доводиться вирішувати такі задачі:

- встановлення послідовності з'єднання деталей і складальних одиниць виробу;
- розробка схем загального і вузлового складання виробу;
- розробка маршрутних технологічних процесів складання [12];
- виявлення розмірних ланцюгів;
- вибір методів їх розрахунку та досягнення точності замикальної ланки [12].

Точність замикальної ланки під час складання може бути досягнута методами повної, неповної чи групової взаємозамінності, припасування, регулювання із застосуванням компенсаторів.

Вибір методу досягнення точності замикальної ланки залежить від величини її допуску і від кількості складових ланок розмірного ланцюга, водночас беруть до уваги також реальні виробничі можливості із забезпечення точності розмірів складових ланок і забезпечення відповідного рівня організації складальних робіт.

Розглянемо на прикладі складальної одиниці, зображеної на рис. 1.1, порядок розробки технологічної схеми складання і маршрутний технологічний процес складання.

Технологічна схема складання – графічне зображення порядку комплектування (послідовності складання) виробу і складальних одиниць. На таких схемах кожен елемент виробу позначений прямокутником, у якому вказують найменування елемента, його номер (див. позиції на рис. 1.1) і їхню кількість (рис. 1.2). Розробка технологічної схеми складання починається з визначення базової деталі (чи складальної одиниці) і розділення виробу на складальні одиниці і деталі.

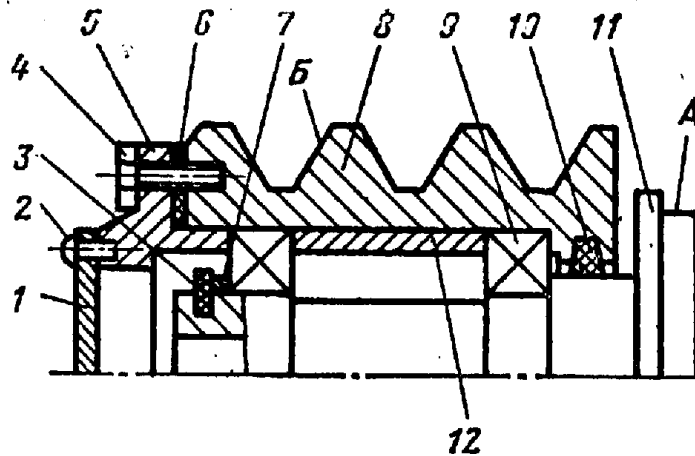


Рисунок 1.1 – Ескіз маточини:

- 1 – кришка; 2 – гвинт (4 шт.); 3 – кільце стопорне; 4 – гвинт (4 шт.);
 5 – фланець; 6 – прокладка; 7 – кільце компенсаційне; 8 – шків;
 9 – підшипник (2 шт.); 10 – кільце ущільнювальне; 11 – маточина;
 12 – втулка

За базову беруть деталь, з якої, послідовно приєднуючи інші деталі та складальні одиниці, отримують вузол. Від прямокутника з зображенням базового елемента до прямокутника, що зображує готовий виріб (чи складальну одиницю), проводиться горизонтальна лінія.

Над нею розташовують у порядку послідовності складання прямокутники, що умовно позначають деталі, а нижче – прямокутники, що умовно зображають складальні одиниці. Для кожної складальної одиниці (першого, другого і більш високого порядків) можуть бути побудовані аналогічні схеми [12].

Технологічна схема складання є основою для проектування технологічного процесу складання. Після розробки схем складання встановлюють склад необхідних складальних регулювальних, приганяльних, підготовчих і складальних робіт та визначають зміст технологічних операцій і переходів, роблять нормування складальних робіт.

Маршрутний технологічний процес складання маточини подано у таблиці 1.1.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити креслення заданого вузла.
2. Вибрати базову деталь.
3. Виділити складальні одиниці першого порядку, які безпосередньо входять у вузол.
4. Виділити складальні одиниці другого порядку, які безпосередньо

входять у складальні одиниці першого порядку і так далі.

5. Розробити технологічну схему складання вузла.
6. Розробити маршрутний технологічний процес складання.
7. Оформити звіт.

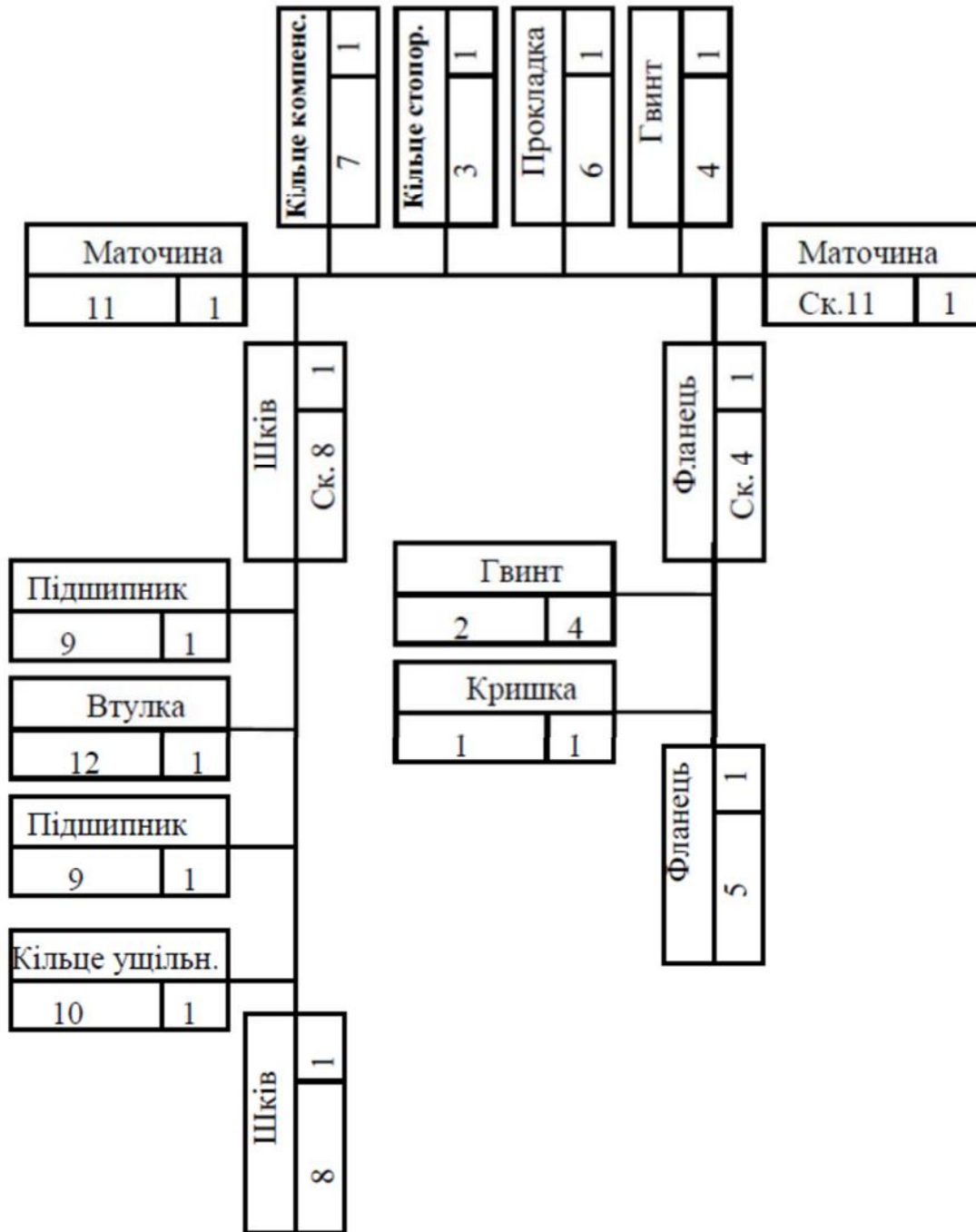


Рисунок 1.2 – Технологічна схема складання маточини

Таблиця 1.1 – Маршрутний технологічний процес складання маточини

№ операції	Назва операції	Зміст операції (по переходах)
05	Складання шків (ск. 8)	1. Закріпити шків (дет. 5) у пристосуванні. 2. Установити ущільнювальне кільце (дет. 10). 3. Змастити і встановити підшипник (дет. 9). 4. Протерти і встановити втулку (дет. 12). 5. Змастити і встановити підшипник (дет. 9).
10	Установлення шків, (ск. 8)	1. Закріпити маточину (дет. 11) у пристосуванні. 2. Установити шків (ск. 8) на маточину (дет. 11). 3. Протерти і встановити кільце компенсаційне (дет. 7). 4. Установити кільце стопорне (дет. 3). 5. Установити прокладку (дет. 6).
15	Складання фланця, (ск. 4)	1. Закріпити фланець (дет. 5) в пристосуванні. 2. Установити кришку (дет. 1). 3. Закріпити кришку (дет. 1) гвинтами (дет. 2).
20	Установлення фланця, (ск. 4)	1. Установити фланець (ск. 5). 2. Закріпити фланець (ск. 5) гвинтами (дет. 4).
25	Контрольна	1. Перевірити легкість обертання шків. 2. Перевірити биття поверхні А відносно поверхні Б.

Контрольні питання

1. Дайте означення складальної одиниці.
2. Який метод досягнення точності складання заданого вузла раціонально використати?
3. Чим відрізняється організація технологічних процесів складання в різних типах виробництва?
4. Які види з'єднань Ви знаєте? Сфери їх раціонального використання?
5. Назвіть інструменти для виконання складальних робіт.
6. Засоби механізації складальних робіт.
7. Як визначити достатність затягування різьбового з'єднання?
8. Як перевірити якість складання вузла?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОСТУПНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Мета роботи.

1. Засвоїти поняття:

- технічне обґрунтування;
- можливі способи відновлення;
- суть способу відновлення;
- обладнання, оснащення, матеріали для відновлення;
- план операцій відновлювання деталі.

2. Отримати навички:

- визначення раціонального способу відновлення та його обґрунтування;
- вибір обладнання, оснащення, матеріалів;
- складання плану операцій відновлювання поверхні.

Короткі теоретичні відомості

Перед розробкою *технологічного процесу відновлення (recovery technological process)* деталі потрібно вивчити ремонтний кресленик, а також технологічні вимоги і вказівки, єдині для відновлення експлуатаційних параметрів.

Потім потрібно підібрати для кожної поверхні раціональні способи відновлення (way to recovery), що компенсують величину спрацювань, водночас враховуючи товщину шару, який необхідно наплавити (наростити) з урахуванням припуску на обробку, твердість спряжених деталей, вид спряження і характер його роботи, а також коефіцієнт довговічності (ресурсності), вартість вибраного способу і виробничі можливості ремонтного підприємства.

У таблиці А.1 (додаток А) наведено різні способи усунення пошкоджень (компенсувальні спрацювання) окремих груп деталей.

Після вибору раціонального способу компенсації спрацювання намічають верстатні (слюсарні) способи, що забезпечують відновлення конфігурації, розмірів, точності і шорсткості робочих поверхонь деталі.

Під час вибору способу механічної обробки потрібно враховувати форму, розміри і матеріал деталі, а також нерівності наплавленого металу, твердість, наявність одностороннього спрацювання та наклепу, точність і шорсткість відновлюваних поверхонь, а також собівартість цієї операції.

Відомості про застосування найважливіших слюсарних операцій для відновлення деталей у процесі ремонту машин подаються у підручниках.

Мідницькі роботи застосовуються для відновлення герметичності у малонавантажених деталях (радіаторах, маслоприймачах, паливних баках та паливопроводах низького та високих тисків і т. д.), а також для відновлення підшипників, покритих антифрикційним сплавом (бабітом), та для ремонту електрообладнання машин.

Поверхневу твердість деталей або їх окремих поверхонь відновлюють термічною обробкою (СВЧ та ін.), наклепуванням, накатуванням або застосуванням відповідного присадного матеріалу в процесі наплавлення (нарощування).

Після ретельного вивчення ремонтного креслення, технічних вимог та вибору найраціональнішого способу відновлення деталі складають *технологічний маршрут (план операцій) (technological route)* на її відновлення. Технологічний маршрут складається таким чином, щоб були виконані «Спеціальні вказівки» з найменшими витратами коштів та праці. Водночас необхідно керуватись означенням «Операції», умовно взявши певну партію деталей. Допускається розробляти технологічний процес, виконання якого можливе в умовах вузькоспеціалізованих ремонтних підприємств.

Послідовність операцій залежить від розмірів, конфігурації, точності, твердості і шорсткості поверхонь деталі, встановлених заводом–виробником. Враховуються також установні бази і технологічність виготовлення деталі.

У більшості випадків першою операцією буде відновлення (створення) базових поверхонь, потім призначаються операції для компенсації спрацювання і відновлення твердості (за необхідності). Наступними будуть верстатні (слюсарні) операції, під час яких знімається основний припуск (чорнова обробка). Фінішними (чистовими) будуть операції (механічні або електрофізичні), які дають змогу відновити розмір, точність і шорсткість спряжених поверхонь деталі.

Насамперед потрібно обробляти ті поверхні, на яких найменше втрачається шорсткість деталі в процесі зняття металу. Це попередить вібрацію і прогинання деталі під час наступної обробки. Суміщати чистові і чорнові операції не рекомендується.

За одну операцію потрібно відновлювати кілька поверхонь одним способом. Не допускається повернення деталі на одне і те саме робоче місце. Якщо поверхневу твердість передбачається відновити термообробкою, то виконувати цю операцію потрібно після чорнової механічної обробки, тобто перед фінішною операцією (шліфуванням, притиранням і под.). Під час відновлення поверхневої твердості надклепуванням (накатуванням) необхідно суміщати цю операцію з іншими. Це дає можливість одержати остаточну твердість, розмір, точність і шорсткість відновленої поверхні за одну операцію.

Для відновлення поверхні деталі пропонують кілька маршрутів (планів операцій) і приймають найраціональніший. Маршрут має забезпечити відповідність між методами відновлення втраченого металу та наступної

механічної обробки поверхні відновлюваної деталі. Крім цього необхідно врахувати економічну доцільність відновлення деталі вибраним способом.

Порядок виконання роботи

1. Перед виконанням роботи потрібно ознайомитись із правилами техніки безпеки.
2. Одержати завдання від викладача: ремонтний кресленик деталі без вказання методів відновлення.
3. Вибрати можливі способи відновлення вказаних поверхонь (опис способів відновлення з описом методу нанесення покриття та механічної обробки, механічної обробки під ремонтний розмір) (додаток А).
4. Вибрати раціональний варіант способу відновлення поверхонь.
5. Оформити звіт.

Зміст звіту

1. Найменування роботи.
2. Мета роботи.
3. Ремонтний кресленик деталі з заповненими таблицями.
4. План операцій відновлення поверхонь.
5. Висновки.

Контрольні питання

1. Назвіть та охарактеризуйте основні способи, що компенсують спрацювання деталей машин.
2. Що потрібно враховувати під час вибору способів, які компенсують спрацювання деталей машин?
3. Яким чином підбирають раціональні способи відновлення поверхонь?
4. Назвіть та охарактеризуйте основні верстатні (слюсарні) способи, що застосовуються для відновлення деталей машин.
5. Що потрібно враховувати в процесі вибору способу механічної обробки відновлених поверхонь?
6. Яким чином складається технологічний маршрут відновлення поверхонь деталі?
7. Від чого залежить послідовність операцій в процесі розробки технологічного маршруту?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ

Мета роботи.

Набуття практичних навичок розробки маршруту обробки деталі, вибору обладнання та різальних інструментів.

Короткі теоретичні відомості

Маршрут обробки заготовки деталі – це укрупнений план обробки заготовки, який встановлює послідовність операцій обробки різанням (механічної обробки), а також зміст і місце в плані обробки термічних, гальванічних, слюсарних та контрольних операцій.

Маршрут має обов'язково відповідати заданому типу виробництва і забезпечувати необхідну якість деталі. Таким чином, побудова маршруту обробки має бути підпорядкована одному з головних принципів – забезпечення виконання деталлю свого службового призначення.

Загальна послідовність обробки така:

- обробка чистових технологічних баз;
- попередня (чорнова) обробка площин, які є конструкторськими базами деталі;
- попередня (чорнова) обробка отворів, які є конструкторськими базами деталі (головних отворів);
- попередня (напівчистова) обробка площин, які є конструкторськими базами деталі;
- попередня (напівчистова) обробка отворів, які є конструкторськими базами деталі;
- обробка місцевих елементів – кріпильних поверхонь, фасок, лисок, канавок, різьбових поверхонь, зубчастих вінців, шліцьових поверхонь, шпонкових пазів тощо;
- термічна обробка для забезпечення необхідних фізико-механічних показників матеріалу деталі зокрема – її поверхневого шару;
- остаточна (чистова) обробка площин, які є конструкторськими базами деталі;
- обробка головних отворів;
- остаточна (чистова) обробка різьбових;
- контроль точності обробки.

Згідно з методикою розробки й оформлення маршруту обробки, він має бути поділений на операції, операції – на переходи. Формулювання переходів мають відповідати ГОСТ 3.1702 – 79 [5].

Кожна з операцій має супроводжуватись ескізом заготовки, показаної у такому положенні, яке вона займатиме в робочій зоні верстата.

На кожному з ескізів показують схему базування і потовщеними лініями (у два рази ширшими за основні) – оброблені на цій операції поверхні. Всі конструктивні елементи, утворені на попередніх операціях, показують на ескізі цієї операції основними лініями.

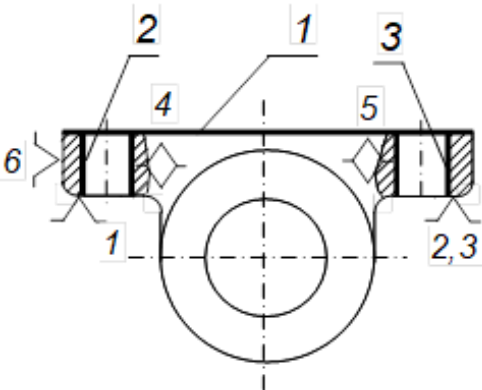
Кількісні значення розмірів, шорсткості поверхонь та інших вимог точності на ескізах схем базування і обробки показувати не потрібно. За необхідності, оброблені поверхні можуть бути пронумеровані.

В технологічній документації в картах ескізів вибрані схеми базування показують у вигляді схем установів згідно із ГОСТ 3.1107 – 81 [5]. На схемах установів відображають вигляд опор і установочних елементів, форму їх опорних поверхонь, а також тип і розташування затискачів.

Приклад оформлення таблиці маршруту обробки

Приклад оформлення таблиці маршруту обробки (розглянута лише перша операція) показаний нижче.

Таблиця 3.1 – Приклад оформлення таблиці маршруту обробки

Номер, назва і зміст операції	Ескіз обробки зі схемою базування	Тип і модель верстата
<p><u>005 Вертикально-фрезерна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Фрезерувати площину 1 попередньо в розмір. 2. Центрувати отвори 2 і 3. 3. Свердлити отвори 2 і 3. 4. Фрезерувати площину 1 остаточно. 5. Розвертіти отвори 2 і 3 попередньо. 6. Розвертіти отвори 2 і 3 остаточно. 		<p>Вертикально-фрезерний з ЧПК 6Р13РФ3</p>

Зміст звіту

Кожен студент розробляє маршрут обробки згідно з індивідуальним завданням. Цей пункт передбачає розподіл маршруту на операції, розподіл операцій на переходи із формулюванням змісту кожного з них, попередній вибір типу і моделі верстатів, зображення ескізів обробки зі схемами базування для кожної з операцій.

Звіт окремо не оформляється, а захищається у складі індивідуального домашнього завдання після його виконання.

Контрольні питання

1. Загальна послідовність виконання операцій механічної обробки деталей машин.

2. Побудова технологічного процесу механічної обробки з використанням концентрації операцій. Сфера застосування, переваги і недоліки.

3. Побудова технологічного процесу механічної обробки з використанням диференціації операцій. Сфера застосування, переваги і недоліки.

4. Які фактори враховують під час вибору металорізальних верстатів для операцій механічної обробки?

5. Які фактори враховують під час вибору різальних інструментів для переходів механічної обробки?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ТА РОЗМІРІВ ЗАГОТОВКИ

Мета роботи.

1. Засвоїти поняття:
 - припуск;
 - складові припуску;
 - методика визначення припуску для різних поверхонь деталей.
2. Отримати навички:
 - визначення складових елементів припуску механічної обробки поверхні деталі;
 - розрахунку припуску для кожного переходу механічної обробки;
 - визначення сумарного припуску механічної обробки;
 - встановлення величини шару нанесення покриття.

Короткі теоретичні відомості

Припуск (machining allowance) – це шар матеріалу, що видаляється у процесі механічної обробки заготовки з метою досягнення заданої точності та якості оброблюваної поверхні. Розрізняють проміжні й загальні припуски.

Проміжним припуском (Interim allowances) називається шар, що знімається під час виконання цього технологічного переходу механічної обробки, являє собою різницю розмірів заготовки, отриманих на суміжних попередньому й виконуваному технологічних переходах.

Загальним припуском (General allowances) називається сума проміжних припусків по всьому технологічному маршруту механічної обробки заданої поверхні, визначається як різниця розмірів заготовки та готової деталі.

$$Z_{0 \max} = \sum Z_{i \max}; \quad (4.1)$$

$$Z_{0 \min} = \sum Z_{i \min}; \quad (4.2)$$

Правильність розрахунків визначають з рівнянь

$$Z_{i \max} - Z_{i \min} = T_{i-1} - T_i; \quad (4.3)$$

$$2 \cdot Z_{i \max} - 2 \cdot Z_{i \min} = T_{D_{i-1}} - T_{D_i}; \quad (4.4)$$

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = T_z - T_{\partial}; \quad (4.5)$$

$$2 \cdot Z_{0 \max} - 2 \cdot Z_{0 \min} = T_{D_z} - T_{D_{\partial}}; \quad (4.6)$$

де T_{i-1} , $T_{D_{i-1}}$ – допуски розмірів на попередньому переході;

T_i, T_{Di} – допуски розмірів на виконуваному переході;

T_3, T_{D3} – допуски заготовки;

$T_\partial, T_{D\partial}$ – допуски на деталь.

Розрахуємо припуски та граничні розміри для отвору $\varnothing 45^{+0,025}$ (мм) в диску (рис. 4.1), результати яких занесемо у таблицю 4.2.

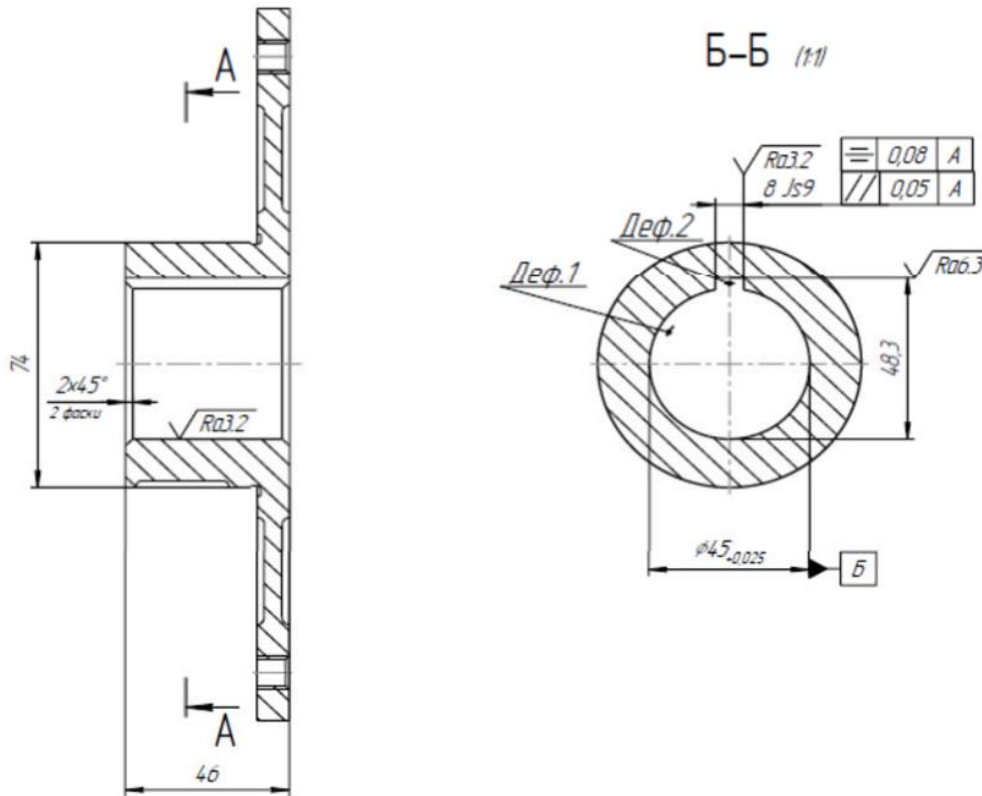


Рисунок 4.1 – Ескіз ремонтного кресленика деталі

Розрахунковий мінімальний припуск на обробку:

$$2Z_{\min} = (2R_{z(i-1)} + H_{(i-1)} + \sqrt{(\rho_{z(i-1)})^2 + \varepsilon_y^2})$$

$$2Z_{\min} = (2R_{z(i-1)} + H_{(i-1)} + (\rho_{z(i-1)})), \quad (4.7)$$

де R_z, H – табличні значення для відповідної операції [5, 12].

$$\rho = \Delta_\kappa \cdot L_\kappa, \quad (4.8)$$

де Δ_κ – питома кривизна поверхні, $\Delta_\kappa = 5$ мкм/мм;

$$L_\kappa = 0,5 \cdot L. \quad (4.9)$$

де L – довжина заготовки, $L = 46$ мм.

Отже,

$$L_k = 0,5 \cdot 46 = 23 \text{ мм},$$

звідси $\rho = 5 \cdot 23 = 115$ мкм,
за розточування:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 115 = 6,9 \text{ мкм}; \quad (4.10)$$

за шліфування:

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 115 = 5,75 \text{ мкм}; \quad (4.11)$$

за чистового шліфування:

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 115 = 4,6 \text{ мкм}. \quad (4.12)$$

Визначаємо мінімальні операційні припуски.

У разі точіння:

$$Z_{zmin} = 2 \cdot (120 + 100 + 115 + 80) = 830 \text{ мкм};$$

за чистового шліфування:

$$Z_{zmin} = 2 (30 + 30 + 5,75 + 9) = 150 \text{ мкм}.$$

Визначаємо розрахункові мінімальні розміри з формули:

$$B_{z.nn} = B_{в.дн} + Z_{заг}. \quad (4.13)$$

За чистового шліфування:

$$D_1 = 45 - 0,150 = 44,85 \text{ мм};$$

за чорнового розточування:

$$D_2 = 44,85 - 0,312 = 44,538 \text{ мм};$$

за чистового розточування:

$$D_3 = 44,538 - 0,830 = 43,708 \text{ мм}.$$

Визначаємо граничні розміри з формули:

$$B_{г.р.} = B_{в.р.} - T. \quad (4.14)$$

За чистового шліфування:

$$d_{1min} = 45 - 0,025 = 44,975 \text{ мм};$$

за розточування:

$$d_{2min} = 44,85 - 0,075 = 44,775 \text{ мм};$$

за чорнового точіння:

$$d_{3min} = 44,538 - 0,275 = 44,263 \text{ мм}.$$

Визначаємо граничні значення припусків з формул:

$$z_{z1min} = B_{нм(i-1)} - B_{нн}; \quad (4.15)$$

$$z_{z1max} = B_{нσ(i-1)} - B_{нσ}. \quad (4.16)$$

За чистового шліфування:

$$z_{z1min} = 45,0 - 44,85 = 0,15 \text{ мм};$$

$$z_{z1max} = 44,975 - 44,775 = 0,2 \text{ мм};$$

за чорнового розточування:

$$z_{z2min} = 44,85 - 44,538 = 0,312 \text{ мм};$$

$$z_{z2max} = 44,775 - 44,263 = 0,512 \text{ мм};$$

за чистового розточування:

$$z_{z3min} = 44,538 - 43,708 = 0,83 \text{ мм};$$

$$z_{z3max} = 44,263 - 43,033 = 1,23 \text{ мм}.$$

Для переходу, який передує кінцевому, визначити розрахунковий розмір додаванням до найменшого граничного розміру, згідно з креслеником, розрахункового припуску Z_{min} .

