Міністерство освіти і науки України

ЛУЦЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Організація і технологія ремонту
обладнання лісового комплексу

Навчальний посібник
Лабораторний практикум

Луцьк
Луцький національний технічний університет
2022

УДК 630*36. (075.8)
Д 21

Рекомендовано Вченою радою
Луцького національного технічного університету
як навчальний посібник для здобувачів закладів вищої освіти
(протокол № від «____» червня 2022 року).

Рецензенти:

О. О. Налобіна, доктор технічних наук, професор, в. о. завідувача кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання НУВГП, м. Рівне

А. Ю. Горбовий, доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій і систем ДПУ, м. Київ

М. Й. Шевчук, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісового і садово-паркового господарства ВНУ ім. Лесі Українки, м. Луцьк

Дацюк Л.М.

Д 21 **Організація і технологія ремонту обладнання лісового комплексу**: навч. посібник / лабораторний практикум / Л. М. Дацюк, М. В. Вржещ. – Луцьк: ЛНТУ, 2022. – 80 с.

Навчальний посібник лабораторний практикум з дисципліни «**Організація і технологія ремонту обладнання лісового комплексу**» містить: зміст, вступ, лабораторні роботи і перелік джерел посилання.

Розроблені лабораторні заняття призначені для посилення і поглиблення теоретичних знань студентів з ремонту та відновлення деталей обладнання лісового комплексу, необхідних майбутньому інженеру для практичної роботи. Організація циклу лабораторних занять потрібна також для поглиблення і конкретизації уявлень та методів забезпечення якості роботи машин. Розвиток технологій ремонту за допомогою вдосконалених засобів та отриманих навичок виконання ремонтних операцій забезпечує високий рівень науково-дослідної роботи.

УДК 630*36. (075.8)

© Л.М. Дацюк (набір, упорядкування), 2022
© М.В. Вржещ (упорядкування), 2022
© Луцький національний технічний університет, 2022

ЗМІСТ

Вступ..... 4

Методичні рекомендації з підготовки та проведення лабораторних робіт..... 5

Лабораторна робота № 1. Розробка технологічного процесу розбирання та збирання вузла машини..... 7

Лабораторна робота № 2. Варіанти дослідження деталей машин на поверхневі та приховані дефекти..... 11

Лабораторна робота № 3. Утворення отворів у деталях машин шляхом виконання свердлильних та інших видів робіт..... 17

Лабораторна робота № 4. Ремонт деталей машин шляхом зварювання та нанесення зміцнюючих покриттів..... 24

Лабораторна робота № 5. Дослідження придатності до подальшого використання підшипників кочення..... 40

Лабораторна робота № 6. Електродугове заварювання деталей з чавуну..... 44

Лабораторна робота № 7. Електродугове заварювання деталей з алюмінію і його сплавів..... 52

Лабораторна робота № 8. Ремонт кузовів, кабін та рам шляхом заварювання в середовищі вуглекислого газу..... 58

Лабораторна робота № 9. Розробка сіткового графіка капітального ремонту лісових машин..... 60

Глосарій..... 65

Перелік джерел посилання..... 67

Додаток А..... 68

Додаток Б..... 72

Для нотаток..... 77

ВСТУП

У забезпеченні ефективної і безпечної роботи обладнання лісового комплексу насамперед є підвищення якості технічного обслуговування і ремонту, а також експлуатаційної надійності та довговічності. Сучасні варіанти умов роботи підприємств, які експлуатують і ремонтують машини, потребують поглиблення різного плану практичної підготовки інженерів. Необхідно підготувати фахівців, що вміють не тільки організовувати технічне обслуговування та ремонтне виробництво, а також забезпечувати прибуткову його роботу.

Широке впровадження в машинобудування нових матеріалів та технологій потребує відповідного рівня інженерів, покращення ремонтної бази, забезпечення прогресивних технологічних процесів ремонту вузлів, агрегатів машин, а також ефективних методів відновлення деталей.

Розроблені лабораторні заняття призначені для посилення і поглиблення теоретичних знань студентів з ремонту та відновлення деталей обладнання лісового комплексу, необхідних майбутньому інженеру для практичної роботи. Організація циклу лабораторних занять потрібна також для поглиблення і конкретизації уявлень та методів забезпечення якості роботи машин. Розвиток технологій ремонту за допомогою вдосконалених засобів та отриманих навичок виконання ремонтних операцій забезпечує високий рівень науково-дослідної роботи.

Тематика робіт відповідає робочій програмі дисципліни з урахуванням таких робіт у виробництві. Для забезпечення лабораторних робіт використано обладнання і пристрої як промислового виробництва, а також і виготовленого в умовах університету.

Документація, яка потрібна для розрахунку робіт і оформлення їх результатів, максимально подібна до нормативної виробничої і технологічної документації.

Велика увага у лабораторних роботах приділена використанню довідникових і нормативних матеріалів, використаних для виконання робіт. Ці характеристики рекомендовано використовувати з довідників, які широко використовуються на виробництві. Вони подані як у матеріалі лабораторних робіт, так і в додатках.

Виконання лабораторних робіт вимагає активного, творчого, самостійного навчання та раціональної організації роботи під час вивчення лабораторної роботи, а також у ході її виконання.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ОРГАНІЗАЦІЇ І ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Загальні положення. У всіх лабораторних роботах, представлених до розгляду, зберігається єдина структура: мета роботи, теоретичні відомості, хід виконання роботи, контрольні запитання та описано лабораторне оснащення робочого місця, особливості техніки безпеки, загальні відомості та вказівки щодо роботи, яку виконують, порядок її виконання, зміст звіту. У кожній роботі передбачено контрольні запитання, що використовуються студентами при самостійній підготовці та після її виконання.

Вихідні дані згідно варіантів, що використовуються студентами при виконанні лабораторних робіт, видаються викладачем індивідуально.

На першому занятті студенти проводять інструктаж з техніки безпеки, про що роблять запис у журналі, ознайомлюються з тематикою лабораторних робіт, організацією робочих місць і технічною документацією, графіком виконання робіт.

Лабораторні роботи виконують на робочих місцях, які мають оснащення з виконання технологічних операцій і необхідну документацію (технічні умови на дефектування, комплектацію, відновлення на креслення деталей, довідкова література, нормативи з визначення режимів і нормативів часу та характеристики обладнання, пристроїв, інструментів тощо).

Техніка безпеки і протипожежні заходи. У лабораторії ремонту обладнання лісового комплексу значна кількість обладнання, пристроїв, матеріалів є джерелами підвищеної небезпеки. Для запобігання травм та нещасних випадків під час виконання лабораторних робіт необхідно суворо дотримуватись правил техніки безпеки і протипожежної безпеки.

Робочі місця з виконання лабораторних робіт мають інструкції техніки безпеки, узгоджені з профспілкою і затверджені керівництвом вузу. Викладач проводить з студентами вхідний інструктаж та інструктаж на робочому місці. Допуск до виконання робіт студентами отримують після засвоєння правил техніки безпеки, що підтверджується особистим підписом студента в журналі.

Обладнання, яке мають використовувати для виконання лабораторних робіт, повинно забезпечити надійне встановлення і закріплення деталей та пристроїв. Устаткування масою понад 20 кг переміщують за допомогою підйомників і транспортних пристроїв. Особливо якщо в лабораторних роботах використовуються токсичні матеріали або технологічні процеси супроводжуються дуже шкідливими та токсичними виділеннями, тому робочі місця повинні бути обладнані витяжною вентиляцією, а студентів потрібно забезпечити спеціальним одягом і особистими засобами захисту дихання. Електричні двигуни верстатів, електророзподільні щити, джерела живлення струмом повинні надійно заземлені. Не можна проводити ремонтні та налагоджувальні

роботи з ввімкненим електричним струмом.

Лабораторну роботу яку проводять на установках обов'язково виконують з участю інженера або лаборанта.

Робочі місця повинні бути укомплектовані протипожежними засобами відповідно з нормативами, а також медичною аптечкою для надання первинної медичної допомоги.

Етапи виконання лабораторних робіт. Лабораторні роботи проводяться в три етапи: підготовка до роботи, проведення роботи в аудиторії, підсумок та звітування про виконання роботи.

На початку роботи студент вчить за лабораторним практикумом зміст роботи, знайомиться з формою звіту про роботу та готує відповідну документацію. До кожної роботи наведений хід проведення із позначенням вхідної документації.

На початку занять викладач в аудиторії перевіряє наявність таблиць, технологічних карт, ескізів, схем, обрахунків, що потрібно для виконання лабораторної роботи, контролює підготовку студента до роботи за контрольними запитаннями.

На лабораторному занятті студенти повинні ретельно виконувати вимоги методичних вказівок лабораторного практикуму та організовувати роботу студентів так, щоб всім виконати відповідний обсяг, оформити звіт з проведеної роботи і зробити його захист.

Форма і зміст звіту про виконання роботи максимально подібні до нормативної виробничо-технологічних документів. Послідовність та захист звіту, перелік запитань та відповіді які повинен знати студент, описані в роботі. Щоб полегшити підготовку до захисту і самоперевірки знань на завершення роботи наведені контрольні запитання.

Під час захисту лабораторної роботи студент повинен пояснити і обґрунтувати розрахунок, знати будову і основні параметри обладнання та інструментів, вміти вибирати та знати розрахунок технологічних режимів, процесів і оформити технологічну документацію, знати, як налагодити обладнання та вміти виконувати потрібні операції, знати хід виконання роботи.

На завершення перевірки звіту, співбесіди із студентом і контрольних запитань викладач оцінює якість виконання лабораторної роботи в межах 100 бальної системи у відповідності з модульно-рейтинговою системою оцінювання.

Лабораторна робота № 1

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОЗБИРАННЯ ТА ЗБИРАННЯ ВУЗЛА МАШИНИ

Мета роботи: навчитися проводити розробку, оформлення та використання технологічних процесів розбирання і збирання вузлів у процесі їх виробництва, експлуатації та ремонту.

Теоретичні відомості

Під час розробки та впровадження технологічних процесів найчастіше доводиться вирішувати такі проблеми:

- розробка послідовності розбирання і збирання складальних одиниць простого і складного вузла та схем вузлового і загального збирання, розробка маршрутних технологічних карт [7];
- визначення розмірних ланок та вибір методів їх розрахунку з визначенням точності кінцевої ланки [2, 3] .

Точність кінцевої ланки під час складання досягається методами повної, неповної або групової взаємозамінності, притирання, встановлення компенсаторів. Під час підбирання методу досягання точності кінцевої ланки залежить від допуску та кількості ланок розмірного ланцюга. Також до уваги потрібно брати реальні практичні можливості утворення точності розмірів складових ланок і належного рівня організації та проведення збиральних робіт. Розглянемо варіант прикладу збиральної одиниці, показаної на рис. 1.1, порядок розробки технологічної схеми розбирання і збирання маршрутного технологічного процесу.

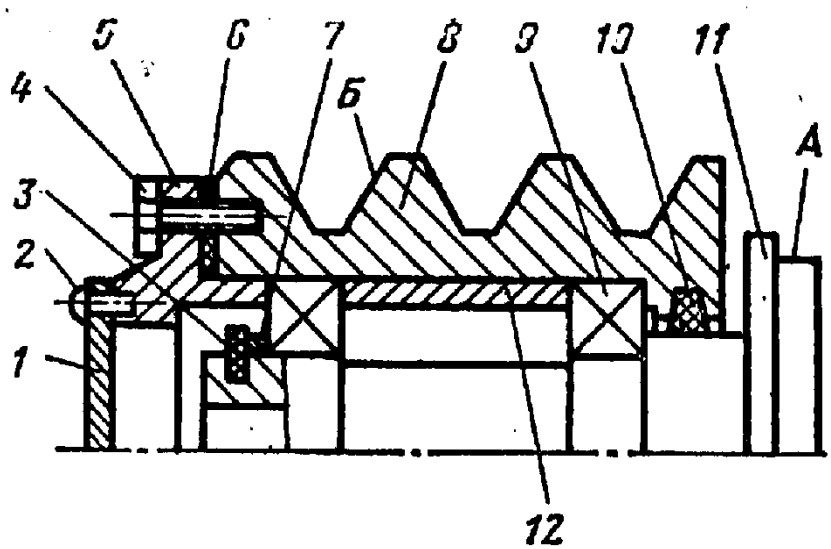

Рисунок 1.1 – Ескіз вузла: 1 – кришка; 2 – гвинт (4 шт.); 3 – кільце стопорне; 4 – гвинт (4 шт.); 5 – фланець; 6 – прокладка; 7 – кільце компенсаційне; 8 – шків; 9 – підшипник (2 шт.); 10 – кільце ущільнююче; 11 – маточина; 12 – втулка

Технологічна схема розбирання і збирання – графічне зображення порядку комплектування виробу і складальної одиниці. На таких схемах кожен елемент виробу позначається прямокутником, у якому показують найменування елементу з його номером (див. позиції на рис. 1.1) і їхня кількість (рис. 1.2). Розробка технологічної схеми розбирання починається з визначення базової деталі (чи складальної одиниці) і розподіл вузла на складальні одиниці і деталі. За базову приймають деталь, з якої послідовно приєднуючи інші деталі або складальні одиниці та збирають вузол. Від прямокутника з зображенням базового елементу до прямокутника, що зображує весь виріб (чи складальну одиницю), проводимо горизонтальну лінію. Над нею розміщують у порядку послідовності збирання прямокутники, що умовно показують деталі, а нижче – прямокутники, що умовно зображують складальні одиниці. Для кожної складальної одиниці (першого, другого і більш високого порядку) можуть будуватися аналогічні схеми [7].

Технологічна схема розбирання і збирання є основою для проектування технологічного процесу вузла. Далі після розроблення схем розбирання і збирання встановлюють склад необхідних регулювальних, підганяльних, підготовчих і складальних робіт та встановлюють зміст технологічних операцій і переходів, роблять нормування розбиральних і збиральних робіт.

Маршрутний технологічний процес розбирання і збирання вузла поданий у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Маршрутний технологічний процес розбирання вузла

Номер операції	Назва операції	Зміст операції (за переходами)
05	Складання шківа (ск. 8)	1. Встановити шків (дет. 5) у пристрої 2. Встановити ущільнювальне кільце (дет. 10) 3. Змастити і запресувати підшипник (дет. 9) 4. Протерти і надіти втулку (дет. 12) 5. Змастити і запресувати підшипник (дет. 9)
10	Встановлення шківа (ск. 8)	1. Встановити маточину (дет. 11) у пристрої 2. Встановити шків (ск. 8) на маточину (дет. 11) 3. Протерти і надіти кільце компенсаційне (дет. 7) 4. Встановити кільце стопорне (дет. 3) 5. Встановити прокладку (дет. 6)
15	Складання фланця (ск. 4)	1. Закріпити фланець (дет. 5) у пристрої 2. Встановити кришку (дет. 1) 3. Закріпити кришку (дет. 1) гвинтами (дет. 2)
20	Встановлення фланця (ск. 4)	1. Встановити фланець (ск. 5) 2. Закріпити фланець (ск. 5) гвинтами (дет. 4)
25	Контрольна	1. Перевірити легкість обертання шківа 2. Перевірити биття поверхні *А* відносно пов. *Б*

Хід виконання роботи

1. Прочитати креслення заданого вузла.
2. Визначити базову деталь.
3. Позначити складальні одиниці першого порядку, з яких безпосередньо складається вузол.
4. Виділити складальні одиниці другого порядку, які безпосередньо входять у складальні одиниці першого порядку і т. п.
5. Розробити технологічну схему розбирання вузла.
6. Розробити маршрутний технологічний процес розбирання вузла.
7. Оформити звіт.

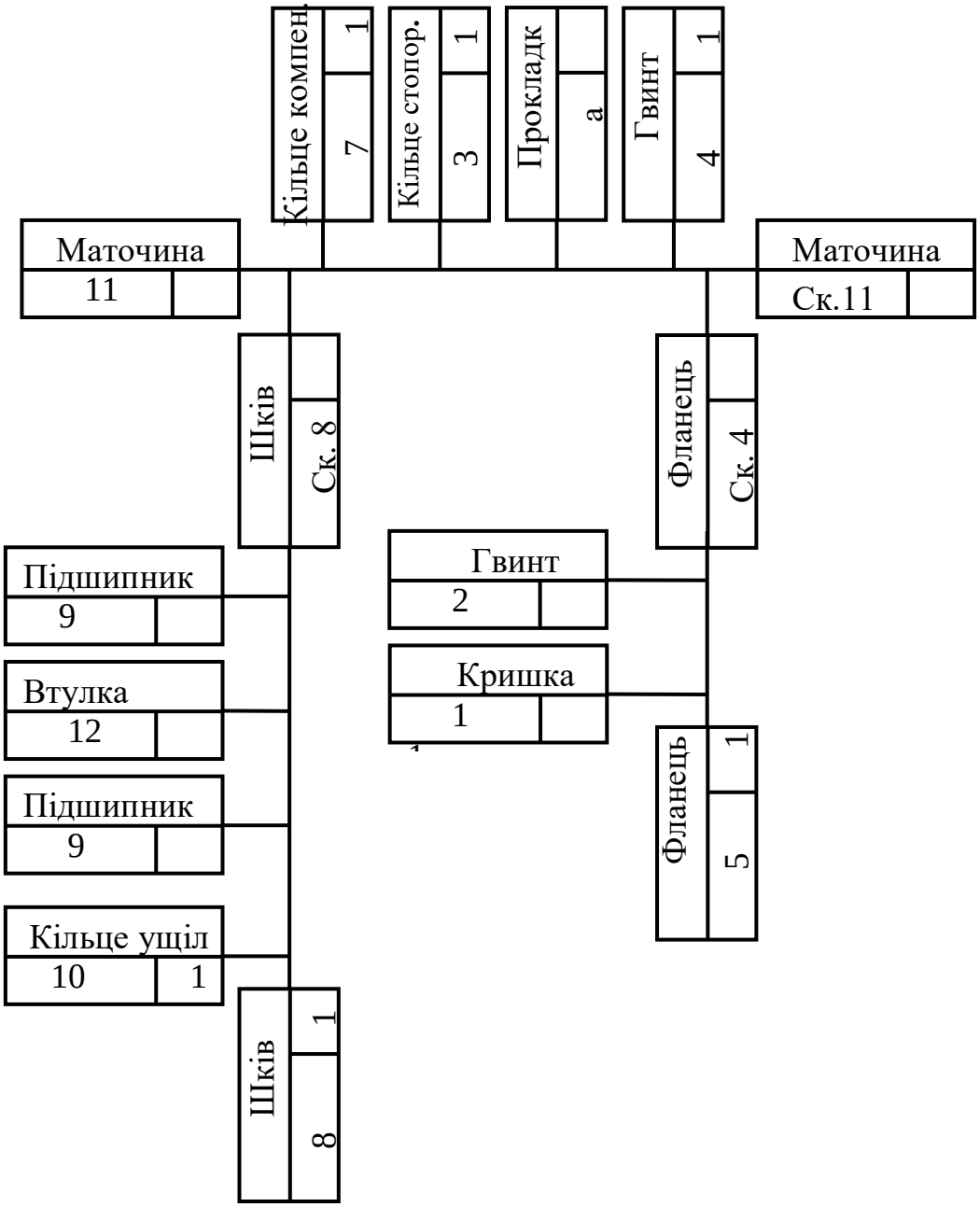

Рисунок 1.2 – Технологічна схема схеми розбирання і збирання вузла

Контрольні запитання

1. Поясніть означення складальної одиниці.
2. Критерії вибирання методу досягнення точності збирання заданого вузла.
3. Організація технологічних процесів збирання в різних типах виробництва.
4. Які види з’єднань Ви можете назвати? Області їх раціонального використання.
5. Назвіть інструменти для виконання розбиральних і збиральних робіт відповідного вузла.
6. Засоби механізації розбиральних і збиральних робіт.
7. Як визначають достатність затягування різьбового з'єднання?
8. Як перевірити якість збирання вузла?