Для переходу, який передує кінцевому, визначити розрахунковий розмір відніманням від найменшого граничного розміру, згідно з креслеником, розрахункового припуску Z_{min} .

Розрахунок потрібно вести з використанням літературних джерел [5, 12].

Вихідні дані для розрахунку припусків на обробку та їх результати потрібно заносити до таблиці 4.2.

Розрахунок потрібно виконувати з використанням літературних джерел [5, 12].

Таблиця 4.1 – Порядок розрахунку припусків на обробку та граничних розмірів деталі

Для зовнішніх поверхонь	Для внутрішніх поверхонь
1	2
1. Користуючись робочим креслеником деталі та картою технологічного процесу, записати в розрахункову карту оброблювані поверхні заготовки та технологічні переходи обробки в послідовності їх виконання.	
2. Записати значення R_z, T, p, E, δ .	
3. Визначити розрахункові мінімальні припуски на обробку за всіма технологічними переходами.	
4. Записати для кінцевого переходу до графі «Розрахунковий розмір» найменший граничний розмір деталі згідно з креслеником. Записати для кінцевого переходу до графі «Розрахунковий розмір» найбільший граничний розмір деталі згідно з креслеником.	
5. Для переходу, який передує кінцевому, визначити розрахунковий розмір додаванням до найменшого граничного розміру розрахункового припуску Z_{min} . згідно з креслеником Для переходу, який передує кінцевому, визначити розрахунковий розмір відніманням від найменшого граничного розміру, згідно з креслеником, розрахункового припуску Z_{min} .	
6. Послідовно визначити розрахункові розміри для кожного попереднього переходу додаванням розміру розрахункового припуску Z_{min} наступного за ним переходу.	Послідовно визначити розрахункові розміри для кожного попереднього переходу відніманням від розміру розрахункового припуску Z_{min} , наступного за ним переходу
7. Записати найменші граничні розміри за всіма технологічними переходами, округлюючи їх збільшенням розрахункових розмірів. Округлення вести до того знака десяткового дробу, з яким дано допуск на розмір кожного переходу.	Записати найбільші граничні розміри за всіма технологічними переходами, округлюючи їх зменшенням розрахункових розмірів. Округлення вести до того знака десяткового дробу, з яким дано допуск на розмір кожного переходу.
8. Визначити максимальні граничні розміри додаванням допуску до округленого мінімального граничного розміру.	Визначити максимальні граничні розміри відніманням допуску від округленого мінімального граничного розміру
9. Записати граничні значення припусків Z_{max} як різницю найбільших граничних розмірів та Z_{min} як різницю найменших	Записати граничні значення припусків Z_{max} як різницю найменших граничних розмірів та Z_{min} як різницю найбільших

Контрольні питання

1. Що називають припуском, напуском?
2. Елементи припуску та їх суть.
3. Як визначити значення елементів припуску: товщину дефектного шару, висоту мікронерівностей поверхні, просторові відхилення заготовки, похибки встановлення?
4. Чим пояснюється необхідність призначення чорнових і чистових переходів обробки поверхні на одній операції?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

РОЗРАХУНОК АНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ У ВИПАДКУ ТОЧІННЯ ТА ШЛІФУВАННЯ

Мета роботи.

Вивчити методику розрахунку аналітичним способом режиму різання. Ознайомитися з довідковою літературою і набути навичок роботи з нею.

Короткі теоретичні відомості

Точіння – чи не найпоширеніший метод обробки різанням тіл обертання.

Механічна обробка покриттів, що наносяться на зношені деталі, є завершальною операцією в технології відновлення деталей.

Застосовується для видалення зовнішніх, внутрішніх і торцевих поверхневих шарів заготовок (циліндричних, конічних і фасонних). Розглядають такі види точіння:

– чорнове точіння («обдирання») – видалення дефектних шарів заготовки, розрізання, відрізання, підрізання торців заготовки. Зрізується поверхнева «шкура» і основна частина припуску на обробку, яка дозволяє отримувати шорсткість $Ra = 20 \dots 12,5$;

– напівчистове точіння – зняття 20...25% припуску; дозволяє отримати шорсткість і точність 10...11-го квалітетів. Заготовка отримує форму, близьку до деталі; $Ra = 6,3 \dots 3,2$;

– чистове точіння – забезпечує отримання шорсткості $Ra = 6,3 \dots 3,2$ і точність 7...9-го квалітетів. Деталь одержує остаточну форму і розміри;

– тонке точіння – дозволяє під час зрізання дуже тонких стружок отримувати на поверхні деталей шорсткість $Ra = 0,32 \dots 0,16$ і точність 5...7-го квалітетів. Припуск під тонке точіння становить 0,1...0,2 мм. Застосовують як метод обробки, що заміняє шліфування.

Існують такі рекомендації розподілення припуску на механічну обробку:

- 60% сумарного припуску відводиться на чорнову обробку;
- 40% – на чистову.

Якщо маршрут механічної обробки складається із чорнової, напівчистої та чистої обробки, то:

- від 60 до 45% припуску відводиться на чорнову обробку;
- 30% – на напівчистову;
- 25% до 10 – на чистову.

Визначення режиму різання полягає в виборі за заданими умовами обробки найвигіднішого збігу глибини різання, подачі і швидкості різання, які забезпечили б найменшу трудомісткість і собівартість виконання операції.

Обробка заготовки точінням здійснюється за взаємодії двох рухів: рівномірного обертального руху деталі – рух різання (або головний рух) і рівномірного поступального руху різця вздовж або поперек осі деталі – рух подачі. До елементів режиму різання відносяться: глибина різання t , подача S , швидкість різання ϑ .

5.1 Розрахунок режимів точіння

До основних елементів режиму точіння відносяться:

t (мм) – глибина різання;

S (мм/об) – подача;

V (мм/хв) – швидкість різання;

n (об/хв) – частота обертання деталі.

Початкові дані для вибору режиму різання – це дані про оброблювану деталь (кресленик), рід і характеристика матеріалу покриття, форма, розміри і допуски на обробку, відхилення, що допускаються, від геометричної форми: некругла; нециліндрична; похибки взаємної координації окремих поверхонь, що допускаються; необхідна шорсткість.

5.1.1 Вибір режиму точіння:

Глибина різання $t = z$ (мм)

де z – припуск на механічну обробку або припуск на сторону (мм);

S – подача мм/об.

Для чорнового точіння подача вибирається за табличними даними (табл. 5.1; табл. 5.2) [5, 11]:

Таблиця 5.1 – Подача у разі обточування деталей із сталі

Глибина різання (мм)	Діаметр деталі (мм)							
	18	30	50	100	120	180	260	Св. 260
	Подача S (об/хв)							
до 5	до 2,5	0,2-0,5	0,4-0,8	0,6-1,2	1,0-1,4	1,4	1,4	1,4

Таблиця 5.2 – Подача у випадку розточування

		Діаметр круглого перерізу державки різця (мм)					
		10	15	20	25	30	40
		Виліт різця (мм)					
		50	80	100	125	150	200
		Подача S (мм/об)					
Сталь	$t = 2$	0,05-0,08	0,08-0,2	0,15-0,4	0,25-0,7	0,5-1,0	-
	$t = 3$	-	0,08-0,12	0,1-0,25	0,15-0,4	0,2-0,5	0,25-0,6
Чавун	$t = 2$	0,08-0,12	0,25-0,4	0,5-0,8	0,9-1,5	-	-
	$t = 3$	0,05-0,08	0,15-0,25	0,3-0,5	0,5-0,9	0,9-1,2	-

Необхідна шорсткість обробленої поверхні є основним чинником, що визначає величину подачі під час чистового точіння (табл. 5.3):

Таблиця 5.3 – Подача залежно від заданої шорсткості поверхні

Діапазон швидкості різання (м/хв)	Шорсткість поверхні R_a (мкм)	Радіус за вершин різця r (мм)					
		0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
		Подача S (мм/об)					
Весь діапазон	80-40	-	-	-	-	2,8	3,8
	40-20	-	-	1,45	1,6	1,9	2,1
	20-10	0,46	0,58-0,89	0,67-1,05	0,73-1,15	0,85-1,3	0,93-1,45
	10-5	0,2-0,35	0,25-0,44	0,29-0,51	0,32-0,57	0,37-0,65	0,41-0,71
	5-2,5	0,13	0,12-0,17	0,14-0,2	0,16-0,22	0,13-0,26	0,15-0,3

Швидкість різання V можна визначити за формулою:

$$V = \frac{C_v}{t^x \cdot S^y \cdot T^m}; \quad (5.1)$$

де C_v – постійний коефіцієнт, що характеризує умови різання

(для сталі і сталевих литва $C_v = 420$ (за умови S до 0,3);

$C_v = 350$ (за умови $S = 0,3$ до 0,7);

$C_v = 392$ (за умови $S = 0,4$);

$C_v = 245$ (за умови $S > 0,4$);

сірих чавунів і мідних сплавів $C_v = 240$);

t – глибина різання (мм) ;

s – подача (мм/об);

T – стійкість інструменту в хвилинали (вибирається з таблиці 5.4):

Таблиця 5.4 – Стійкість інструменту

	Переріз різця (мм)				
	16 × 25	20 × 30	25 × 40	40 × 60	60 × 90
	Стійкість різця T (хвилинали)				
Швидкорізальна сталь	60	60	90	120	150
Металокерам. сплав	90	90	120	150	180

m – показник відносної стійкості, вибирається з таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Показник відносної стійкості

Оброблюваний матеріал	Тип різців	Умови обробки	Швидко-різальна сталь	Сплав ТК	Сплав ВК
Сталь, сталеве литво, ковкий чавун	Прохідні Підрізні Розточувальні	З охолодженням	0,125	0,125	0,15
		Без охолодження	0,1	0,125	0,15
	Прохідні Відрізні	З охолодженням	0,25	-	0,15
		Без охолодження	0,2	-	0,15
Сірий чавун	Прохідні Підрізні Розточувальні	Без охолодження	0,1	0,125	0,2
	Прохідні Відрізні	Без охолодження	0,15	-	0,2

x – показник степеня за глибини різання (інтенсивність впливу глибини на швидкість різання). Значення x у разі обробки сталі 0,18 (0,15), у разі обробки чавуну – 0,15.

y – показник степеня впливу подачі на швидкість різання (інтенсивність впливу подачі на швидкість різання). Значення y у разі обробки сталі – 0,27, у разі обробки чавуну – 0,3.

Під час налагодження верстата необхідно встановити частоту обертання шпинделя, яка буде забезпечувати розрахункову швидкість різання, об/хв,

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}; \quad (5.2)$$

Для вивчення дії сили опору різанню її розкладають на три взаємно перпендикулярні складові сили, направлені по осях координат верстата (рисунок 5.1): \mathbf{P}_x – осьова сила; \mathbf{P}_y – радіальна сила; \mathbf{P}_z – тангенціальна сила, яку називають силою різання [5].

Тангенціальна сила \mathbf{P}_z діє в напрямі головного руху; за нею розраховують крутний момент та потужність різання.

Осьова сила \mathbf{P}_x діє вздовж заготовки та під час поздовжнього точіння протидіє механізмам привода подачі. Їх розрахунок на міцність виконують за максимальною величиною сили \mathbf{P}_x .

Радіальна сила \mathbf{P}_y – відтискає різець, її реакція згинає заготовку. Ця сила сприяє виникненню вібрацій в горизонтальній площині. Вона має найбільший вплив на точність і геометричну форму оброблюваної деталі. За максимальним значенням сили \mathbf{P}_y виконують розрахунки станини та супорта (рисунок 5.1).

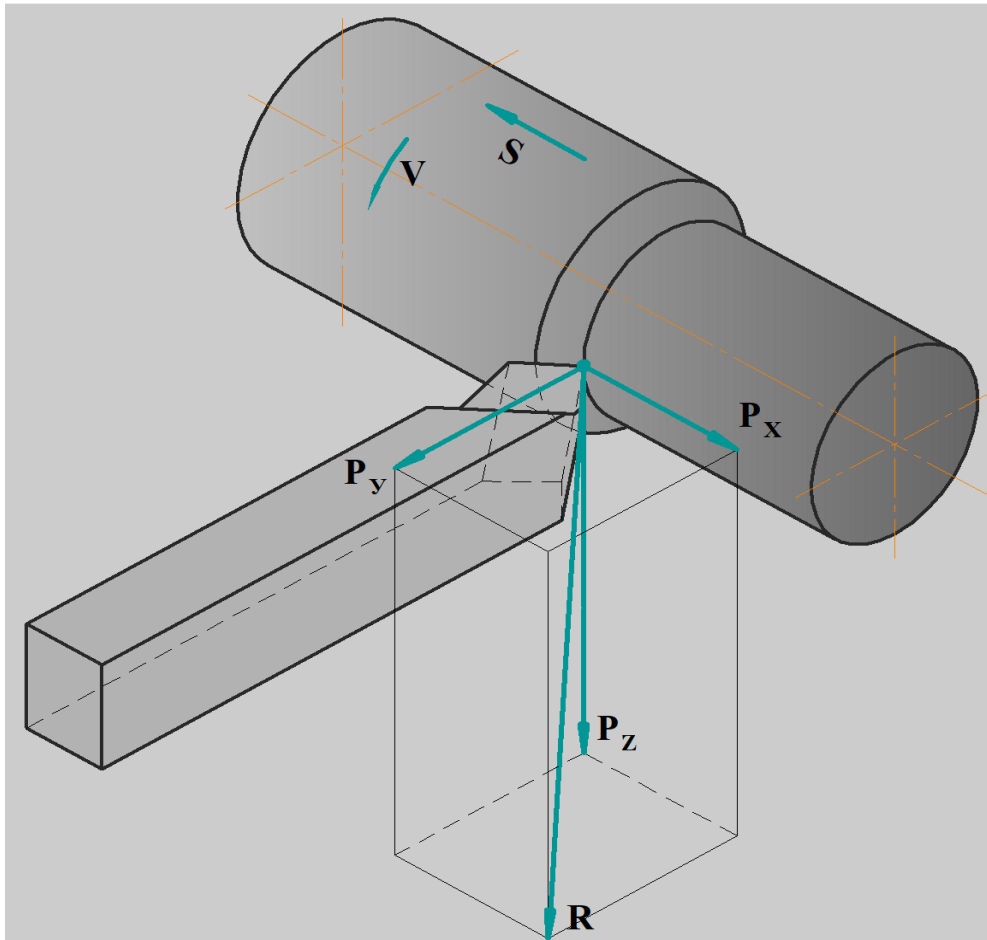


Рисунок 5.1 – Сили різання під час точіння

Сила різання P_z направлена по дотичній до поверхні різання та визначає потужність різання N_p .

Складові сили різання під час точіння розраховують за аналітичною формулою, Н:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p; \quad (5.3)$$

де C_p – стала, яка залежить від матеріалу робочої частини різця і виду обробки (за даними таблиці 5.2, [5]);

x, y, n – показники степеня (значення наведено в табл. 5.7);

V – швидкість різання (значення наведено в табл. 5.7);

K_p – добуток коефіцієнтів:

$$K_p = K_m \cdot K_\varphi \cdot K_\gamma \cdot K_\lambda \cdot K_r; \quad (5.4)$$

де K_m – поправковий коефіцієнт на матеріал деталі за [5]:

Таблиця 5.6 – Поправковий коефіцієнт на матеріал деталі

Оброблюваний матеріал	Розрахункова формула
Сталь	$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_a} \right)^{n_v}$
Сірий чавун	$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}$
Ковкий чавун	$K_{mv} = \left(\frac{150}{HB} \right)^{n_v}$

Силу різання прийнято розкласти на складові сили, направлені по осях координат верстата (тангенціальну P_z , радіальну P_y , осьову P_x).

Таблиця 5.7 – Значення коефіцієнта C_p та показників степеня у формулах сили різання у випадку точіння

Показники	Сили різання		
	Тангенціальна P_z	Радіальна P_y	Осьова P_x
Точіння конструкційної сталі твердосплавним інструментом			
C_p	300	243	339
x	1,0	0,9	1,0
y	0,75	0,6	0,5
n	-0,15	-0,3	-0,4
Точіння конструкційної сталі інструментом із швидкорізальної сталі			
C_p	200	125	67
x	1,0	0,9	-
y	1,0	0,75	0,65
n	0	0	0
Точіння чавуну твердосплавним інструментом (HB 190)			
C_p	92	54	46
x	1,0	0,9	1,0
y	0,75	0,75	0,4
n	0	0	0

Потужність різання розраховують за формулою, кВт:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}; \quad (5.5)$$

де P_z – сила різання, Н;

v – швидкість різання, м/хв.

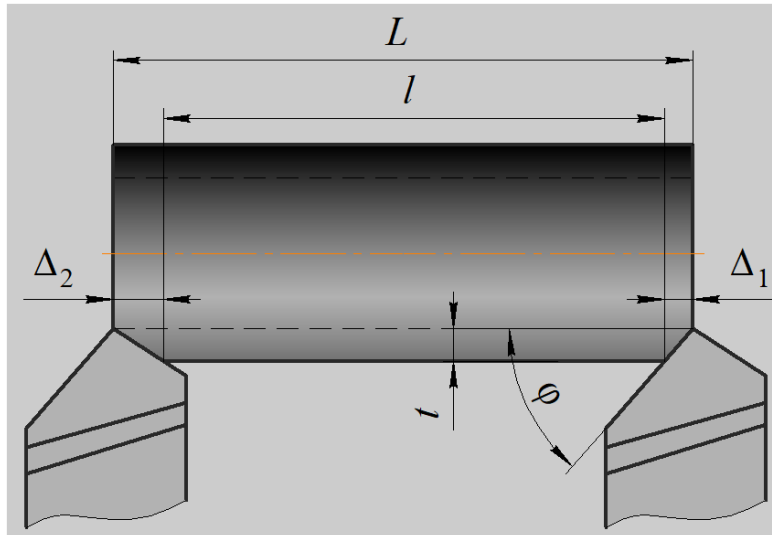


Рисунок 5.2 – Розрахунок шляху інструмента в напрямку робочої подачі

Розрахунок оперативного часу:

$$T = T_0 + T_B; \quad (5.6)$$

де T_0 – основний (технологічне) час точіння:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i, \text{ (хв)}; \quad (5.7)$$

де L – розрахункова довжина обробки у напрямі подачі (мм)

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3; \quad (5.8)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні;

l_1 – довжина врізання інструменту:

$$l_1 = t \cdot \text{ctg}(\varphi); \quad (5.9)$$

за умови, що $\varphi = 45^\circ$, $l_1 = t$;

l_2 – довжина проходу і перебігу інструменту (мм) – $2 \div 5$ мм;

l_3 – довжина проходу у випадку взяття пробних стружок (мм) – $5 \div 8$ мм;

T_B – допоміжний час на установлення і зняття деталі з верстата, пуск і зупинка верстата, підведення і відведення різального інструмента, вимірювання розмірів і т. д.

T_B вибирають з таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Допоміжний час у випадку точіння (хв)

Спосіб установлення оброблюваної заготівки	Маса заготівки (кг)					
	до 1	до 3	до 5	до 8	до 12	до 20
1	2	3	4	5	6	7
в центрах з хомутиком	0,35	0,44	0,54	0,64	0,72	0,87
в центрах з люнетом	0,44	0,5	0,64	0,78	0,91	1,12
на гладкій оправці	0,42	0,53	0,67	0,79	0,91	1,1
на оправці з гайкою	0,53	0,61	0,7	0,75	0,8	0,86
в патроні без вивірювання	0,2	0,22	0,27	0,33	0,38	0,39
в патроні з вивірюванням	0,4	0,47	0,56	0,63	0,7	0,84
в патроні з люнетом	0,4	0,41	0,53	0,6	0,67	0,78

Всі розраховані і вибрані з таблиць параметри виписуємо і аналізуємо.

5.2 Розрахунок режимів шліфування

Визначаємо глибину шліфування t . Для чорнового шліфування (круглого):

$$t = (0,01 \div 0,025), \text{ мм}; \quad (5.10)$$

Для чистового шліфування (круглого):

$$t = (0,005 \div 0,015), \text{ мм}; \quad (5.11)$$

Число проходів i :

$$i = \frac{Z}{t}; \quad (5.12)$$

де Z – припуск на шліфування (на сторону) (мм).

Подовжня подача S (мм/об).

$$S = S_{\partial} \cdot B_K; \quad (5.13)$$

де S_{∂} – подовжня подача в частках ширини круга на один оберт деталі;
 B_K – ширина шліфувального круга ($B_K = 20 \div 60$ мм).

У випадку круглого шліфування S залежить від виду шліфування і визначається з такої залежності:

1. $S = (0,3 \div 0,5) \cdot B_K$ – для чорного шліфування деталей, виготовлених з будь-яких матеріалів, діаметром менше 20 мм;

2. $S = (0,6 \div 0,7) \cdot B_K$ – у разі чорного шліфування деталей з будь-яких матеріалів, діаметром більше 20 мм;

3. $S = (0,75 \div 0,85) \cdot B_K$ – для деталей з чавуну;

4. $S = (0,2 \div 0,3) \cdot B_K$ – у випадку чистового шліфування незалежно від матеріалу і діаметра деталі.

Визначаємо колову швидкість V_{∂} : $V_{\partial} = 20 \div 80$ м/хв – для чорного шліфування; $V_{\partial} = 20 \div 80$ м/хв – для чистового шліфування.

Число оборотів деталі:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{\partial}}{\pi \cdot D}; \quad (5.14)$$

де D – діаметр деталі (мм).

Визначимо швидкість подовжнього переміщення столу V_{cm} :

$$V_{cm} = \frac{S \cdot n_{\partial}}{1000}, \text{ (м/хв)}. \quad (5.15)$$

Визначимо оперативний час шліфування:

$$T_{on} = T_0 + T_B, \quad (5.16)$$

де T_0 – основний час в процесі шліфування. Він розраховується:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n_{\partial} \cdot S} \cdot K, \quad (5.17)$$

де L – довжина подовжнього ходу столу.

У випадку шліфування впритул: $L = l - (0,4 \div 0,6) \cdot B_K$ (мм);

На прохід:

$$L = l + (0,4 \div 0,6) \cdot B_K \text{ (мм)}.$$

де l – довжина шліфованої поверхні (мм).

K – коефіцієнт точності (дорівнює коефіцієнт вигладжування у разі чорного шліфування – 1,1; чистового – 1,4);

T_B – допоміжний час на установлення і зняття деталі з верстата, пуск, зупинку верстата, підведення, відведення шліфувального круга і т. д. (хв).

T_B вибирається з такої таблиці:

Таблиця 5.9 – Допоміжний час залежно від способу установлення деталі

Спосіб установлення оброблюваної деталі	Маса оброблюваної деталі з оправкою (кг)			
	3	8	12	16
Надіти на деталь хомутик встановити в центрах, запустити верстат, зупинити верстат, зняти деталь з центрів, зняти хомутик, покласти деталь на місце	0,43	0,62	0,7	0,72

Після розрахунку всіх режимів і параметрів, виписуємо їх і проводимо аналіз.

Зміст звіту

1. Для вказаної поверхні заданої деталі визначити режими механічної обробки та оперативний час.
2. Визначити значення основного часу механічної обробки.
3. Оформити звіт.

Контрольні питання

1. Що називають припуском, глибиною різання?
2. Назвіть елементи режиму різання та розкрийте їх суть.
3. Як визначити значення сил різання?
4. Як впливає значення кутів в плані на сили різання P ?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

РУЧНЕ ЕЛЕКТРОДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

Мета роботи.

1. Ознайомитися з процесом ручного дугового зварювання та властивостями зварювальної дуги.
2. Вивчити джерела живлення зварювальної дуги, їх принцип дії, переваги, недоліки і галузь застосування.
3. Ознайомитися з видами зварювальних електродів.
4. Освоїти методику розрахунку режиму ручного дугового зварювання.
5. Практично освоїти елементарні прийоми техніки ручного дугового зварювання.

Пристосування, інструменти: зварювальний трансформатор, металевий заземлений стіл, електродотримачі, запобіжний щиток, молоток, зубило, сталева щітка, електроди, зразки зварних з'єднань.

Короткі теоретичні відомості

Ручне електродугове зварювання (РЕДЗ) – це зварювання плавленням. Джерелом теплоти, необхідної для розплавлення кромки виробів, що з'єднуються, за РЕДЗ є електрична дуга, яка горить між двома електродами (один з яких є заготовка).

Електрична дуга – потужний стабільний електричний розряд в іонізованому газовому середовищі. За низької температури газ не проводить електричний струм. Газ може проводити електричний струм лише в тому випадку, якщо його молекули поділяються (іонізуються) на позитивні та негативні частки – іони. Іонізація газу відбувається у разі високої температури під дією електричного поля.

На рис. 6.1 схематично показано процес запалювання дуги під час зварювання.

Він складається з трьох етапів:

- коротке замикання електрода (катода) на заготовку (анод);
- відведення електрода на відстань 3 – 6 мм;
- виникнення стійкого дугового розряду.

Коротке замикання (рис. 6.1, *а*) проводиться з метою розігріву електрода та основного металу в зоні їх контакту. Після відведення електрода (рис. 6.1, *б*) на його розігрітому торці під дією електричного поля відбувається емісія електронів (рис. 6.1, *в*).

Іонізація газу під час зіткнення його молекул з електронами, які вириваються з поверхні катода, зростає зі збільшенням сили струму (оскільки збільшується кінетична енергія електронів).

Внаслідок іонізації (рис. 6.1, *в*) електропровідність дугового проміжку відповідає електропровідності металів і забезпечує підтримання стійкого

розряду під час проходження струму. Процес запалювання дуги закінчується утворенням стабільного електричного розряду (рис. 6.1, з). Основою стовпа дуги слугують різко обмежені ділянки на поверхні електродів – *електродні плями* (катодні і анодні).

У дузі відбувається взаємне бомбардування катода позитивними іонами і анода – електронами, внаслідок чого кінетична енергія частинок переходить у теплову. Відбувається нагрівання, що сприяє розплавленню електрода і основного металу. В процесі зварювання заготовку прийнято називати *основним металом*.

Електрична дуга є концентрованим джерелом тепла з дуже високою температурою. Температура стовпа дуги досягає 6000 °С, а температура анодної та катодної плям на металі знаходиться в межах 2000 – 3000 °С.

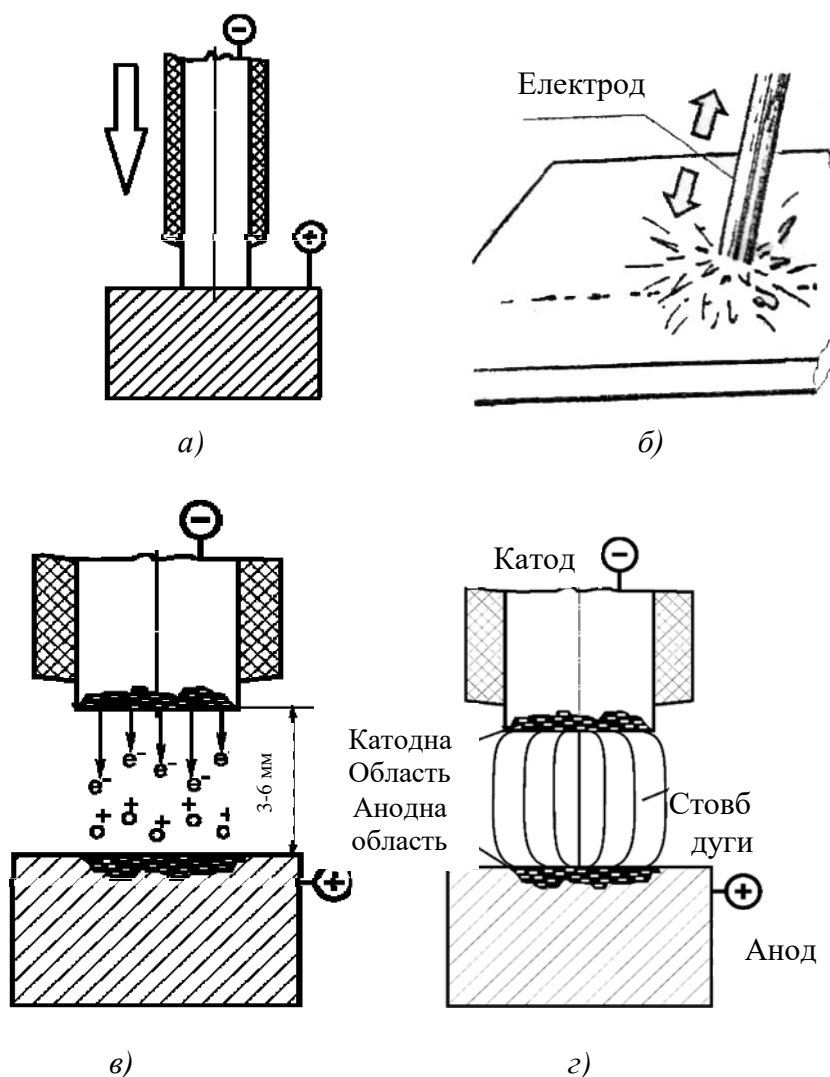


Рисунок 6.1 – Запалювання електричної дуги:

а) – коротке замикання; б) – г) – етапи формування стабільної дуги

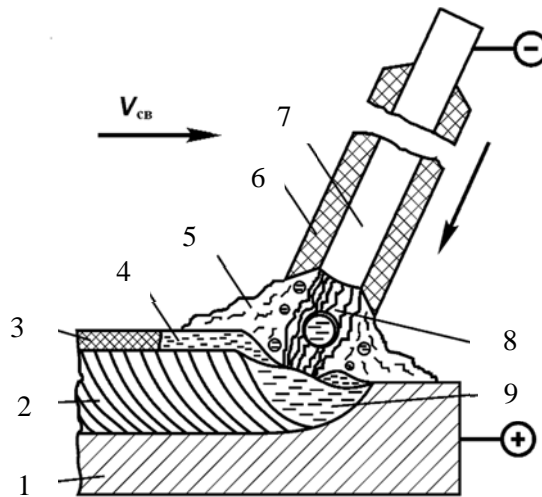


Рисунок 6.2 – Схема дугового електрозварювання металевим покритим електродом:

1 – зварюваний метал; 2 – зварний шов (наплавлений метал); 3 – тверда шлакова кірка; 4 – рідка шлакова ванна; 5 – газова захисна атмосфера; 6 – покриття електрода; 7 – металевий стержень зі зварювального дроту; 8 – електрична дуга; 9 – металева ванна; $V_{св}$ – швидкість зварювання

Зварювальний електрод після запалювання дуги переміщують вздовж крайок зварюваних виробів вручну (рис. 6.2). Дуга 8 горить між стержнем електрода 7 і металом 1, розплавлений метал стержня електрода краплями стікає в металеву ванну 9. Разом зі стержнем плавиться покриття електрода 6. Склад покриття вибирається так, щоб навколо дуги створювалось газове середовище 5 та утворювався рідкий шлак 4. Газове середовище захищає дугу від повітря та стабілізує її горіння за рахунок іонізації. Шлаки захищають метал від окислення та насичення азотом. Під час переміщення дуги вздовж заготовок зварювальна ванна твердне і утворює зварний шов 2 (рис. 6.2). Шлаки уповільнюють охолодження металу, сприяють ущільненню шва. Застиглий шлак утворює тверду кірку 3.

6.1 Технологія ручного зварювання

6.1.1 Розрахунок режимів ручного дугового зварювання

Для отримання якісного зварного з'єднання потрібно призначити режим зварювання, який визначається, насамперед, величиною струму, напругою та швидкістю зварювання.

Режимом зварювання називають сукупність основних характеристик зварювального процесу, що забезпечує утворення зварних швів заданих розмірів, форми та якості.

Для ручного дугового зварювання основними параметрами режиму є:

1. Діаметр електрода, d_{el} , мм.
2. Сила зварювального струму, $I_{зв}$, А.
3. Напруга на дузі, U_d , В.
4. Швидкість зварювання, $V_{зв}$, м/год.

Величина зварювального струму залежить від багатьох параметрів: складу і товщини зварюваного металу, положення шва в просторі, діаметра електрода та ін. За узагальненими практичними даними встановлено таку емпіричну залежність для визначення величини зварювального струму (А):

$$I = k \cdot d_e; \quad (6.1)$$

де k – поправковий коефіцієнт; $k = 40 - 60$ А/мм для електродів зі стержнем з низьковуглецевої сталі, $k = 35 - 40$ А/мм – для високолегованої сталі;

d_e – діаметр електрода, мм.

В процесі вибору діаметра електрода керуються даними, поданими в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Вибір діаметра електрода

Товщина металу, мм	0,5	1 – 2	2 – 5	5 – 10	Вище 10
Діаметр електрода, мм	1,5	2,0 – 2,5	2,5 – 4,0	4 – 6	4 – 8

Довжина дуги істотно впливає на якість шва. За оптимальної довжини дуга горить стійко і забезпечує отримання якісного зварного шва. Довга дуга часто гасне і призводить до надмірного розбризкування металу, мала довжина – до короткого замикання. За практичними даними довжина дуги (мм):

$$l_d = 0,5 \cdot (d_e + 2); \quad (6.2)$$

де d_e – діаметр електрода, мм. На практиці довжина дуги $l_d = 2 - 8$ мм.

Напруга горіння дуги за величини зварювального струму понад 100 А практично залежить лише від довжини дуги.

Величина напруги (В) визначається так:

$$U_d = \alpha + \beta \cdot l_d; \quad (6.3)$$

де α – коефіцієнт, що характеризує спад напруги на електродах;

$\alpha = 10 - 12$ В для сталевих електродів, $\alpha = 35 - 38$ В для вугільних електродів;

β – коефіцієнт, що характеризує спад напруги на 1 мм довжини стовпа дуги; $\beta = 2,0 - 2,5$ В/мм, залежно від марки зварюваного металу, складу газу в дуговому проміжку і інших чинників.

Напруга запалювання дуги для постійного струму становить 40 – 60 В, для змінного – 60 – 80 В.

Додатковими параметрами режиму є:

5. Рід струму.

6. Полярність струму (за постійного струму).

6.1.2 Розрахунок режиму зварювання швів стикових з'єднань

Шви стикових з'єднань можуть виконуватися з обробленням і без оброблення крайок за ГОСТ 5264-80.

Діаметр електрода для зварювання швів стикових з'єднань вибирають залежно від товщини зварюваних деталей.

В процесі вибору діаметра електрода для зварювання стикових швів у нижньому положенні потрібно керуватися даними таблиці 6.1.

Під час зварювання багатошарових швів на металі товщиною 10 – 12 мм і більше перший шар необхідно зварювати електродами на 1 мм меншими, ніж зазначено в таблиці 6.1, але не більше 5 мм (найчастіше 4 мм), тому що застосування електродів більших діаметрів не дозволяє проникнути в глибину оброблення для проварення кореня шва.

Під час визначення кількості проходів варто враховувати, що переріз першого проходу не може перевищувати 30 – 35 мм² і може бути визначеним за формулою:

$$F_1 = (6 - 8) \cdot d_{ел}, \text{ мм}^2; \quad (6.4)$$

а наступних проходів – за формулою:

$$F_c = (8 - 12) \cdot d_{ел}, \text{ мм}^2; \quad (6.5)$$

де F_1 – площа поперечного перерізу першого проходу, мм²;

F_c – площа поперечного перерізу наступних проходів, мм²;

$d_{ел}$ – діаметр електрода, мм.

Для визначення кількості проходів і маси наплавленого металу потрібно знати площу перерізу швів.

Площа перерізу швів являє собою суму площ елементарних геометричних фігур, їхніх складових. Тоді площу перерізу однобічного стикового шва, виконаного без зазору, можна визначити за формулою

$$F_1 = 0,75 e \cdot g, \text{ мм}^2; \quad (6.6)$$

а за наявності зазору в з'єднанні – за формулою:

$$(F_1 + F_2) = 0,75 e \cdot g + S \cdot v, \text{ мм}^2; \quad (6.7)$$

де e – ширина шва, мм;
 g – висота посилення шва, мм;
 S – товщина зварюваного металу, мм;
 c – величина зазору в стику, мм.

Площа перерізу стикового шва з V-подібним обробленням і з підваркою кореня шва (рис. 6.3) визначається як сума геометричних фігур:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + 2 \cdot F_4; \quad (6.8)$$

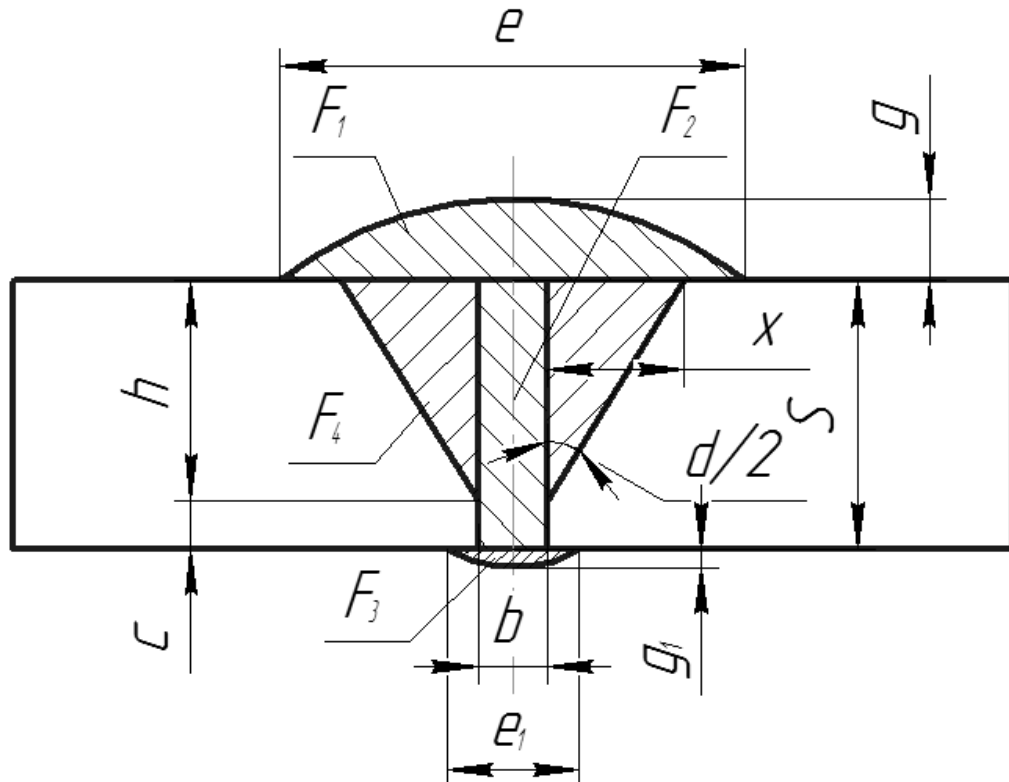


Рисунок 6.3 – Геометричні елементи площі перерізу стикового шва:

S – товщина металу, мм; h – глибина проплавлення, мм; c – величина притуплення, мм; e – ширина шва, мм; e_1 – ширина підварки кореня шва, мм; b – величина зазору, мм; g – висота підсилення шва, мм; g_1 – висота підсилення підварювання кореня шва, мм; d – кут оброблення крайок.

Глибина проплавлення визначається за формулою:

$$h = (S - c), \text{ мм}; \quad (6.9)$$

Площу перерізу геометричних фігур ($F_1 + F_2$) визначають за формулою 6.4, F_3 – за формулою 6.3, а площу прямокутних трикутників F_4 визначають за формулою:

$$F_4 = h \cdot x / 2, \text{ мм}^2; \quad (6.10)$$

де $x = h \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2$;

тоді

$$F_4 = (h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2) / 2, \text{ мм}^2; \quad (6.11)$$

Але розглянута нами площа V-подібного шва складається із двох прямокутних трикутників, тому:

$$2 \cdot F_4 = h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2, \text{ мм}^2; \quad (6.12)$$

Підставляючи значення елементарних площ у формулу, одержимо:

$$F_n = 0,75 \cdot e \cdot g + v \cdot S + 0,75e_l \cdot g_l + h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2, \text{ мм}^2; \quad (6.13)$$

За X-подібного оброблення площу наплавленого металу підраховують окремо для кожної сторони оброблення.

Знаючи загальну площу поперечного перерізу наплавленого металу (F_n), а також площу поперечного перерізу першого (F_1) і кожного з наступних проходів шва (F_c), знаходять загальну кількість проходів « n » за формулою:

$$n = (F_n - F_1) / F_c + 1; \quad (6.14)$$

Отримане число округляють до найближчого цілого.

Розрахунок зварювального струму за ручного дугового зварювання визначається за величиною діаметра електрода та густиною струму за формулою:

$$I = \frac{\pi \cdot d_{el}^2 \cdot j}{4}; \quad (6.15)$$

де d_{el} – діаметр електрода, мм;

j – допустима густина струму, А/мм²;

Зварювальний струм визначається для зварювання першого проходу й наступних проходів тільки у разі зварювання багатопрохідних швів.

Припустима густина струму залежить від діаметра електрода й виду покриття: чим більший діаметр електрода, тим менша припустима густина струму, тому що погіршуються умови охолодження (табл. 6.2).

Напруга на дузі за ручного дугового зварювання змінюється в межах 20 – 36 В і під час проєктування технологічних процесів ручного дугового зварювання не регламентується.

Таблиця 6.2 – Припустима густина струму в електроді за ручного дугового зварювання

Вид покриття	Діаметр стержня електрода, мм				
	2	3	4	5	6 і більше
Основне	15,0 – 20,0	13, 0 – 18,5	10,0 – 14,5	9,0 – 12,5	8,5 – 12,0
Кисле, рутилові	14,0 – 20,0	13, 5 – 19,0	11, 5 – 15,0	10,0 – 13,5	9,5 – 12,5

Тому напругу на дузі рекомендується взяти якусь певну.

Швидкість переміщення дуги (швидкість зварювання) визначаємо за формулою:

$$V_{зв} = \frac{a_n \times I_{зв}}{\rho \times F_n \times 100}, \text{ м / год}; \quad (6.16)$$

де a_n – коефіцієнт наплавлення, г/А·год; (табл. 6.3);

ρ – густина наплавленого металу за певний прохід, г/см³;
(7,8 г/см³ – для сталі);

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, А;

F_n – площа перерізу наплавленого металу, мм².

Таблиця 6.3 – Коефіцієнти наплавлення для різних марок електродів

Марка електрода	Струм і полярність	Напруга на дузі, В	Коефіцієнт наплавлення, г/А·год
УОНИИ 13/45	Постійний прямої полярності	20 – 25	8,0
УОНИИ 13/55		22 – 26	7,0 – 8,0
ЦМ – 7		27 – 30	10,0
АНО – 4С	Змінний	32 – 34	8,0 – 8,3

Маса наплавленого металу (г) визначається за геометричними розмірами зварних швів:

$$M = L \cdot F \cdot \rho / 1000; \quad (6.17)$$

де L – довжина зварного шва, мм;

F – площа поперечного перерізу шва, мм²;

ρ – густина наплавленого металу; для сталі $\rho = 7,85$ г/см³.

Кількість металу (г), що переходить в шов за розплавлення одного електрода:

$$m = \frac{\pi \times d_e^2 \times l_e \times \rho}{4 \times 1000} \times K; \quad (6.18)$$

де l_e – стандартна довжина електрода 450 мм;

K – коефіцієнт використання електрода, що враховує втрати електродного металу на розбризування, чад і недогарок (недогарок – це невикористана частина електрода, що залишається в електродотримачі); $K = 0,7 - 0,75$.

Необхідна кількість (шт.) електродів стандартної довжини:

$$n = \frac{M}{m}. \quad (6.19)$$

Повний час зварювання (год.):

$$T = \frac{t_0}{k_3}; \quad (6.20)$$

де t_0 – основний час горіння дуги, год;

k_3 – коефіцієнт завантаження зварника; $k_3 = 0,4 - 0,8$ залежно від виду виробництва та характеру виконуваної роботи.

Основний час горіння дуги (год):

$$t_0 = \frac{M}{I \times k_n}; \quad (6.21)$$

де M – маса наплавленого металу, г;

I – величина зварювального струму, А;

k_n – коефіцієнт наплавлення; $k_n = 7 - 8$ г/(А·год) для тонко обмазаних якісних електродів, $k_n = 10 - 12$ г/(А·год) для товсто обмазаних якісних електродів.

Швидкість зварювання (м/год):

$$V_{зв} = \frac{L}{t_0}; \quad (6.22)$$

6.2 Техніка ручного дугового зварювання

Ручне дугове зварювання застосовується у всіх сферах металообробної промисловості та будівництві. Товщина виробів, що зварюються РЕДЗ, мінімальна – 1 мм; максимальна за однопрохідного одностороннього зварювання без оброблення крайок – 6 – 8 мм, у разі

використання оброблення крайок – практично не обмежена.

Для правильного формування шва електрод необхідно тримати під нахилом відносно поверхні зварюваного металу (під кутом $70 - 85^\circ$). Змінюючи кут нахилу електрода, можна регулювати глибину проплавлення основного металу та впливати на швидкість зварювання і охолодження розплавленого металу.

Запалювання зварювальної дуги зварник виконує короточасним торканням кінця електрода до виробу (метод короткого замикання):

- ✓ спосіб 1. Здійснити короткий удар електродом у вертикальному напрямі і потім відірвати його на висоту 4 – 5 мм від виробу;
- ✓ спосіб 2. Здійснити ковзний рух кінцем електрода вздовж деталі (50 – 80 мм) і потім відірвати його на висоту 4 – 5 мм (запалювання «сірником»).

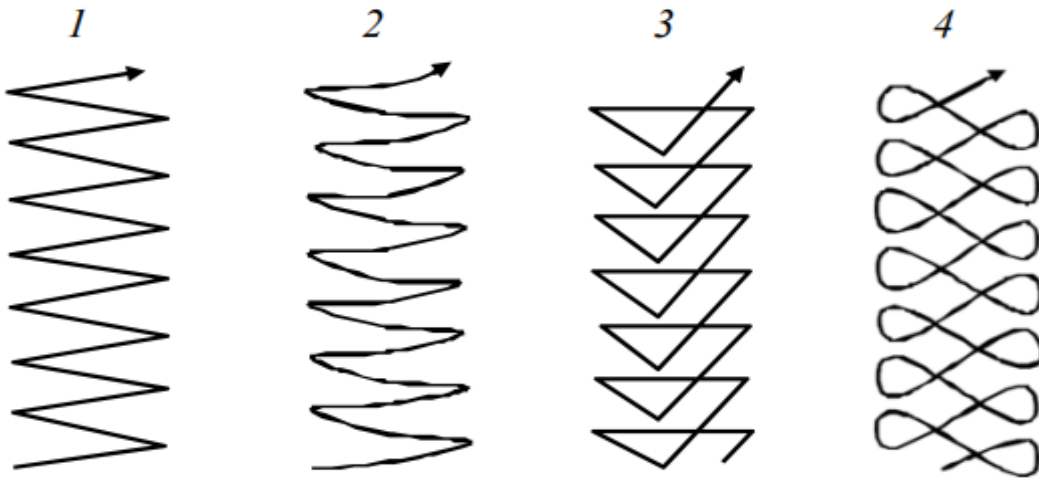


Рисунок 6.4 – Види поперечних переміщень кінця електрода:

- 1 та 2 – для рівномірного прогріву крайок (використовується найчастіше);
3 – за збільшеного нагріву середини; 4 – за збільшеного нагріву крайок.

Переміщення електрода (дуги) проводиться таким чином, щоб забезпечити проплавлення зварювальних крайок і якісне формування шва. Для отримання «вузького» валика здійснюють тільки поздовжнє переміщення електрода без поперечних коливань. Ширина валика – $0,8 - 1,5d_e$. Для отримання «розширеного» валика здійснюють поперечне коливання кінця електрода з певною траєкторією (рис. 6.4).

Під час зварювання (або наплавлення валика) необхідно враховувати таке: надмірне зменшення довжини дуги погіршує формування шва і може призвести до короткого замикання; надмірне збільшення довжини дуги призводить до зниження глибини провару, збільшення розбризкування електродного металу і погіршення формування шва.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з галузями застосування РЕДЗ, властивостями зварювальної дуги, принципом роботи та будовою джерел живлення зварювальної дуги, видами зварювальних електродів і електродних покриттів, технікою виконання РЕДЗ та видами дефектів, що виникають в процесі зварювання.

2. Освоїти методику розрахунку режиму РЕДЗ, розрахувати режим зварювання для зварного з'єднання, виданого викладачем.

3. Провести пробне наплавлення одношарових валиків в нижньому положенні: а) освоїти способи запалювання дуги і домогтися її стійкого горіння; б) запалити дугу і вести електрод вздовж крейдяної лінії, накресленої на сталевій пластині, з метою освоєння ниткового валика, підтримуючи постійну довжину дуги; в) оцінити за зовнішнім виглядом якість наплавленого валика.

Зміст звіту

1. Дати означення електричної дуги.
2. Навести схему ручного зварювання.
3. Накреслити схему зварювального трансформатора та вольт-амперну характеристику.
4. Навести результати розрахунків режиму зварювання для заданого зварного з'єднання.
5. Перерахувати компоненти покриттів для якісних електродів і вказати їх призначення.

Контрольні питання

1. Дайте означення терміна «електрична дуга».
2. Які металургійні процеси протікають під час ручного електродугового зварювання?
3. Наведіть графік зовнішньої (вольт-амперної) характеристики джерела зварювального струму для ручного дугового зварювання.
4. Принцип вибору сталевих електродів для ручного зварювання.
5. Суть процесу дугового електрозварювання.
6. З якою метою металеві електроди покривають обмащенням?
7. Накресліть схему понижувального зварювального трансформатора. Поясніть принцип його роботи.
8. Накресліть схему зварювального генератора. Поясніть принцип його роботи.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗВАРЮВАЛЬНИМ НАПІВАВТОМАТОМ

Мета роботи.

Вивчити суть способу відновлення деталей зварювальним напівавтоматом, ознайомитися з обладнанням, технологією й отримати практичні навички виконання операцій ремонту. Закріпити теоретичні знання і набути практичних навичок відновлення деталей.

Завдання.

У процесі самостійної підготовки до роботи письмово відповісти на такі запитання: суть способу відновлення деталей зварювальним напівавтоматом, переваги й недоліки способу, сфера застосування відновлення деталей зварювальним напівавтоматом.

У лабораторії ознайомитись з обладнанням, визначити режими процесу наплавлення, наплавити деталь (зразок), скласти операційну карту.

Обладнання, інструмент: установка для напівавтоматичного зварювання в комплекті: пристрій подавальний ПДГ-516, випрямляч зварювальний ВДУ-506, пальник зварювальний ИГД-501, балон з вуглекислим газом, підігрівник, осушувач, редуктор, з'єднувальні кабелі і шланги, зварювальний дріт Св-08ГС, вал з шліцями, стіл зварника, молоток слюсарний, зубило слюсарне, плоскогубці комбіновані, ключі гайкові 10×12; 11×14; 17×19; 22×24; 24×27 мм, штангенциркуль ШЦ 1 – 25 – 0,1, щітка металева, фартух, рукавиці.

Короткі теоретичні відомості

Суть відновлення деталей зварювальним напівавтоматом

Установка для напівавтоматичного зварювання (надалі напівавтомат) (рис. 7.1) призначена для зварювання (наплавлення) електродним дротом у вуглекислому газі сталевих деталей і металевих конструкцій. Під час відновлення деталей напівавтомат застосовують для ремонту тріщин, пробоїн корпусних деталей, для відновлення деталей з тонкими стінками і деталей складної конфігурації, для наплавлення шліців тощо.

Установка має газову апаратуру, механізм подачі дроту і джерело живлення струмом.

Газова апаратура встановлюється на балоні з газом 1 і складається з таких основних пристроїв: електричного підігрівника газу 8, газового редуктора 4, осушувача 2 та ін.

Робочий тиск газу 0,05 – 0,2 МПа, витрата газу під час наплавлення 10 – 16 л/хв.

Для живлення установки постійним струмом застосовують джерела струму з твердою характеристикою, перетворювачі ПСГ-500, ПСУ-500,

селенові випрямлячі ВСС-300 та ін. Робоча напруга під час зварювання тонколистових конструкцій і наплавлення зношених деталей невеликого діаметра знаходиться в межах 17 – 22 В за діаметра дроту 0,5 – 1,2 мм, і в межах 28 – 32 В за діаметра дроту 2,0 – 2,5 мм. Густина струму 150 – 200 А на 1 мм² перерізу електрода.

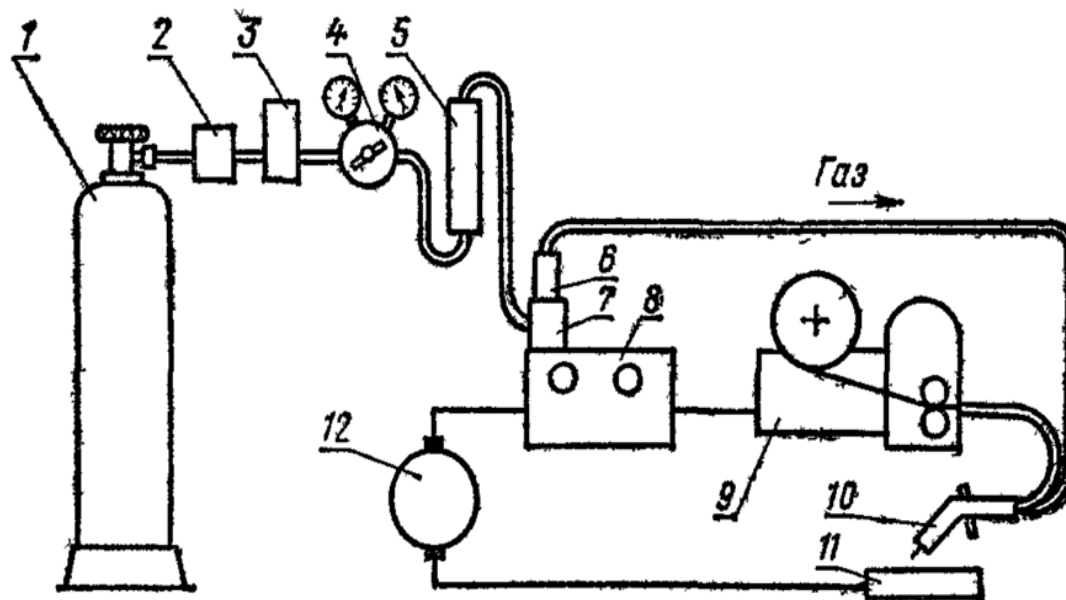


Рисунок 7.1 – Схема установки для напівавтоматичного зварювання або наплавлення в середовищі вуглекислого газу:

- 1 – балон з вуглекислотою; 2 – осушувач; 3 – підігрівник; 4 – редуктор;
 5 – витратомір; 6 – регулятор тиску газу; 7 – електромагнітний клапан;
 8 – апаратна шухляда; 9 – механізм подачі дроту; 10 – пальник;
 11 – відновлювана деталь; 12 – джерело струму

Зі збільшенням перерізу деталі застосовують більший діаметр електродного дроту і більший виліт електрода з пальника (від 10 до 30 мм). Зсув електрода від zenіту в процесі наплавлення циліндричних деталей: 3 – 8 мм.