Лабораторна робота № 2

ВАРІАНТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ПОВЕРХНЕВІ ТА ПРИХОВАНІ ДЕФЕКТИ

***Мета роботи*:** вивчити основні методи діагностування стану деталей на поверхневі та приховані дефекти та отримати практичні навички.

Теоретичні відомості

Деталі дефектують з метою оцінювання їхнього технічного стану і визначення можливості їхньої подальшої експлуатації після необхідного відновлення або віднесення в утиль.

У результаті дефектів деталей і спряжень складається відомість дефектів, що є основним документом для подальшого проведення ремонтних робіт, відновних операцій, виявлення потреби в запасних частинах, матеріалах, що визначають вартість ремонту машини.

Під час дефектування деталі розділяють на п'ять груп і маркують (фарбуванням): придатні (зелений), придатні в поєднанні з новими чи відновленими до початкових розмірів деталями (жовтий), підлягають ремонту в майстерні чи на спеціалізованому підприємстві (білий), підлягають ремонту тільки на спеціалізованому підприємстві (синій) і непридатні – утиль (червоний).

Стан деталей, і з’єднань можна визначити шляхом зовнішнього огляду (перевірки), перевірка на дотик, перевірка за допомогою міряльнго інструменту і т. п.

Оглядом під час розбирання виявляють комплектність вузла, зруйновані деталі (злами, тріщини, викришування поверхонь і т.д.).

Перевірка на дотик визначають зношення і зминання витків різей на деталях шляхом попереднього затягування, легкість обертання елементів кочення роликових і кулькових підшипників в обоймах, легкість переміщення шестерень шліцьовими валами, наявність втомних раковин і шорсткості на зубах шестерень і елементах кочення підшипників.

Перевірка простукуванням виявляють щільність посадки штифтів і шпильок у корпусах і кришках редукторів (штифт чи шпилька, що щільно сидить, видають дзвінкий металевий звук); щільність посадки проміжних втулок, що під час легкого натягу і при пресовій посадці повинні видавати дзвінкий металевий звук, і наявність тріщин, які не можна знайти оглядом (деталь, що має тріщину, видає деренчливий звук).

Перевірка за допомогою універсальних вимірювальних інструментів визначають відхилення з’єднань від заданого зазору чи натягу деталей від заданого розміру, від площини, форми, профілю.

Для цього використовують штангенциркулі, мікрометри, індикаторні нутроміри, щупи, штангенрейсмуси, штангензубоміри, універсальні штативи з індикаторами, перевірочні плити, лінійки і ряд інших вимірювальних приладів: оптиметри, мініметри, інструментальні

мікроскопи. Наприклад, зношення зуба шестерні можна визначити штангензубоміром, вимірюючи його товщину на визначеній висоті; зношення шийки вала визначають мікрометром, циліндрів – індикаторним нутроміром; відхилення від площини головки циліндрів – лінійкою, щупом і т.д.

Перевірка за допомогою твердого граничного інструмента виявляють величину зношення деталей з циліндричними робочими зовнішніми і внутрішніми поверхнями, а також деталей з фасонними поверхнями (зуби, шліци, канавки під поршневі кільця, шпонкові канавки, кульові поверхні й ін.).

Тверді шаблони виготовляють за принципом вимірювальної скоби. Наприклад, шестерні вимірюють шаблоном (рис. 2.1), розмір *А* якого дорівнює допустимій базі ремонту товщини зуба, а розмір *Б* номінальній висоті головки зуба. Шестерня вважається придатною до подальшої роботи, коли між вершиною зуба і шаблоном залишається зазор S.

Браковування деталей за внутрішнім діаметром шаблони (пробки) виготовляються також однограничними (плоскими в перерізі) тому, що зношений отвір є звичайно овалом, найбільший діаметр якого контролюється шаблоном.

Для вибракування деталей за зовнішнім діаметром застосовують граничні скоби (звичайно багаторозмірні – для зменшення кількості бракувального інструменту).

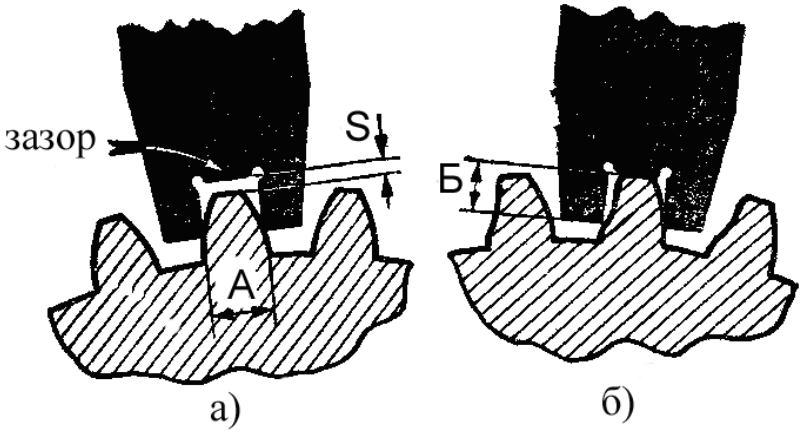

Рисунок 2.1 – Вимірювання зубів шестірні шаблоном: а – положення шаблона на незношеному зубі; б – положення шаблона на зношеному зубі

Перевірка за допомогою спеціальних приладів, пристроїв і устаткування виявляють ряд несправностей деталях машин. Наприклад, тріщини в блоці і головці блока, у вихлопних і всмоктувальних трубах, герметичність серцевини радіатора й інших деталей визначають шляхом гідравлічного або пневматичного випробування на стендах. Пружність деталей (пружин, кілець) перевіряють за допомогою приладу КП-0507 з ваговим механізмом. Биття і погнутість шийок валів перевіряють у центрах

або при установленні на призмах; вигин і перекіс осей шатунів – на відповідно спеціальному приладі.

Магнітно-порошковий, капілярно-люмінесцентний і кольоровий, ультразвуковий методи визначення прихованих дефектів. Магнітно-порошковий метод дефектоскопії використовується для виявлення поверхневих і близько розміщених до поверхні тріщин, раковин у металах і феромагнітних деталях вузлів. Пропускаючи магнітний потік, через деталь, у місцях з дефектами потік змінює свою величину і напрям (рис. 2.2). Ця зміна магнітного потоку позначається нанесеним на випробовувану деталь (після її намагнічування в електромагнітному полі) магнітним порошком: він осідає на краях тріщини. Феромагнітний порошок (зазвичай прожарений окис заліза – крокус) застосовують у сухому вигляді або у вигляді суспензії, тобто порошку, розмішеного в трансформаторному маслі чи дизпаливі (1:30, 1:50).

Магнітно-порошкова дефектоскопія включає такі основні етапи:

- підготовка поверхонь деталей;
- намагнічування деталей;
- обробка поверхні деталі сухим порошком або суспензією;
- оглядання деталей;
- розмагнічування.

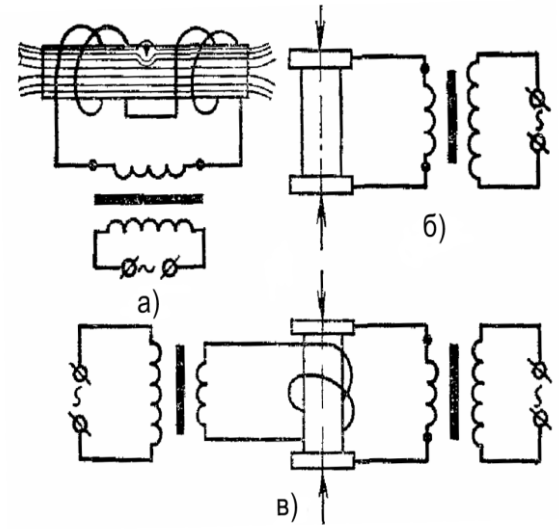

Рисунок 2.2 – Основні схеми намагнічування деталей змінним струмом: а – в поздовжньому полі соленоїда; б – в циркулюючому полі; в – у комбінованому полі

Щоб визначити дефекти, розташованих перпендикулярно до осі деталі, застосовують намагнічування в поздовжньому полі соленоїда (рис. 2.2 а); розташованих вздовж осі деталі – циркулююче намагнічування (рис. 2.2 б); у різних напрямках – комбіноване намагнічування (рис. 2.2 в).

Для намагнічування деталей використовують універсальні дефектоскопи: УМД-9000 ВИАМ, М-217ЗИЛ, ЦНВ-3, ЦНИИТМАШ, 77ПМД-ЗМ (рис. 2.3) і ін.

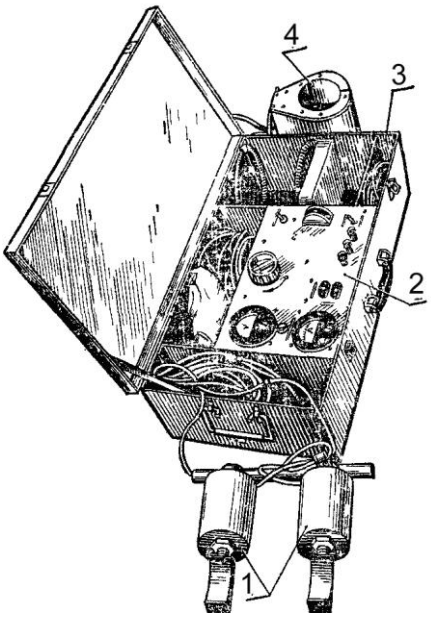

Рисунок 2.3 – Загальний вигляд магнітного дефектоскопа 77ПДМ-3М:
1 – електромагніти; 2 – пульт керування; 3 – корпус; 4 – соленоїд

Переносний дефектоскоп 77ПМД-3М (рис. 2.3) найбільш зручний у користуванні. Електроживлення дефектоскопа здійснюється від переносного джерела постійного струму напругою 26 або 52 В, або змінного струму напругою 220 В через вирівнювач. Проводять намагнічування в полі котушки соленоїда пропусканням струму через деталь чи вкладаючи її на полюси електромагнітів *1*.

Рисунок 2.4 – Дефектоскопічний набір МАГЭКС-1М

Рисунок 2.5 – Магнітний дефектоскоп ПДМ-70:
1 – електромагніти; 2 – пульт керування; 3 – корпус; 4 – соленоїд

Чутливість МПД вимірюється магнітними показниками матеріалу контрольованої деталі (магнітною індукцією (B), залишковою намагніченістю (Br), максимальною магнітною проникністю (μmax), і коерцитивною силою (H0), шорсткістю поверхні контролю та напруженістю, що магнітить поле, його орієнтація за відношенням до площини дефекту, якістю дефектоскопічних пристосувань і освітленість поверхні, яка контролюється.

Магнітно-порошковий метод ефективно використовується у багатьох галузях промисловості: авіації, машинобудуванні, суднобудуванні, автомобілебудуванні та ін.

Приведені варіанти використання:

Рисунок 2.6 – МПД бака, тріщина

Рисунок 2.7 – МПД трубопроводу

Рисунок 2.8 – Тріщина МПД

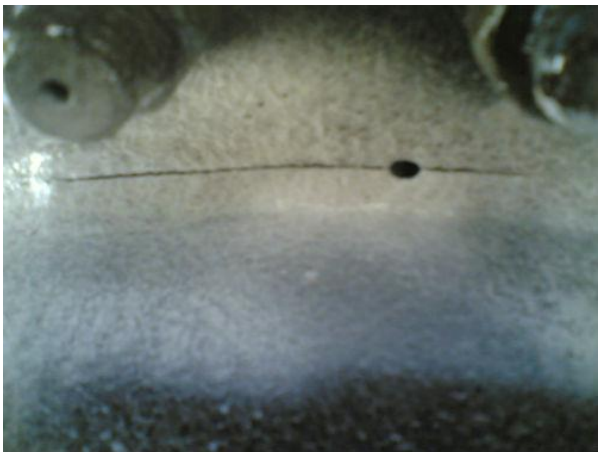

Рисунок 2.9 – Тріщина в кутовому шві

Дефектоскоп типу МК виявляє тріщини на малих ділянках поверхні деталі. Під час переміщення магніту з притиснутим до нього порошком контрольована поверхня на невидимих тріщинах відкладається добре помітний валик з визначеним порошком.

Після такої магнітної перевірки деталь варто розмагнітити, для цього її поміщають всередину котушки соленоїда та поступово виносять за межі впливу магнітного поля чи зменшують струм у соленоїді від максимуму до нуля.

Капілярний метод оснований на явищі капілярного проникнення рідини, що змочує поверхневі тріщини, пори і т. д. Такі методи, показано на прикладі, люмінесцентного, який використовуємо для виявлення поверхневих тріщин у деталях, виконаних з немагнітних матеріалів.

Люмінофори (мінеральні масла або кристалічні речовини у вигляді порошку – дефектолі, антрацен і ін.) наносять на поверхню деталей. Через якийсь час (15–20 хв.) люмінофор заходить в тріщини та з поверхні деталі

його видаляють витиранням тирсою з деревини і ворсяними щітками. Очищена поверхня обдувається повітряним потоком та наносять на неї речовину, яка виявляє тріщини (вуглекислий магній, тальк чи силікагель). Потім деталі оглядають в темному приміщенні на установках ЛЮМ-1, ЛД-4 та інших через промені ультрафіолетового світла або через ультрафіолетовий світлофільтр. Після дії ультрафіолетових променів люмінофори світяться та показують у такий спосіб місце розміщення тріщин. Під час виявлення тріщин у феромагнітних сплавах, що мають темну поверхню, застосовують магніто-люмінесцентна дефектоскопія. Такий метод відмінний від магнітного тим, що суспензія містить люмінофор.

Перевірку на наявність тріщин можна проводити і за допомогою гасу. Деталь змочують протягом 10–30 хв. гасом і витирають насухо. Потім на поверхню наносять тонкий шар крейди чи каоліну. Після висихання обмазки гас, виходячи з капілярної тріщини, змочить обмазку, показуючи розташування дефекту.

Діагностика ультразвуком основана на здатності ультразвукових коливань поширюватись в різних матеріалах на великі відстані через спрямовані пучки (променів) та відбиватися від поверхні дефектів або послаблюються через них. Провівши вимір часу від моменту посилання імпульсів до моменту приймання їх після відбивання визначають відстань до дефекту та його величину. Контроль якості деталей визначають дефектоскопи УЗД-10У, ДСК.

Хід виконання роботи

1. Підготовка деталі до обстеження.
2. Огляд деталі та виявлення зовнішніх дефектів.
3. Обов’язково вивчити інструкцію вказаного дефектоскопа.
4. Визначити приховані дефекти та описати їх.
5. Провести кінцеві висновки щодо можливості ремонту або відновлення деталі.
6. Оформити лабораторний звіт.

Контрольні запитання

1. Як вибирають відповідне діагностування деталей?
2. Які є способи визначення стану деталей?
3. Яке обладнання використовують для діагностування металевих деталей?
4. Як визначити наявність тріщин та інших дефектів не металевих деталей?
5. На які групи поділяються деталі після діагностування?
6. Які деталі не піддаються ремонту або відновленню?

Лабораторна робота № 3

УТВОРЕННЯ ОТВОРІВ У ДЕТАЛЯХ МАШИН ШЛЯХОМ ВИКОНАННЯ СВЕРДЛИЛЬНИХ ТА ІНШИХ ВИДІВ РОБІТ

Мета роботи: вивчити основні методи утворення отворів у деталях машин шляхом свердлильних та інших видів робіт для ремонту обладнання лісового комплексу.

Теоретичні відомості

Під час виконання ремонтних робіт виникають потреби утворення в деталях різноманітних отворів. Тому проводять операції свердління, зенкування, зенкерування та розсортування отворів.

Суть таких операцій полягає в тому що процес різання (зняття шару матеріалу) здійснюється обертальним та поступальним рухами ріжучого інструменту (свердла, зенкера і т. д.) відносно своєї осі.

Види ріжучого інструменту

Свердління це отримання та обробка отворів різанням з допомогою спеціального інструменту – свердла. Поділяють свердла за конструкцією та призначенням на перові, спіральні, центрувальні та ін. Тепер в основному використовують переважно спіральні свердла і значно рідше спеціальні типи.

Спіральне свердло (рис. 3.1) – робоча частина, хвостовик та шийка. Робоча частина у свою чергу складається з циліндричної (направляючої) і ріжучої частин.

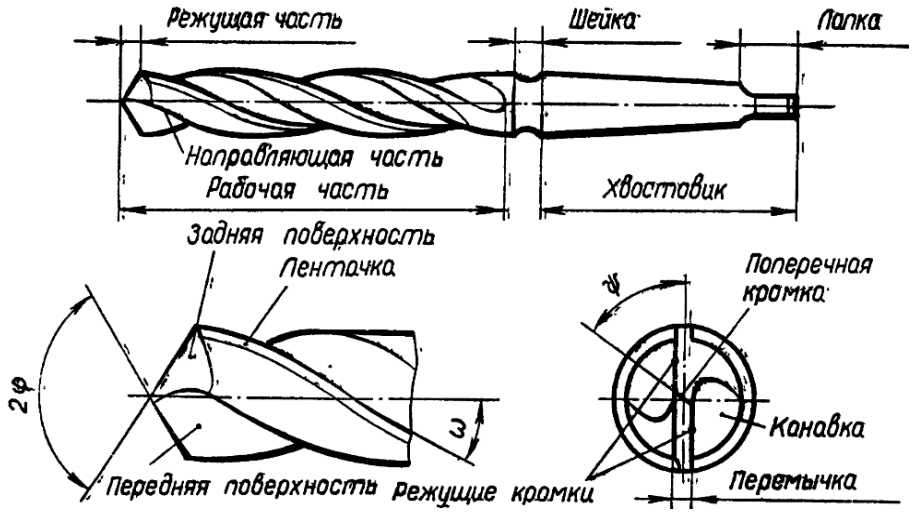

Рисунок 3.1 – Елементи спірального свердла: 2φ - кут вершини; ω - кут нахилу гвинтової лінії; ψ - кут нахилу поперечної крайки

Направляюча частина складається з двох гвинтових канавок якими відводиться стружка під час різання. Напрямок канавок зазвичай правий. Вздовж канавок на циліндричній частині свердла є вузькі смужки що

називають стрічками. Вони потрібні для зменшення тертя свердла стінками отвору. Частина свердла, яке ріже утворюється двома ріжучими крайками, що розташовані під відповідним кутом 2φ одна відносно іншої. Величина кута залежить від оброблюваного матеріалу(див. тал. 3.1)

Таблиця 3.1 – Значення кута у вершині свердла

Матеріал	2φ, град
Чавун та сталь	116…118
Стальні поковки і гартована сталь	125
Латунь та м’яка бронза	130…140
М’яка мідь	125
Алюміній, бабіт	130…140
Силумін	90…100
Магнієві сплави	110…120
Ебоніт	80…90
Оргскло	70
Пластмаси	50…60

Хвостовик свердла призначений для закріплення його у свердлильному патроні або шпинделі верстата та може мати конічну чи циліндричну форму. Конічний хвостовик має на кінці лапку для виштовхування свердла з гнізда.

Шия свердла з’єднує робочу частину з хвостовиком і призначена для виходу абразивного круга у процесі шліфування свердла під час його виготовлення. На шийці показують марку свердла.

Для виготовлення свердел застосовують тверді спечені сплави ВК6, ВК8 та Т15К6.

Щоб зменшити спрацювання ріжучих кромок свердла проводять його загострювання. Загострення свердла на звичайному верстаті обов’язково виконують у захисних костюмах. Рукою утримують свердло за робочу частину якомога ближче до ріжучої частини, та притискаючи ріжучу кромку свердла до бічної поверхні шліфувального круга (рис. 3.2, а). Далі повертають його навколо осі, дотримуючись правильного нахилу (рис. 3.2, б). Загострення здійснюють з охолодженням шляхом періодичного занурення у воду або постійного поливу. Під час загострення слідкують, щоб ріжучі кромки були прямолінійними та мали одинакові довжину і були загострені під однаковим кутом.

Свердлами виконують не тільки виконання наскрізних та глухих отворів, але і розсвердлювання – збільшення розміру (діаметру) вже наявних отворів.

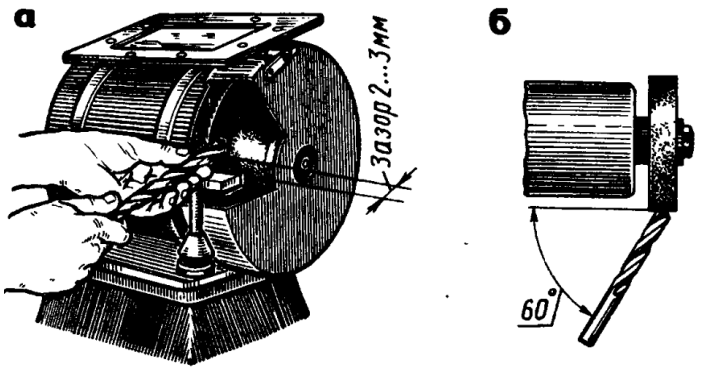

Рисунок 3.2 – Гостріння ріжучих кромок свердла: а – положення свердла в руках, б – положення свердла відносно шліфувального круга

Зенкуванням проводять у верхній частині отворів з метою утворення фасок або циліндричних заглиблень, наприклад під головку болта чи заклепки. Ці роботи виконують зенкерами (рис. 3.3).

Зенкеруванням уворюють отвори, що отримані литтям, штампуванням або свердлінням, щоб надати їм циліндричної форми. Зенкерування виконують – зенкерами (рис. 3.4). Зенкери є з ріжучими кромками на циліндричній або конічній поверхні та з ріжучими кромками на торцевій поверхні.

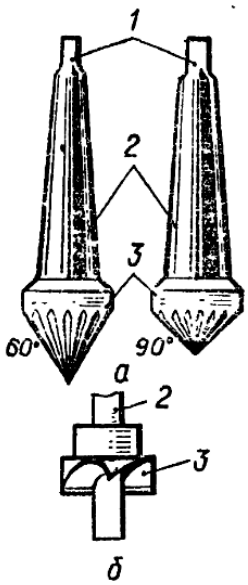

Рисунок 3.3 – Зенківки: а – конічна; б – торцева; 1 – лапка; 2 – хвостовик; 3 – робоча частина

Рисунок 3.4 – Зенкер: 1 – лапка; 2 – хвостовик; 3 – робоча частина; 4 – шийка

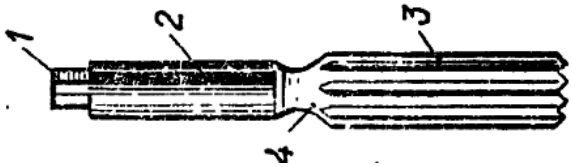

Рисунок 3.5 – Розверстка: 1 – лапка; 2 – хвостовик; 3 – робоча частина; 4 – шийка

Розверстування – чистова обробка отворів, яка маї схожість до зенкерування, але є більш точною та має малу шорсткість оброблюваної поверхні. Виконується така операція слюсарними (ручними) або верстатними розверстками (рис. 3.5) Розверстка має будову та складається з робочої частини, шийки та хвостовика. Робоча частина у свою чергу ділиться на забірну, ріжучу (конічну) та калібруючу частини.

Верстати та пристрої

Розглянуті вище операції оброблення отворів виконують на свердлильних або токарних верстатах. Але коли деталь неможна встановити на верстат або отвори розміщені у важкодоступних місцях, тоді обробку здійснюємо за допомогою воротків, ручного інструменту або механізованих (електричних і пневматичних) дрилів.

Вороток з квадратним отвором використовується під час роботи з інструментом, що має на кінці квадрат, наприклад ручною розверсткою.

Найбільшого використання набули в умовах ремонтних робіт вертикально-свердлильні верстати. Тому будову вертикально-свердлильного верстата показано на прикладі верстата 2М112 (рис. 3.6).

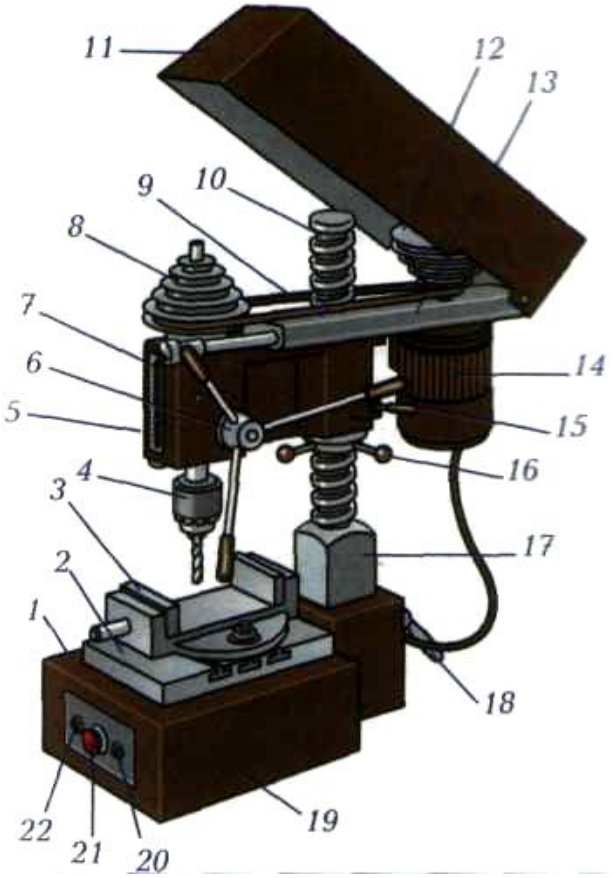

Рисунок 3.6 – Схема вертикально-свердлильного верстата 2М112

Остів верстата – чавунна плита 1, на якій закріплено робочий стіл 2. На задній стороні плити є опорна площина, до якої в кронштейні 17 нерухомо прикріплено силовий гвинт-колона 10, якою переміщується шпиндельна бабка 5. Шпиндельна бабка складається із корпусу чавунного, в середині розміщено механізм піднімання та опускання шпинделя.

На нижній конічній стороні шпинделя кріпиться свердлильний патрон 4.

На верхній стороні корпуса шпиндельної бабки знаходиться клинопасова передача, яка складається із ведучого 12 і веденого 8 п'ятиступінчастих шківів, паса 9, засобу натягування паса 7 і захисного кожуха 11. Клинопасова передача приводиться у рух електродвигуном 14. Через шківи різних діаметрів, змінюємо частоту обертання шпинделя. Ведений п'ятиступінчастий шків з натягом

насаджено на втулку, що має шліцьове з'єднання з верхньою стороною шпинделя. На станині монтуються лещата 3 щоб закріплювати оброблювані деталі. Також верстат містить: 6 – рукоятку подачі; 7 – гвинт регулювання натягу паса; 13 – плиту моторну; 15 – гвинт фіксації шпиндельної бабки; 16 – важель маховичка переміщення шпиндельної бабки; 18 – перемикач; 19 – основа; 20 – вмикач правого обертання; 21 – вмикач стоп; 22 – вмикач лівого обертання.

Щоб забезпечити вертикальну подачу передбачено механізм ручного переміщення свердлильного патрона (рис. 3.7).

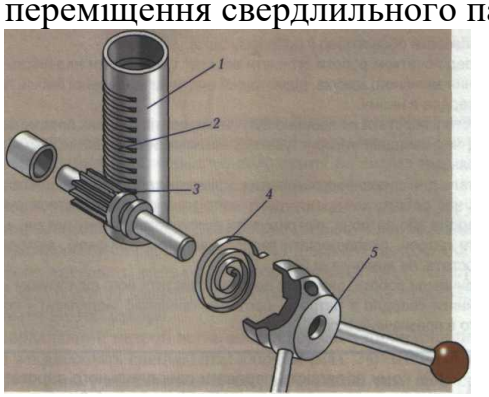

Рисунок 3.7 – Механізм вертикального переміщення патрона: 1 –гільза; 2 – зубчаста рейка; 3 – зубчасте колесо; 4 – спіральна пружина; 5 – коробка важеля

На свердлильних верстатах використовують різноманітні пристрої для затискання деталей та ріжучого інструменту.

Тиски (рис. 3.6. поз. 3) – служать для затискання деталей різноманітної конфігурації та можуть мати як плоскі так і профільні губки.

Для затискання циліндричних заготовок використовують призми що комплектуються притискними пластинами (рис. 3.8).

Для затискання свердел з циліндричним закінченням використовують патрони звичайні. На рис. 3.9 зображений трьохкулачковий патрон.

Свердла з конічним закінченням встановлюють безпосередньо у конус шпинделя верстата. Для закріплення свердел із конусом меншим ніж конус шпинделя використовують перехідні конуси (рис. 3.10). Для демонтажу як патронів так і свердел з конічним закінченням із шпинделя верстата використовують клини (рис. 3.11)

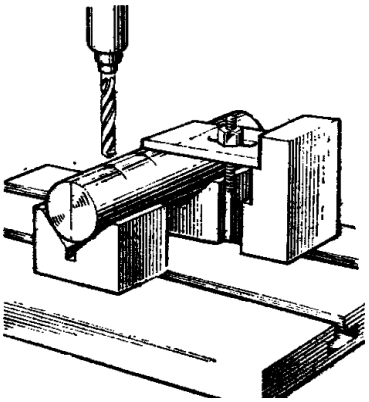

Рисунок 3.8 – Закріплення деталі у призмах із використанням притискної пластини

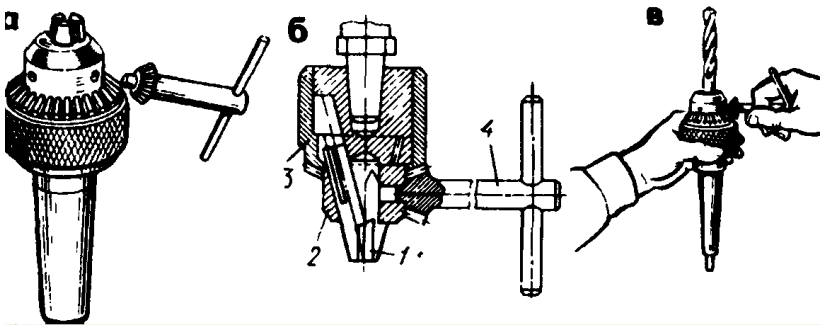

Рисунок 3.9 – Патрон трьохкулачковий свердлильний: 1 – кулачки; 2 – гайка; 3 – обойма; 4 – ключ

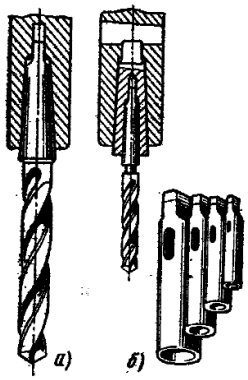

Рисунок 3.10 – Встановлення свердла з конічним закінченням: а – безпосередньо в шпиндель; б – з використанням перехідного конуса

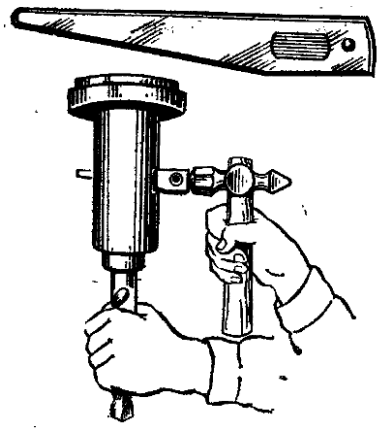

Рисунок 3.11 – Заміна свердла з конічним закінченням за допомогою клина

Режими свердління

Щоб підготовити свердлильний верстат на той чи інший вид обробки отворів потрібно вірно встановити режими свердління: швидкість різання та подачу.

Швидкістю різання під час свердління називають величину шляху, на яку переміщується найбільш віддалена від центра обертання точка ріжучої кромки свердла у напрямку головного руху за одиницю часу. Швидкість залежить від матеріалу оброблюваної деталі, діаметру, кута загострення та матеріалу свердла і ін. Частота обертання шпігеля верстата n та швидкість різання V мають таку залежність

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d},$$

де d – діаметр ріжучого інструменту, мм.

За швидкістю різання встановлюємо частоту обертання шпігеля верстата.

Режими свердління залежать від діаметру отвору, оброблюваного матеріалу, матеріалу свердла та інших факторів наведено у табл. 4.2

Таблиця 3.2 – Рекомендовані показники подачі та швидкості різання під час свердління

Сверло		Подача S, мм/об	Скорость резания V, м/мин, при обработке		
Материал	Диаметр, мм		стали	чугуна	латуни
Углеродистая сталь	От 5 до 20	0,15...0,2	8...12	8...10	10...13
	Свыше 10 до 20	0,15...0,25	10...13	10...13	13...15
	Свыше 20	0,05...0,15	10...13	10...13	13...16
Быстрорежущая сталь	От 5 до 10	0,15...0,2	20...30	20...25	25...30
	Свыше 10 до 20	0,15...0,25	25...35	25...35	30...40
	Свыше 20	0,05...0,15	30...35	30...35	35...40

Хід виконання роботи

1. Вивчити основні види робіт з отримання відповідних отворів та зобразити схеми інструменту, що використовують під час отримання отвору.
2. Вивчити матеріал таблиці рекомендованих значень кута вершини свердел.
3. Накреслити кінематичну схему вертикально-свердлильного верстата 2М112.
4. Підібрати відповідно заданого завдання режими свердління ($\boldsymbol{V}$, $\boldsymbol{S}$ та $\boldsymbol{n}$).

Контрольні запитання

1. Які інструменти використовують для утворення отворів у деталях?
2. Назвіть з яких частин складається спіральне свердло.
3. Яке значення кута для різних матеріалів на вершині свердел?
4. Основні складові вертикально-свердлильного верстата 2М112.
5. Рекомендовані значення подачі та швидкості різання під час свердління?

Лабораторна робота № 4

РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ШЛЯХОМ ЗВАРЮВАННЯ ТА НАНЕСЕННЯ ЗМІЦНЮЮЧИХ ПОКРИТТІВ

Мета роботи: вивчення технологічних процесів відновлення деталей шляхом зварювання та нанесення покриттів.

Теоретичні відомості

Заварювання і наплавлення – дуже поширені способи ремонту зношених і пошкоджених деталей машин. Заварювання і наплавлення під час відновлення металевих деталей широко використовується як для заварювання руйнувань (тріщин, поломок і розривів), так і для наплавлення зношених поверхонь. Під час відновлення металевих деталей здебільшого використовують електрозварювання. Газове зварювання використовують в основному під час заварювання металевих деталей з малою товщиною стінок (кабіни і крила тракторів і автомобілів, ремонту комбайнів, тонкостінні труби, нафтова тара).

Для отримання доброякісного заварного з'єднання заданої якості або наплавленого шару під час відновлення деталей машин електрозварюванням першочергове значення мають правильний підбір електрода і дотримання технології заварювання. Підбір електрода залежить від характеру дефекту, що потрібно усунути, марки металу, з якого вироблена деталь, і вимог до наплавленого шару.

Під час заварювання тріщин або поломок зазвичай використовують заварювальні електроди або дроти. За ДСТУ вони поділяються на ряд видів від Е-34 до Е-145. Головною характеристикою кожного виду є тимчасовий опір розривання заварного з'єднання. Воно показується в назві виду електрода. Наприклад, електроди виду Е-42 мають зварне з'єднання, що має тимчасовий опір розриву, який рівний 420 Н/мм^2. До кожного виду може відноситися кілька марок електродів. Наприклад, до виду Е-42 відповідають електроди марок ОЗЦ-1, ОММ-5; до виду Е-42А – електроди ЦМ-8, УОНИ-13/45П, ОЗС-3; до виду Е-46 – електроди ОЗС-4, АНО-3, АНО-4; до виду Е-50А – електрод УОНИ-13/55 і ін.

Перелічені види електродів використовують для заварювання мало – і середньовуглецевих металів. Стрижні всіх електродів виготовлені з дроту Св-08 діаметром від 1,6 до 12 мм. Види і марки електродів відрізняються один від іншого покриттям (замазкою). Електроди з крейдовою замазкою, що складається з 70 – 80% меленої крейди і 20 – 30% рідкого скла, відносяться до типу Е-34. Крейдова замазка є тільки стабілізуючою, тобто кращою для стійкого горіння дуги. Інші види і марки електродів мають якісну замазку. Ця замазка, крім стабілізуючих, містить захисні, шлакоутворюючі і газоутворюючі, а іноді розкислюючі і легувальні елементи.

Умовні познаки видів складання покриттів: руднокислі – Р, рутилові – Т, фтористо-кальцієвий – Ф, органічні – О.

Умовне позначення електрода за ДСТУ має таку послідовно розписаний варіант: марку і тип електрода, діаметр, вид складу покриття і номер ДСТУ. Наприклад такий запис, електрод ЦМ-7, що відноситься до виду Е-42, діаметром 5 мм і має покриття рутилового типу, буде мати позначення: ЦМ-7-Е-42-5, 0-Р-ДСТУ:ЕН 1470:2008.

Заварювання маловуглецевих (з кількістю вуглецю до 0,20%), та низьколегованих сталей, наприклад таких марок 15Х, 20ХНА, 20Х, 30Х, 18ХГТ і ін. здійснюється без проблем.