Швидкість наплавлення до 80 – 100 м/год, швидкість подачі дроту залежить від його діаметра, наприклад для дроту діаметром 0,8 – 1,0 мм швидкість подачі буде 160 – 200 м/год.

Для зварювання і наплавлення в середовищі вуглекислого газу застосовуються напівавтоматичні й автоматичні установки, наприклад А-547Р, А-537, АДПГ-500 та ін. Для цієї мети можуть бути пристосовані й автомати, призначені для зварювання під шаром флюсу.

Пристрій подавальний призначений для безперервної подачі електродного дроту в зону зварювання в міру його плавлення. Блок керування напівавтоматом БУСП-1 призначений для керування послідовністю включення органів зварювального напівавтомата,

забезпечує регулювання швидкості подачі дроту і вибір робочого циклу зварювання у вуглекислому газі.

Особливості техніки безпеки. Усі роботи з підготовки установки до наплавлення проводити за умови вимкненого рубильника. Наплавлення деталей виконувати тільки під керівництвом інженера, у спеціальному одязі, із використанням маски зварювальника. У процесі наплавлення не торкатися струмопровідних частин установки. Перед увімкненням подачі CO₂ увімкнути витяжну вентиляцію.

Загальні відомості і вказівки щодо виконання роботи. Головні технічні параметри напівавтомата: номінальна напруга мережі трифазного змінного струму – 380 В; частота мережі живлення – 50 Гц; номінальний зварювальний струм за ПВ 60% і циклі зварювання 5 хв – 500 А; номінальна споживана потужність – 40 кВт; вид зварювального струму – постійний; межі регулювання зварювального струму – 100 ÷ 500 А; діаметр електродного дроту – 1,2 ÷ 2,0 мм; захисний газ – CO₂; витрати захисного газу – 500 ... 1280 л/год; швидкість подачі електродного дроту – 100 ÷ 960 м/год; маса подавального пристрою – 16 кг; габаритні розміри подавального пристрою – 465×365×430 мм.

Подача дроту забезпечується чотирма приводними роликми-шестірнями з гладенькими конічними канавками від електродвигуна (48 В, 120 Вт) через триступінчастий циліндричний редуктор ($i = 35,4$). Верхні ролики шестерні притискаються важільним механізмом. Зусилля притискання забезпечується пружинами, стиснення яких регулюється гайкою.

Пристрій подавальний монтується на каркасі з труб разом з блоком керування, касетним пристроєм для дроту місткістю 12 кг, гальмівним пристроєм, електропневматичним клапаном для регулювання витрат захисного газу, ніпелем для підключення газової комунікації, роз'єднанням ланцюгів керування, елементами керування електричною схемою і хомутиком для кріплення зварювального кабелю.

Пальники зварювальні ИДГ-401, ИДГ-501 призначені для підведення зварювального струму, захисного газу і електродного дроту в зону зварювання діаметром відповідно 1,2...1,4 мм за струмів до 400 А і 1,4...2,0 за струмів до 500 А. На пальнику розміщена кнопка включення блока керування.

Робота системи керування. Перемикачем випрямляча подається живлення на блок керування, про що вказує сигнальна лампочка. Після натискання кнопки пальника на блок подається команда про початок зварювання, внаслідок чого вмикається електропневматичний клапан подачі захисного газу; подається команда на вмикання зварювального струму; вмикається електродвигун подачі електродного дроту з нерегульованим затриманням 0,5 с; збуджується дуга і починається процес зварювання.

У разі вимкнення кнопки пальника блок забезпечує: вимкнення і гальмування електродвигуна подачі електродного дроту; вимкнення зварювального струму через відрегульований інтервал часу; вимкнення

подачі захисного газу через відрегульований інтервал часу. Установку потрібно привести у початковий стан.

Таблиця 7.1 – Режими зварювання у вуглекислому газі

Товщина металу, мм	Діаметр електродного дроту, мм	Сила струму, А	Напруга, В	Швидкість зварювання, м/год
0,8 ÷ 1,5	0,5 ÷ 0,8	60 ÷ 100	17 ÷ 20	17 ÷ 20
1,5 ÷ 2,0	0,8 ÷ 1,0	60 ÷ 120	18 ÷ 20	16 ÷ 20
2,0 ÷ 3,0	1,0 ÷ 1,2	100 ÷ 130	19 ÷ 21	14 ÷ 16
3,0 ÷ 4,0	1,2 ÷ 2,0	120 ÷ 100	20 ÷ 24	16 ÷ 20

Проектування технологічного процесу. Вибір дроту. Рекомендації щодо вибору марки електродного дроту для зварювання у вуглекислому газі наведено в таблиці 7.1.

При наплавленні (зварюванні) використовують дроти з підвищеним вмістом марганцю і кремнію, що є розкислювачами, наприклад дроти Св-08ГС, Св-08М2С, Св-12ГС, Св-18ХГС та ін.

Діаметр електродного дроту вибирають залежно від діаметра наплавленої деталі і потрібної товщини наплавленого шару.

Для визначення режимів наплавлення зварювальних напівавтоматів можна скористатись методикою, викладеною в роботі № 6, густину струму вибирають у межах 100 ÷ 300 А/мм².

Рекомендації щодо вибору режимів зварювання напівавтоматами у вуглекислому газі для тонколистової сталі наведено в табл. 7.1, для наплавлення циліндричних деталей малих діаметрів – в табл. 7.2, для кутових швів із катетом 5 – 6 мм – в табл. 7.3.

Таблиця 7.2 – Режими наплавлення циліндричних деталей

Діаметр деталі, мм	Електродний дріт				Напруга, В	Сила струму, А	Крок наплавлення, мм	Швидкість наплавлення, м/год	Товщина наплавленого шару, мм
	Діаметр, мм	Швидкість подачі, м/год	Виліт електрода,	Зміщення електрода, мм					
10	0,8	175	8	0 ÷ 3,9	17 ÷ 18	75	2,5 ÷ 3,0	40 ÷ 45	0,8
20	0,8	250	8	3,0 ÷ 5,0	18 ÷ 19	95	3,0	40 ÷ 45	0,8 ÷ 1,0
40	1,0	200 ÷ 250	8	8,0	18 ÷ 19	85 ÷ 90	3,0 ÷ 3,5	30 ÷ 35	1,0

Залежно від розмірів і характеру спрацювання шліців відновлювати їх можна двома методами: заплавленням впадин або наплавленням бокових поверхонь.

Таблиця 7.3 – Режими зварювання для кутових швів

Діаметр електродного дроту, мм	Сила струму, А	Напруга, В	Швидкість подачі електродного дроту, м/год	Швидкість зварювання, м/год	Витрати газу, л/хв
1,2	200 ÷ 300	24 ÷ 30	200 ÷ 260	20 ÷ 30	10 ÷ 16
2,0	250 ÷ 400	26 ÷ 32	170 ÷ 220	20 ÷ 30	17 ÷ 20

Машинний час для наплавлення шліців визначають за умови однаковості об'ємів металу розплавленого електродного дроту $V_{p.др}$ і металу, потрібного для заплавлення впадин шліців або наплавлення їхніх бокових поверхонь $V_{н.шл}$, тобто $V_{p.др} = V_{з.в} = V_{н.шл}$.

Об'єм металу розплавленого дроту $V_{p.др} = F_{др} \cdot V_{др} \cdot T_m$.

Об'єм металу для заплавлення впадин шліців $V_{з.в} = F_{вп} \cdot L_{шл}$.

Об'єм металу для наплавлення однієї бокової поверхні шліців:

$$V_{н.шл} = F_6 \cdot L_{шл}. \quad (7.1)$$

Виразивши площу заплавлення впадин $F_{вп}$ і наплавлення бокової поверхні шліців F_6 через діаметри вала за умови однаковості об'ємів, матимемо формули для обчислення машинного часу:

$$T_{м.з} = \frac{(D_3^2 - D_6^2) \cdot i \cdot L_{шл} \cdot K_{сн} \cdot K_3}{2 \cdot z \cdot d_{др}^2 \cdot V_{др} \cdot K_1 \cdot K_2}; \quad (7.2)$$

$$T_{м.м} = \frac{(D_3 - D_6) \cdot t_{шл} \cdot L_{шл} \cdot i \cdot K_6}{d_{др}^2 \cdot V_{др} \cdot K_1 \cdot K_2}, \quad (7.3)$$

де D_3, D_6 – відповідно зовнішній діаметр і діаметр впадин шліців, мм;

z – кількість шліців;

$L_{шл}$ – довжина шліців, мм;

$t_{шл} = \Delta_{сн} + z_{пр}$ – товщина наплавлення бокової поверхні шліца, мм;

$\Delta_{сн}$ – спрацювання бокової поверхні шліца, мм;

$z_{пр}$ – припуск на обробку бокової поверхні, мм.

$K_3 = 1,1 \div 1,3$ – коефіцієнт збільшення площі впадин за рахунок того, що наплавлений шар має виступати за межі зовнішнього діаметра шліців;

$K_{сн} = 1,15 \div 1,25$ – коефіцієнт збільшення площі впадин шліців за рахунок спрацювання;

$K_6 = 1,15 \div 1,3$ – коефіцієнт збільшення площі наплавлення бокової поверхні за рахунок евольвентності профілю шліців;

i – кількість проходів для заплавлення шліців (дорівнює кількості впадин $i = z$). Для наплавлення бокової поверхні шліца $i = n/z$;

n – кількість зварювальних валиків на одній боковій поверхні шліца) (див. роботу 3).

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з методичними вказівками для виконання практичної роботи.

З'ясувати суть зварювання напівавтоматами у вуглекислому газі, ознайомитись з будовою, роботою і головними параметрами зварювальної установки, режимами зварювання, межами використання зварювальних напівавтоматів для ремонту машин.

2. Підготувати вхідні дані для виконання роботи. У п. 1 звіту описати оснащення робочого місця, призначення і головні параметри обладнання напівавтоматичного зварювання, роботу системи керування.

3. Ознайомитись з організацією робочого місця для напівавтоматичного зварювання у вуглекислому газі; документацією; розміщенням обладнання, пристроїв та інструменту.

Вивчити конструктивно-технологічну характеристику вала зі шліцами, який відновлюється (деталь дають на занятті). Шліци спрацьовуються переважно у верхній частині бокової поверхні. Близько 90 % шліців машин мають спрацювання $0,4 \div 0,6$ мм, 10 % – не більше як 1 мм. Спрацювання за центрувальним діаметром не перевищує $0,1 \div 0,2$ мм. Під час відновлення валів діаметром $45 \div 50$ мм з шліцами шириною $5 \div 6$ мм часто заплавають канавку шліців. Для валів більших розмірів наплавають бокові поверхні шліців з одного боку. Для того щоб зменшити деформування вала, наплавають шліци по чергово з діаметрально протилежних боків так, щоб шар виступав над поверхнею шліца не менше, ніж на 1 мм. Вивчити головні вузли і органи керування зварювального напівавтомата, блока керування, пальника, випрямляча, системи подачі захисного газу, пристроїв для установа вала для наплавлення шліців, паспортні характеристики обладнання і матеріалів для наплавлення. Повторити правила техніки безпеки роботи на установці. Без дозволу установку не вмикати!

4. Визначити спосіб відновлення шліців (заплавленням впадин, наплавленням бокових поверхонь) і розрахувати залежно від способу наплавлення площу заплавлення впадин $F_{з.в}$ або товщину наплавлення бокової поверхні $t_{шл}$.

5. Розробити технологічний процес наплавлення шліців.

Ознайомитись з технічними умовами на відновлення шліців.

Підібрати матеріали: марку і діаметр зварювального дроту, вид

захисту і його витрати.

Підібрати обладнання, пристрої, інструмент.

Вивчити спосіб базування і встановлення вала для наплавлення шліців на столі зварника. Скласти план операцій відновлення шліців, вивчити їх послідовність, зміст, методи контролю.

Визначити режими наплавлення шліців: силу струму I , напругу U , швидкість подачі електродного дроту $V_{др}$, виліт електрода a .

Обчислити машинний час наплавлення T_m і витрати електродного дроту $G_{др}$ та вуглекислого газу Q_{CO_2} на наплавлення шліців.

Наплавляють шліці на столі зварника у випадку ручної подачі зварювального пальника.

6. Разом з керівником підготувати установку до роботи. Заправити електродний дріт через механізм подачі у пальник. Налагодити обладнання на проектні режими, силу струму, напругу, швидкість подачі електродного дроту, витрати захисного газу, виліт електрода.

Перевірити полярність наплавлення («+» вмикають на електродний дріт).

Установити вал на столі зварника.

7. Наплавити деталь. Переконавшись у безпеці присутніх у приміщенні, з дозволу викладача увімкнути джерело живлення. Надіти фартух, рукавиці, захисний щиток. Включити систему подачі захисного газу. Продути систему подачі газу. На панелі блока керування ввімкнути кнопки місцевого керування і безперервного зварювання. На пальнику натиснути кнопку подачі на блок керування сигналу про початок роботи.

Виконати заплавлення впадин шліців. Закінчивши наплавлення на пальнику, натиснути кнопку подачі на блок керування сигналу про закінчення роботи.

Обертаючи вал для заплавлення впадин шліців з діаметрально протилежних боків, повторюють вмикання і вимикання напівавтомата для решти шліців.

Після заплавлення впадин шліців відключити установку.

8. Проконтролювати виконання операції. Після охолодження деталі визначити «на око» наявність раковин, тріщин, непроварів. Заміряти діаметр заплавлених впадин. Він має бути не менше як на 1 мм більшим за діаметр виступів шліців.

9. Здійснити організаційно-технічне обслуговування робочого місця. Привести в початковий стан інструмент, деталь, документацію, прибрати робоче місце, обладнання. Здати робоче місце керівникові.

10. Захист результатів роботи. До звіту записати висновки. Оформлений звіт здати викладачеві. Під час захисту студент має пояснити і обґрунтувати розрахунки, прийняті рішення, знати будову та головні параметри обладнання й інструменту, вміти проектувати процеси і оформляти технологічну документацію, знати, як налагодити обладнання, вміти виконувати операції з відновлення деталі, знати послідовність виконання роботи.

Зміст звіту

1. Мета практичної роботи.
2. Письмові відповіді на запитання для самостійної підготовки.
3. Розрахунки визначення режимів наплавлення.

Контрольні питання

1. Які суть і межі використання зварювання напівавтоматом у захисному газі?
2. Яке обладнання і які пристрої використовують для напівавтоматичного зварювання?
3. Будова і головні параметри подавального пристрою випрямляча.
4. Які призначення, будова, робота блока керування?
5. Які параметри режиму напівавтоматичного зварювання?
6. Яка послідовність проектування технологічної операції наплавлення шліців вала?
7. Які методи відновлення шліців валів?
8. Як визначити машинний час для наплавлення шліців?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8

ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НАПЛАВЛЕННЯМ ПІД ШАРОМ ФЛЮСУ

Мета роботи

Вивчити фізичну суть, особливості й сферу застосування наплавлення деталей під шаром флюсу, а також обладнання, матеріали і оснащення для його виконання; засвоїти технологію наплавлення деталей під шаром флюсу.

Завдання

У процесі самостійної підготовки до роботи письмово дати відповіді на такі запитання: призначення флюсів, їх види та відмінність; особливості наплавлення під шаром флюсу і сфера його застосування; параметри, що характеризують технологічний процес наплавлення під шаром флюсу.

У лабораторії ознайомитись з обладнанням, визначити режими процесу наплавлення, наплавити деталь (зразок), скласти операційну карту.

Обладнання, інструмент: станок наплавлювальний УД-209, випрямляч ВДУ-506, штангенциркуль ШЦ-П 250-0,05, зварювальний електродний дріт типу Св-08 або Нп-30ХГСА, флюс, з'єднувальні кабелі, деталі або зразки для наплавлення, молоток слюсарний, зубило слюсарне, плоскогубці комбіновані, ключі гайкові 10 × 12; 11 × 14; 17 × 19; 22 × 24; 24 × 27 мм, щітка металева, захисна маска зварювальника, фартух, рукавиці.

Короткі теоретичні відомості

Суть автоматичного наплавлення під шаром флюсу (рис. 8.1) полягає у тому, що в зону горіння дуги, утвореної між деталлю 1 і електродним дротом 3, який безперервно рухається, подається флюс 4. Під дією високої температури дуги відбувається плавлення металу деталі, електрода і частини флюсу, який створює еластичну оболонку навколо дуги, що захищає її зону горіння і ванну з розплавленим металом на поверхні деталі 5 від шкідливої дії повітря. У міру віддалення від дуги за рахунок обертання деталі зварювальна ванна охолоджується, рідкий метал кристалізується і формує наплавочний шов, зверху якого утворюється шлакова кірка 6. Вона сповільнює охолодження наплавленого металу і поліпшує умови його структурних перетворень.

З огляду на те, що виникають труднощі з утриманням розплавленого металу на поверхні деталі (у разі недостатнього охолодження шва – утруднене видалення шлакової кірки), наплавлення під шаром флюсу в ремонтній практиці використовують для відновлення циліндричних поверхонь діаметром не менш як 50 мм і для зварювання та наплавлення плоских поверхонь.

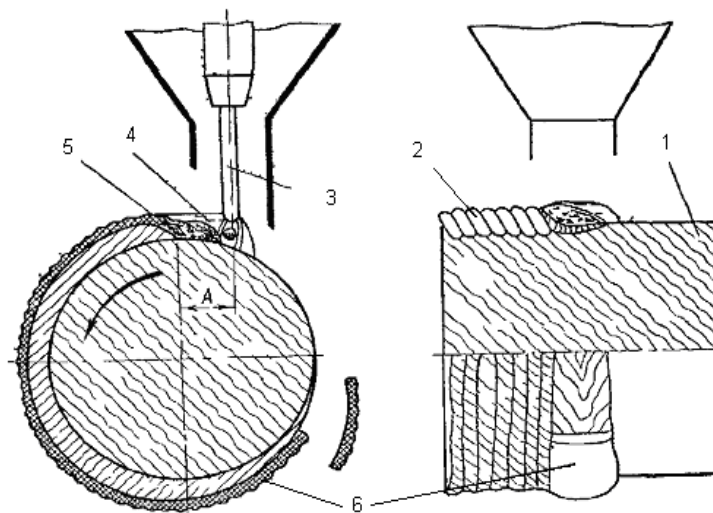


Рисунок 8.1 – Схема наплавлення під шаром флюсу:

- 1 – деталь; 2 – наплавлений шар; 3 – електрод; 4 – розплавлений флюс;
 5 – ванна розплавленого металу; 6 – шлакова кірка;
 А – зміщення електрода з еніту

Зварювальні та наплавлювальні матеріали і флюси. Зварювальні і наплавлювальні дроти залежно від хімічного складу поділяють на три групи: низьковуглецеві, леговані й високолеговані. Низьковуглецеві зварювальні (Св-08, Св-08А, Св-08АА, Св-08ГА, Св-10Г2) і наплавлювальні (Нп-30, Нп-40) дроти містять до 0,12 % вуглецю і призначені для зварювання та наплавлювання низько- і середньовуглецевих та деяких низьколегованих сталей.

Леговані зварювальні (Св-08Г2С, Св-08ХГСМФА та ін.) і наплавлювальні (Нп-10Г3, Нп-30Х та ін.) дроти містять до 6 % легувальних елементів, їх застосовують для зварювання і наплавлення вуглецевих та легованих сталей.

Високолеговані зварювальні (Св-12Х13, Св-06Х19М9Т та ін.) й наплавлювальні (Нп-2Х14, Нп-45Х2В8 та ін.) дроти використовують для зварювання і наплавлювання нержавіючих, вогнетривких та інших спеціальних сталей.

Якщо не потрібні великі твердість і стійкість, використовують дріт марок Св-08, Св-08А, Нп-30, Нп-40, а якщо потрібні великі твердість і стійкість, то використовують дріт марок СЕ-30ХГСА, Нп-30ХГСА, Нп-80, Нп-10Г3, Нп-3Х13 та інші.

Широко застосовують для наплавлення деталей під шаром флюсу порошкові дроти, що виготовляються на спеціальних верстатах методом волочіння із сталевий низьковуглецевої стрічки і порошку, який містить феросплави й графіт марок ПП-АН-125, ПП-У15, ПП-Х12М-0, ПП-2ПЗА та ін.

Зварювальні флюси призначені для захисту зварювальної зони від повітря, легування шва, для забезпечення стійкого горіння дуги і формування наплавленого валика та інших функцій.

Розрізняють плавлені й неплавлені флюси. Плавлені флюси – це штучні силікати. До недоліків цих флюсів відносяться відсутність у їх складі феросплавів, вільних металів, вуглецевих речовин, внаслідок чого обмежуються їх розкислювальні й легувальні властивості. Здебільшого в ремонтній практиці застосовують флюси АН-348А, АН-60, АН-20, ОСЦ-45, що забезпечують під час використання вуглецевих і низьколегованих електродних дротів високу якість наплавлених швів.

Неплавлені (керамічні) флюси складаються з газоподібних, шлакоутворювальних, розкислювальних, модифікувальних, легувальних, з'єднувальних елементів і дають можливість легувати наплавлений шов у широких межах за використання дешевих низьковуглецевих електродних дротів. Керамічні флюси менш міцні і більш гігроскопічні порівняно з плавленими.

Для наплавлення деталей застосовують керамічні флюси АНК-18, АНК-19, АНК-30У ЖСН-1, які у разі використання низьковуглецевого дроту забезпечують високу твердість і стійкість проти спрацювання наплавленого металу.

Флюси-суміші виготовляють здебільшого із плавлених і керамічних флюсів або на основі плавлених флюсів із додаванням ферохрому, феромарганцю, графіту. Виготовляють флюси-суміші з властивостями легованого флюсу, застосування якого дає можливість значно підвищити твердість і стійкість наплавленого шару.

Особливості техніки безпеки. Усі роботи з налагодження установки і заміни деталі (зразка) проводити за вимкненого джерела струму. Під час наплавлення не торкатись руками до струмопровідних частин установки, користуватися захисною маскою зварювальника, включати установку тільки за присутності керівника.

Загальні положення та вказівки щодо виконання роботи. Склад і структура наплавленого шару залежить від матеріалу електродного дроту, виду та складу флюсу.

Флюс перед використанням прожарюють для видалення вологи, яка може викликати утворення пор у наплавленому шарі. Нерозплавлений флюс після просіювання використовується повторно. Поверхню деталі перед наплавленням очищають від іржі, мастила, а у разі значного однобічного зносу (3 мм і більше) – обточують.

До основних параметрів процесу наплавлення належать: струм і напруга, діаметр, виліт і зміщення із zenіту електродного дроту, частота обертання деталі, крок і швидкість наплавлення.

Для наплавлення тіл обертання використовують установку УД-209. Деталь для наплавлення закріплюють у патроні обертача, а за необхідності підтискають піноллю. Установлюють необхідні параметри процесу наплавлення і виконують наплавлення. Шлакову кірку, утворену на

поверхні наплавленого валика, після застигання видаляють, оскільки її потрапляння у розплавлений шар може призвести до утворення дефектів у поверхневому шарі. Шлакову кірку видаляють вручну за допомогою молотка і металевої щітки.

Плавлені флюси АН-348А, АН-60, ОСЦ-45 використовують, коли не потрібні великі твердість і стійкість проти спрацювання. З цими флюсами використовують дроти марок Нп-30, Св-18ХГСА, Нп-30ХГСА, Св-08Г2С, Св-08, Нп-80 та інші.

Неплавлені флюси АНК-18, АНК-19 використовують у випадку наплавлення деталей, робочі поверхні яких мають підвищену твердість без термічної обробки. До таких деталей належать опорні та підтримувальні котки, напрямні колеса, колеса кранів, осі тракторів і екскаваторів, опорно-обертові круги тощо.

Флюси-суміші можна виготовити із суміші флюсів АН-384А і АНК-18, співвідношення яких залежить від вимог до наплавленого металу.

Установка УД-209 призначена для електродугового наплавлення зовнішніх циліндричних поверхонь діаметром 25 – 360 мм, довжиною 100 – 600 мм дротом діаметром 1,2 – 3,2 мм суцільного перерізу під шаром флюсу та в середовищі вуглекислого газу по спіралі, а також для лінійного наплавлення з колюванням електрода вздовж наплавленої деталі з амплітудою 0 – 50 мм. Установка складається зі станини 1 (рис. 8.2), каретки 3, механізму подачі електродного дроту 4, обертача 5 з пультом керування 6 та коробкою передач 7.

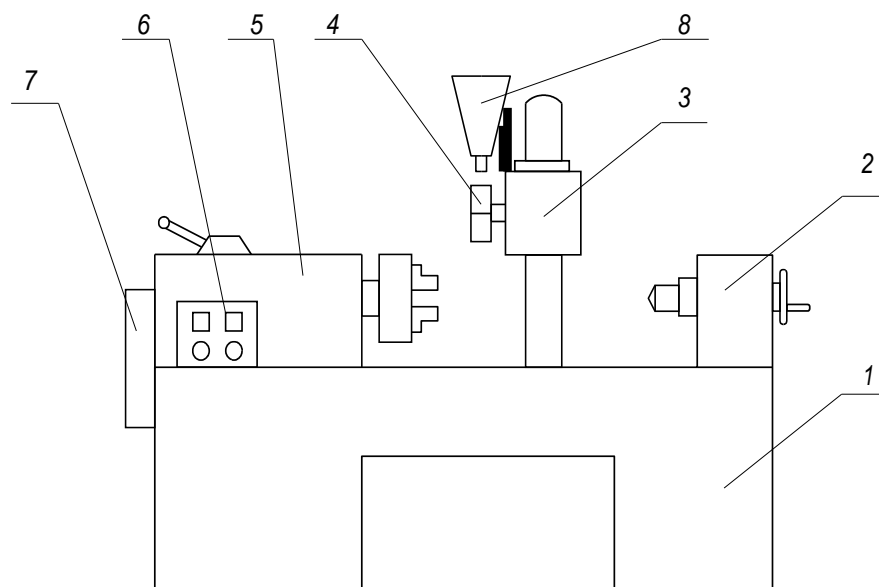


Рисунок 8.2 – Принципова схема установки для наплавлення під шаром флюсу:

1 – станина, 2 – піноль, 3 – каретка, 4 – механізм подачі електродного дроту, 5 – обертач, 6 – пульт керування, 7 – коробка передач, 8 – бункер для флюсу

Механізм подачі 4 подає електродний дріт у зону наплавлення. Він встановлений на каретці та складається з електродвигуна, черв'ячного редуктора, пари подавальних роликів і напрямної із мундштуком. Швидкість подачі дроту регулюють зміною шестерень.

Обертач 5, встановлений на станині 1, обертає деталь та переміщує каретку за допомогою ходового гвинта. Піноль 2 підтискає наплавлену деталь і має тепловий компенсатор.

Пульт керування призначений для встановлення та керування параметрами процесу.

Випрямляч зварювальний ВДУ-506 призначений для комплектації зварювальних установок для наплавлення під шаром флюсу та в середовищі вуглекислого газу.

ВДУ-506 є універсальним джерелом живлення, яке дозволяє працювати в режимі жорсткої і спадної зовнішньої характеристики.

Для механізованого наплавлення, як правило, випрямляч має працювати із жорсткою зовнішньою характеристикою.

В табл. 8.1 наведено шкалу градування вольтметра пульта керування установки УД-209 на частоту обертання деталі.

Таблиця 8.1 – Градування шкали вольтметра пульта керування установки УД – 209 на частоту обертання деталі

Напруга, В	6	9	12	15	18	21	24	27
Частота обертання, об/хв	0,62	1,05	1,38	1,82	2,18	2,58	3,07	3,48

Напруга, В	30	33	36	39	42	45	48
Частота обертання, об/хв	3,84	4,36	4,85	5,16	5,63	6,09	6,48

Зварювальне коло дозволяється увімкнути тумблером тільки після увімкнення вентилятора.

Проектування технологічного процесу. Якість наплавленого металу, твердість і стійкість проти спрацювання залежать від марки електродного дроту, флюсу і режимів наплавлення.

Вибір електродного дроту і флюсу. Загальні відомості про марки дроту і флюсу наведено на початку роботи.

Марку електродного дроту вибирають відповідно до хімічного складу металу наплавленої деталі, необхідної твердості і стійкості проти спрацювання.

Діаметр електродного дроту вибирають залежно від товщини шару і діаметра деталі.

До режиму наплавлення металу під флюсом входять такі параметри: сила і тип струму, напруга електричної дуги, швидкість наплавлення, швидкість подачі електродного дроту, крок наплавлення, зміщення електрода відносно zenіту, виліт електрода, швидкість обертання деталі тощо.

Сила струму впливає на глибину проплавлення і продуктивність процесу. Із збільшенням густини струму збільшується глибина проплавлення і зростає продуктивність, але погіршується формування наплавленого валика, збільшуються ймовірність проплавлення тонкостінних деталей і можливість їх деформації. Тому струм має бути мінімальний, але достатній для забезпечення стійкого горіння дуги. Сила струму вибирається залежно від діаметра наплавлюваної деталі або товщини стінки в місці наплавлення:

$$I_H = 40 \cdot \sqrt[3]{D_D}, A. \quad (8.1)$$

Здебільшого наплавлення деталей проводять за постійного струму зворотної полярності.

Напруга. Із збільшенням напруги збільшується довжина дуги. Це приводить до розширення шва за практично незмінної глибини проплавлення. Робочий діапазон напруги для наплавочних робіт становить 26 – 36 В:

$$U = 21 + 0,04 \cdot I. \quad (8.2)$$

Швидкість наплавлення визначає розміри і форму перерізу наплавочного валика. Із збільшенням швидкості до 20 м/год збільшується ширина валика, а глибина проплавлення зменшується за рахунок відносно більшої кількості розплавленого металу на одиницю довжини і його витіснення дугою на поверхню деталі. Збільшення швидкості з 20 м/год до 40 м/год супроводжується зменшенням ширини валика за практично незмінної глибини проплавлення. Подальше збільшення швидкості наплавлення зменшує глибину проплавлення і ширину валика:

$$v_H = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot v_e \cdot \eta}{4 \cdot S_H \cdot h_H}, \text{ м / год.} \quad (8.3)$$

Швидкість подачі електродного дроту залежить від сили струму і напруги та знаходиться в межах 50 – 500 м/год. На практиці її вибирають пробним наплавленням за якістю шва. Крок наплавлення встановлюють так, щоб наступний валик перекривав попередній на 1/3 його ширини.

Швидкість подачі електродного дроту:

$$v_e = \frac{4 \cdot \alpha_P \cdot I_H}{\pi \cdot d_e^2 \cdot \gamma_e}, \quad (8.4)$$

де $\alpha_p = \frac{\alpha_H}{\eta}$ – коефіцієнт розплавленого електронного дроту;

η – коефіцієнт, який враховує втрати металу на угар і розбризування (для наплавлення під шаром флюсу $\eta = 0,93 - 0,97$);

γ_e – питома вага електродного дроту, $г/см^3$.

Коефіцієнт наплавлення:

$$\alpha_H = 2,3 + 0,065 \cdot \frac{I_H}{d_e}, \text{ г / A} \cdot \text{год}, \quad (8.5)$$

де d_e – діаметр електродного дроту, мм.

Зміщення дроту від вертикалі в бік, протилежний обертанню деталі, поліпшує умови формування шва під час наплавлення циліндричних поверхонь. Величина зміщення (розмір A на рис. 8.1) залежить від діаметра відновлюваної деталі і для деталей діаметром 40 – 70 мм становить від 3 до 8 мм, для 70 – 100 мм – від 8 до 15 мм, для 100 – 150 мм – 15 – 20 мм, для 150 – 200 мм – 20 – 30 мм, для діаметрів більш як 200 мм – 30 – 40 мм.

Зміщення електрода від zenіту:

$$A = (0,05 - 0,07) \cdot D_d; \quad (8.6)$$

Виліт електрода вибирається залежно від діаметра дроту і потрібної глибини проплавлення. Збільшення вильоту приводить до зменшення глибини проплавлення. Здебільшого виліт електрода (розмір H) беруть у межах 15 – 30 мм.

Виліт електродного дроту:

$$H = (10 - 15) \cdot d_e, \text{ мм}. \quad (8.7)$$

Витрати електродного дроту на наплавлення:

$$G_{op} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{op}^2 \cdot v_{op} \cdot T_m \cdot \gamma. \quad (8.8)$$

Частота обертання деталі:

$$n = 5,31 \cdot \frac{v_H}{D_d}, \text{ об / хв}. \quad (8.9)$$

Оскільки режими наплавлення по різному впливають на якість наплавленого металу, їх здебільшого призначають комплексно.

Порядок виконання роботи

1. Виміряти діаметр деталі (D_0 , мм) та визначити максимальний знос (U_{max} , мм).

2. За допомогою формул визначити допоміжні та основні параметри режимів наплавлення, до яких належать напруга; коефіцієнт наплавлення; швидкість подачі електродного дроту; виліт електродного дроту; зміщення електрода від zenіту; швидкість наплавлення; частота обертання деталі; товщина наплавленого шару:

$$h_n = U_{max} + z; \quad (8.10)$$

де z – припуск на механічну обробку (дорівнює 0,7...1 мм); струм наплавлення.

Режим процесу наплавлення уточнити та скоригувати під час пробного наплавлення.

3. Підготувати установку УД-209 до роботи.

4. Встановити режими наплавлення на пульті керування випрямляча ВДУ-506:

- увімкнути установку і провести наплавлення;
- вимкнути установку;
- зняти деталь.

Контрольні питання

1. У чому суть наплавлення під шаром флюсу?
2. Як впливають режими наплавлення на якість наплавлення, глибину проплавлення основного металу, формування наплавленого шва, стабільність горіння дуги?
3. Які межі використання наплавлення під шаром флюсу для ремонту машин?
4. Як підібрати марки електродного дроту і флюсу, яка їх роль у процесі наплавлення?
5. Які деталі наплавляють під шаром флюсу?
6. Як впливає зміна напруги і сили струму на форму та розміри наплавленої поверхні?
7. Як розраховують товщину наплавленого металу на спрацьовану поверхню?
8. Матеріали і методика вибору електродного дроту.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 9

ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НАПЛАВЛЕННЯМ У СЕРЕДОВИЩІ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ

Мета роботи.

Вивчити технологію і набути практичних навичок наплавлення деталей у середовищі вуглекислого газу, а також обладнання, матеріали та оснащення для його виконання.

Завдання.

У процесі самостійної підготовки до роботи письмово відповісти на такі запитання: особливості й переваги механізованого наплавлення у середовищі вуглекислого газу порівняно з наплавленням під шаром флюсу; роль розкислювачів в процесі наплавлення у середовищі CO₂; сфера застосування механізованого наплавлення у середовищі CO₂.

У лабораторії ознайомитися з обладнанням, яке застосовується під час наплавлення в середовищі CO₂; визначити режими наплавлення у середовищі CO₂; наплавити деталь (зразок).

Обладнання, інструмент. Наплавлювальна установка УД-209; зварювальний випрямляч ВДУ-506; балон з вуглекислим газом 40 – 150 (ГОСТ 949-73); газовий редуктор У-30; набір слюсарного інструменту; деталі або зразки для наплавлення; зварювальний електродний дріт типу Св-08 або Нп-30ХГСА; з'єднувальні кабелі; щітка металева; захисна маска зварювальника; фартух; рукавиці.

Короткі теоретичні відомості

Суть автоматичного наплавлення у середовищі вуглекислого газу. Цей спосіб значно відрізняється від інших способів відновлення деталей – не потрібно ні флюсів, ні електродних покриттів. В зону наплавлення через сопло пальника надходить вуглекислий газ, який захищає рідкий метал від контакту з киснем і азотом повітря (рис. 9.1). Вуглекислий газ надійно ізолює зону наплавлення від навколишнього середовища і забезпечує одержання наплавленого металу високої якості з мінімальною кількістю пор і окислів. Електричний дріт безперервно подається у зону наплавлення. Струм до дроту підводиться через наконечник, розміщений у центрі мундштука. Під дією високої температури електричної дуги на поверхні деталі утворюється рідка ванна, в якій перемішуються метали електрода і деталі.

Наплавлення деталей у середовищі вуглекислого газу порівняно з автоматичним наплавленням під флюсом має такі переваги: можливість наплавлення за будь-якого просторового положення деталі; більш висока по площі покриття продуктивність процесу (на 20...30 %); відсутність трудомісткої операції з відділення шлакової кірки, висока продуктивність (не нижча наплавлення під шаром флюсу); високий ступінь щільності дуги, що сприяє незначному нагріванню деталі і її деформації; можливість наплавлення шару невеликої товщини (0,8 – 1,5 мм); видимість місця зварювання, низька вартість вуглекислого газу порівняно з флюсом і

можливість накладання незручних та складної конфігурації швів аж до стельових. Застосування тонкого електродного дроту товщиною 0,5...1,2 мм за малих струмів у поєднанні з видимістю процесу дало можливість широко використовувати цей спосіб під час ремонтів тонколистових деталей, механізувати наплавлення, виконуване на дрібних деталях (валах діаметром 10 мм і більше).

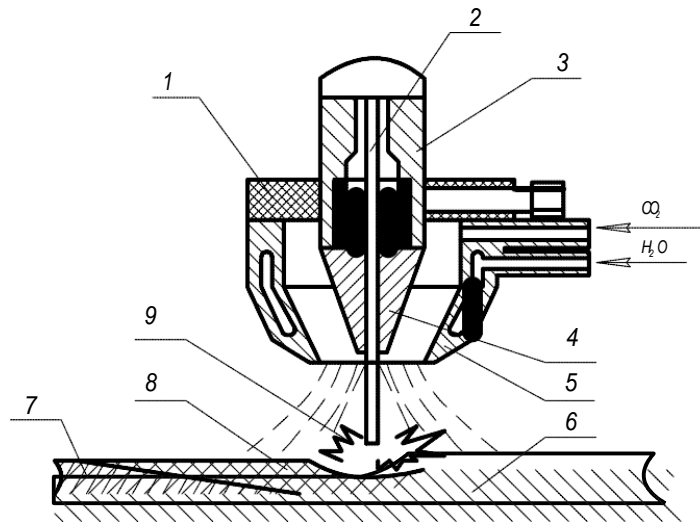


Рисунок 9.1 – Схема наплавлення у середовищі вуглекислого газу:

1 – кронштейн; 2 – електродний дріт; 3 – мундштук; 4 – наконечник;
5 – сопло; 6 – деталь; 7 – наплавлений шар; 8 – зварювальна ванна рідкого металу; 9 – електрична дуга

До недоліків цього способу наплавлення варто віднести: підвищене розбрикування металу, підвищена схильність наплавленого шару до утворення тріщин, необхідність застосування легованого дроту для одержання наплавленого металу з необхідними властивостями.

Особливості техніки безпеки. Усі роботи з підготовки установки до наплавлення проводити за вимкненого рубильника. Наплавлення деталей виконувати тільки під керівництвом інженера, у спеціальному одязі, з використанням маски зварювальника. У процесі наплавлення не торкатися струмопровідних частин установки. Перед увімкненням подачі CO_2 увімкнути витяжну вентиляцію.

Загальні положення і вказівки щодо виконання роботи. Процес наплавлення деталей у середовищі вуглекислого газу може здійснюватись на установках різного типу. Принципову схему установки наведено на рис. 9.2. Промисловість випускає універсальну установку для наплавлення в середовищі вуглекислого газу і під шаром флюсу УД-209 з джерелом струму ВДУ-506.

З метою економії вуглекислого газу корпус пальника 5 має бути розміщений на мінімальній відстані від наплавлюваної поверхні, а виліт електродного дроту бути достатнім (10 – 15 мм), щоб не оплавленося сопло 5 мундштука.

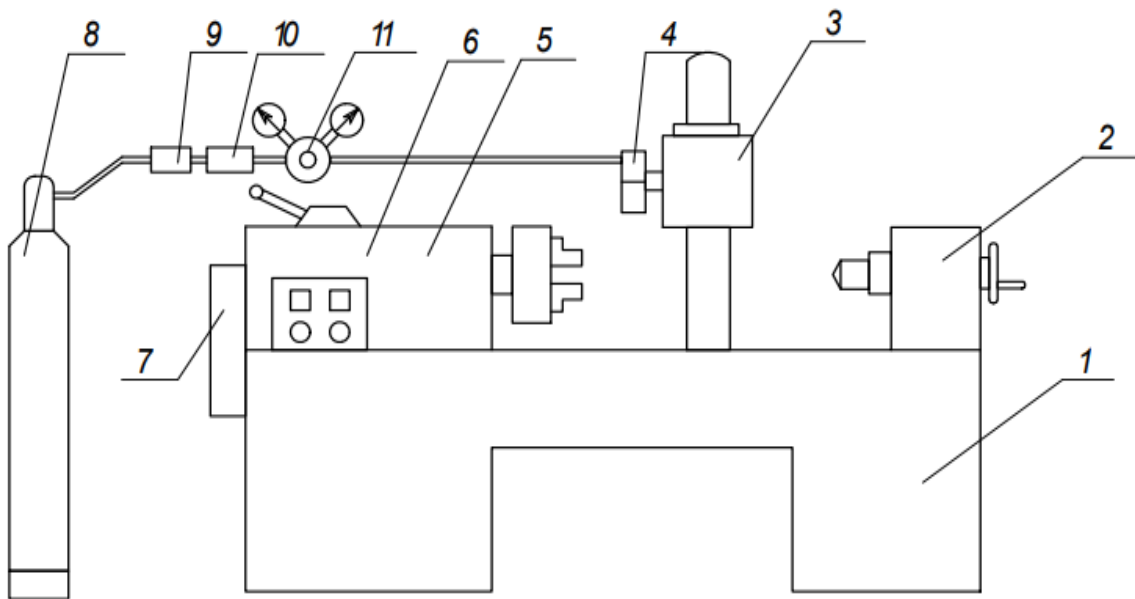


Рисунок 9.2 – Принципова схема установки для электродугового наплавлення у середовищі вуглекислого газу:

1 – станина; 2 – піноль; 3 – каретка; 4 – механізм подачі електродного дроту; 5 – обертач; 6 – пульт керування установкою; 7 – коробка передач; 8 – балон із вуглекислим газом; 9 – підігрівник; 10 – осушник; 11 – редуктор

Під час зварювання деталей застосовують електродний дріт марок Св-08ГС, Св-08М2С, Св-12ГС, а під час наплавлення деталей – легований дріт марок Св-18ХГСА, Нп-30ХГСА, Нп-65Г.

Наплавлення дротом Нп-30ХГСА забезпечує твердість наплавленого металу HRC 30...35. У разі використання дроту Нп-65Г твердість наплавленого металу підвищується до HRC 45...50 одиниць.

Під час виходу з балона CO₂ переохолоджується внаслідок різкого розширення. Щоб підігріти CO₂, його пропускають крізь електричний підігрівник. Воду, що міститься у вуглекислому газі, видаляють за допомогою осушувача, який являє собою патрон, наповнений зневодненим мідним купоросом чи силікагелем. Тиск газу знижують за допомогою кисневого редуктора, а витрату його контролюють ротаметром.

Електродний дріт перед наплавленням знежирюють і зачищають від іржі. Деталі перед наплавленням також зачищають від мастильних матеріалів, іржі, а за наявності однобічного зносу (3 мм і більше) – обточують.

У середовищі вуглекислого газу можна проводити багат шарове наплавлення, якщо за один прохід не відновлюється необхідний розмір деталі.

Установка УД-209 призначена для електродугового наплавлення зовнішніх циліндричних поверхонь діаметром 25 – 360 мм і довжиною 100 – 600 мм дротом діаметром 1,2 – 3,2 мм у середовищі вуглекислого газу або під шаром флюсу.

Установка складається зі станини 1 (див. рис. 9.2), каретки 3 з механізмом подачі електродного дроту 4, обертача 5 з пультом керування 6 і коробкою передач 7. Вуглекислий газ подається в зону наплавлення з балона 8 через підігрівач 9, осушувач 10 і редуктор 11.

Випрямляч зварювальний ВДУ-506 є джерелом постійного струму зі спадною і жорсткою зовнішніми характеристиками. У випадку використання ВДУ-506 для напівавтоматичного наплавлення деталей, як правило, встановлюється жорстка зовнішня характеристика.

9.1 Розрахунок режимів зварювання в середовищі захисного газу

Зварювання в середовищі вуглекислого газу широко застосовується в процесі виготовлення конструкцій з вуглецевих, низьколегованих, теплотривких сталей, середньолегированих, хромонікелевих і аустенітних сталей.

Основні типи з'єднань, виконувані в середовищі захисних газів, регламентовані ГОСТ 14771-76.

Основними параметрами режиму зварювання в середовищі захисного газу є:

1. Діаметр електродного дроту, $d_{ел}$, мм.
2. Сила зварювального струму, $I_{зв}$, А.
3. Напруга на дузі, $U_{д}$, В.
4. Швидкість подачі зварювального дроту, $V_{нд}$, м/год.
5. Швидкість зварювання, $V_{зв}$, м/год.
6. Витрата захисного газу, q_r .

Додатковими параметрами режиму є:

7. Тип струму.
8. Полярність за постійного струму.

Шви стикових з'єднань можуть виконуватися як з обробленням, так і без оброблення крайок.

Діаметр електродного дроту ($d_{ел}$) вибирається залежно від товщини деталей, що зварюються. В процесі вибору діаметра електродного дроту під час зварювання швів у нижньому положенні потрібно керуватися даними таблиці 9.1.

• *Сила зварювального струму розраховується за формулою:*

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot d_{ел}^2}{4} \cdot j, А; \quad (9.1)$$

де j – допустима густина струму в електродному дроті;

$d_{ел}$ – діаметр електродного дроту, мм.

• Напруга на дузі (U_δ) визначається за формулою:

$$U_\delta = 15 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{el}}} \cdot I_{3\phi}, B; \quad (9.2)$$

• Швидкість подачі електродного дроту:

$$v_e = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_H}{\pi \cdot d^2 \cdot \gamma_e}, м / год; \quad (9.3)$$

де γ_e – питома маса електродного дроту, $г/см^3$ (для дроту із суцільним перерізом $\gamma_e = 7,8 г/см^3$);

α_p – коефіцієнт розплавлення дроту ($\alpha_p = \frac{\alpha_H}{\eta}$);

η – коефіцієнт врахування втрат металу на вигорання і розбризування (для наплавлення в середовищі вуглекислого газу $\eta = 0,88 - 0,92$).

Значення α_p розраховується за формулою:

$$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \cdot \frac{I_{3\phi}}{d_{el}}; \quad (9.4)$$

• Швидкість зварювання обчислюється за формулою:

$$V_{3\phi} = \frac{\alpha_H \cdot I_{3\phi}}{100 \cdot F_H \cdot \rho}, м / год; \quad (9.5)$$

де α_H – коефіцієнт наплавлення, $г/А год$;

$$\alpha_H = \alpha_p \cdot (1 - \psi); \quad (9.6)$$

де ψ – коефіцієнт втрат металу на чад і розбризування під час зварювання в CO_2 $\psi = 0,1 - 0,15$.

• Виліт електродного дроту:

$$H = (6 - 10) \cdot d_{el}, мм. \quad (9.7)$$

• Коефіцієнт наплавлення:

$$\alpha_H = 2,3 + 0,065 \cdot \frac{I_H}{d_e}, г / А \cdot год; \quad (9.8)$$

де d_{el} – діаметр електродного дроту, мм (вибирається із таблиці).

- Зміщення електрода від zenіту:

$$a = (0,05 - 0,1) \cdot D_0. \quad (9.9)$$

- Швидкість наплавлення:

$$v_H = \frac{\pi \cdot d_e^2 \cdot v_e}{4 \cdot S_n \cdot h_n} \cdot \eta, \text{ м / год}, \quad (9.10)$$

де $S_n = (2 - 2,5) \cdot d_{el}$ – крок наплавлення, мм.

- Частота обертання деталі:

$$n = 5,31 \cdot \frac{v_H}{D_0}, \text{ об / хв}. \quad (9.11)$$

• Витрата вуглекислого газу (q_r) – вибирають залежно від марки металу, що зварюється, і товщини металу.

Послідовність виконання роботи

1. Для визначення параметрів режиму процесу наплавлення в середовищі вуглекислого газу виміряти діаметр деталі D_0 і максимальний знос U_{max} .

2. Визначити за допомогою формул товщину наплавленого шару:

$$h_n = U_{max} + z, \text{ мм}, \quad (9.12)$$

де z – припуск на механічну обробку (дорівнює 0,7 – 1 мм);

- напругу U , В;
 - силу струму I , А;
 - швидкість подачі електродного дроту V_e , м/год;
 - частоту обертання деталі n , об/хв,
 - крок наплавлення S , мм;
 - виліт електрода H , мм;
 - швидкість наплавлення V_n , м/год.
3. Підготувати установку УД-209 до роботи.
4. Встановити режими наплавлення на пульті керування випрямляча ВДУ-506:
- увімкнути установку і провести наплавлення;
 - вимкнути установку;
 - зняти деталь.

Таблиця 9.1 – Вибір діаметра електродного дроту для зварювання швів стикових з'єднань

Товщина металу, мм	Форма підготовки крайок	Зазор у стику, мм	Діаметр електродного дроту	Кількість проходів
0,8 – 1	Встик, без оброблення крайок	0 – 1,0	0,8 – 1,0	1
1,5 – 2		0 – 1,0	1,2	1
2,5 – 3		0 – 1,5	1,2	1
3,5 – 4		0 – 1,5	0,6	2
4,5 – 6		0 – 1,5	2,0	1
		0,5 – 2	2,0	2
7,0 – 8,0		0,5 – 2	2,0	2
9,0 – 10,0		0,5 – 2,5	2,0	2
11,0 – 12,0		1,0 – 3,0	2,0	2
13,0 – 14,0		V – подібна однобічна	1,0 – 2,5	2,0
15,0 – 16,0	1,0 – 2,5		2,0	3
17,0 – 18,0	V – подібна двостороння	1,0 – 2,5	2,0	4
19,0 – 20,0		1,5 – 2,5	2,0	4
21,0 – 22,0		1,5 – 2,5	2,0	5
23,0 – 24,0		1,5 – 2,5	3,0	5
25,0 – 28,0		1,5 – 2,5	3,0	6

Таблиця 9.2 – Допустима густина струму в електродному дроті

Діаметр електродного дроту, мм	1,2	1,6	2,0	3,0
Густина струму, А/мм ²	88 – 195	90 – 160	60 – 140	45 – 70
	310 – 440	200 – 350	160 – 240	78 – 110
Зварювальний струм, А	100 – 220	180 – 320	200 – 450	300 – 500
	350 – 500	400 – 700	500 – 750	550 – 800

Таблиця 9.3 – Градування шкали вольтметра пульта керування установки УД-209 на частоту обертання деталі

Напруга, <i>V</i>	6	9	12	15	18	21	24	27
Частота обертання, об/хв	0,62	1,05	1,38	1,8	2,18	2,58	3,07	3,48

Напруга, <i>V</i>	30	33	36	39	42	45	48
Частота обертання, об/хв	3,48	4,36	4,8	5,16	5,63	6,09	6,48

Контрольні питання

1. У чому суть наплавлення у середовищі вуглекислого газу?
2. З яких елементів складається установка для наплавлення у середовищі вуглекислого газу?
3. Які деталі наплавляють у середовищі вуглекислого газу?
4. Як впливає зміна напруги і сили струму на форму та розміри напавленої поверхні?
5. Як розраховують товщину наплавлювального металу на спрацьовану поверхню?
6. Як впливають режими наплавлення на якість наплавлення, глибину проплавлення основного металу, формування напавленого шва, стабільність горіння дуги?
7. Матеріали і методика вибору електродного дроту.
8. Переваги і недоліки захисту електричної дуги вуглекислим газом.
9. Обладнання для організації робочого місця із наплавлення в середовищі вуглекислого газу.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 10

ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ ВІДНОВЛЕННЯ

Мета роботи.

Набуття практичних навичок визначення норм часу на виконання операцій механічної обробки та відновлення.

Порядок виконання роботи

1. Визначення норм часу на виконання робіт з підготовки деталі до відновлення.
2. Визначення норм часу у випадку виконання операцій механічної обробки поверхонь деталі перед відновленням.
3. Визначення норм часу за умови виконання операцій відновлення.
4. Визначення норм часу у випадку виконання операцій механічної обробки поверхонь деталі після відновлення.
5. Оформлення зведеної таблиці норм часу по операціях.
6. Висновки.

Зміст звіту

1. Розрахунок норм часу на виконання робіт з підготовки деталі до відновлення.
2. Розрахунок норм часу ($T_{ум-к}$) у випадку виконання операцій механічної обробки поверхонь деталі перед відновленням з відповідними поясненнями.
3. Розрахунок норм часу ($T_{ум-к}$) за умови виконання операцій відновлення поверхонь деталі з відповідними поясненнями.
4. Розрахунок норм часу ($T_{ум-к}$) у випадку виконання операцій остаточної механічної обробки поверхонь деталі після відновлення з відповідними поясненнями.
5. Зведена таблиця норм часу по всіх операціях.
6. Висновки по роботі.

Хід роботи

Норми часу за розрахунково-аналітичним методом визначаються за такою формулою:

$$T_{ум-к} = T_{ум} + \frac{T_{n-3}}{n_{дет}}; \quad (10.1)$$

де $n_{дет}$ – кількість деталей у партії запуску;

$$T_{\text{ит}} = t_0 + t_{\text{дон}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{відп}} ; \quad (10.2)$$

де t_0 – основний час, визначається за формулами, наприклад,

– для точіння:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} . \quad (10.3)$$

Для інших видів обробки просто змінюється тип подачі і у чисельник додаються поправкові коефіцієнти.

В таблиці 10.1 наведено дані розрахунку основного часу згідно з [5].

Відомості про деталь – розрахунковий представник «Циліндр домкрата КД – 90» наведено в таблиці 10.1 та на рис. 10.1.