Вуглецеві та леговані сталі із середнім і високим вмістом вуглецю заварюються важче і схильні до утворення пор та тріщин. Тому заварювання і наплавлення середньо-, високовуглецевих і легованих сталей потрібно проводити попереднє нагрівання деталей до таких температур (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Температура підігріву перед заварюванням

Вміст вуглецю, %	0,20 – 0,30	0,30 – 0,45	0,45 – 0,80
Температура нагрівання, ºС	100 –150	150 – 250	250 – 400

Під час заварювання таких сталей хороші результати також дає такий відпуск за температури 600 – 650°С або при 400°С протягом 2 годин. Рекомендують також перед заварюванням нагрівати масивні деталі для отримання глибшого провару і запобігання великого відведення тепла від місця заварювання в глибину деталі.

Під час ремонту зношених деталей електродуговим наплавленням вибирання електродів залежить від марки сталі деталі, що наплавляємо та необхідну твердість покриття та зносостійкості наплавленого шару матеріалу.

Наплавлення поверхонь зношених деталей, що виготовлені з маловуглецевих сталей, які не піддаються термічному або хіміко-термічній обробці, можна робити заварювальними електродами.

Під час наплавлення деталей машин середньовуглецевих та легованих сталей (наприклад марки сталей 30, 35, 45, 30Х, 35Х, 40Х), загартованих та з маловуглецевої сталі, але з цементованою поверхнею потрібно використовувати спеціальні наплавні електроди на тверді сплави.

ДСТУ встановлює ряд видів наплавних електродів, що розрізняються за хімічним складом наплавлюваного шару матеріалу. Познака виду електрода розшифровується в такий спосіб: букви «ЕН» показують «електрод для наплавлення», далі вказуються основні хімічні елементи, які входять у склад наплавленого шару матеріалу, і їх середній вміст у відсотках. Познака хімічних елементів загальноприйняте: У – вуглець, С – кремній, Г – марганець, Н – нікель, Х – хром, Т – титан, Р – бор, Ф – ванадій і т.д. Спочатку показуємо вміст вуглецю, але якщо в позначенні типу електрода є буква У, тоді вміст вуглецю подається у

десятих частках відсотка, а якщо вона відсутня – у сотих частках. Далі цифри вказують твердість шару матеріалу (HRC).

Наприклад, познака виду електрода ЕН-14М2Х-30 показує: електрод для наплавлення та у наплавленому шарі матеріалу міститься 0,14% вуглецю, 2% марганцю, 1% хрому, твердість шару – 30 HRC.

Показ на твердість наплавленого шару (HB) містяться деколи у позначеннях марки електрода, наприклад, електрод ОЗН-300, Т-590 та ін.

Видам електродів відповідають певні марки електродів, повне умовне позначення електрода для наплавлення показує його марку, тип, діаметр і ДСТ. Наприклад, електрод маркування ОЗН-300 діаметром 5 мм буде мати таке позначення: ОЗН-300-ЕН-15ГЗ-25, 5,0 ДСТ 10051-62 і ДСТ 9466-60.

Основи наплавних електродів виготовляють як з вуглецевого, так і з легованого заварювального дроту. Леговані елементи вводять у наплавлений шар як з покриття матеріалу дроту, так і тільки з матеріалу покриття. Найбільш широкий застосунок для наплавлення деталей машин знайшли електроди марок ОЗН-300 і В-340 п/б (вид ЕН-15ГЗ-25), ОЗН-400 (вид ЕН-20Г4-40); для наплавлення деталей з високомарганцевої сталі Г13 – електроди ОМГ-Н (вид ЕН-70ХН-25); для наплавлення швидкозношуваних деталей машин, що працюють в умовах абразивного зношування – електроди марок Т-90, ЦС-1, ЦС-2 та ін.

В останній час для отримання наплавлених шарів високої твердості застосовують також порошкові електроди – трубчасті основи діаметром 2 – 8 мм із маловуглецевої сталі з відповідним наповнювачем. Як наповнювач основи використовують тверді сплави, найчастіше сормайт, феросплави, карбід вольфраму. На електроді наноситься захисне покриття (замазка).

Реалізуються трубчасті наплавні електроди ЕПН-1, ЕТН-2, ЕТН-3, ЕТН-4.

Під час газового зварювання тріщин, розривів, приварки накладок на сталевих деталях і заварювання металоконструкцій використосовують заварювальний дріт Св-08, Св-08А.

В останні роки усе ширше для газового заварювання застосовують заварювальні дроти з підвищеним вмістом марганцю і кремнію, наприклад, дроту Св-08ГС, Св-08М2С, Св-12ГС, а також леговані заварювальні дроти, наприклад, Св-18ХГСА, Св-18ХМА, Св-10ХГ2С та ін.

Також широко використовують наплавні дроти Нп-40, Нп-50, Нп-30ХГСА, Нп-10Г3 та ін, що дають заварювальне з'єднання або наплавлений шар з високими механічними властивостями.

Як електродугове, так і газове наплавлення твердого і зносостійкого шару на сталевих деталях можна отримати шляхом наплавки на них твердих сплавів, які можуть бути вилитими, у вигляді стрижнів та порошкоподібні (зерноподібні).

До вилитих відносимо, наприклад, сормайт № 1, № 2 і стеліти В2К і ВЗК, які мають високу твердість та зносостійкість за кількості великого вмісту вуглецю, хрому, нікелю, марганцю та ін. Такі сплави можуть

наплавлятися газовим полум'ям, тому можуть бути сердечниками електродів (наприклад, електроди ЦС-1 і ЦС-2).

Порошкоподібні тверді сплави такі: сталініт, що містить 37,7% ферохрому, 10,8% феромарганцю, 47,1% чавунного порошку, 4,4% нафтового коксу; боридова суміш (50% борида хрому та 50% залізного порошку); заплавна суміш КБХ (60% ферохрому, 33% залізного порошку, 5% бориду хрому, 2% карбіду хрому) і ін. Такі сплави наносяться на поверхню деталі, наплавляються і з'єднуються з нею за допомогою полум'я газового або дуги електричної.

Наплавлення твердих сплавів електрозварюванням, або газовим заварюванням використовують буру або суміш – 50% бури і 50% кислоти борної.

Діаметр електрода під час зварювання вибирають у залежності від товщини металу, що заварюється, (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 − Вибір електрода та сили струму заварювання сталі

Товщина металу, що заварюється, мм	Діаметр електрода, мм	Сила струму, А	Товщина металу, що заварюється, мм	Діаметр електрода, мм	Сила струму, А
0,5 –1,0	1,6	20 – 30	4,0 – 6,0	4,0	140–150
1,0	2,0	20 – 30	6,0 – 8,0	4,0 – 5,0	160–200
1,5	2,0	30 – 50	8,0 – 12,0	5,0	210–230
2,0	2,0–3,0	40 – 70	12,0 – 16,0	5,0 – 6,0	230–270
3,0	3,0	70 – 120	16,0 – 20,0	5,0 – 6,0	240–280
3,0 – 4,0	3,0	90 – 120	Більше 20	6,0	260–300

Під час заварювання швів вертикальних використовують електроди діаметром не більше 5–6 мм, а за стельового заварювання – не більше 4 мм. Величина струму встановлюємо в залежності від діаметра електрода. Для заварювання сталі в нижньому положенні необхідну величину струму визначають за даними таблиці 5 або виразу $I = (40\text{-}50)d_{ел}$, де $d_{ел}$ – діаметр електрода, мм.

Під час заварювання вертикальних і швів стельових величина заварювального струму приймається на 10–20% меншою, ніж за заварювання у нижньому положенні.

Поверхня металу в лінії заварювання або поверхня під наплавлення повинна бути зачищена від нальоту до металевого блиску. Під час заварювання тріщини на її кінці повинні бути засверлені сверлом діаметром 3 – 4 мм отвори.

За товщини стінки деталі, що заварюється, або листів (смуг) до 4 мм і заварюванню в стик або заварюванні тріщини оброблення країв не

проводять. Коли товщина стінки від 4 до 8 мм краї обробляють, або проводять заварювання без оброблення, але з обох боків деталі.

Під час заварювання тонколистового металу (товщиною до 3 мм) потрібно використовувати електроди МТ, ОМА-2 та малопотужні джерела живлення з пониженою напругою роботи – заварювальні трансформатори СТАН-0, ТС-120, ТСП-1, перетворювачі напруги ПСО-120.

Діаметр електрода та величину струму під час наплавлення беруть нижчі у порівнянні із заварюванням. Наплавлення варто проводити короткою дугою з перекриттям сусідніх валиків на 30 – 50%, але електрод повинен бути нахилений під кутом 15 – 20° від вертикалі до напрямку руху. Наплавлення маємо проводити, об'єднуючи переміщення електрода у напрямку наплавлення з поперечним переміщенням , щоб ширина валика приблизно дорівнювала 2,5 одиницям діаметру електрода. Товщина шару наплавлення виходить приблизно рівною $0{,}7d_{ел}$.

Полярність струму постійного приймають залежно від марки електрода. Заварювання масивних деталей ведуть або змінним струмом, або постійним прямої полярності, вибравши відповідну марку електрода, бо на «плюсі» температура на 500 – 600°С вище, ніж на «мінусі». Заварювання тонкостінних деталей та наплавлення проводять струмом зворотної полярності. Під час газового заварювання діаметр прутка або дроту вибирають з такого співвідношення:

$$d = \frac{b}{2} + 1 \ мм,$$

де b – товщина обробки основного металу, мм.

Заварювальні пальники підбирають так, щоб витрати ацетилену були 100 – 120 л/год на 1 мм товщини металу.

Заварювання отворів електродом можна провести коли глибина отвору L<1,5d (d-діаметр отвору). Порядок та послідовність заварки отворів зображені на рисунку 4.1а. Якщо глибина отвору більше 1,5d, але не більше 3d, тоді його потрібно заварювати з двох сторін, попередньо вклавши в середину сталеву шайбу (рис. 4.1б). Коли L більше 3d, необхідно розсвердлювати отвір щоб провести заварку.

Коли під час заварювання або наплавлення нерівномірно прогрівається ділянка обробки деталі тоді виникають внутрішні напруження, які приводять до деформації (жолоблення) деталі аж до утворення тріщин. Позбутися появи тріщин та зменшити або навіть уникнути жолоблення можна здійснити різними способами. Зокрема результати дає попередній підігрів деталі перед заварюванням або наплавленням з подальшим повільним охолодженням. Вибір температури нагрівання деталі залежить від виду термообробки під час її виготовлення та не повинна перевищувати 700°С.

Наплавлення циліндричних поверхонь деталі проводять по гвинтовій лінії або уздовж осі деталі накладаючи валики у порядку показаному на рисунку 4.2. Під час заварювання тріщин, заварювання смуг (листів)

потрібно проводити заварювання короткими ділянками довжиною 40 – 50 мм, почергово, починаючи з країв до середини і т.д., з перервами для охолодження. Перед заварюванням або наплавленням надати деталі відповідну деформацію у зворотний бік де варто очікувати короблення. У такому випадку під час зварювання (наплавлення) деталь розпрямиться і стане рівною.

Під час наплавлення термічно оброблених деталей варто занурювати у ванну з водою частину деталі так, щоб наплавна поверхня виступала над нею.

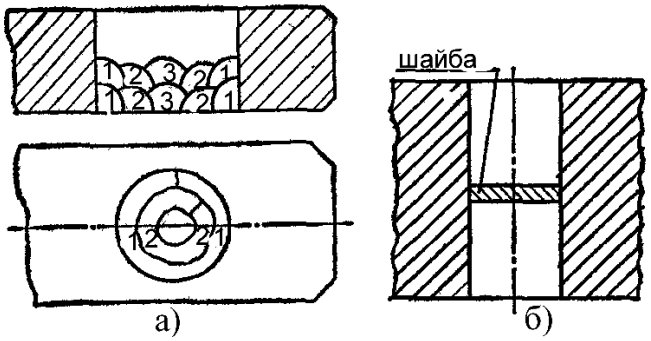

Рисунок 4.1 – Заварювання отворів:
а – послідовність заварювання отворів;
б – заварювання глибоких отворів з встановленням шайби

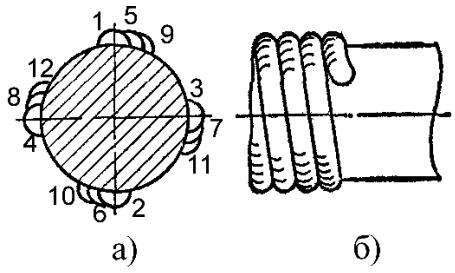

Рисунок 4.2 – Наплавлення деталей циліндричної форми:
а – послідовність накладення валиків уздовж деталі;
б – наплавлення спіральною лінією

Устаткування для заварювання і наплавлення. Джерела живлення електроенергією під час проведення електрозварювальних та наплавлювальних робіт використовують зварювальні трансформатори, випрямлячі і перетворювачі. Найбільше поширення мають заварювальні трансформатори типу ТС і ТСК (ТС-120, ТС-300, ТС-500, ТСК-300, ТСК-500. (Число вказує номінальний заварювальний струм).

Заварювальний перетворювач це агрегат, що складається з заварювального генератора постійного струму та двигуна приводу генератора. Найбільше розповсюдження отримали перетворювачі ПСО-120, ПСО-300, ПСО-500, ПСО-800.

Випрямлячі також є перетворювачами де в агрегаті об'єднані трифазний знижувальний трансформатор та батарея випрямлячів (селенових, кремнієвих або германієвих). Трансформатор та випрямлячі розміщені в загальній металевій шафі де встановлені: кулер для охолодження випрямлячів, пускова регулювальна апаратура, вольтметр та амперметр.

Для електрозварювання ручного (наплавлення) використовують випрямлячі ВСС-120-4, ВСС-300-3 (селенові), ВКС-120, ВКС-300, ВКС-500 (кремнієві).

Апаратура для заварювання газового залежить від виду використання горючого газу. Ацетилен отримують в ацетиленових генераторах з карбіду кальцію шляхом дії на нього води. Пропан-бутанова суміш та газ природний надходять на підприємства в балонах. Кисень для утворення суміші з горючими газами привозять у балонах ємністю 40 л.

Пальники для газового заварювання мають змінні наконечники для заварювання металу різної товщини (пальник малої потужності ГС-2 з розпилювачем від 0 до 3, середньої потужності ГС-3 з розпилювачем від 4 до 7 і великої потужності ГС-4 з розпилювачем 8 і 9). Поділ від витрати ацетилену розпилювачем поділяють на 9 номерів.

Таблиця 4.3 – Розпилювачі для газових пальників

Номер розпилювача	0	1	2	3	4	5
Витрата газу горючого, л/год	20-65	50-125	120-240	230-400	400-700	660-1100

Номер розпилювача	6	7	8	9
Витрата газу горючого, л/год	1050-1750	1700-2800	2800-4500	4500-7000

Для проведення заварювання пропан-бутановою сумішшю або газом природним з використанням кисню застосовують інжекторні пропан-бутаново-кисневі пальники (ГЗМ-1-62 і ГЗУ-1-62) без підігрівання і більш потужні пальники з підігріванням та з підігрівальними камерами (ГЗМ-2-62 і ГЗУ-2-62).

Наплавлення вібродугове. Такий процес відрізняється від розглянутих вище варіантів механізованого заварювання і наплавлення тим, що наплавлення кінцем електрода робиться коливальними рухами в площині, яка перпендикулярна до наплавлюваної поверхні, а також наплавлений шар охолоджується.

Схема пристрою зображена на рис. 4.3 використовується для вібродугового наплавлення.

Головка для наплавлення закріплюється на супорт токарного верстата та переміщається з ним уздовж деталі, а наплавна деталь розміщена в центрі верстата та обертається.

Головка для вібродугового наплавлення має крім звичайного механізму подачі дроту має також вібратор 7, який надає коливальний рух хоботу мундштука 3. У такому вібраторі розміщений електромагніт через обмотки якого проходить змінний струм, після чого пластина (якір), зв'язана з хоботом (наконечником) головки притягується до електромагніта, та відходить від нього (для цьому використовують пружини 8), і тому наконечник з електродним дротом отримує коливальний рух. Частота коливань рівна частоті зміни напрямку струму

(приблизно 100 разів у секунду), а розкид складає 1,5 – 2,5 мм. Виробляються наплавні головки з механічним вібратором (ОКС-12-62М, ОКС-65-69) в яких коливальний рух наконечника головки приводиться кулачковим або ексцентриковим приводним механізмом.

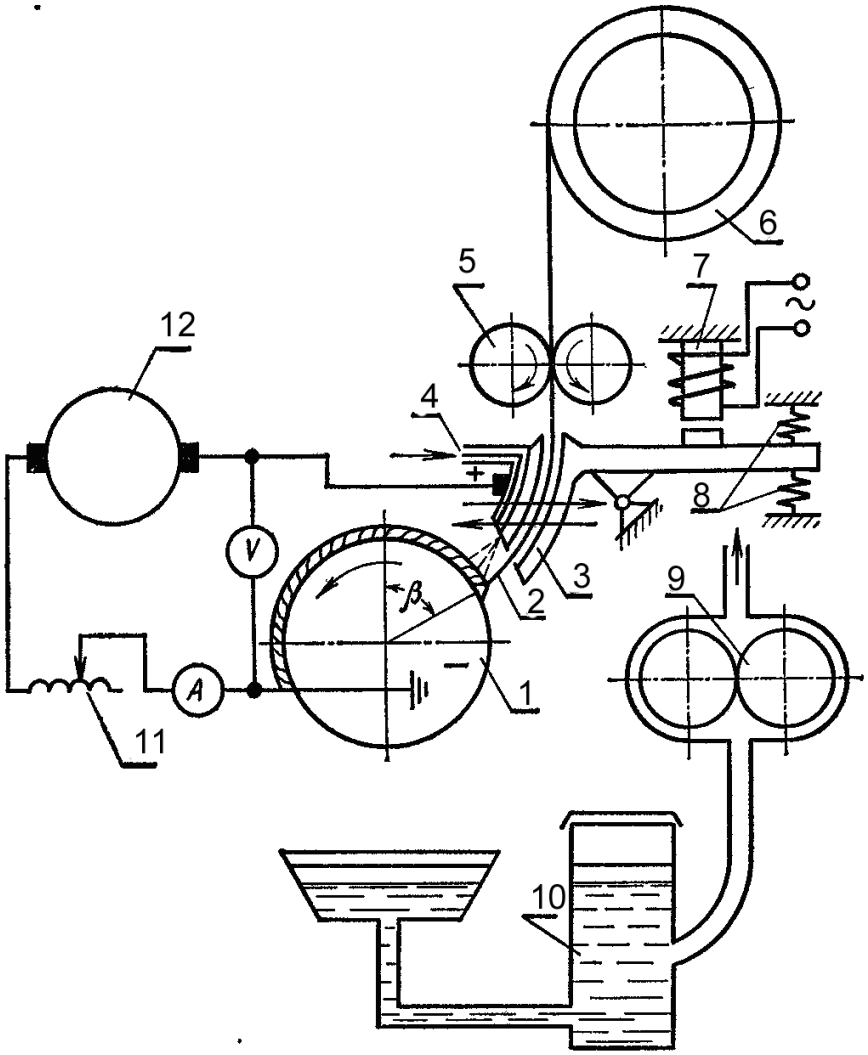

Рисунок 4.3 – Схема пристрою для автоматичного вібродугового наплавлення: 1 – деталь, що наплавляється; 2 – електрод; 3 – вібруючий мундштук; 4 – рукав для подачі охолодної рідини; 5 – ролик механізму подачі; 6 – бокс для дроту; 7 – вібратор; 8 – пружини; 9 – насос; 10 – фільтр-відстійник; 11 – дросель; 12 – генератор

Пристрій для вібродугового наплавлення має резервуар для охолоджуючої рідини (3 – 5%-ний розчин кальцинованої соди у воді) та насос для її подачі. Невелика кількість рідини (до 0,3 л/хв) попадає безпосередньо у зону горіння дуги, одночасно охолоджуючи мундштук наконечника, наступна частина рідини (2 – 2,5 л/хв) подається на наплавлений шар на відповідній відстані від зони горіння. У електричне коло послідовно з джерелом живлення, деталлю та електродом умикається дросель 11, (котушка індуктивності), що складається із залізного

сердечника з обмоткою. Наплавлення ведеться зазвичай на постійному струмі зворотної полярності за напруги 16 – 24 В (номінально 18 – 22 В). Завдяки створеним коливальним рухом вібратора кінець електрода наближається до деталі і торкається її то відходить від неї. Під час доторкання наступає період короткого замикання і напруга в колі спадає майже до нуля, а струм зростає. Кінець електрода нагрівається. За відходу електрода від деталі величина струму зменшується та змінює магнітне поле створюючи в колі електрорушійну силу самоіндукції, тому напруга між електродом і деталлю збільшується до 28 – 30 В і виникає дуговий розряд або настає період дугового розряду. Під час розряду на деталі створюється ванна для зварювання, електрод плавиться, краплі розплавленого металу переносяться на деталь. Після відходу електрода від деталі дуга перервається і наступає період холостого ходу, що триває до наступного короткого замикання. За деякого поєднання величин напруги, індуктивності та інших показників процесу, дуга може не перериватися до наступного короткого замикання, тоді холостого ходу не буде.