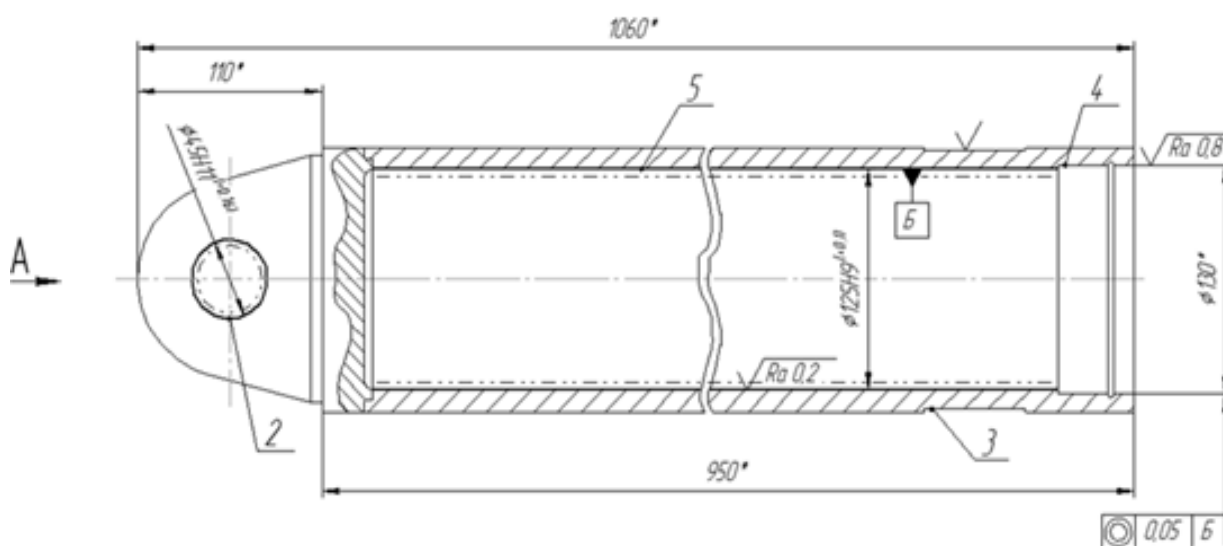


Рисунок 10.1 – Ремонтний кресленик «Циліндр домкрата КД-90» та схема розташування дефектів

Допоміжний час $t_{\text{дон}}$ визначається як сума допоміжних часів і визначається як:

$$t_{\text{дон}} = t_{\text{дон1}} + t_{\text{дон2}} + \dots + t_{\text{дон.i}} ; \quad (10.4)$$

де $t_{\text{дон1}}, t_{\text{дон2}}, t_{\text{дон.i}}$ – час, що затрачується на прийоми, які необхідно виконати, щоб механічна обробка чи відновлення було можливим (ввімкнення і вимкнення верстата, підведення інструменту тощо).

Сума основного і допоміжного часів називається операційним часом. Це є необхідним, тому що наступні елементи штучно-калькуляційного часу розраховуються як відсоток від операційного часу.

Таблиця 10.1 – Початкові відомості

Код операції	Назва операції	d, мм	L, мм	S, мм/об (v_r , мм/с; $Y_{пр}$, м/хв)	n, об/хв ($\omega_{дет}$, с ⁻¹ ; $Y_{об}$, м/хв)	i (n)	n _{дет}
005	Мийна	-	-	-	-	-	47
010	Термічна	-	-	-	-	-	47
015	Токарна	125	920	0,1	600	2	47
020	Зенкерувальна	45	40	1	240	1	47
025	Кернування	-	-	-	-	-	47
030	Термічна	-	-	-	-	-	47
035	Мийна	-	-	-	-	-	47
040	Напилювальна	127,7	920	4,5	0,4	4	47
045	Токарна	124,2	920	0,1	640	2	47

Таблиця 10.2 – Розрахунок основного часу за операціями технологічного процесу, хв

Код операції	Приблизний розрахунок (ПР)	Розрахунок за формулами*	Формула для ПР
005	-	30,00	-
010	-	60,25	-
015	20,70	30,67	$0,18dl$
020	0,38	0,17	$0,21dl$
025	-	0,33	-
030	-	3,25	-
035	-	30,00	-
040	-	34,07	-
045	20,57	28,75	$0,18dl$
050	35,65	3,82	$0,31dl$
055	-	1,00	-

Дані щодо розрахунку допоміжного часу записано в таблиці 10.3.

$t_{обсл}$ – це час обслуговування. Він складається з часу технічного обслуговування $t_{т.обсл}$ (змащення вузлів, прибирання), який знаходиться з довідників чи як відсоток від основного часу, і часу організаційного обслуговування $t_{о.обсл}$ (вивчення документації тощо), який знаходиться як відсоток від оперативного часу.

Таблиця 10.3 – Допоміжний час, хв

Код операції	$t_{доп1}$ (уст і зн)	$t_{доп2}$ (вкл і викл)	$t_{доп3}$	$t_{доп4}$ (підв)	$t_{доп5}$ (відв)	$t_{доп6}$ (перем шп)	$t_{доп7}$ (контр)	$t_{доп8}$	$\Sigma t_{доп}$
005	0,13	0,2	0,5	0	0	0	0,01	0	0,84
010	0,13	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0,83
015	0,22	0,2	0	0,01	0,01	0,18	0,33	0	0,95
020	0,13	0,2	0	0,01	0,01	0,005	0,17	0	0,525
025	0,13	0,2	0	0,01	0,01	0	0,01	0	0,36
030	0,13	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0,83
035	0,13	0,2	0,5	0	0	0	0,01	0	0,84
040	0,22	0,2	0	0,01	0,01	0,18	0,33	0	0,95
045	0,22	0,2	0	0,01	0,01	0,18	0,33	0	0,95
050	0,154	0,2	0,2	0,01	0,01	0,07	0,33	0,015	0,989
055	0,13	0	0	0,01	0,01	0,18	0	0	0,33

Таблиця 10.4 – Час на обслуговування, хв

Код операції	$t_{т.обсл}$	$t_{о.обсл}$	$t_{обсл}$
005	5,80	0,31	6,11
010	5,80	0,61	6,41
015	5,80	0,54	6,34
020	0,65	0,01	0,66
025	0,10	0,01	0,11
030	5,80	0,04	5,84
035	5,80	0,31	6,11
040	5,80	0,60	6,40
045	5,80	0,50	6,30
050	0,15	0,10	0,25
055	0,10	0,01	0,11

Розрахунки часу обслуговування розміщено в таблиці 10.4

Підготовчо-заклучний час T_{n-3} теж знаходиться як сума часів:

$$T_{n-3} = T_{n-3.1} + T_{n-3.2} + \dots + T_{n-3.n} \quad (10.5)$$

$t_{відп}$ – час на відпочинок, знаходиться у відсотках від операційного і витрачається на переналагодження обладнання, встановлення додаткового обладнання, отримання інструменту тощо. Цей час вибирається за довідником.

Дані з розрахованим підготовчо-заклучним часом наведено в таблиці 10.5.

Таблиця 10.5 – Підготовчо-заклучний час, хв

Код операції	$T_{п-з}$ (змiна iнстр)	$T_{п-з}$ (вст дод обл-ння)	$T_{п-з}$ (отр i здача iнстр)	$\Sigma T_{п-з}$
005	9	0	5	14
010	9	0	5	14
015	14	7	7,2	28,2
020	9	0	5	14
025	9	0	5	14
030	9	0	5	14
035	9	0	5	14
040	14	3,8	7,2	25
045	14	7	7,2	28,2
050	5			5
055	9	0	5	14

Норми часу по всiх операцiях обробки наведено в зведенiй таблицi 10.6

Таблиця 10.6 – Зведена таблиця часу

Код операції	Назва операції	t_o	$t_{дон}$	$t_{он}$	$t_{обсл}$	$t_{вiдп}$	$T_{ум}$	$T_{п-з}$	$T_{ум-к}$
005	Мийна	30,00	0,84	30,84	6,11	1,54	38,49	14	38,79
010	Термічна	60,25	0,83	61,08	6,41	3,05	70,54	14	70,84
015	Токарна	30,67	0,95	31,62	6,34	2,06	40,01	28,2	40,61
020	Зенкерувальна	0,17	0,525	0,69	0,66	0,03	1,38	14	1,68
025	Кернування	0,33	0,36	0,69	0,11	0,03	0,83	14	1,13
030	Термічна	3,25	0,83	4,08	5,84	0,20	10,12	14	10,42
035	Мийна	30,00	0,84	30,84	6,11	1,54	38,49	14	38,79
040	Напилювальна	34,07	0,95	35,02	6,40	2,28	43,70	25	44,23
045	Токарна	28,75	0,95	29,70	6,30	1,93	37,94	28,2	38,54
050	Хонінгувальна	3,82	0,989	4,81	0,25	0,48	5,54	5	5,65
055	Контрольна	1,00	0,33	1,33	0,11	0,07	1,51	14	1,81

Контрольні питання

1. Як визначається підготовчо-заклучний час?
2. Які складові часу входять до поняття допомiжний час?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 11

ДЕФЕКТАЦІЯ БЛОКА ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНА ТА ГІЛЬЗ

Мета роботи.

Закріплення і розвиток знання, способів, засобів та техніки дефектації блока циліндрів та гільз; набуття практичних навичок визначення дефектів та їх сполучень; використання засобів контролю та керівництва з капітального ремонту автомобілів; з'ясування характеру робіт, що виконує дефектувальник.

Завдання роботи.

Підготовка вихідних даних для дефектації деталей; визначення технічного стану деталей; сортування деталей за результатами контролю; призначення способу ремонту та утримання операцій за подефектною технологією; оформлення звіту за результатами роботи.

Устаткування й оснащення робочого місця: лабораторний стіл, лупа чотирикратного збільшення, калібр-пробка різьбова МП – 6Я, калібр-пробка НЕ 25,03 мм, штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05, мікрометр важільний МР–100, індикаторний нутромір НІ 80-100.

Короткі теоретичні відомості

Конструктивно-технологічна характеристика деталей. Як відомо, блок циліндрів двигуна є основою будь-якого ДВС. Фактично, блок являє собою об'ємну деталь, всередині якої розміщуються різні вузли і механізми (поршні і кільця, а також гільзи ЦПП, колінчастий вал, шатуни КШМ і т. д.).

Як правило, блоки з чавуну додатково зміцнені за допомогою графіту, а полегшені вироби з алюмінію роблять гільзованими (у блок вставляється гільза з чавуну). Також існують алюмінієві блоки циліндрів без гільз. До складу сплаву внесено й кремній, який значно поліпшує блок.

Що стосується гільзованих блоків, гільзи бувають «вологими» і «сухими». У першому випадку охолоджувальна рідина безпосередньо контактує з гільзою, тоді як у другому гільза щільно запресована в тіло блока під час виготовлення.

Ремонт блока циліндрів необхідно починати з встановлення причини несправностей і дефектування. Найчастіше основною проблемою на моторах з великим пробігом є знос поверхні циліндра або гільзи. На поверхні (дзеркалі) циліндра з'являються задирки, можуть утворитися тріщини, раковини і т. д.

Також нерідко виникає знос циліндрів за напрямом осі колінвала. Як правило, до пошкоджень циліндрів на «свіжому» моторі призводить перегрів двигуна або гідроудар, а також зниження рівня або значна втрата властивостей моторного масла.

Рідше причиною дефектів блока стає несподіване руйнування поршневих кілець та інші непередбачені поломки. Ще додамо, що в БЦ

часто відбувається деформація ліжка підшипників колінчастого вала і т. д.

Що стосується зносу поверхонь циліндрів, в цьому випадку такий знос найчастіше є «природним», тобто стає результатом експлуатації двигуна в нормальних робочих режимах. Сам ремонт циліндрів в цьому випадку найчастіше припускає розточування та хонінгування циліндра (нанесення хона). Це дозволяє усунути еліпсність циліндра, видалити подряпини і задирки на дзеркалі.

Більш складним випадком можна вважати обрив шатуна, оскільки ушкодження в цьому разі зазвичай більш серйозні. Також причиною виникнення дефектів блока є і обрив клапана, руйнування сідла клапана тощо. Результат – задирки на поверхні циліндра та інші пошкодження. Також у списку частих несправностей потрібно виділити тріщини блока або гільзи.

Ще додамо, що існують так звані «приховані» проблеми, тобто визначити дефекти візуально в рамках поверхневого огляду може бути важко. Водночас некваліфікований ремонт, який обмежений банальною заміною зношених частин, все одно призведе до того, що двигун потрібно буде розбирати повторно через кілька сотень або тисяч кілометрів пробігу.

Отже, ремонт блока циліндрів і відновлення самих циліндрів передбачає:

- ретельне очищення поверхонь БЦ;
- потім проводиться перевірка на герметичність каналів системи охолодження в блоці (сорочка охолодження);
- також промиваються і очищаються, а потім перевіряються масляні канали;
- далі проводиться огляд циліндрів з метою виявлення різних дефектів;
- потім проводиться розточування/гільзування блока, шліфування поверхонь і т. д.

Для багатьох двигунів розточування циліндрів є обов'язковою процедурою в рамках капітального ремонту двигуна. Для виконання процедури використовується спеціальний верстат для розточування циліндрів двигунів. Під самим розточенням блока потрібно розуміти обробку внутрішньої поверхні.

Така обробка фактично являє собою зняття шару металу для вирівнювання нерівностей, видалення задирів, згладжування раковин і т. д. Головна задача обробки полягає в тому, щоб надати циліндрам нормальну форму (циліндричну).

Наступним кроком після розточування є хонінгування. Нанесення хона на внутрішні поверхні циліндрів виконується дрібнозернистим абразивним матеріалом (хонінгувальний брус на хонінгувальній головці). Сама хонінгувальна головка кріпиться в шпинделі хонінгувального верстата. Такий верстат дозволяє реалізувати обертові та зворотно-поступальні рухи.

Ще ремонт блока циліндрів може припускати гільзування або

перегільзування. У першому випадку потрібно розуміти встановлення гільз, хоча заводська конструкція спочатку цього не передбачає. У другому – зношену гільзу витягують з блока, після чого встановлюють ремонтну нову.

Як правило, гільзування блока може бути виконано двома способами – коли гільзу охолоджують рідким азотом або ж здійснюється нагрівання відповідної деталі. У першому випадку охолоджена гільза зменшується в розмірі і з легкістю ставиться (запресовується) на посадкове місце. Другий спосіб припускає нагрівання. Обидва методи запресовування гільз дозволяють домогтися потрібного натягу.

Наостанок зазначимо, що також в рамках відновлення блока може знадобитися виконати ремонт підшипників колінчастого вала. Також в деяких випадках виникає необхідність усунути деформацію блока. Для цього використовується метод штучного старіння, коли блок нагрівають до певної температури, після чого проводиться обробка різних ділянок.

Блок циліндрів автомобіля Chevrolet Lacetti 1.8L E-TEC III LDA виготовлений із сірого чавуну марки СЧ 22-44, циліндри (гільзи) розточені разом у блоці. Головка блока циліндрів відлита із алюмінієвого сплаву на основі Al-Si (алюміній-кремній), марки: AlSi7Mg (AK7) – літій алюмінієвий сплав з кремнієм і магнієм. AlSi10Mg – це літій алюмінієвий сплав з кремнієм і магнієм, який відзначається високою міцністю та гарною термостійкістю. AlSi6Cu4 – це літій алюмінієвий сплав з кремнієм і міддю, який відзначається високою міцністю та термостійкістю.

Основні конструктивні елементи блока циліндрів: стінки сорочки охолодження і верхнього картера, посадочні отвори під втулки розподільного вала, посадочні отвори під гільзу, гнізда під вкладиші колінних підшипників; привалочні поверхні під головку блока, кришки розподільних шестерень, картера зчеплення та ін. Конструктивні елементи гільзи – отвори під поршень, посадочна і зовнішня поверхні, буртик. Блок циліндрів відноситься до класу «товстостінних корпусних деталей», гільза – до класу «порожніх циліндрів». Заготовки отримують відливанням і піддають низькотемпературному відпалу та старінню. Вимоги до точності розмірів в межах квалітетів 4...7, відхилення форми (нециліндричність, неплощинність та ін.) не мають перевищувати 0,010 – 0,020 мм, відхилення розташування (непаралельність, неперпендикулярність та ін.) – 0,020 – 0,050 мм на 100 мм довжини. Настановною базою слугують: для блока – привалочна поверхня масляного картера, для гільзи – фаски отвору під поршень.

Вид і характер дефектів. Способи їх усунення. У процесі роботи двигуна на блок циліндрів і гільзу впливають сили тертя, внутрішні напруження в металі, вібрація, агресивність середовища та ін. Все це призводить до зношування ($\Delta_{не\parallel}$ до 0,150 мм, $\Delta_{не\perp}$ до 0,120 мм), порушень якості поверхні – задирки, риски, корозія, (рис. 11.1), механічних пошкоджень (тріщин, дефектів) і відхиленням розташування (непаралельність, неперпендикулярність та ін.).

Механічні та корозійні пошкодження усуваються обробкою деталей

під ремонтні розміри (РР) або встановленням додаткових ремонтних деталей (ДРД), заварюванням в середовищі аргону, а також синтетичними матеріалами.

Деформації різного характеру усуваються слюсарно- механічною обробкою.

На рис. 11.1 показано дефекти гільзи блока циліндрів.



Рисунок 11.1 – Дефекти гільзи блока циліндрів

Порядок виконання роботи

11.1. Перевірити за описом комплектність. З'ясувати конструктивні елементи деталей та технологічні вимоги до них, вид і рід тертя, характер навантажень, що сприймаються, агресивність середовища, вид і характер дефектів, способи та засоби дефектації, методи усунення дефектів і технології ремонту.

11.2. Призначити конструктивні елементи, що підлягають дефектації:

а) блок циліндрів (стілки сорочки охолодження і верхнього картера, різьбові отвори під шпильку кріплення головки блока);

б) гільза циліндрів (отвір під поршень, посадочна поверхня).

Назву дефекту записати в графу 2 табл. 11.1 звіту. Для кожного конструктивного елемента, що підлягає дефектації, визначити технологічні параметри (точність розміру, форми і розташування; вимоги до якості поверхні; величину допустимого зносу, ремонтні розміри) і їх значення, а також способи і засоби контролю.

Значення технологічних параметрів записати в графу 3 та 4, а найменування способів і засобів дефектації – в графу 5 та 6 табл. 11.1 звіту.

11.3. Визначити стан конструктивних елементів блока циліндрів:

11.3.1. Оглядом встановити наявність вибраковувальних ознак гільз блока циліндрів.

11.3.2. За наявності пошкоджень будь-якого характеру, встановлених оглядом, гільзи вибраковуються.

11.3.3. Виміряти штангенциркулем діаметр верхнього неспрацьованого поясочка циліндра.

11.3.4. За допомогою індикаторного нутроміра виміряти циліндр в трьох перерізах I, II, III на відстані $\frac{H}{6}; \frac{H}{12}; H$ – довжина гільзи (рис. 11.2). Перед вимірюванням отвору індикаторний нутромір необхідно встановити на базовий розмір, яким є найбільший цілий розмір вимірюваного отвору.

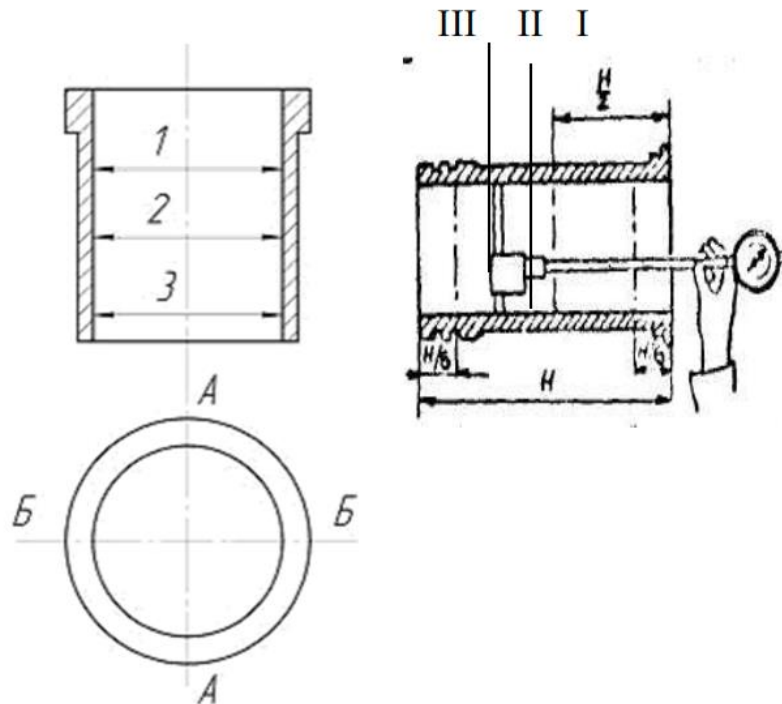


Рисунок 11.2. – Схема вимірювання діаметра гільзи циліндра

11.3.5. Розрахувати величину загального зносу ($Z_{н\text{ заг}}$) для всіх гільз, мм:

$$Z_{н\text{ заг}} = D_{zn} - D_n; \quad (11.1)$$

де D_{zn} – найбільше значення діаметра всіх заміряних гільз цього блока (використовувати величину з найбільшим зносом);

D_n – діаметр гільзи до початку експлуатації (найбільший граничний розмір за робочим або ремонтним креслеником).

11.3.6. Розрахувати величину одностороннього нерівномірного зносу (Z_n), мм

$$Z_n = \beta \times Z_{н\text{ заг}}, \quad (11.2)$$

де β – коефіцієнт нерівномірності зносу $\beta = 0,6$ [5, 12].

11.3.7. Розрахувати овальність і конусність, мм:

$$\Delta_{ов} = D_{A-A1-1} - D_{B-B1-1}; \quad (11.3)$$

$$\Delta_{кон} = D_{max A-A} - D_{min A-A}; \quad (11.4)$$

Для кожної гільзи – три значення овальності і два конусності.

Дефектацію вести за найбільшим значенням;

11.3.8. Розрахувати розмір обробки отвору D_p , мм:

$$D_p = D_{зн} + 3_n + 2 \cdot Z, \quad (11.5)$$

де Z – мінімальний односторонній припуск на обробку (для розточування і хонінгування $2Z = 0,150$ мм) [12];

Порівняти величину D_p із значеннями категорійних ремонтних розмірів D_{pp} і призначити категорію ремонтного розміру – одну для всіх гільз (вибрати найближчу велику категорію PP):

$$D_{pp} \geq D_p. \quad (11.6)$$

11.4. Порівняти дійсний стан параметрів конструктивних елементів з вимогами щодо капітального ремонту. У разі направлення деталі в ремонт потрібно вказати спосіб усунення дефекту.

Таблиця 11.1 – Дані по значеннях даних дефектів та характеристики засобів їх контролю для двигуна Chevrolet Lacetti 1.8L E-TEC III LDA

№ дефекту	Контрольовані дефекти	Розміри дефектів, мм		Методи контролю		Висновок
		Заданий	Граничний	назва	Параметри контролю	
1	2	3	4	5	6	7
1	Тріщина, злом	–	Граничний	Дефектоскопія	ПМД – 70	Вибраковувати
2	Кавітація	Наскрізні раковини не допускаються	–	Огляд	–	Підлягає ремонту
3	Риска, корозія	–	Граничний	Огляд	–	Ремонт гільзи
4	Зношування, некруглість, конусність	$80,00 \pm 0,04$	80,04	нутромір	100 – 160 (Стандарт 9244-75, 8144-1300ДЛ, ОСТ 70.0001.024-80)	Ремонт гільзи

Продовження таблиця 11.1

1	2	3	4	5	6	7
	Овальність	0,02	0,03	нутромір	–	
	Посічення гільзи	0,06	0,08	Огляд	–	
5	Зношування, верхній посадковий пояс	$153_{-0,090}^{-0,050}$	152,80	мікрометр	МК175-2, СТАНДАРТ 6507-78	Підлягає ремонту
	Параметри овальності та конусності	0,02	0,04			
6	Зношування нижнього посадкового пояса	$151_{-0,090}^{-0,050}$	150,80	мікрометр	МК175-2, СТАНДАРТ 6507-78	Підлягає ремонту
7	Зношування опорного бортика	12,10+0,03	12,00	мікрометр	МК175-2, СТАНДАРТ 6507-78	Підлягає ремонту
	Розмір для ремонту	11,70+0,03	11,60			

Контрольні питання

1. Перерахуйте основні конструктивні елементи блока циліндрів і його дефекти.
2. Перерахуйте основні конструктивні елементи гільзи циліндра і її дефекти.
3. Як встановити індикаторний нутромір на базовий розмір?
4. Як встановити мікрометр на «0»?
5. Як визначити величину ремонтного розміру для отвору?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 12

ДЕФЕКТАЦІЯ КОЛІНЧАТОГО ВАЛА

Мета роботи.

Набуття практичних навичок визначення дефектів та їх поєднань колінчастого вала, використання засобів контролю і техніки дефектації, керівних документів з капітального ремонту автомобілів.

Пристосування, інструменти: лабораторний стіл, прилад ПМБ-500 для установлення деталей в центрах і перевірки биття (рис. 12.1), штатив Ш-П-Н, стояк мікрометра С-IV, мікрометр важільний МР-75, мікрометричний глибиномір 0-100, штангенциркуль ШЦ-1-160-0,1 ГОСТ 166-89, індикатор часового типу, глибиномір ГІ 0-100, лупа чотирикратного збільшення, штангенрейсмус ПР-250-0,05, ГОСТ 164-90, штангенглибиноміри, індикатор годинникового типу.

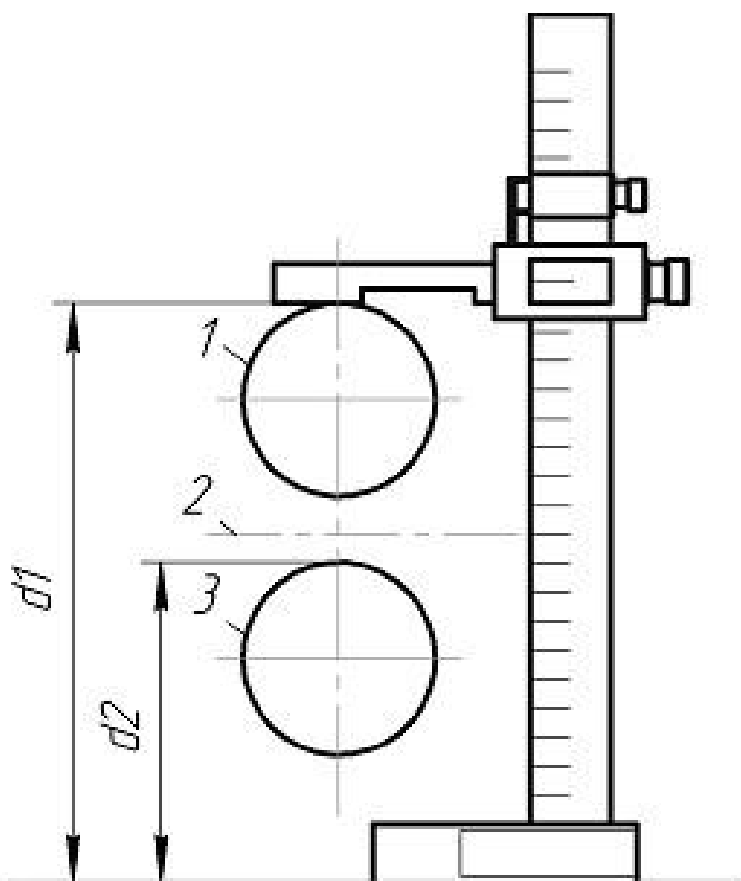


Рисунок 12.1 – Схема визначення радіуса кривошипа колінчастого вала:

- 1 – шатунна шийка в верхньому положенні; 2 – вісь корінних шийок;
- 3 – шатунна шийка в нижньому положенні

Короткі теоретичні відомості

Колінчастий вал отримує силу, яка йому передається шатунами від поршнів та перетворює її в крутний момент, що передається через маховик до трансмісії.