Наплавна хвиля інтенсивно охолоджується за рахунок тепловідведення у деталь і охолоджувальну рідину та загартовується. Наступна хвиля наплавленого металу, частково розплавляючи попередню, створює зону відпалу. Це призводить до того, що наплавлений шар стає неоднорідним за структурою та твердістю.

Інтенсивне охолодження призводить до виникнення напруженого стану самого шару що веде до розвитку тріщин у наплавленому металі. Такий процес знижує втомну міцність деталей. Але якість наплавленого шару залежить від режиму наплавлення та матеріалу електродного дроту.

Крок наплавлення залежить від діаметра застосовуваного електродного дроту та приймають рівним: $S = (1{,}0 – 1{,}5)\ d_{ел}$ мм/об.

Діаметр дроту електродного може бути від 1,2 до 3,0 мм, але найбільш часто застосовують дріт діаметром 1,6–2,2 мм.

Швидкість подачі дроту електродного береться у межах від 0,75 до 3,5 м/хв, найчастіше беруть 1,5–2,5 м/хв.

Індуктивність у колі вібродугової установки, що працює на постійному струмі, складає 300–400 мкГн, що наближено відповідає 8–12 виткам дроселя типу РСТЕ-24 або РСТЕ-32 за зазору між залізом 0–3 мм.

Як електродний матеріал вібродугового наплавлення застосовують зварювальні та наплавні дроти, вуглецеві і леговані. Можна використовувати також стрічку сталеву.

Як захисне середовище застосовуються захисні гази (у тому числі водяна пара) або флюси.

Як джерело живлення застосовуються заварювальні перетворювачі (ПСГ-500, ПСУ-500), випрямлячі та низьковольтні генератори типу АНД-500/1000.

На ремонтних підприємствах лісового та сільського господарства найбільшого розповсюдження отримали головки для вібродугового наплавлення ОКС-1252 і ОКС-6569 з вібратором механічним. В останні

роки почали широко використовувати головки вібродугові ГВНД-72 для двохелектродного наплавлення.

Двохелектродне наплавлення 60 – 80% продуктивніше одноелектродного і дозволяє отримати наплавлений шар більше високої якості.

Ремонт зношених деталей вібродуговим наплавленням дає ряд переваг перед іншими способами. Низька напруга за якою йде процес наплавлення переривчастий характер якого дозволяє вести наплавлення малої глибини прогрівання деталі практично без деформації, цьому ж сприяє хороше охолодження. Об'єднуючи процес наплавлення та загартування шару можна отримати шар малої товщини – від 0,5 до 2,5 мм. Такий спосіб робить це наплавлення особливо зручним під час відновлення деталей машин малого діаметру.

Але поява внутрішніх напружень у наплавленому шарі дає можливість утворення мікротріщин що приводять до зниження втомної міцності деталі та обмежує ділянку застосування вібродугового наплавлення для деталей що працюють в умовах тяжких, знакозмінних і ударних навантажень.

Щоб підвищити якість наплавленого шару застосовують статичне або динамічне зміцнення шару в гарячому стані.

Електрошлакове наплавлення і заварювання. Схема електрошлакового наплавлення зображена на рис. 4.4. Наплавлення на деталь 6, що встановлюють в охолоджувану форму-кокіль (повзун) 2. Зазор між кокілем і деталлю визначає товщину наплавлюваного шару. Початок процесу зумовлює розміщення кокіля знаходиться внизу на спеціальній підставці 7 (металевій або графітовій). У зовнішній зазор форми насипають флюс та починають подавання електродів у вигляді дроту, стрічки і под. На початку між електродами і підставкою виникає електрична дуга, що розплавляє електроди і шлак доти не утвориться розплавлена шлакова ванна на глибину 30–40 мм. Малі обсяги початкової зварювальної ванни доцільно першу порцію рідкого металу отримувати в тиглі. В подальшому дуга гасне і флюс тримається в розплавленому стані теплом що подається під час проходження струму через нього. Флюс нагрівається до температури більше 2000°С що й обумовлює розплавлення поверхневого шару деталі та металу електродів. Помірні заповнення форми-кокілю розплавленим металом подавач переміщається вгору по деталі. У результаті тепловідведення у деталь та мідну форму розплавлений метал охолоджується та твердіє.

Електрошлакове наплавлення має високопродуктивний процес. Наплавлений шар виходить рівним, гарної якості та відповідного хімічного складу. До недоліків методу варто віднести складність його проведення і вартісне устаткування. Цей варіант застосовується тільки на спеціалізованих виробництвах в основному для наплавлення шарів більшої товщини на великогабаритні деталі (опорні котки гусеничних тракторів і ін.).

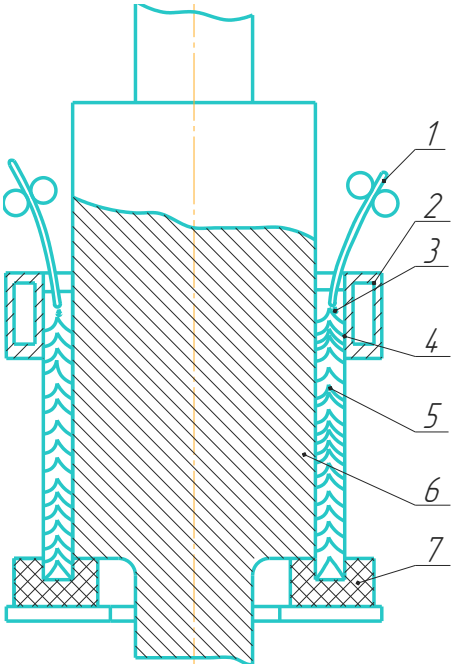

Рисунок 4.4 – Схема електрошлакового наплавлення циліндричної поверхні: 1 – електрод; 2 – мідний охолоджуваний повзун; 3 – ванна розплавленого шлаку; 4 – металева ванна; 5 – наплавлений метал; 6 – наплавлювана деталь; 7 – підкладка графітова

Плазмове різання металів і наплавлення. Плазмою називають високотемпературний сильноіонізований газ, тобто, газ що містить велику кількість заряджених частинок. Плазма утворюється пропусканням газу через дуговий розряд у вузькому рукаві, діаметр якого дорівнює приблизно діаметру стовпа дуги. Пройшовши через струмінь дугового розряду газ дуже іонізується, утворює плазмовий струмінь з високою концентрацією енергії.

Плазмовий струмінь отримують у пристрої, що називають плазмовим пальником. Схема плазмового пальника та різні схеми плазмоутворення зображені на рисунку 4.5. У плазмовому пальнику до мінусового полюса джерела постійного струму приєднується вольфрамовий електрод що не плавиться 7 (катод), а до плюсового – кільцевий, охолоджуваний водою порожнистий електрод (сопло) 3 що виготовляється із міді або її сплавів. Потік плазмоутворювального газу 6 пропускається через кільцевий зазор між електродами.

На схемі, зображеній на рисунку 4.5а, дуга горить між електродами. Плазмоутворюючий газ, що проходить через дугу, виходить у формі плазмого факела. Під час з'єднання з джерелом струму за схемою, зображеною на рисунку 4.5б, дуга горить між електродом та деталлю і газовий (плазмовий) потік збігається з дуговим розрядом. Під час здійснення процесу за схемою, зображеною на рисунку 4.5в, г, горять дві дуги – між електродами і між вольфрамовим електродом (катодом) та

деталлю або електродом що плавиться. Температура плазмового потоку дуже велика – до 15 000 – 18 000 ° С і вище.

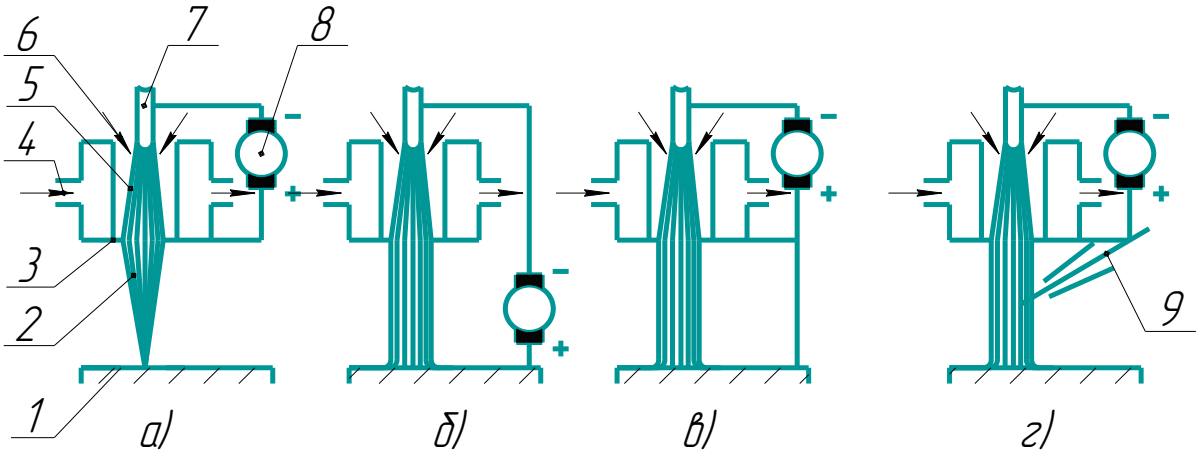

Рисунок 4.5 –Схеми ведення плазмового різання металу і наплавлення:
а – дуга горить між електродами; б – дуга горить між неплавким електродом та деталлю; в – дуга горить між електродами і між неплавким електродом і деталлю; г – наплавлення з струмонесучим присадним дротом;
1 – деталь; 2 – плазмовий потік; 3 – сопло (електрод); 4 – охолоджуюча рідина; 5 – канал; 6 – плазмоутворюючий газ; 7 – неплавкий електрод; 8 – джерело струму; 9 – присадковий електродний дріт

Плазмоутворюючі гази застосовують аргон, гелій, азот, водень і інші, найчастіше аргон.

Матеріали для присадки за плазмового наплавлення застосовують дріт, прутки і металеві порошки. Порошки присадки можуть вдуватися у дугу, подаватися окремо або заздалегідь наноситись на наплавну поверхню. Хороший режим наплавлення: сила струму 120 – 200 А, напруга холостого ходу 120 – 160 В, робоча напруга 40 – 60В, витрата плазмоутворювального газу 1,5 – 2,5 л/хв, відстань від пальника до деталі 10–20 мм. Схеми, показані на рисунку 5.12а, б і в, застосовують також під час різання металів, прошивання отворів і ін.

Переваги процесу: хороше зчеплення наплавленого шару з основним металом, малі припуски на наступну обробку, хороша якість наплавленого шару.

До недоліків потрібно віднести відносно високу вартість устаткування, потреба плазмоутворювального газу, низька продуктивність та великий термічне впливання на деталь.

Відновлення деталей заливанням рідким металом відбувається в спеціальних формах. Зношену деталь ретельно очищають від бруду, масла, іржі, покривають шаром спеціального флюсу (1 – 2 мм) та сушать. Далі деталь нагрівають струмами високої частоти (СВЧ) та поміщають у металеву форму (кокіль) також нагрітий до температури 200 – 250° С.

Через заливник форми заливають розплавлений чавун або сталь. Розплавлений метал заповнює проміжок між стінкою форми та поверхнею зношеної деталі, розм'якшує поверхню деталі, проникає (дифундує) у неї й у такий спосіб з'єднується з нею. Цей варіант значно продуктивніший автоматичного наплавлення має більш низьку вартість, дозволяє відновлювати деталі з великим та нерівномірним зношенням. Наплавлена поверхня стає рівною і з мінімальним припуском на механічну обробку або зовсім не потребує її. Недолік цього методу – необхідність використання складного устаткування (ливарного, заливальних установок, спеціальних форм і т. д.), тому варіант відновлення заливанням металу застосовують на спеціалізованих підприємствах з великою потужністю, що мають ливарні цехи або установки. Цим способом відновлюють великі деталі ходової частини тракторів (котки, ланки гусениць і ін.).

Електроконтактне наплавлення. В останні роки для наплавлення використовують електроконтактні процеси під час яких метал для присадки плавиться тільки частково в місці дотику (контакту) з поверхнею деталі. Схема принципова електроконтактного наплавлення зображена на рис. 4.6. Струм великої сили (від 400 до 1200 А і більше) від заварювального трансформатора 5 подається на деталь та на дріт (стрічку) 2 для присадки наплавним притискним роликом. Завдяки присутності спеціального пристрою для переривання, струм подається короткими імпульсами, що проводять розігрів дроту (стрічки) для присадки та деталі в місці контакту, розплавлюється їх найтонших поверхневих шарів та заварювання. Діє так само і ролик 1, що, притискає дріт (стрічку) до деталі, пластично деформує її та формує хвилю.

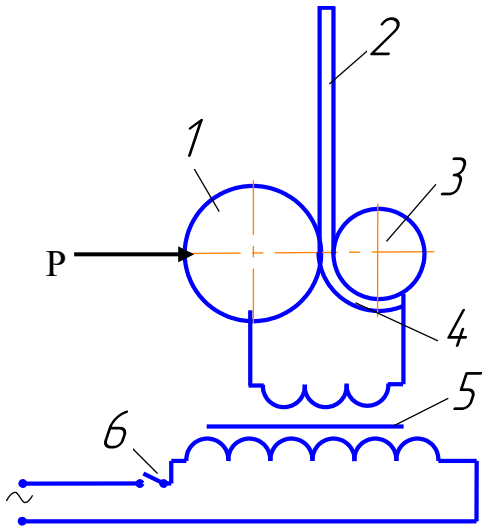

Рисунок 4.6 – Схема електроконтактного наплавлення: P – притискна сила; 1 – наплавний притискний ролик; 2 – дріт або стрічка для присадки; 3 – наплавна деталь; 4 – наплавлений шар; 5 – трансформатор; 6 – перемикач

Ролик притискний обертається з такою коловою швидкістю за якої зварювальні точки від кожного імпульсу перекривають одна одну. Оскільки ролик притискний переміщається уздовж деталі, то дріт (стрічка) для присадки приварюється послідовно до всієї нарощуваної поверхні деталі.

Продуктивність під час електроконтактного наплавлення дуже висока – 100÷1150 см^2/хв. Товщина шару нарощування до 1,5 мм. Заварювання проходить за незначної глибини заплавлення і теплового впливу на деталь (не більше 0,3 мм) – така основна перевага цього способу.

До недоліків такого способу варто віднести обмеженість товщини наплавленого шару і дороговизна та складність установки. Такий спосіб застосовується на спеціалізованих підприємствах.

Електроконтактне напікання металевих порошків

Схема процесу зображена на рис. 4.7. Напруга від знижувального трансформатора 6 подається на деталь що обертається у центрах або шпинделіі верстата і на притискний ролик. У зазор між роликом та деталлю подається металевий порошок, наприклад, залізні порошки ПЖ-3, ПЖ-5. На початку подачі порошку ролик 2 за допомогою пневмоциліндра 1 притискається до деталі з зусиллям 0,75 – 1,2 кН на сантиметр ширини ролика. Порошок що безперервно подається до місця контакту ролика з деталлю просипається між ними. Після притискання ролика до деталі через нього, шар порошку і деталь проходить струм.

Процес протікає за напруги струму 0,7 – 1,2 В, але величина струму велика – 2500 – 3500 А на сантиметр ширини ролика.

Під дією струму металевий порошок та поверхневий шар деталі нагріваються до температури 1000 – 1300°С. Розпечені частинки порошку спікаються між собою та проникаючи в розпечений поверхневий шар деталі, спікаються з нею. За досить великої потужності джерела струму (трансформатора) ширина шару може сягати до 30 – 35 мм, що дозволяє в деяких випадках проводити напікання на всю ширину деталі. Товщина шару за один прохід залежить від діаметру притискного ролика та деталі і коливається у межах від 0,3 до 1,5 мм. Напікання може проводитись в кілька шарів із проміжним зачищенням кожного шару. Швидкість напікання 0,17 – 0,25 м/хв.

Напечений шар має невисоку твердість та може піддаватися загартуванню (за відповідного хімічного складу порошка). Але навіть незагартований шар має високу зносостійкість внаслідок його досить високої мікропористості (до 30%) а отже високої маслостримуючої здатності.

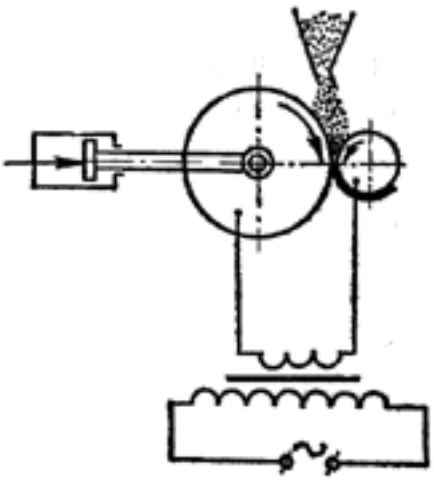

Рисунок 4.7 – Схема процесу ектроконтактного нанесення металевих порошків:

Р – притискне навантаження; 1 – пневматичний циліндр; 2 – притискний ролик; 3 – металевий порошок; 4 – відновлювана деталь; 5 – нанесений шар; 6 – трансформатор

Переваги процесу є: висока продуктивність, мале нагрівання деталі отже мала глибина теплового впливу, висока зносостійкість нанесеного шару.

Недоліки – обмежена товщина шару, що наноситься складність механізації та дозування подачі металевого порошку.

Заварювання тертям. Деталь що заварюються закріплюється у шпинделі верстата та приводиться у обертання, а друга деталь установлена нерухомо, але притискається до першої з деяким зусиллям. Під дією сил тертя відбувається нагрівання деталей, що зварюються, у місці їхнього дотику. Отже коли температура деталей досягає 1100–1300°С, миттєво припиняють обертання та здійснюють осадження однієї з деталей додатковим осьовим навантаженням. Коли відбувається зварювання деталей, частина металу видавлюється з зони заварювання та утворює хвилю навколо місця заварювання.

Питомий тиск нагрівання коливається у межах 10–80 МПа у залежності від матеріалу деталі, а тиск осадження приблизно у два рази більший. Швидкість обертання деталі вибирається у залежності від її діаметра та матеріалу.

Заварювання тертям може здійснюватися на токарних верстатах, але промисловість випускає спеціальні машини-напівавтомати для такого виду заварювання (МСТ-23, МСТ-35 і ін.) та спеціальні автомати (МСТА-2, МСТА-31 і ін.).

Заварювання тертям використовується для заварювання валиків, трубних деталей, наприклад, заварювання хвостовиків до свердла, мітчиків і т. ін.

Переваги заварювання тертям – хороша якість завареного з'єднання, мале споживання енергії, простота механізації і автоматизації процесу, тощо.

Недолік – обмеженість форми та розмірів деталей, що заварюються.

Контрольні запитання

1. Яке обладнання використовують на підприємствах для ручного електро-дугового і киснево-ацетиленового заварювання та наплавлення?
2. Як вибирають електроди, матеріали для присадки та режим для заварювання або наплавлення металевих деталей?
3. Як заварювати і наплавляти деталі, щоб деформація і порушення термо-оброблення були найменшими?
4. У чому сутність електроконтактного наплавлення, як здійснюється електроконтактне наплавлення металевих порошків?
5. У чому сутність плазмового наплавлення? Схеми процесу.
6. Як відбувається заварювання тертям?
7. Які процеси відносяться до заварювання тиском?
8. Чи можна заварювати різнорідні матеріали?

Лабораторна робота №5

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИДАТНОСТІ ДО ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

***Мета роботи*:** Отримати інформацію про метод дефектації та пристосуваннях для перевірки радіальних і осьових зазорів у підшипниках кочення. Навчитися розраховувати середній обмірюваний діаметр кілець підшипника і порівнювати його із допустимим значенням.

Теоретичні відомості

Під час планового ремонту машини підшипники демонтують з механізмів і піддають дефектації – оцінка придатності до подальшої експлуатації демонтованих підшипників. Необхідність такої операції показана недостатньою кількістю закуплених підшипників на ремонтних підприємствах. Це викликає значні фінансові витрати під час ремонту техніки з поломкою підшипників. Дефектація підшипників кочення проводиться на ремонтному підприємстві в чотири етапи.

Етап 1. Візуальна перевірка. Підшипники кочення перед оцінкою придатності потрібно очистити та добре промити й очистити від бруду та слідів корозії. Плями корозії потрібно видалити окисом хрому. З метою виявлення дефектів на зовнішніх і внутрішніх кільцях, тілах кочення і сепараторах, підшипники ретельно оглядають.

Підшипники бракують за таких дефектів:

- тріщини на кільцях;
- викришування кілець і тіл кочення;
- відсутність окремих деталей (кульок, роликів, заклепок у сепараторах т. ін.);
- колір мінливості;
- глибока корозія;
- шелушіння металу бігових доріжок;
- раковини і забойни на бігових доріжках і сепараторах;
- нерівномірне зношування бігових доріжок;
- східкове зношування робочих поверхонь кілець.

Етап 2. Перевірка на легкість кочення. Перед перевіркою підшипників на легкість обертання їх варто занурити в бензин або дизельне паливо з додаванням 10% машинного масла або спеціального мийного розчину. Перевірку необхідно виконувати за вертикального положення осі підшипника, обертаючи зовнішнє кільце й утримуючи внутрішнє. За ваги підшипника більше 16 кг внутрішнє кільце затискають у лещатах з відповідною оправкою.

Придатний підшипник кочення повинен обертатися легко без помітних пригальмовувань та зупинка зовнішнього кільця повинне бути плавною, без стукотіння. Під час обертання повинен бути чутний

шиплячий звук, що не повинен перевищувати шуму еталонного підшипника.

Етап 3. Контроль зазорів. За допомогою універсального приладу індикатора КИ-1223 перевіряють радіальний зазор у підшипниках кочення (рис. 5.1) та згідно до технічних умов проводять їх дефектування.

Підшипник закріплюють на плиті *11* гвинтом *1* через конус *3*. Зазор між кільцями вимірюють індикатором годинникового типу *8,* який закріплюємо разом з кареткою 7 у такому положенні, щоб ніжка індикатора фіксувала повну величину переміщення від руки зовнішнього кільця підшипника *12* відносно внутрішнього.

Прилад перевірки підшипників з розмірами $D_{вн}$ = 17–110, $D_{зов}$ = 47–200 і Н = 12–45 мм.

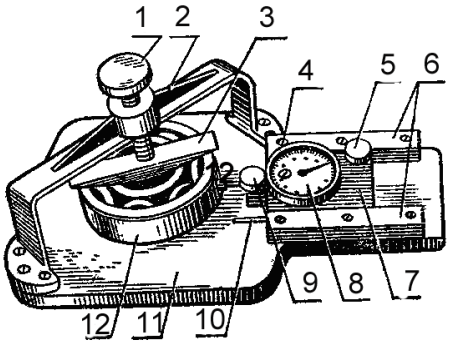

Рисунок 5.1 – Прилад індикаторний для перевірки радіальних зазорів у підшипниках кочення: 1, 4 і 9 – гвинти; 2 – міст; 3 – конус; 5 – затискач гвинтовий; 6 – напрямні; 7 – каретка; 8 – індикатор годинникового типу; 10 – паз; 11 – плита; 12 – підшипник

Радіальний і осьовий зазори у підшипниках кочення перевіряємо за допомогою спеціального пристосування годинникового типу. Під час перевірки зазору внутрішнє кільце підшипника закріплюємо в пристосування, а до зовнішнього підводимо ніжку індикатора, закріпленого в штативі (рис. 5.2). Штатив індикатора повинен бути нерухомо закріплений відповідно лещат.

Вимірювання кожного із зазорів проводимо в 4-х місцях, послідовно провертаємо зовнішнє кільце на кут 90º. Похитуючи зовнішнє кільце підшипника в напрямку ніжки індикатора та визначаємо величину зазору.

Середнє значення радіального й осьового зазорів розраховуємо за такими формулами:

$$\Delta_{рад} = \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=1}^{4} \Delta_{рад,i}, \qquad \Delta_{ос} = \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=1}^{4} \Delta_{ос,i},$$

де: $\Delta_{радий,i}$, $\Delta_{ос,i}$ – вимірювані в 4-х точках значення радіальних та осьових зазорів відповідно проведених.

Середні значення дорівнюють максимально припустимим зазорам для підшипників, що були у вжитку. Допустимий загальний осьовий люфт для підшипників кочення із зовнішнім діаметром до 100 мм не може

перевищувати 0,3 мм, а для підшипників із зовнішнім діаметром 100 мм і вище – не більше 0,4 мм [1]. Максимально допустимі радіальні зазори наведені в таблиці А.1.

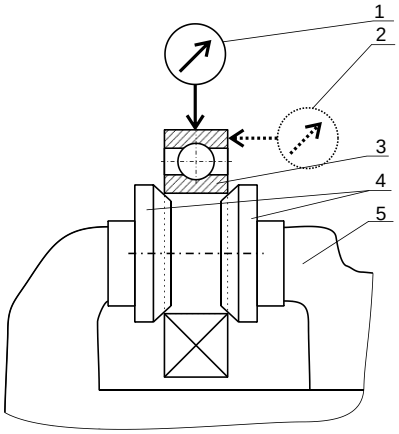

Рисунок 5.2 – Пристосування для контролю радіального й осьового зазорів підшипника: 1, 2 – індикатор годинного типу в положеннях для вимірювання радіального й осьового зазорів; 3 – контрольований підшипник; 4 – оправлення; 5 – лещата.

Етап 4. Для визначення придатності підшипника кочення до повторної придатності за величиною зношування внутрішнього і зовнішнього кілець, роблять виміри їхніх діаметрів у двох перпендикулярних один одному напрямках. Далі визначають середній виміряний діаметр зовнішнього та внутрішнього кілець:

$$D_{cp} = \frac{D_1 + D_2}{2}, \qquad d_{cp} = \frac{d_1 + d_2}{2},$$

де: D_1, D_2, d_1, d_2 – виміряні значення зовнішніх і внутрішніх кілець.

За середніми діаметрами за табл. 5.1 вибираємо номінальні діаметри кілець $D_{ном}$ і $d_{ном}$. Номінальні діаметри в міліметрах показують ціле значення. Допустимі відхилення кілець дорівнюють

$$D_{\max} = D_{ном} + es, \qquad D_{\min} = D_{ном} + ei,$$

$$d_{\max} = d_{ном} + ES, \qquad d_{\min} = d_{ном} + EI,$$

де: *es*, *ei*, *ES*, *EI* – верхні й нижні відхилення для внутрішнього та зовнішнього кілець підшипника відповідно (табл. А.2).

Підшипник вважається придатним до повторного використання за виконання таких умов

$$D_{\min} < D_{cp} < D_{\max}, \qquad d_{\min} < d_{cp} < d_{\max}.$$

Лабораторне устаткування

1. Вимиті зразки кулькових і роликових підшипників.
2. Пристосування для перевірки радіального та осьового зазорів у підшипниках кочення.
3. Нутромір індикаторного типу НІ.
4. Мікрометр І класу точності з межею виміру 0-300 мм.

Хід виконання роботи

1. Вивчаємо методику виконання лабораторних робіт.
2. Готуємо зразки підшипників.
3. Проводимо візуальну перевірку та перевірку на легкість кочення.
4. Збираємо пристосування.
5. Вимірюємо окремі радіальні й осьові зазори підшипника в 4-х положеннях зовнішнього кільця, визначаємо середні вимірювані зазори й зрівнюємо їх із допустимими відхиленнями.
6. Вимірюємо у двох різносторонніх напрямках діаметри внутрішнього та зовнішнього кілець підшипника кочення, виконуємо розрахунки середніх діаметрів і зрівнюємо їх із допустимими відхиленнями.
7. Робимо висновок про придатність підшипника до повторного використання згідно кожного етапу.
8. Оформлюємо звіт.

Зміст звіту

1. Зробити короткий опис досліджуваного підшипника, його ескіз, геометричні розміри та параметри.
2. Описати дефекти, виявлених під час візуального контролю.
3. Описати звук обертання підшипника.
4. Зробити ескізи пристосувань щоб визначити радіальний та осьовий зазор. Записати результати їхніх вимірювань.
5. Результати вимірювань діаметрів внутрішнього та зовнішнього кілець підшипника та провести розрахунок припустимих значень діаметрів зазначених кілець.
6. Провести поетапний висновок про придатність підшипника до повторного використання.
7. Загальний висновок про придатність досліджуваного підшипника.

Контрольні запитання

1. Для чого необхідно проводити дефектацію підшипників?
2. Чому на підшипниках кочення з'являються кольори мінливості?
3. Поясніть механізм виникнення шелушіння металу бігових доріжок.
4. Поясніть як виглядає нерівномірне зношування бігових доріжок?
5. Що означає торохкотливий звук під час випробування підшипника кочення на легкість кочення?
6. Для чого необхідно провертати кільце підшипника після кожного виміру зазорів?
7. Яке з кілець підшипника зношується більше й чому?

Лабораторна робота № 6

ЕЛЕКТРОДУГОВЕ ЗАВАРЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ З ЧАВУНУ

***Мета роботи*:** Вивчення технології заварювання тріщин на деталях з чавуну.

1. Ознайомитися з видами електродів і прутків для присадки, які застосовуються при зварюванні чавуна (сталевий, чавунний, біметалевий, пучковий, монелевий, латунний).
2. Вивчити поетапно технологію заварювання тріщин на товстостінних деталях (зразках) сталевим електродом способом відпалювальних валиків: деталь (зразок) з обробленням тріщини; деталь з накладеним першим шаром; деталь з накладеним другим шаром; деталь з цілком завареною тріщиною.
3. Вивчити технологію заварювання тріщин на тонкостінній деталі (зразку) сталевим електродом способом відпалених валиків: деталь (зразок) із завареними кінцями тріщини і частково нанесеними підготовчими валиками; деталь з цілком нанесеними підготовчими валиками; деталь з цілком завареною тріщиною.
4. Вивчити технологію заварювання тріщин сталевим електродом з поставленням підсилюючих скоб: деталь (зразок) із привареними скобами; деталь зі встановленими підсилюючими скобами; деталь з цілком завареною тріщиною.

Звіт про роботу. Зарисувати схеми оброблення та іншої підготовки тріщини і поетапного заварювання для всіх зазначених способів заварювання.

Теоретичні відомості

Зварювання і наплавлення чавунних деталей зв'язані зі значними труднощами – чавун має обмежену зварюваність. При швидкому охолодженні шва відбувається вибіл чавуна, що надає йому високу твердість і крихкість. Крім того, через нерівномірне нагрівання, охолодження деталі і різних коефіцієнтів усадки матеріалів деталі і шва виникають значні внутрішні напруження, що є причиною утворення нових тріщин у процесі зварювання і після неї. Внаслідок вигоряння вуглецю і кремнію утворюється велика кількість газів і різних шлакових з'єднань, що не встигають вийти з розплавленого металу: шов виходить пористим і забрудненим неметалевими включеннями.

Підготовка чавунних деталей до зварювання починається з виявлення дефектних ділянок і границь тріщин. Кінці тріщин насвердлюють свердлом діаметром 4–5 мм, поверхню металу навколо тріщини зачищають до блиску. Після оброблення тріщини можна приступати до зварювання (наплавлення).

Гаряче зварювання. Найкраща якість звареного з'єднання або наплавленого шару на чавунних деталях виходить за гарячого газового зварювання (із загальним нагріванням деталі). За цього способу деталь нагрівають у печі до температури 650–700°С і в гарячому стані роблять заварювання тріщини або наплавлення. Рекомендується двостадійний нагрів. Наприклад, для блоків, головок циліндрів і інших великих деталей за такою схемою: нагрівання до 400°С за 1 годину і від 400 до 650°С за 30 хвилин.

У процесі зварювання деталь не повинна охолоджуватися нижче 500°С. Для цього її після нагрівання поміщають у термос, що має подвійні стінки з листової сталі з азбестовим наповненням. У термосі зроблені люки для заварювання типових для даної деталі дефектів. Після зварювання деталі піддають відпалу при температурі 600 – 650° і охолоджують разом з піччю або в спеціальних термосах протягом 1,5–2 годин.

Зварювання звичайно проводять газовим пальником, установлюючи полум'я з надлишком горючого газу. Матеріал для присадки – чавунні прутки типу А, зношені поршневі кільця із сірого чавуна.

Як флюс може застосовуватися технічна бура (бажано прожарена) або суміш – 50% бури і 50% двовуглекислого натрію. Для зварювання чавуна чавунними прутками промисловість випускає флюси марок ФСЧ-1 і ФСЧ-2.

Під час заварювання тріщин у нагрітих деталей електрозварюванням застосовуються електроди, що являють собою чавунні прутки з обмазкою, значну частку якої (40–50%) складає графіт.

Зварювання чавуна при загальному нагріванні дозволяє одержати міцний і щільний шов. Таким способом можна відновлювати блоки, головки циліндрів і т.п. Недоліки цього способу такі: складність застосовуваного устаткування, значне жолоблення деталі, мала продуктивність і висока вартість відновлення деталей.

Холодне зварювання. За цього способу деталь не підігрівається, тому повинні застосовуватися такі прийоми, а також електроди і матеріали для присадки, що знижували б до мінімуму можливість відбілювання чавуна, загартування зварювального шва і появи внутрішніх напружень у деталі.

Під час холодного газового зварювання чавун у місці заварювання розплавляють пальником повільно, щоб графіт встиг розчинитися. У той же час не можна перегрівати метал. Тому вибирають пальник з меншою витратою ацетилену (80–90 л/год на 1 мм товщини металу, що зварюється), ніж при зварюванні сталі; відстань між деталлю і конусом полум'я встановлюють у межах 20–30 мм.

Холодне електрозварювання чавуна ведуть на постійному струмі за зворотньої полярності (для зменшення нагрівання), застосовуючи електроди малого діаметра (3–4 мм). Величину струму встановлюють знижену, приймаючи 25–30А.

Холодне газове й електричне зварювання чавуна варто вести короткими швами довжиною до 40–50 мм, врозкид, із проміжним охолодженням до 50–60°.

Холодне зварювання чавуна можна вести такими матеріалами для присадки й електродами: чавунними прутками або електродами; сталевими електродами (електрозварювання); комбінованими і пучковими електродами; монелевими прутками або електродами; латунню або спеціальними припоями (зварювання-пайка газовим полум'ям).

Зварювання чавунними прутками або електродами звичайно застосовується під час заварювання таких ділянок, де є можливість вільного розширення і скорочення деталі під час нагрівання й охолодження (наприклад, приварювання відламаної частини фланця, лап кронштейнів і т. п.). Використовуються прутки марок Б, НЧ-1, НЧ-2, а для зносостійкого наплавлення – прутки марок БЧ і ХС. Можна застосовувати також зношені поршневі кільця. Флюси залишаються ті ж, що і під час гарячого зварювання.

Електрозварювання проводять чавунними прутками, покритими обмазкою, що дає можливість одержувати наплавлений шар у вигляді чавуна. До складу обмазки вводять компоненти, що містять вуглець і графітоутворювальні компоненти, здатні здійснити графітизацію металу шва в умовах короткочасного існування зварювальної ванни. Часто застосовують обмазки такого складу: графіт (40%), феросиліцій (40–45%), алюмінієвий порошок (10%), вуглекислий барій (5–10%); графіт і крейда по 50%. Промисловість випускає електроди з чавунними стрижнями й обмазками ОМЧ-1, МСТ, ЦНИИВТ і ін.

Зварювання електродами з маловуглецевої сталі одержало широке поширення. Для одержання гарної якості зварювального шва і відсутності тріщиноутворення застосовують спеціальні способи зварювання, наприклад, зварювання накладанням відпалених валиків. Використовують електроди з дроту Св-08 із крейдовою обмазкою або електроди марки УОНИ-13/55. Послідовність накладення валиків така: перший валик, що накладається на чавун, внаслідок перемішування електродного матеріалу з основним являє собою сталь зі вмістом вуглецю 0,6 – 0,8%. Накладення на перші валики других відпалювальних валиків обумовлює відпал шарів, що лежать нижче, і приводить до одержання м'якого шва.