Колінчастий вал має два типи шийок: корінні та шатунні, а також противаги. В передній частині вала знаходиться шків привода вентилятора та шпонковий паз для розподільної шестерні. Задня частина колінчастого вала створена у вигляді фланця, до якого болтовим з'єднанням прикріплено маховик [5, 12].

У задній торцевій частині колінчастого вала встановлено підшипник вала коробки передач. Від кількості циліндрів залежить розташування шийок. Шатунні шийки колінчастого вала виготовляються в різних площинах для забезпечення урегулювання тактів в циліндрах.

У двигуні кількість корінних шийок колінчастого вала на одну більше за шатунні. Кожна шатунна шийка має з двох сторін корінну, вони з'єднані між собою щоками. Для зменшення відцентрової сили, що створюється кривошипамі, передбачено противаги. Для того щоб збільшити твердість поверхні шийок вала, їх піддають гартуванню струмами високої частоти.

Корінні та шатунні шийки з'єднані каналами, які висвердлені в щоках вала і підводять мастило від корінних підшипників до шатуна. У кожній шатунній шийці є порожнина, яка збирає весь бруд до себе, сюди також потрапляє мастило від корінних шийок. Під час обертання вала частинки бруду, які є в мастилі, під дією відцентрової сили відділяються від мастила та осідають на стінці брудозбірника, а до шатунних шийок потрапляє очищене мастило. Очищення брудозбірників відбувається через закручені в їх торцях різьбові пробки тільки коли двигун розбирають. Переміщення вала в подовжньому напрямі обмежується упорними шайбами, розташованими із двох сторін першого корінного підшипника. У місцях виходу колінчастого вала з картера двигуна є сальники та ущільнення, які запобігають витіканню мастила. На передньому кінці вала встановлено гумовий сальник, а на задньому кінці зроблено мастилогінну різьбу [5, 12].

На рис. 12.2 наведено ескіз колінчастого вала з вказаними номерами поверхонь.

Вимоги до точності розмірів: у межах квалітетів 4 – 5 (для шийок валів) і квалітетів 6 – 7 для решти конструктивних елементів, відхилення форм і розташування не мають виходити за межі поля допуску 5-го квалітету. Відхилення радіусу кривошипа не мають перевищувати значення $\pm 0,05$ мм. Шорсткість поверхні шийок – не грубіше $Ra = 0,32$ мкм. Колінчасті вали мають бути динамічно відбалансованими.

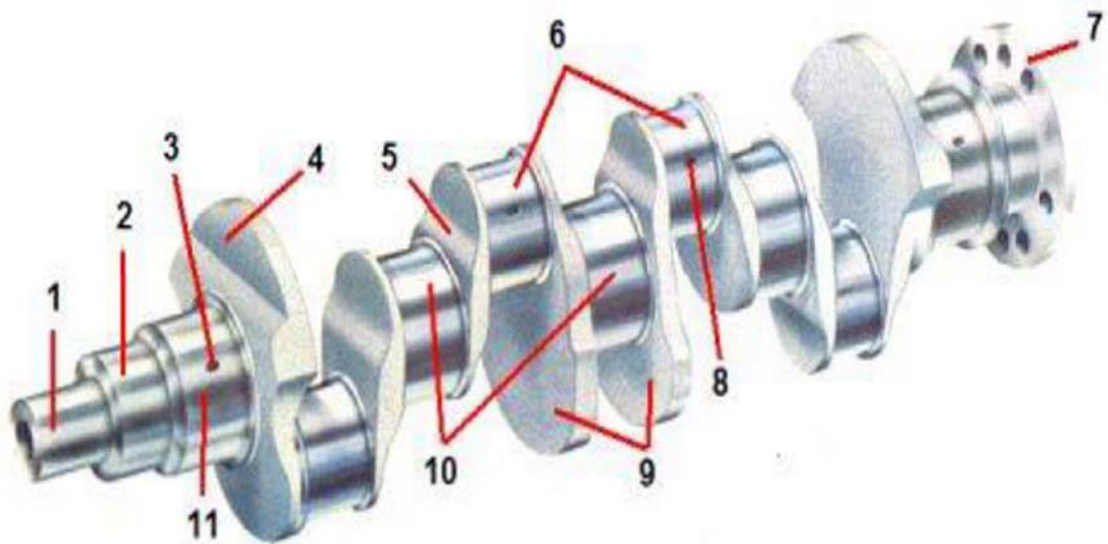


Рисунок 12.2 – Ескіз колінчастого вала з вказаними номерами поверхнь:

- 1 – носок колінчастого вала; 2 – посадочне місце зірочки (шестерні) привода розподільного вала; 3 – отвір підведення мастила до корінної шийки; 4 – противага; 5 – щока; 6 – шатунні шийки; 7 – фланець крутня; 8 – отвір підведення мастила до шатунної шийки; 9 – противаги; 10 – корінні шийки; 11 – корінна шийка упорного підшипника

Вид і характер дефектів. Способи їх усунення

В процесі роботи на колінчастий вал впливають сили тертя, вібрація, знакозмінні навантаження, середовище та ін. Це викликає появу зносу, ($\Delta_{ов}$ – до 0,1 мм, $\Delta_{конус}$ – до 0,08 мм), порушення якості поверхні шийок колінчастого вала (риски, корозія), порушення якості поверхні шийок (задирки, риски, корозія), механічні пошкодження (тріщини, дефекти різей), відхилення розташування ($\Delta_{биття}$ – до 0,150 мм), а також появу прихованих дефектів.

Приховані дефекти визначаються за допомогою люмінесцентних (ЛДА-3, ЛД-2), магнітних (МДВ, 77МД-1, ПЕД-2) та ультразвукових (УЗД-7Н) дефектоскопів.

Виниклі дефекти усувають обробкою під ремонтні розміри, слюсарно-механічною обробкою, наплавленням під шаром легованого флюсу або плазмовим напиленням. Биття усувають пластичною деформацією (правкою).

Завдання роботи: підготовка вихідних даних для дефектації деталей; визначення технічного стану деталей; сортування деталей за результатами контролю; призначення способу ремонту та зміст операцій за дефектною технологією; оформлення звіту за результатами роботи.

Порядок виконання роботи

12.1. Призначити конструктивні елементи, що підлягають дефектації (корінні й шатунні шийки, перший кривошип, колінчастий вал), їх назви записати в графу 2 табл. 12.1 звіту. Для кожного конструктивного елемента визначити технологічні параметри (розміри за робочим креслеником, допустимі без ремонту, ремонтні вимоги до точності розміру, форми і розташування, до якості робочої поверхні) та їх значення, а також способи і засоби дефектації. Значення параметрів і найменування способів та засобів дефектації записати в графу 5 табл. 12.1 звіту.

12.2. На центрових фасках не має бути забоїн. Вал з пошкодженими центровими фасками встановлювати на прилад ПБМ-500 не можна. За наявності зірваних ниток в різі – визначають їх кількість.

12.3. Встановити наявність дефектних ознак, а у разі їх відсутності – місця розташування і характер відколів, рисок, задирів та інших видимих дефектів. Результати записати в графу 4 табл. 12.1 звіту.

12.4. Виміряти діаметри шийок мікрометром. Вимірювання кожної шийки провести в поясах I-I, II-II (рис. 12.3, а) і двох взаємно перпендикулярних площинах А-А і Б-Б (А-А для всіх корінних шийок береться в площині кривошипа першої шатунної шийки). Пояси знаходяться біля кінців шийки на відстані, що дорівнює 1/4 від її загальної довжини; перший пояс ближче до носка вала. Результати замірів записати в табл. 12.1 звіту.

12.5. Розрахувати величину загального зносу $Z_{н\text{заг}}$ для всіх шийок, мм:

$$Z_{н\text{заг}} = d_n - d_{zn}; \quad (12.1)$$

де d_n – діаметр шийки до початку експлуатації (найменший граничний розмір за робочим або ремонтним креслеником);

d_{zn} – мінімальний діаметр шийки (використовувати значення з найбільшим зносом).

12.6. Розрахувати величину одностороннього нерівномірного зносу Z_n , мм:

$$Z_n = \beta \cdot Z_{н\text{заг}}; \quad (12.2)$$

де β – коефіцієнт нерівномірності зносу, $\beta = 0,75$ [5, 12].

12.7. Визначити нециліндричність (овальність $\Delta_{ов}$ і конусоподібність $\Delta_{конус}$), мм:

$$\Delta_{ов} = D_{A-A1-1} - D_{B-B1-1}; \quad (12.3)$$

$$\Delta_{кон} = D_{max\ A-A} - D_{min\ A-A}; \quad (12.4)$$

Для кожної шийки отримати два значення овальності і два конусоподібності. Найбільші значення записати в табл. 12.1 звіту.

12.8. Визначити розмір обробки корінних шийок (за зносу в межах ремонтних розмірів РР), мм. Розрахунок вести для шийки, що має найбільший знос:

$$d_p = d_{zn} - 3H - 2Z; \quad (12.5)$$

де d_{zn} – найбільший граничний розмір ремонтваної шийки;

Z – мінімальний односторонній припуск на обробку (для шліфування $2Z = 0,10$ мм). Записи розрахунків внести в табл. 12.1 звіту.

Категорію РР, діаметр і допуск записати в графу 6 табл. 12.1 звіту.

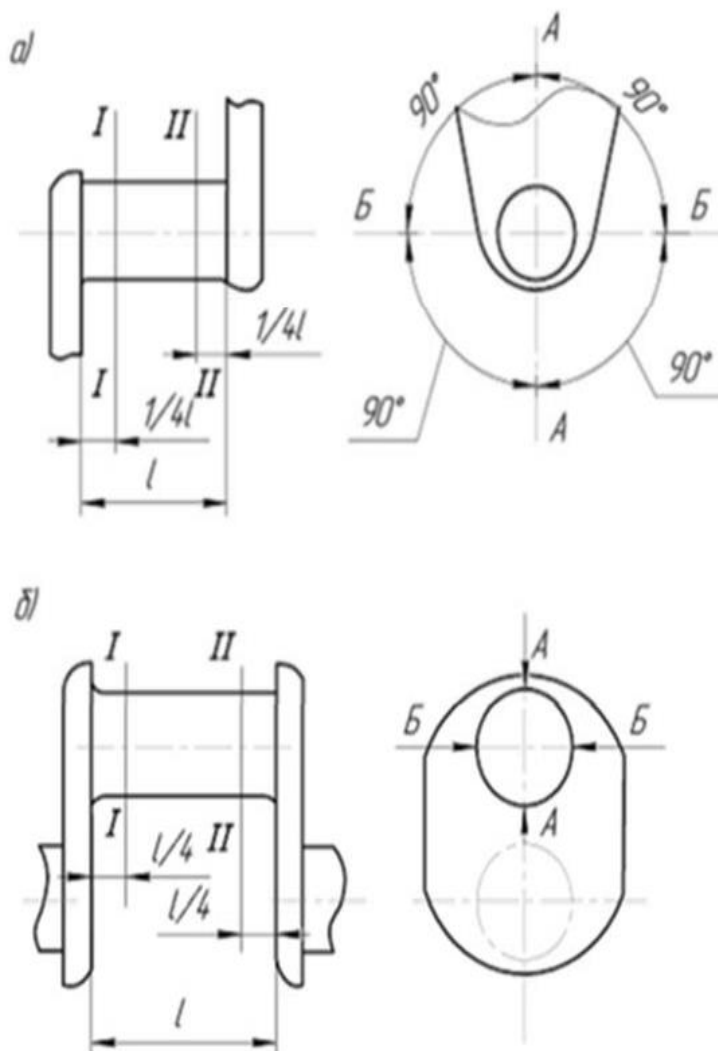


Рисунок 12.3 – Схема заміру діаметрів шийок колінчастого вала
 а) – корінні шийки; б) – шатунні шийки

12.9. Виміряти довжину першої корінної шийки. Забір вести мікрометричним глибиноміром в двох місцях під кутом 180° . Значення записати в графу 4 табл. 12.1 звіту.

Визначити розміри шатунних шийок. Виміряти діаметри шийок мікрометром. Вимірювання кожної шийки провести в поясах I-I і II-II (рис. 12.3, б) і двох взаємно перпендикулярних площинах: перша (А-А) – паралельно площині кривошипа заміряної шийки, друга (Б-Б) – перпендикулярно до першої. Пояси знаходяться біля кінців шийки на відстані $1/4$ від її загальної довжини. Результати замірів записати в табл. 12.1 звіту.

12.10. Визначити величину радіуса кривошипа, $R_{кр}$. Виміряти радіус кривошипа (рис. 12.3), для чого встановити першу шатунну шийку у верхнє положення і штангенрейсмусом заміряти відстань a_1 до опорної площадки, повернути колінчастий вал на 180° і заміряти відстань a_2 .

Обчислити $R_{кр} = (a_1 - a_2) / 2$.

12.11. Визначити радіальне биття колінчастого вала. Радіальне биття визначається за середньою (щодо крайніх) шийкою. Для цього стержень індикатора впирають в середню корінну шийку, забезпечивши натяг, повертають колінчастий вал, поки стрілка не займе одне з крайніх положень. Потім повертають вал на 180° і визначають нове положення стрілки. Різниця між двома показниками і означає биття вала. Величина прогину вала дорівнює половині величини його биття.

Таблиця 12.1 – Результати замірів

Об'єкт вимірювання	Пояс вимірювань	Площина вимірів	Номер шийки				
			1	2	3	4	5
	I-I	А-А					
		Б-Б					
		Овальність					
Корінні шийки	II-II	А-А					
		Б-Б					
		Овальність					
	Конусоподібність	А-А					
		Б-Б					
Шатунні шийки	I-I	А-А					
		Б-Б					
		Овальність					
	II-II	А-А					
		Б-Б					
		Овальність					
	Конусоподібність	А-А					
		Б-Б					

Контрольні питання

1. Перерахуйте основні конструктивні елементи колінчастого вала і його дефекти.
2. Які параметри характеризують стан шийок колінчастого вала?
3. Як перевірити колінчастий вал на прогинання?
4. Як впливає зміна радіуса кривошипа колінчастого вала на роботу двигуна?
5. Як визначити значення ремонтного розміру для шийок колінчастого вала?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 13

ДЕФЕКТАЦІЯ РОЗПОДІЛЬНОГО ВАЛА

Мета роботи.

Закріплення і розвиток знання, способів, засобів та техніки дефектації деталей, придбання практичних навичок визначення дефектів і їх поєднань, використання засобів контролю та керівництва з капітального ремонту автомобілів, з'ясування характеру робіт, виконуваних дефектувальником.

Завдання роботи.

Підготовка вихідних даних для дефектації деталей; визначення технічного стану деталей; сортування деталей за результатами контролю; призначення способу ремонту та змісту операцій за післядефектною технологією; оформлення звіту про результати роботи.

Устаткування й оснащення робочого місця: лабораторний стіл, прилад для установлення деталей в центрах ПБМ-500, лупа чотирикратного збільшення, мікрометр важільний МР-50 і МР-75, індикатор годинникового типу, шаблони з профілем впускних і випускних кулачків.

Короткі теоретичні відомості

Конструктивно-технологічна характеристика деталі. Розподільний вал у двигуні – це пальцеподібний осьовий механізм, що рухається колінчастим валом і має на своїй поверхні кілька еліптичних виступів (кулачків) – по одному для кожного впускного та випускного клапана, що знаходиться у двигуні. У той час як розподільний вал обертається (під дією колінчастого вала), ці еліптичні виступи регулюють відкриття та закриття клапанів, штовхаючи їх у певній черзі.

Перші симптоми виходу з ладу розподільного вала:

- ненормальний шум під час роботи клапанів;
- осічки двигуна.

Обслуговування розподільного вала полягає в регулярній перевірці та, за необхідності, заміні його сальників. Так, заміна зазвичай проводиться, коли замінюється ремінь газорозподільного механізму.

Основні конструктивні елементи розподільного вала – опорні шийки, впускні і випускні кулачки, шийка під розподільну шестерню, різьба під болт кріплення шестерні, ексцентрик привода паливного насоса, шестерня привода розподільника, центрові отвори (рис. 13.1). Вимоги до точності розмірів, форми, розміщення і шорсткості основних поверхонь аналогічні вимогам, що висуваються до розподільного вала.



Рисунок 13.1 – Розподільний вал

Вид і характер дефектів. Способи їх усунення. В процесі роботи на розподільний вал впливають сили тертя, вібрація, знакомінні навантаження, середовище та ін. Все це викликає появу зношування (знос Δ_{zn} – до 0,05 мм), порушення якості поверхні шийок (задирки, риски, корозія), механічні пошкодження (викришування зубів шестерень, відколи на торцях вершин кулачків), відхилення розташування ($\Delta_{биття}$ – до 0,10 мм). Дефекти, якщо вони не мають бракувальних ознак, усувають обробкою під ремонтні розміри (РР), слюсарно-механічною обробкою, пластичним деформуванням, вібродуговим наплавленням, наплавленням під шаром легувального флюсу.

Порядок виконання роботи

13.1. Підготувати початкові дані:

13.1.1. З'ясувати особливості конструктивних елементів розподільного вала (опорні шийки, кулачки, посадочне місце під розподільну шестерню, розподільний вал та ін.), технологічні параметри, що визначають їх роботоздатність (точність розміру, форми і розташування, шорсткість, ремонтні розміри та розміри, допустимі без ремонту) і способи дефектації;

13.1.2. Записати в карту дефектації найменування заданих для дефектації конструктивних елементів, величини їх технологічних параметрів (за змоги) і засобу дефектації;

13.1.3. Накреслити на бланку звіту таблиці результатів вимірів і розрахунків (табл. 13.1 та 13.2);

13.2. Уточнити і доповнити початкові дані для дефектації, за креслениками;

13.3. Визначити стан конструктивних елементів розподільного вала:

13.3.1. Оглядом встановити наявність вибракувальних ознак, а за їх відсутності – місця розташування і характер задирів та інших видимих пошкоджень, а також стан фасок центрових отворів і різьб. На центрових фасках не має бути забоїн. За наявності зірваних ниток в різьбі – визначають їх кількість;

13.3.2. Встановити вал в центрі верстата;

13.3.3. За допомогою мікрометра виміряти діаметри опорних шийок.

Вимірювання кожної шийки провести в поясах I–I, II–II (рис. 13.2, а) і двох взаємно перпендикулярних площинах А–А і Б–Б (площина А–А розташована в площині першого кулачка);

13.3.4. Розрахувати величину загального зносу ($Z_{н\text{ заг}}$) для всіх шийок, мм:

$$Z_{н\text{ заг}} = d_n - d_{зн}; \quad (13.1)$$

де d_n – діаметр шийки до початку експлуатації (найменший граничний розмір за робочим або ремонтним креслеником);

$d_{зн}$ – мінімальний діаметр шийки (використовувати значення з найбільшим зносом);

13.3.5. Розрахувати величину одностороннього нерівномірного зносу (Z_n), мм:

$$Z_n = \beta \cdot Z_{н\text{ заг}}; \quad (13.2)$$

де β – коефіцієнт нерівномірності зносу $\beta = 0,75$;

13.3.6. Розрахувати овальність, конусність, мм:

$$\Delta_{ов} = d_{A-A1-I} - d_{B-B1-I}; \quad (13.3)$$

$$\Delta_{кон} = d_{max\ A-A} - d_{min\ A-A}. \quad (13.4)$$

Для кожної шийки розрахувати два значення овальності і два конусності. Найбільше зі всіх значень записати в карту дефектації;

13.3.7. Розрахувати ремонтний розмір обробки опорних шийок (d_p) за зносу в межах ремонтного розміру, мм (розрахунок вести за шийкою, що має найбільший знос):

$$d_p = d_{зн} - Z_n - 2 \cdot Z; \quad (13.5)$$

де $d_{зн}$ – найбільший граничний розмір ремонтної шийки;

Z – мінімальний односторонній припуск $2 \cdot Z = 0,10$ мм.

Порівняти величину d_p зі значенням категорій ремонтних розмірів d_{pp} та призначити найближчу меншу категорію, одну для всіх шийок:

$$d_{pp} \leq d_p; \quad (13.6)$$

13.3.8. За допомогою мікрометра виміряти діаметри циліндричної частини кулачків (розмір b , рис. 13.2, в) в одному поясі (посередині) і висоту кулачків (розмір a , рис. 13.2, в). Розрахувати висоту підйому кожного клапана $H = a - b$. Найменший розмір циліндричної частини і висоту підйому клапана записати в карту дефектації;

13.4. Визначити радіальне биття розподільного вала. Радіальне биття розподільного вала визначають за середньою (відносно крайніх) шийкою. Для цього стержень індикатора упирають в середню шийку. Забезпечивши натяг, повертають вал, поки стрілка не займе одне з крайніх положень. Потім повертають вал на 180° і визначають нове положення стрілки. Різниця між максимальним і мінімальним значеннями й визначить биття вала. Величина прогину вала дорівнює половині величини його биття.

13.5. Порівняти дійсний стан параметрів конструктивних елементів з вимогами до капітального ремонту і в графу «Висновок» бланка звіту записати категорію стану деталі («Без ремонту», «В ремонт», «Брак»). У разі направлення деталі в ремонт потрібно вказати спосіб усунення дефекту.

13.6. З'ясувати вид і характер дефектів.

13.7. Здати звіт і захистити результати роботи.

Таблиця 13.1 – Результати замірів

Пояс вимірювання		Площина вимірювань	Номери шийок				
			1	2	3	4	5
Опорні шийки	I-I	A-A					
		Б-Б					
	II-II	Овальність A-A					
		Овальність Б-Б					

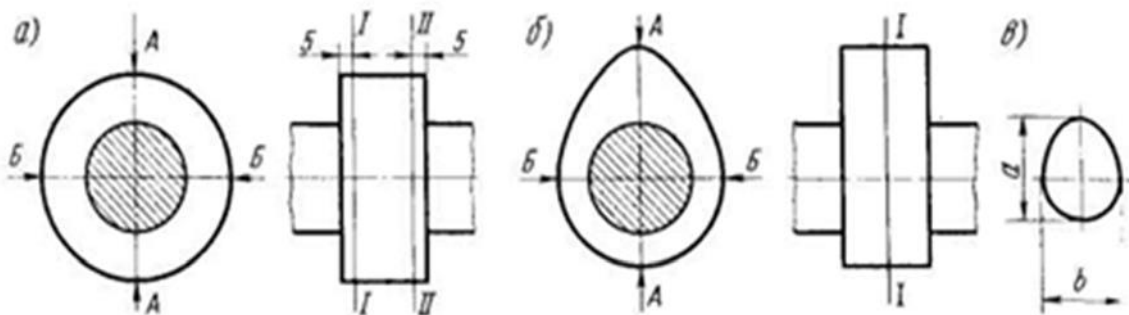


Рисунок 13.2 – Схема обміру опорних шийок (а) і кулачків (б, в) розподільного вала

Таблиця 13.2 – Результати замірів

Кулачки	Місця виміру	Номер кулачків				
		1	2	3	4	5
впускні	А Б-Б $h = a - b$ Конусоподібність					
випускні	А Б-Б $h = a - b$ Конусоподібність					

Контрольні питання

1. Перерахуйте основні конструктивні елементи розподільного вала і його дефекти.
2. Які параметри характеризують стан опорних шийок і кулачків розподільного вала?
3. Як визначити найбільший граничний розмір шийки, за якою призначається категорія ремонтного розміру (РР)?
4. Як перевірити розподільний вал на прогинання?
5. В якій послідовності встановлюється мікрометр на «0»?
6. Як перевірити профіль кулачка розподільного вала?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 14

ДЕФЕКТАЦІЯ ШАТУНА

Мета роботи.

Закріплення і розвиток знання способів, засобів і техніки дефектації деталей, отримання практичних навичок визначення дефектів та їх сполучень, використання засобів контролю й інструкції з капітального ремонту автомобілів, виявлення характеру робіт, виконуваних дефектувальником.

Задача роботи.

Підготовка вихідних даних для дефектації деталей; визначення технічного стану деталей; сортування деталей за результатами контролю; призначення способу ремонту і зміст операцій за дефектною технологією; оформлення звіту за результатами роботи.

Обладнання і облаштування робочого місця: стіл дефектувальника, джерело стисненого повітря з тиском до 0,6 МПа, лещата слюсарні, пристрій для контролю шатунів, пневматичний гайковерт, динамометричний ключ з головками, індикаторні нутроміри НИ 18-50 і 50-100, мікрометри важільні МР-50 і МР-75, штангенциркуль ШЦ-П-160-0,05.

Короткі теоретичні відомості

Конструктивно-технологічна характеристика деталі

Шатуни сучасних автомобільних двигунів виготовляють зі сталі 40, 40Х та 40Г штампуванням або методом періодичної прокатки з подальшою термообробкою, яка містить нормалізацію, загартовування та високий відпуск. Внаслідок термообробки твердість шатунів значно підвищується і досягає НВ 207...255 (сталь 40), НВ 229...255 (сталь 40Г), НВ 228...269 (сталь 45, 40Х). Точність розмірів оброблюваної поверхні має знаходитися в межах 4 – 5 квалітетів, а відхилення розташування поверхонь не має перевищувати 0,02...0,05 мм на 100 мм довжини. Шатуни мають відповідати заданій вазі. Відстань між осями головок витримується з точністю до $\pm 0,05$ мм. Шорсткість оброблених отворів Ra не більше 0,63 мкм. Установочними базами слугують основні робочі поверхні.

У процесі роботи на шатуни діють значні навантаження від тиску газів у циліндрах та інерційних сил, які спричиняють появу дефектів у вигляді деформацій, згинання, викривлення та спрацювання поверхонь шатуна.

Найчастіше зустрічаються такі дефекти шатуна:

- згинання й закручення стержня;
- забоїни або спрацювання на площинах прилягання головок шатунних болтів та гайок;
- спрацювання нижньої головки шатуна й кришок по ширині;
- забоїни або риски на робочих поверхнях нижньої головки;
- спрацювання отвору верхньої головки шатуна;
- деформування та спрацювання отвору нижньої головки шатуна.

Шатуни вибраковуюються за наявності різноманітних тріщин, а також скривлення, не придатного до правки. Виявлені спрацювання шатунів ліквідують слюсарно-механічною обробкою та залізненням. Деформація шатуна ліквідується правкою з наступною термічною стабілізацією.

Вид і характер дефектів. Способи їх усунення. В процесі роботи на шатун діють значні навантаження від тиску газів в циліндрах і інерційних сил, що викликають напруження згину і кручення в умовах підвищеної температури та контактних циклічних навантажень на поверхню отворів. Основні конструктивні елементи шатуна – верхня і нижня головки, стержень шатуна, отвори під болти нижньої головки.

Це викликає появу зношення отворів (Δ_{zn} до 0,05 мм) і торців нижньої головки (Δ_{zn} – до 0,1 мм). Деформація від згину і скручування може досягати $\Delta_{згн} = 0,2$ мм на 100 мм довжини. Зношування усувають слюсарно-механічною обробкою чи залізненням; деформації – правкою «вхолонду» з наступною термічною стабілізацією. У разі механічних пошкоджень шатун бракують.

Прилад для контролю шатунів (рис. 14.1) складається із плити 1, на якій установлюють основу вимірювального вузла 2, корпусу 7, пневматичного привода цангового розжиму 8 і розподільного крана. Основні деталі приладу: контрольні площадки 3, скоба індикаторів 5, індикатори годинникового типу 4, цанговий розжим 8, рукоятка 9 розподільного крана 10 управління розжимом, еталон 6 для установлення індикаторів на «0».