Під час заварювання тріщини в тонкостінній чавунній деталі спочатку обварюють кінці тріщин (рис. 6.1а). Потім врозкид на ділянках довжиною 40 – 50 мм із проміжним охолодженням уздовж тріщини наплавляють підготовчі валики (рис. 6.1б), після чого наносять з’єднувальні валики, що одночасно є відпалювальними (рис. 6.1б, г). Можна спочатку нанести на підготовчі валики відпалювальні, а потім уже з’єднувальні (рис. 6.1д). Після нанесення кожного валика рекомендується його проковування.

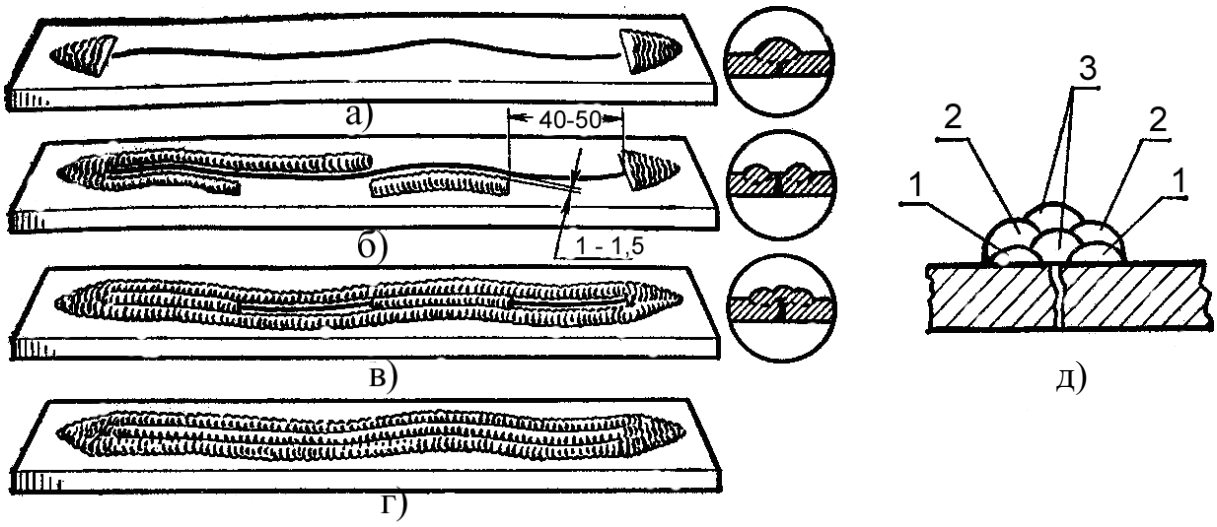

Рисунок 6.1 – Заварювання тріщин у тонкостінних деталях способом відпалювальних валиків:
а – обварювання кінців тріщини відпалювальними валиками; б – наплавлення подвійних підготовчих валиків врозкид; в – початок зварювання підготовчих валиків з'єднувальним; г – остаточне зварювання тріщин; д –спосіб зварювання з нанесенням спеціальних відпалювальних валиків;
1 – підготовчий валик; 2 – відпалювальний; 3 – з'єднувальний

Під час зварювання товстостінних чавунних деталей шов перед зварюванням обробляють так, щоб ширина оброблення у верхній частині в 2 – 3 рази перевищувала товщину деталі, що зварюється. На рис. 6.2 показана схема обварювання кромок і заповнення оброблення. У цьому випадку дуже важливо, щоб відпалювальний валик накладався на підготовчий, а не на чавун.

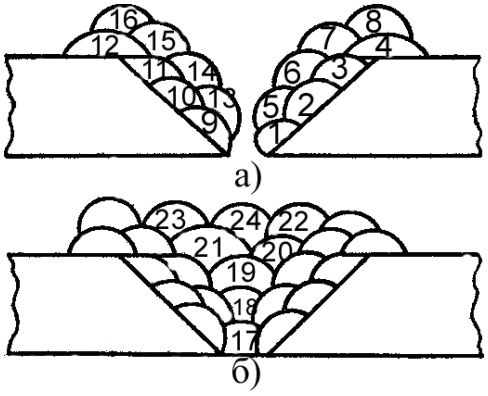

Рисунок 6.2 – Порядок накладання валиків при заварюванні тріщин у товстостінних чавунних деталях:
а – обварювання кромок (валики 1 – 4 і 9 – 12) і накладання відпалювальних валиків (5 – 8 і 13 – 16); б – накладання з'єднувальних валиків (17 – 24)

Спосіб зварювання з нанесенням відпалювальних валиків застосовують при відновленні блоків, картерів, корпусів задніх мостів і т. д. Цей спосіб дозволяє одержати шов, що піддається механічному обробленню при порівняно високій міцності і щільності.

Для зварювання чавуна випускаються спеціальні сталеві електроди ЦЧ-4 і залізонікелеві ЦЧ-3А. Цими електродами можна проводити зварювання одним швом (без відпалювальних валиків) зворотно-ступінчастим способом.

Для забезпечення щільності шва часто на нього наносять клейовий склад, наприклад, епоксидний.

Зварювання з установленням ущільнювальних штифтів і скоб сталевими електродами застосовуються для одержання великої міцності (80 – 100% міцності основного металу), наприклад, приварювання лап до корпусу заднього моста, приварювання відламаних вушок до переднього бруса рами і т. д. У залежності від товщини деталі після її підготовки встановлюють штифти або скоби (рис. 6.3а). Обварювання їх проводять у два шари: перший шов – підготовчий, другий – відпалювальний. Подальше й остаточне зварювання проводять способом відпалювальних валиків (рис. 6.3б).

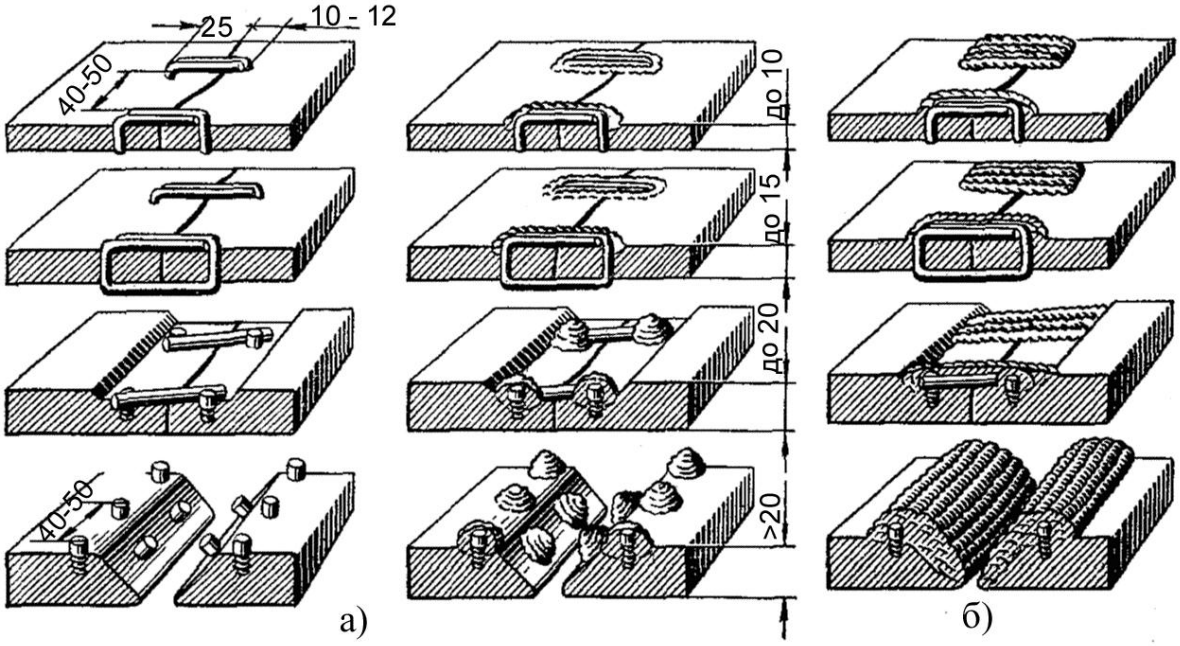

Рисунок 6.3 – Зварювання чавунних деталей з поставленням штифтів і скоб:

а – підготовка і початок обварювання; б – подальше й остаточне зварювання; *I, II* – зварювання з поставленням скоб; *III, IV* – зварювання з поставленням різьбових штифтів

Зварювання комбінованими і пучковими електродами

Для одержання щільного з'єднання при зварюванні чавуна використовують також комбіновані мідно-залізні електроди, що містять 80 – 90% міді і 10 – 20% заліза. Такі електроди випускаються під марками

034-1 (мідний стрижень з обмазкою УОНИ-13/55, у яку доданий залізний порошок), АНЧ-1 (дріт з нержавіючої сталі з мідною оболонкою і захисним покриттям) і т.п. Комбіновані електроди можна виготовляти самостійно, надягаючи на сталевий стрижень мідну трубку, обмотуючи мідний стрижень смужкою листового заліза і т.д. Після виготовлення на електрод наносять стабілізуюче (крейдове) або захисне покриття (обмазку типу УОНИ-13). Зварювання рекомендується проводити на постійному струмі зворотної полярності. Оброблення кромок тріщини виконують під кутом 80 – 90°. Після нанесення кожного валика рекомендується його прокувати.

Міцність шва, отриманого при зварюванні комбінованим електродом, менша, ніж при зварюванні сталевими або чавунними електродами. Тому цей вид зварювання застосовують для відновлення герметичності, щільності в таких деталях, де не висуваються високі вимоги до міцності. Використання дефіцитного матеріалу – міді, і виділення при зварюванні отруйних парів є недоліком даного способу.

Замість комбінованих електродів можна використовувати пучок електродів, що складається зі сталевого електрода УОНИ-13/55, одного мідного і одного латунного дротів.

Зварювання-пайка латунню або спеціальними припоями проводиться газовим полум'ям. При товщині деталей до 25 мм роблять скіс кромок під кутом 80 – 90°, при більшій товщині варто проводити східчасте оброблення. Бажано, щоб поверхня кромок була шорсткуватою, для чого її насікають зубилом. З поверхневого шару кромок графіт рекомендується випалити, застосовуючи газове полум'я з надлишком кисню.

Як матеріал для присадки при пайці застосовують латунь. Кромки тріщини нагрівають до температури плавлення латуні (880 – 900°С), досипають флюсом, облужують припоєм, а потім заплавляють шов. Під час пайки не можна допускати розплавлення чавуна. При пайці чавуна латунню одержують щільний шов, але міцність з'єднання невелика (не більше 50—60% міцності основного металу). Область застосування цього способу зварювання та ж, що і при використанні комбінованих електродів.

В наш час для зварювання-пайки чавуна випускаються спеціальні припої (дроти ЛОК-59-1-03 і ЛОМНА-49-05-10-4-04, Л-62 і ін.) і флюси (ФПСН-1 і ФПСН-2).

Зварювання чавуна монель-металом (мідно-нікелевий сплав: мідь 30%, нікель 65%, марганець 1,5–2% і залізо 3–3,5%) дає гарні результати. Зварювання можна вести як газовим полум'ям, так і електричною дугою. При електрозварюванні застосовуються електроди, що складаються з монелевого стрижня з обмазкою УОНИ-13/55 (електроди МНЧ-1). Електрозварювання ведуть на постійному струмі при зворотній полярності короткими ділянками, врозкид, із проміжним охолодженням і проковуванням кожного валика. Монель-метал добре сплавляється з чавуном, відбілювання чавуна не відбувається. Щільність звареного

з'єднання цілком задовільна, а міцність шва трохи знижена. Недолік – порівняно висока вартість і дефіцитність монель-металу.

Ковкий чавун погано піддається газовому зварюванню. Тому електродугове зварювання ковкого чавуна звичайно ведуть мідно-залізними електродами або електродом ЦЧ-4 на постійному струмі зворотної полярності.

Наплавлення сталевих і чавунних деталей у захисному середовищі водяної пари. Водяну пару одержують у пароутворювачах (рис. 6.4). Нижній бак 1 і верхній бак 3 з’єднуються між собою двома трубами 2. Вода заливається до верхнього краю труб 2. Робоча кількість води 20 л. Пластина 7 і бокова стінка бака, до яких підводиться електричний струм, утворять електрокип’ятильник, за допомогою якого одержують пару. Пара подається через паропровід 4 з вентилем. Робочий тиск (близько 0,005 МПа) підтримується автоматично, тому що при збільшенні тиску вода починає витіснятися з нижнього бака у верхній. При

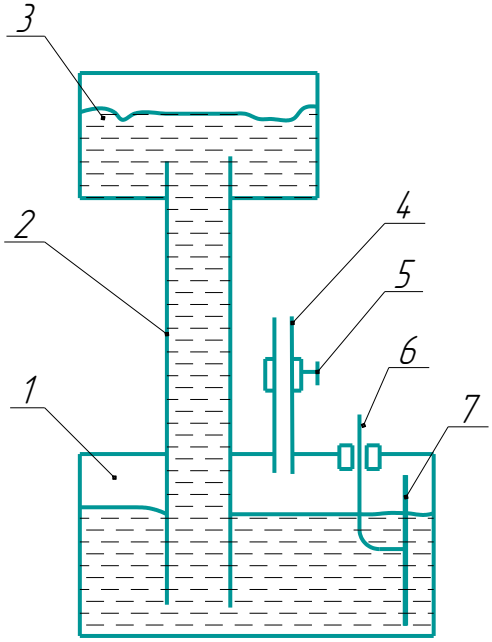

Рисунок 6.4 – Схема дії установки безперервного пароутворення

зниженні рівня води в нижньому баці зменшується робоча поверхня пластин кип'ятильника і, отже, зменшується кількість і тиск одержуваної пари. Вода знову переходить у нижній бак і т.д. Про тиск судять за довжиною видимого струменя пари, що повинен бути при наплавленні рівним 80 – 200 мм. Пару бажано перед подачею в пальник підігріти до температури 150°С, пропускаючи її через підігрівник з електричним нагрівальним елементом (спіраллю). Наплавлення виконується при напрузі 24 – 28 В.

Зварювання і наплавлення в середовищі захисних газів має ряд переваг: висока продуктивність, що не поступається зварюванню або наплавленню під шаром флюсу; наплавлення можна виконувати в будь-якому просторовому положенні; відсутність шлакової кірки спрощує виконання процесу; наплавлення виконується при малому нагріванні деталі, тому можна робити зварювання і наплавлення тонкостінних і з

малими перерізами деталей; можна одержувати наплавлені шари невеликої товщини.

До недоліків цього виду зварювання і наплавлення варто віднести обмежену можливість одержання твердих і зносостійких наплавлених шарів.

Контрольні запитання

1. Які методи використовують для знаходження тріщин?
2. Обґрунтуйте необхідність використання для заварювання тріщин спеціальних електродів та технологій.
3. Як уникнути появи нових тріщин у зоні термічного впливу?
4. Які особливості зварювання чавунних деталей?
5. Технологія гарячого зварювання чавунних деталей і область її застосування?
6. Загальні правила виконання холодного зварювання чавуна, застосовувані електроди, матеріали для присадки і флюси.
7. Як виконується холодне електрозварювання чавуна сталевими електродами способом відпалювальних валиків?

Лабораторна робота № 7

ЕЛЕКТРОДУГОВЕ ЗАВАРЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ З АЛЮМІНІЮ І ЙОГО СПЛАВІВ

***Мета роботи*:** Вивчення технології заварювання деталей з алюмінію і його сплавів.

1. Ознайомитися з видами електродів і прутків для присадки, які застосовуються при зварюванні алюмінію.
2. Вивчити поетапно технологію заварювання алюмінію.
3. Вивчити технологію заварювання на тонкостінній деталі (зразку).

Звіт про роботу. Зарисувати схеми оброблення та іншої підготовки тріщини і поетапного заварювання для всіх зазначених способів заварювання.

Теоретичні відомості

Зварювання деталей з алюмінію і його сплавів утруднені тому, що алюміній погано сплавляється з металом для присадки через утворення тугоплавкої окисної плівки $A1_2O_3$, що плавиться при температурі 2050°С, у той час як температура плавлення алюмінію 658°С, а кипіння – 1800°С.

Для сплавлення алюмінію з металом для присадки необхідно зруйнувати і зняти окисну плівку, що досягається введенням у зварювальну ванну флюсів. Плівка може бути вилучена і механічним шляхом.

Як метал для присадки застосовують алюміній з добавкою 5 – 6% кремнію або метал, однорідний із тим, що зварюється. Деталь, що підлягає зварюванню, очищають від бруду й мастил, а місце зварювання зачищають сталевою щіткою до металічного блиску. Потім деталь підігрівають до 250 – 300°С (щоб уникнути жолоблення) і на кромки тріщин насипають шар флюсу (під час газового зварювання). Матеріал для присадки також рекомендується підігріти. Під час електродугового зварювання флюс у вигляді обмазки товщиною 0,5 – 1,0 мм наносять на електродні прутки. До складу флюсів можуть входити в різних співвідношеннях такі матеріали: хлористі натрій, калій, літій, барій; фтористі калій, кальцій; кріоліт і ін. Перед нанесенням обмазки на електроди її складові частини змішуються з водою, у якій розведені крохмаль або декстрин.

Для зварювання чистого алюмінію випускаються електроди під маркою ОЗА-1, а для зварювання сплавів алюмінію – ОЗА-2. Електрозварювання алюмінію варто проводити на постійному струмі зворотної полярності, короткою дугою без перерви. Силу струму вибирають у залежності від діаметра електрода (для діаметрів 4, 5 і 6 мм, відповідно 110 – 140, 140 – 170 і 180 – 240А).

Після зварювання деталі з алюмінію і його сплавів варто повільно охолоджувати в термосі. Щоб уникнути роз'їдання металу шва залишками

флюсу і шлаку шов ретельно промивають гарячою або підкисленою водою і зачищають сталевими щітками.

На ремонтних підприємствах застосовують також газове зварювання алюмінію без флюсу. Окисну плівку руйнують і видаляють сталевими шкребками в процесі підігрівання і розплавлювання металу деталі. Щоб уникнути проплавлення (провалювання) металу при заварюванні тріщин у пустотілих деталях їх набивають піском. Отвори, через які може висипатися пісок, замазують глиною. Для відновлення головок блока застосовують гаряче зварювання (нагрівши до 300 – 400°С) пропан-бутано-кисневим полум'ям із присадкою АЛ2, АЛ4, АЛ9. Перед заварюванням отворів під свічки головку циліндрів установлюють на підставку з пробками, а усередину отворів кладуть шматочки матеріалу для присадки. Великі пробоїни спочатку заливають розплавленим алюмінієм, після чого обварюють по лінії сплавлювання. Потім деталі повільно охолоджують, видаляють з них пісок і глину, промивають у гарячій воді і, якщо необхідно, обробляють, випробовують на герметичність.