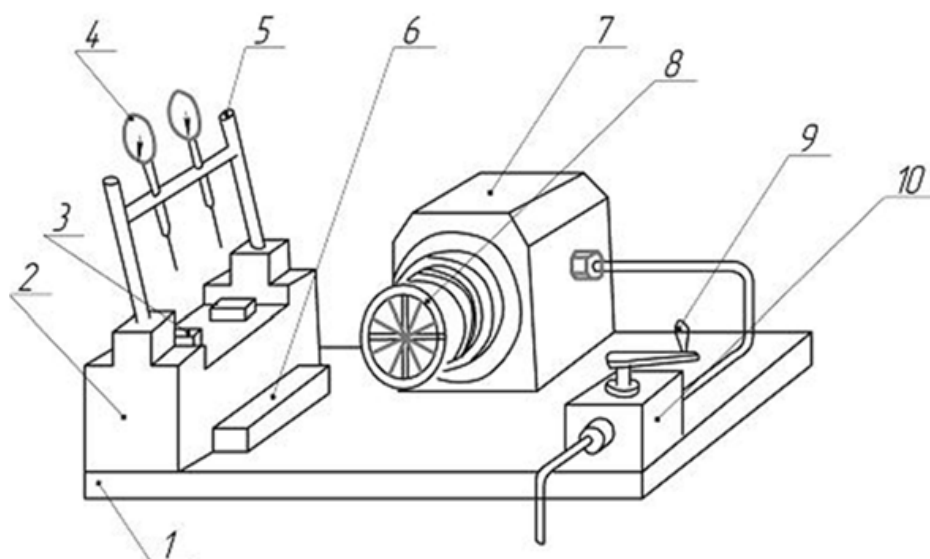


Рисунок 14.1 – Прилад для контролю шатунів

Робота на приладі. Виконати установлення шкал індикаторів на «0», для чого помістити еталон на площадку; скобу з індикаторними головками відвести в верхнє положення; вимірювальні стержні індикаторів сперти на верхню частину еталона; встановити шкали на «0» і скобу відвести в горизонтальне положення; вставити оправку в отвір верхньої головки шатуна (як вставляють поршневий палець). Закріпити шатун з оправкою в зборі в пристосування, для чого нижню головку шатуна надіти на цанговий розжим і доштовхнути до упору, повертаючи шатун проти годинникової стрілки, опустити верхню головку з оправкою на площадку основи (забезпечити тиск повітря в системі до 0,4–0,5 МПа) і повернути рукоятку розподільного крана проти годинникової стрілки до упору; записати показники стрілок індикаторів за горизонтального положення скоби, визначити різницю показників, H , мм;

Розрахувати величину згину:

$$X_{CG} = 100 \cdot h / L; \quad (14.1)$$

де L – вимірювальна база (відстань між вимірювальними стержнями індикаторів), мм; скобу з індикаторними головками встановити вертикально (до упору), знайти різницю показників, δ , мм; розрахувати величину скручення стержня шатуна $X_C = 100\delta / L$. Зняти шатун з пристрою, для чого скобу перевести в горизонтальне положення, ручку крана повернути за годинниковою стрілкою (до упору), зняти шатун і вийняти оправку із отвору верхньої головки.

Порядок виконання роботи

14.1. Підготувати початкові дані:

14.1.1. Визначити конструктивні елементи, що підлягають дефектації (нижня і верхня головки, шатун в зборі), їх назви записати в графу 2 табл. 14.1 звіту. Для кожного конструктивного елемента визначити і записати в звіт значення параметрів (точність розміру, форми і розміщення; вимоги до якості поверхні; величину допустимого зносу, ремонтні розміри) технологічні параметри, що визначають їх роботоздатність (точність розміру, форми і розташування, шорсткість, розміри, допустимі без ремонту), а також способи і засоби їх контролю та способи дефектації;

14.1.2. Записати в бланк звіту (карта дефектації) найменування заданих для дефектації конструктивних елементів, величини їхніх технологічних параметрів (за змоги) і засоби дефектації;

14.1.3. Накреслити на бланку звіту таблицю результатів вимірів і розрахунків (табл. 14.1);

14.2. Визначити стан конструктивних елементів шатуна;

14.2.1. Оглядом встановити наявність вибракувальних ознак, а за їх відсутності – місця розташування і характер задирів та інших видимих пошкоджень;

14.2.2. Затягнути гайки болтів кришки нижньої головки динамометричним ключем з необхідним моментом і послідовністю. Виміряти діаметр отвору індикаторним нутроміром в поясах I–I і II–II (рис. 14.2, а), що знаходяться на відстані $l_1 = 1/4$ і $l_2 = 3/4$ від ширини головки і в площинах: А–А (перпендикулярно до площини роз'єму), Б–Б і В–В (під кутом 45° від площини А–А в обидві сторони).

Найбільшу з отриманих величин записати в карту дефектації;

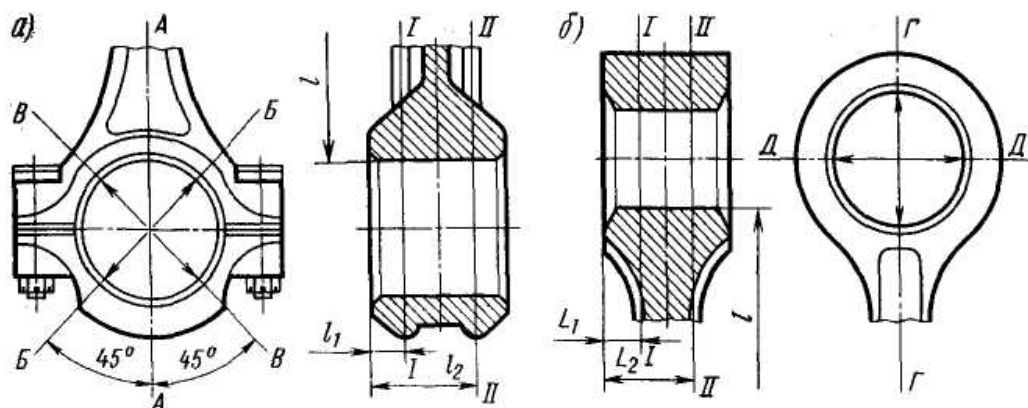


Рисунок 14.2 – Схема вимірів діаметрів отворів нижньої (а) та верхньої (б) головок шатуна

14.2.3. Розрахувати величину загального зносу ($Z_{н заг}$) отвору нижньої головки, мм:

$$Z_{н заг} = D_n - D_{зн} ; \quad (14.2)$$

де $D_{зн}$ – найбільший діаметр отвору, визначений під час вимірювань;

D_n – діаметр отвору до початку експлуатації (найбільший граничний розмір за робочим креслеником);

14.2.4. Розрахувати величину одностороннього нерівномірного зносу, мм:

$$Z_n = \beta \cdot Z_{н заг} ; \quad (14.3)$$

де β – коефіцієнт нерівномірності зносу $\beta = 0,55$.

14.2.5. Розрахувати циліндричність (овальність і конусність), мм:

$$\Delta_{ов} = D_{max I-I} - D_{min I-I} ; \quad (14.4)$$

$$\Delta_{кон} = D_{max A-A} - D_{min A-A} . \quad (14.5)$$

Для отвору нижньої головки розрахувати два значення овальності і три – конусності. Найбільше з них записати в карту дефектації;

14.2.6. Виміряти діаметр отвору верхньої головки індикаторним нутроміром в поясах I–I і II–II (рис. 14.2, б), що знаходяться на відстані $L_1 = 1/4$ і $L_2 = 3/4$ від довжини головки і в площинах Г–Г і Д–Д.

Найбільшу з отриманих величин записати в карту дефектації;

14.2.7. Розрахувати величину загального зносу ($Z_{н\text{заг}}$) отвору верхньої головки, мм:

$$Z_{н\text{заг}} = D_{зн} - D_n; \quad (14.6)$$

де $D_{зн}$ – найбільший діаметр отвору, визначений під час вимірювань;

D_n – діаметр отвору до початку експлуатації (найбільший граничний розмір за робочим кресленням);

14.2.8. Розрахувати величину одностороннього нерівномірного зносу Z_n , мм:

$$Z_n = \beta \cdot Z_{н\text{заг}}; \quad (14.7)$$

де β – коефіцієнт нерівномірності зносу; $\beta = 0,65$.

14.2.9. Розрахувати овальність і конусність отвору верхньої головки, мм:

$$\Delta_{ов} = D_{\max 1-1} - D_{\min 1-1}; \quad (14.8)$$

$$\Delta_{кон} = D_{\max A-A} - D_{\min A-A}; \quad (14.9)$$

Розрахувати два значення овальності і два – конусності, найбільше з них записати в карту дефектації;

14.2.10. Виміряти відстань між осями головок шатуна, мм:

$$L = l + 0,5 \cdot (D_г + D_н); \quad (14.10)$$

де l – відстань між головками

$D_г$ – діаметр отвору верхньої головки;

$D_н$ – діаметр отвору нижньої головки;

14.3. Провести налаштування приладу для контролю шатуна. Виміряти непаралельність і вказати перекіс осей верхньої і нижньої головок для визначення величини згину та скручування. Результати замірів записати в звіт. Порівняти дійсний стан параметрів конструктивних елементів з вимогами керівництва з капітального ремонту [12]. У разі направлення деталі в ремонт – вказати спосіб усунення дефекту.

Таблиця 14.1 – Результати замірів

Пояс вимірювань		Значення діаметрів, мм			Овальність	Значення діаметрів, мм		Овальність
		А-А	Б-Б	В-В		Г-Г	Д-Д	
Нижня головка	I-I							
	II-II Конусоподібність							
Верхня головка	I-I							
	II-II Конусоподібність							

Таблиця 14.2 – Результати замірів

Положення індикаторів	Показання індикаторів			Вид деформації	$X_{сг}$		X_c
	1	2	3				
Вертикальне							
Горизонтальне							

Контрольні питання

1. Перерахуйте основні конструктивні елементи шатуна і його дефекти.
2. Які параметри характеризують стан верхньої і нижньої головок шатуна?
3. Як визначити згин шатуна?
4. Як визначити скручування шатуна?
5. Які причини деформації шатуна?

Тестові завдання з дисципліни «Основи технології виробництва та ремонту автомобілів»

Тест 1

Як називається база, яка використовується для визначення відносного положення заготовки або виробу та засобів вимірювання?

- а) технологічна;
- б) вимірювальна;
- в) конструкторська;
- г) допоміжна.

Тест 2

Як називаються поверхні, за допомогою яких деталь виконує своє службове призначення?

- а) опорна;
- б) базова;
- в) виконавча;
- г) геометрична.

Тест 3

Чому дорівнює R_a ?

- 1) $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$
- 2) $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |S_{mi}|$
- 3) $\sum_{i=1}^n b_i$
- 4) $\left(\frac{\eta_p}{l}\right) \cdot 100\%$

Тест 4

Як називається база, яка використовується для визначення положення заготовки або виробу під час виготовлення і ремонту?

- а) технологічна;
- б) вимірювальна;
- в) конструкторська;
- г) допоміжна.

Тест 5

Який спосіб зварювання найпоширеніший?

- а) дугове зварювання;
- б) контактне зварювання;
- в) електрошлакове зварювання;
- г) дифузійне зварювання.

Тест 6

Що з перерахованого не впливає на силу струму у разі ручного дугового зварювання:

- 1) марка матеріалу;
- 2) тип зварного з'єднання;
- 3) товщина заготовки;
- 4) положення шва у просторі;
- 5) діаметр стержня електрода.

Тест 7

Яка з марок сталей має погану зварюваність?

- 1) 10; 2) 30; 3) 40; 4) 85.

Тест 8

Сталь 45 відноситься до матеріалів з поганою зварюваністю тому, що:

- 1) має високу температуру плавлення;
- 2) утворює в процесі зварювання тугоплавкі оксиди;
- 3) загартовується під час зварювання;
- 4) забруднюється шлаковими включеннями;
- 5) зварний шов поглинає газу.

Тест 9

Чому дорівнює Rz?

- 1)
$$\frac{(h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10})}{5}$$
- 2)
$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$
- 3)
$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |s_{mi}|$$
- 4)
$$\left(\frac{\eta_p}{l} \right) \cdot 100\%$$

Тест 10

Як визначається середнє арифметичне відхилення профілю?

- 1) сума абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини;
- 2) середнє арифметичне значень виступів профілю в межах базової довжини;
- 3) сума абсолютних значень відхилень профілю;
- 4) середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини.

Тест 11

Які є форми організації групових технологічних процесів?

- 1) групова;
- 2) поточна;
- 3) одинична;
- 4) варіант 1 та 2.

Тест 12

Що є характерним для типового технологічного процесу?

- 1) однаковий склад і послідовність більшості технологічних операцій для групи деталей, яким притаманні спільні конструктивні ознаки;
- 2) однаковий склад і послідовність більшості технологічних операцій для групи деталей з різними конструктивними ознаками;
- 3) схожа послідовність більшості технологічних операцій для групи деталей з різними конструктивними ознаками;
- 4) схожа послідовність більшості технологічних операцій для групи деталей, яким притаманні спільні конструктивні ознаки.

Тест 13

Процес одержання деталей необхідної геометричної форми, розмірів та точності за рахунок механічного зрізання з поверхонь заготовки різальним інструментом матеріалу технологічного припуску у вигляді стружки називається:

- 1) прокатуванням;
- 2) штампуванням;
- 3) різанням;
- 4) куванням.

Тест 14

Чи впливає на знос напрямом нерівностей у разі однакових шорсткостей?

- 1) не впливає на зносостійкість;
- 2) впливає на зносостійкість;
- 3) все залежить від матеріалу поверхні;
- 4) все залежить від режиму роботи поверхонь тертя.

Словник термінів

Технологічні властивості (*property technical*) – це комплекс фізико-хімічних властивостей матеріалів, зумовлений станом, складом і структурою в процесі взаємодії речовини з технологічним середовищем, тобто під час їх обробки.

Дефект (*defect*) – це кожна окрема невідповідність продукції вимогам, встановленим нормативною документацією. За наслідками дефекти поділяють на критичні, значні і малозначні.

Дефектація (*defection*) – визначення технічного стану і сортування на відповідні групи розібраних деталей вузла.

Надійність (*reliability*) – властивість автомобіля виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах, що відповідають заданим режимам і умовам використання, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання й транспортування.

Безвідмовність (*failure*) – властивість автомобіля безупинно зберігати роботоздатний стан на заданому пробігу (гарантований пробіг, пробіг до чергового технічного обслуговування) або протягом встановленого проміжку часу (гарантований період, час зберігання або транспортування).

Довговічність (*durability*) – властивість автомобіля зберігати роботоздатність до досягнення граничного стану з необхідними перервами для виконання технічного обслуговування й ремонту.

Зварюваність (*welding*) – властивість матеріалу утворювати нерознімне з'єднання, якість якого відповідає суцільному.

Технічний ресурс (ресурс)(*technical resource*) – наробіток автомобіля від початку експлуатації або його поновлення після ремонту певного виду до переходу в граничний стан.

Припуски на обробку (*machining allowance*) – шар металу, який знімається з поверхні заготовки під час її механічної обробки. Чим менший припуск, тим вища точність заготовки.

Проміжний припуск (*interim allowances*) – шар, що знімається під час виконання цього технологічного переходу механічної обробки.

Загальний припуск (*general allowances*) – сума проміжних припусків по всьому технологічному маршруту механічної обробки заданої поверхні, визначається як різниця розмірів заготовки та готової деталі.

Технологічний маршрут (*план операцій*)(*technological route*) – найраціональніший спосіб відновлення деталі на основі ретельного вивчення ремонтного кресленника та технічних вимог.

Термін служби (*service life*) – календарна тривалість експлуатації автомобіля від його початку експлуатації або поновлення після ремонту певного виду до переходу в граничний стан.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біліченко В. В. Матеріали для сервісу та ремонту автомобілів: навчальний посібник [Електронний ресурс]. URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/bilichenko_servis_ta_remont_avto/index.html# (дата звернення: 23.10.2024).
2. Богатчук І. М., Прунько І. Б. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : практикум. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2012. 64 с.
3. Божидарнік В. В., Гусєв А. П. Основи технології виробництва і ремонту автомобілів : навчальний посібник. Луцьк : Надстир'я, 2007. 320 с.
4. Гевко Б. М., Гевко І. Б., Радик Д. Л., Матвійчук А. В. Технологія сільськогосподарського машинобудування : підручник. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2015. 418 с.
5. Григурко І. О., Брендуля М. Ф., Доценко С. М. Технологія машинобудування. Дипломне проектування : навч. посіб. Львів : Новий світ-2000, 2007. 768 с.
6. Захаркін О. У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та сучасні системи для їх реалізації) : навчальний посібник. Суми : Сумський державний університет, 2011. 137 с.
7. Захарчук О. В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів. Луцьк : ІВВ Луцького НТУ, 2017. 140 с.
8. Закон України «Про автомобільний транспорт» від 05.04.2001 №2344-III [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text> (дата звернення: 23.10.2024).
9. Коваленко В. М., Щуріхін В. К. Діагностика і технологія ремонту автомобілів : підручник. Київ : Літера ЛТД, 2017. 224 с.
10. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія : підручник. К. : Вища школа, 2007. 527 с.
11. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Сучасні методи та технології хіміко-термічної обробки» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» / Уклад. О. П. Шиліна . Вінниця : ВНТУ, 2024. 39 с.
12. Митко М. В., Шиліна О. П., Цимбал С. В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Організація самостійної та практичної роботи : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2022. 99 с.
13. Митко М. В. Підвищення ефективності роботи автотранспортних підприємств удосконаленням структури виробничих підрозділів: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20. К., 2019. 251 с.
14. Митко М. В. Підвищення ефективності роботи автотранспортних підприємств удосконаленням структури виробничих підрозділів : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.20. К., 2019. 20 с.
15. Митко М. В., Шиліна О. П., Бурлака С. А. Сучасні методи газотермічного покриття в інноваційних технологіях для ремонту

відновленням деталей автомобілів. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2024. Вип. 6 (177). С. 152 – 160.

16. Міренський І. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник. Харків : ХНАМГ, 2007. 275 с.

17. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навч. посіб. / І. Б. Гевко та ін. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

18. Положення про «Технічне обслуговування та ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту» : затв. наказом Міністерства транспорту України від 30.03.98 р. № 102. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0268-98#Text> (дата звернення: 23.10.2024).

19. Поляков А. П., Вдовиченко О. В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : лабораторний практикум. Вінниця : ВНТУ, 2013. 56 с.

20. Ремонт автомобілів : навчальний посібник / В. Я. Чабанний та ін. Кіровоград : Кіровоградська районна друкарня, 2007. 720 с.

21. Савуляк В. І., Шенфельд В. Й., Дусанюк Ж. П. Проектування технологічних процесів відновлення поверхонь : лабораторний практикум. Вінниця : ВНТУ, 2017. 51 с.

22. Технологія конструкційних матеріалів. Організація самостійної та практичної роботи : навчальний посібник / О. П. Шиліна та ін. Вінниця : ВНТУ, 2020. 110 с.

23. Дембіцький В. М., Павлюк В. І., Придюк В. М. Технічна експлуатація автомобілів : навчальний посібник. Луцьк : Луцький НТУ, 2018. 473 с.

24. Технологія машинобудування: посіб.–довід. для викон. кваліфікац. робіт студ. баз. напрямку «Інженерна механіка» та спец. «Технологія машинобудування» / І. І. Юрчишин та ін.; за ред. І. І. Юрчишин. Львів : Нац. ун–т «Львів. політехніка», 2009. 526 с.

Додаток А

Таблиця А.1 – Способи компенсування спрацювання деталей машин

Назва способу	Спрацювання, мм	Галузь застосування
	Твердість відновленої поверхні HRC	
1	2	3
Хромування	0,1...0,20	Для нарощування деталей паливної апаратури, гідророзподільників і т. п.
	55	
Осталювання	0,20...0,8	Для нарощування посадкових місць у корпусних деталях, стаканів підшипників, на валах, осях і т. п.
	50...55	
Хімічне нікелювання	0,03...0,05	Для нарощування розпилювачів зворотних клапанів дизельної паливної апаратури і т. п.
	45...50	
Електроіскрове нарощування постійним струмом, вібрувальним електродом	0,03...0,05	Для нарощування посадкових місць на валах під кільця підшипників, торців стержнів клапанів, бойків коромисел, лез сегментів, ножів сільськогосподарських машин і т. п.
	60...70	
Електроімпульсне нарощування на верстатах	0,10...1,0	Для нарощування посадкових місць під підшипники на валах (осях) верстатів у нерухомих і перехідних посадках
	60...70	
Електроіскрове нарощування змінним струмом у рідкому середовищі	0,10...0,03	Для нарощування посадкових місць під підшипники на валах, стаканах підшипників у нерухомих і перехідних посадках
	56...60	
Наплавлювання під шаром флюсу без термообробки	1,5...1,3	Для наплавлювання циліндричних поверхонь діаметром понад 50 мм (опорні котки кареток, осі задніх мостів і т. д.) високовуглецевим дротом або маловуглецевим з додаванням до флюсу близько 2% порошкового феромарганцю (чавунної стружки, графіту)
	45...60	
Наплавлювання під шаром флюсу з наступною термообробкою	1,5...3,0	Для наплавлювання циліндричних поверхонь діаметром понад 50 мм (колінчасті вали, колінчасті осі, посадкові місця на валах, підшипники ковзання, шліци на валах і т. д.)
	45...50	

Продовження таблиці А.1

1	2	3
Вібродугове наплавлювання	0,3...1,0	Для наплавлювання циліндричних поверхонь діаметром понад 15 мм, що працюють під статичним навантаженням (посадкові місця підшипників кочення на валах, опорні шийки кулачкових валів і т. д.)
	36...60	
Наплавлювання у середовищі вуглекислого газу	0,3...0,5	Для наплавлювання циліндричних поверхонь діаметром понад 10 мм (стержні клапанів, різьба на валах), а також тонкостінних деталей (вісь коромисла, штовхачі)
	30...45	
Наплавлювання у середовищі водяної пари	0,5...0,8	Для наплавлювання циліндричних поверхонь діаметром понад 40 мм (посадкові місця на валах під підшипники кочення, опорні котки гусеничних тракторів і т. д.)
	35...55	
Плазмове наплавлювання	0,1...0,2	Для наплавлювання циліндричних поверхонь діаметром понад 30 мм (посадкові місця під підшипники, шліци, різьба на валах, шийки колінчастих валів і т. д.), а також лез ґрунтообробних робочих органів сільськогосподарських машин
	30...50	
Електрошлакове наплавлювання	4...8	Для наплавлювання деталей діаметром понад 100 мм (бігові доріжки опорних котків, підтримувальні ролики і т. д.) і деталей з одностороннім спрацюванням (цапфи опорних кареток гусеничних тракторів і т. д.)
	40...50	
Металізація	0,05...5,0	Для нанесення шару металу на циліндричну поверхню деталей типу валів діаметром понад 30 мм, що працюють під статичним навантаженням, а також для ремонту тріщин у ненавантажених місцях чавунних корпусних деталей
	30...55	

Продовження таблиці А.1

1	2	3
Ручне електрозварювання і наплавлювання	Твердість залежить від присадного матеріалу	Для заварювання тріщин і пробоїн (ремонт рам, холодне зварювання чавуну), а також для наплавлювання місцевих спрацювань з високою твердістю (бойки, коромисла, витискні важелі муфт зчеплення і т. д.)
Газове ручне зварювання	Твердість залежить від присадного матеріалу	Під час ремонту обшивки машин, кабін, баків для палива і мастил, усунення несправностей (тріщин, корозійних пошкоджень) у деталях з алюмінієвого сплаву, а також для наплавлювання лез лемешів і т. д.
Заливання рідкого металу	3...8	Для компенсації величини спрацювання у деталей діаметром понад 150 мм, а також для відновлення деталей зі значним і нерівномірним спрацюванням (деталі ходової частини гусеничних тракторів
	40...55	
Пластичне деформування деталей із незначним спрацюванням	0,05...0,30	Під час відновлення зовнішніх розмірів порожнистих деталей роздаванням (поршневі пальці та ін.), внутрішніх розмірів обтискуванням (корпуси гідронасосів, гільзи плунжерів, гладкі шліцеві втулки та ін.), внутрішніх і зовнішніх розмірів осаджуванням (втулка верхньої головки шатуна) та роздаванням ширини шліців
	Вихідна	
Пластичне деформування деталей зі значним спрацюванням або деформацією	1,0...10,0	Під час відновлювання головки клапанів, лемешів, лап культиваторів, зубів борін та інше за рахунок перерозподілу конструктивного запасу металу з неробочої ділянки деталей. Геометричну форму деформованих елементів базисних вузлів (рам), а також різноманітних тяг, кронштейнів відновлюють за допомогою зусиль, що викликають пластичні зміни в металі
	Вихідна	
Електромеханічна пластична деформація	0,05...0,20	Під час відновлення зовнішніх циліндричних поверхонь типу посадкових місць на валах (осях), а також для зміцнення деталей, відновлених металевим покриттям
	40...60	

Продовження таблиці А.1

1	2	3
Додатковою деталлю	0,10...10,0	Для відновлення посадкових місць у корпусних чавунних деталях (картер коробки швидкостей, маточини коліс і т. д.) гнізд клапанів, різьбових отворів, бігових доріжок підтримувальних роликів гусеничних тракторів і т. д.
	35...55	
Відновлення під ремонтний розмір	0,10...1,5	Для ремонту шийок колінчастих валів, кулачкових валів, гнізд клапанів, фасок і стержнів клапанів, отворів під стержні клапанів, штовхачів, різьбових отворів і т. д.
	Вихідна	
Відновлення деталей полімерними матеріалами	0,20...0,30	Для ремонту тріщин і корозійних руйнувань у ненавантажених місцях корпусних деталей, відновлення спряжень: «посадкове місце – підшипник кочення», «посадкове місце – втулка», а також для наклеювання фрикційних накладок і т. п.
	25...30	

Електронне навчальне видання

**Микола Васильович Митко
Олена Павлівна Шиліна
Сергій Володимирович Цимбал**

**ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА
ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ**
Організація самостійної та практичної роботи

Навчальний посібник

Рукопис оформлено *М. Митком*

Редактор *Т. Старічек*

Оригінал-макет виготовлено *Т. Старічек*

Підписано до видання 18.02.2025 р.
Гарнітура Times New Roman.
Зам. № P2025-033.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
Редакційно-видавничий відділ.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021.
press.vntu.edu.ua;
E-mail: irvc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи серія
ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

МИТКО МИКОЛА ВАСИЛЬОВИЧ



Кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету, інженер-механік.

Наукові інтереси: підвищення ефективності роботи автотранспортних підприємств удосконаленням структури виробничих підрозділів; взаємодія видів транспорту; виробничі процеси та процедури надання послуг в автосервісі; технічна експлуатація автомобілів; основи технології виробництва та ремонту автомобілів.

ШИЛІНА ОЛЕНА ПАВЛІВНА



Кандидат технічних наук, доцент, член Українського матеріалознавчого товариства ім. І.М.Францевича, доцент кафедри галузевого машинобудування Вінницького національного технічного університету, інженер-механік.

Наукові інтереси: розробка і моделювання матеріалів та покриттів на основі інтелектуальних технологічних систем; вдосконалення технологічних процесів відновлення та зміцнення деталей автомобілів та транспортної інфраструктури; структуроутворення поверхневих шарів під час відновлення.

ЦИМБАЛ СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ



Кандидат технічних наук, доцент, член-кореспондент транспортної академії України, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету, магістр інженерної механіки.

Наукові інтереси: дослідження виробничих процесів на автомобільному транспорті; стратегії розвитку підприємств автомобільного транспорту; організація перевезення пасажирів на міських та приміських маршрутах.