Електрозварювання алюмінію і його сплавів можна проводити без флюсів, щоб запобігти утворенню окисної плівки. Для цього зварювання виконують у середовищі захисного газу – аргону (аргонодугове зварювання). Присадку (алюмінієві прутки) вводять у дугу, що горить між деталлю і вольфрамовим електродом, що не плавиться. Зварювання можна вести як на постійному, так і на змінному струмі.

Механізовані способи зварювання і наплавлення може бути автоматичне і напівавтоматичне. У першому випадку механізована як подача електродного матеріалу у вигляді дроту або стрічки в зону зварювання (наплавлення), так і відносне переміщення електрода і деталі. В другому випадку механізована тільки подача електрода, тобто електродний дріт по шлангу подається до тримача, який зварник переміщає відносно деталі.

Автоматичне зварювання і наплавлення під шаром флюсу. Схема установлення для наплавлення під шаром флюсу зображена на рис. 7.1. Електрична дуга горить між кінцем електродного дроту 1 і деталлю 6. Дріт подається в зону наплавлення за допомогою механізму подачі 3. З бункера 9 у зону горіння дуги надходить флюс, де частина його плавиться, утворюючи еластичну оболонку, що захищає розплавлений метал від взаємодії з киснем і азотом повітря. Невикористаний флюс повертається в бункер. Під тиском газів, що виділяються при зварюванні, ця оболонка відтискується, утворюючи газовий пузир, у якому і горить дуга. Після переміщення дуги розплавлений флюс твердне, перетворюючись в шлакову кірку, що потім відокремлюється при легких ударах. Шлак може бути повторно використаний у суміші зі свіжим флюсом.

Шар флюсу в сипучому стані покриває зону горіння дуги і створює тиск на розплавлений метал, завдяки чому відбувається гарне формування шару наплавленого металу.

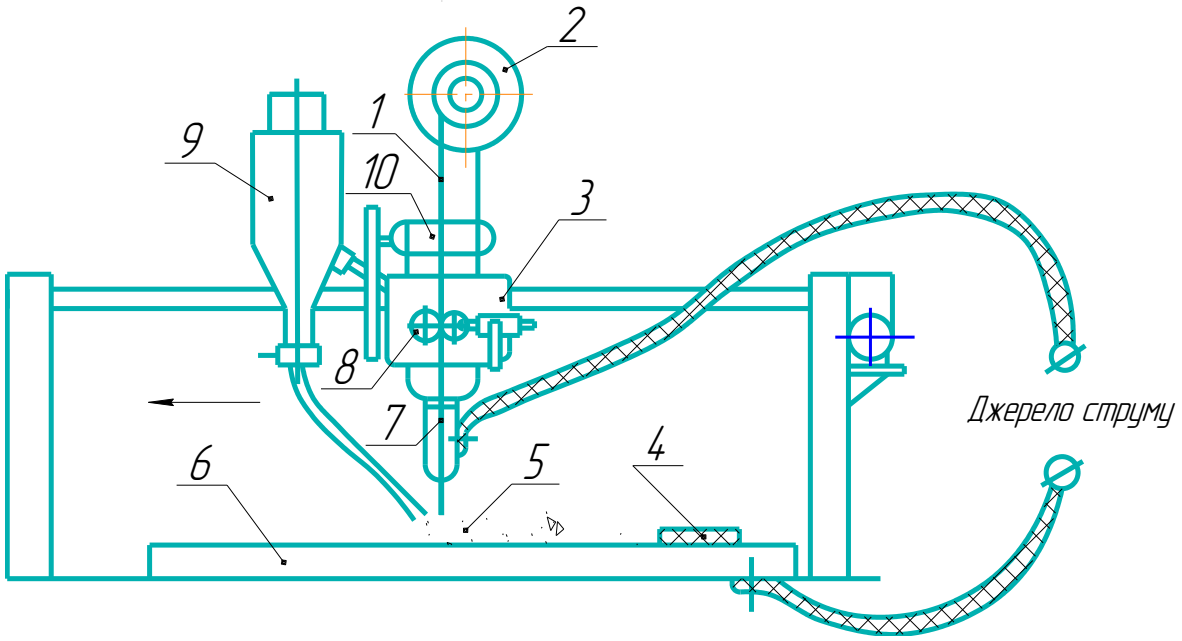

Рисунок 7.1 – Схема автоматичного зварювання (наплавлення) під шаром флюсу:
1 – електродний дріт; 2 – касета з дротом; 3 – механізм подачі; 4 – шлакова кірка; 5 – шар флюсу; 6 – деталь; 7 – наконечник; 8 – ролики для протягування дроту механізму подачі; 9 – бункер із флюсом; 10 –електродвигун

Устаткування для автоматичного наплавлення включає зварювальну головку, джерело живлення, токарний або спеціальний верстат і апаратну панель.

Найбільше поширення одержали такі автомати (головки): А-580М типу АБС, АДС-1000-3, А-874Н і т. ін. Для напівавтоматичного зварювання застосовують шлангові напівавтомати ПШ-5, ПШ-54, ПДШМ-500. Як джерела живлення використовують зварювальні перетворювачі ПСО-500, ПСУ-500, зварювальні трансформатори типу ТСД-500 і ТСД-1000, зварювальні випрямлячі ВСС-400, ВКСМ-500, У КСМ-1000 і ін. Наплавлення на постійному струмі виконуються на зворотній полярності. Наплавлення під флюсом виконується при напрузі 26 – 36 В, щільність струму значно більша, ніж при ручному зварюванні – до 50 – 100 А/мм^2 перерізу електрода. Швидкість наплавлення, тобто швидкість переміщення електрода відносно деталі або навпаки, буває звичайно в межах 12 – 45 м/год, а швидкість подачі дроту – 80 – 120 м/год (до 300 м/год). Товщина наплавленого шару регулюється зміною діаметра і швидкості подання електрода, кроку наплавлення. Звичайно крок наплавлення приймається рівним 3 – 12 мм, кожен валик повинний перекривати попередній на 1/2 – 1/3 його ширини.

Виліт електрода з мундштука встановлюють у межах 10 – 25 мм, крім того, для одержання гарної якості шва він повинен бути зміщений від зеніту у бік, протилежний напрямку обертання деталі на 5 – 20мм (у залежності від діаметра деталі, сили струму і под.).

Як електродний матеріал при наплавленні під флюсом можуть застосовуватися: зварювальні (наплавні) дроти діаметром від 1,6 до 3,0 мм – вуглецеві і леговані (див. вище), порошкові дроти (наприклад,

ПП-3Х2В8, ПП-4Х2ВФ і т. ін.) і порошкові стрічки, заповнені феросплавами, твердими сплавами й іншими компонентами.

Флюси, застосовувані при зварюванні і наплавленні, поділяються за способом свого приготування на два основних види: плавлені і керамічні.

Плавлені флюси одержують сплавкою компонентів. У своєму складі вони мають в основному стабілізуючі, шлако- і газоутворюючі елементи, але не містять легувальних елементів і, отже, не можуть додати високу твердість наплавленому шару. Найбільше поширення одержали флюси марок АН-348А, ОСЦ-45 і АН-60, які застосовують для зварювання і наплавлення вуглецевими і низьколегованими дротами або стрічками як суцільними, так і порошковими. До складу цих флюсів входять: окис кремнію (SiO_2), окис алюмінію (Al_2O_3), окис марганцю (MnO), окис магнію (MgO), окис заліза (FeO), фтористий кальцій (CaF_3) і інші компоненти.

Керамічні флюси містять, крім компонентів, подібних до компонентів плавлених флюсів, легувальні добавки (звичайно у вигляді феросплавів – ферохром, феромарганець і ін.) для одержання наплавленого шару з потрібними властивостями. Наплавлення ведуть низьковуглецевими дротами без термообробки наплавленого шару.

Усі компоненти керамічного флюсу подрібнюють, ретельно перемішують і замішують на рідкому склі. Отриману пасту гранулюють у зерна, які потім просушують і прожарюють.

В наш час широко використовуються керамічні флюси АНК-18 і АНК-19, до складу яких входять хром і марганець. При відсутності потрібних керамічних флюсів можна виготовити власними силами флюс-суміш, наприклад, додаючи в плавлений флюс АН-348А чавунну стружку або сріблястий графіт (4 – 6%), або феросплави (наприклад, ферохром 2%).

Наплавлений шар потрібного хімічного складу і з заданими властивостями (твердість, зносостійкість) можна також одержати, застосовуючи електродний дріт (стрічку) відповідної марки (хім. склад), з наступною термообробкою наплавленого шару або ведуабо наплавлення порошковим дротом (стрічкою) з необхідним наповненням. В останньому випадку термообробка наплавленого шару може не проводитися.

Як спосіб відновлення деталей зварюванням і наплавленням під шаром флюсу він має ряд переваг: висока продуктивність і стабільність процесу; гарна якість наплавленого шару (однорідність, щільність, рівномірність); гарна сплавка шару з основним металом; можливість одержання шарів значної товщини до 6 – 8 мм і більше; великі можливості

одержання наплавленого шару з заданим хімічним складом і властивостями.

Разом з тим наплавлення під шаром флюсу має і ряд недоліків: швидке і глибоке нагрівання веде до зміни фізико-механічних властивостей і до деформації деталей, особливо деталей малого перерізу; необхідність і труднощі (особливо при наплавленні) відділення шлакової кірки; труднощі утримання флюсу і ванни розплавленого металу на поверхні деталей малого діаметра менше 50 – 60 мм), неможливість одержання шару малої товщини (менше1,5 – 2,0 мм).

У зв'язку зі сказаним наплавлення під шаром флюсу застосовують головним чином, для відновлення деталей великих габаритів і перерізів, що мають значний знос (деталі ходової частини тракторів, осі і вали великого діаметра і т. д.).

Зварювання і наплавлення в середовищі захисних газів. Схеми процесу електричного зварювання або наплавлення в середовищі захисного газу показані на рисунку 7.2. У зону горіння дуги під невеликим тиском подається газ, що витісняє повітря з цієї зони і захищає розплавлений метал від впливу кисню й азоту повітря.

Зварювання і наплавлення в середовищі захисних газів можна вести електродом, який плавиться (рис. 7.2а) і який не плавиться (рис. 7.2б). В останньому випадку дуга горить між деталлю й електродом (звичайно вольфрамовим), а матеріал для присадки вводиться в зону дуги окремо. Електроди, що не плавляться, широко застосовуються при зварюванні деталей з алюмінію і його сплавів.

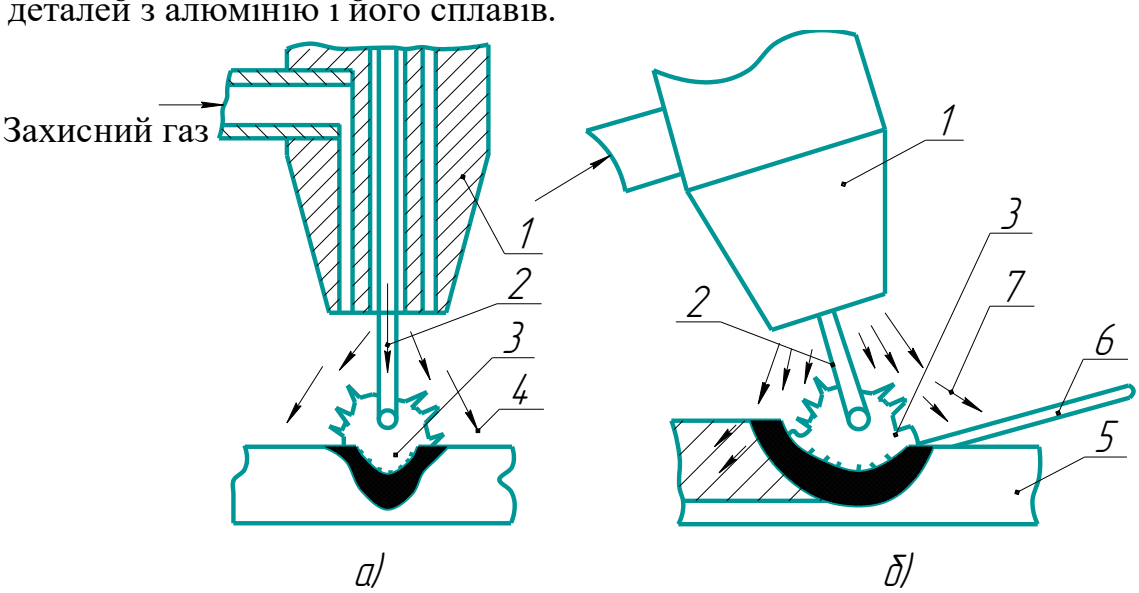

Рисунок 7.2 – Схема способів заварювання (наплавлювання) в середовищі захисних газів

Як захисні гази застосовують аргон, гелій (для зварювання всіх металів), азот (для зварювання міді і її сплавів), вуглекислий газ, водяна пара (для зварювання сталі і чавуну), а також суміші газів.

Контрольні запитання

1. Як зварюють алюмінієві деталі?
2. Сутність і схема електрозварювання під шаром флюсу. Матеріал ефект-родного дроту, флюси і режим наплавлення.
3. Схема і сутність процесу автоматичного вібродугового наплавлення.
4. Переваги і недоліки автоматичного вібродугового наплавлення, область його застосування.
5. Сутність і схеми процесів зварювання в середовищі захисних газів.

Лабораторна робота № 8

РЕМОНТ КУЗОВІВ, КАБІН ТА РАМ ШЛЯХОМ ЗАВАРЮВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ

***Мета роботи*:** Вивчення технології видалення дефектних ділянок кузовів легкових автомобілів та їх заварювання з використанням напівавтомата.

1. Вивчити задану деталь кузова автомобіля, виявити явні та приховані дефекти.
2. Призначити методи усунення виявлених дефектів.
3. Видалити виявлені дефекти (вирізати).
4. Підготувати за необхідними розмірами латку із шматка листової сталі відповідної товщини та підігнати її на місці.
5. Заварити латку та інші дрібніші дефекти.
6. Зачистити шви та повторно заварити виявлені дефекти зварювання.

Звіт про роботу. Описати способи та послідовність виявлення дефектів кузовів. Виготовлений зразок з відремонтованим дефектом.

Теоретичні відомості

Наплавлення в середовищі вуглекислого газу. Схема установки показана на рисунку 8.1. 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 і ін.

Робочий тиск газу 0,05–0,2 МПа, витрата газу при наплавленні 10 – 16 л/хв.

Для живлення установки постійним струмом застосовують джерела струму з жорсткою характеристикою, перетворювачі ПСГ-500, ПСУ-500, селенові випрямлячі ВСС-300 і ін. Робоча напруга при зварюванні тонколистових конструкцій і наплавленні зношених деталей невеликого діаметра знаходиться в межах 17 – 22 В при діаметрі дроту 0,5 – 1,2 мм, і в межах 28 – 32 В при діаметрі дроту 2,0 – 2,5 мм. Щільність струму 150 – 200 А на 1 мм^2 перерізу електрода.

Зі збільшенням перерізу деталі застосовують більший діаметр електродного дроту і більший виліт електрода з пальника (від 10 до 30 мм). Зсув електрода від зеніту при наплавленні циліндричних деталей 3 – 8 мм.

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

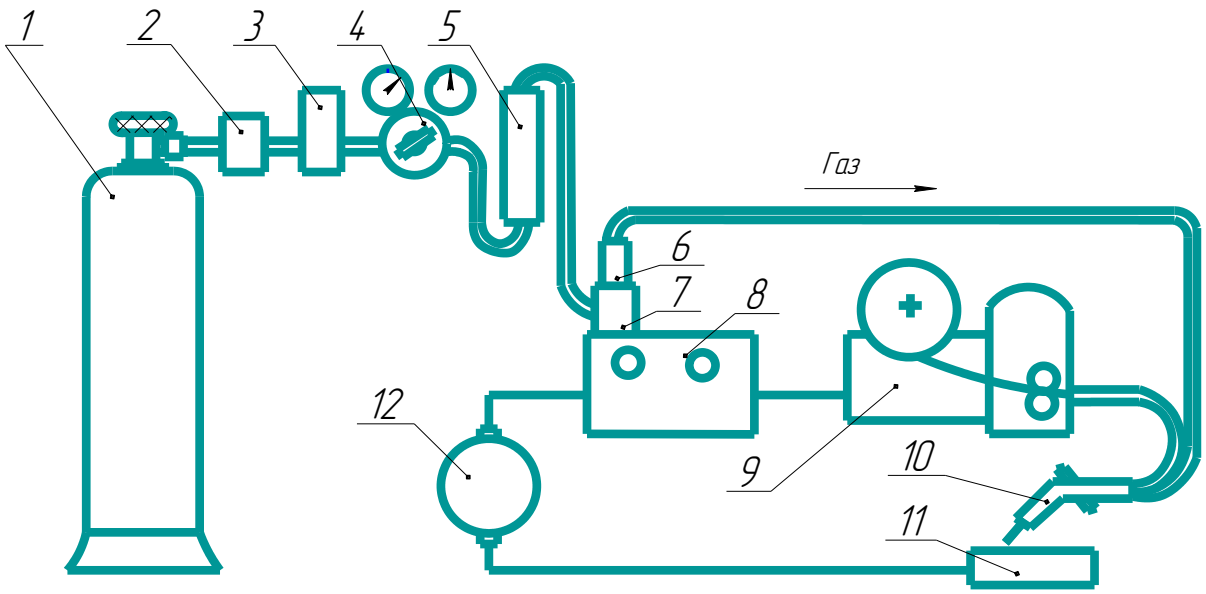

Рисунок 8.1 – Схема установки для напівавтоматичного зварювання або наплавлення в середовищі вуглекислого газу:
1 – балон з вуглекислотою; 2 – осушувач; 3 – підігрівник; 4 – редуктор; 5 – витратомір; 6 – регулятор тиску газу, 7 – електромагнітний клапан; 8 – панель приладів; 9 – механізм подачі дроту; 10 – пальник; 11 – відновлювана деталь; 12 – джерело струму

Для зварювання і наплавлення в середовищі вуглекислого газу застосовуються напівавтоматичні й автоматичні установки, наприклад, А-547Р, А-537, АДПГ-500 і ін. Для цієї мети можуть бути пристосовані й автомати, призначені для зварювання під шаром флюсу. При наплавленні (зварюванні) використовують дроти з підвищеним вмістом марганцю і кремнію, що є розкислювачами, наприклад, дріт Св-08ГС, Св-08М2С, Св-12ГС, Св-18ХГС і ін.

Контрольні запитання

1. Як знаходять пошкодження листового металу?
2. Яке обладнання використовують в ремонті кузовів автомобілів?
3. Як вибирають електроди, матеріали для присадки і режим для зварювання під час ремонту кузовів автомобілів?
4. Технологія підготовки латок.
5. Зварювання в середовищі вуглекислого газу і пари. Схема установки.

Лабораторна робота №9

РОЗРОБКА СІТКОВОГО ГРАФІКА КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ ЛІСОВИХ МАШИН

***Мета роботи*:** Навчиться розраховувати норму часу капітального ремонту машин за допомогою сіткового графіка та проводити оптимізацію графіка ремонтних робіт із часу.

Теоретичні відомості

Капітальний ремонт устаткування є відбудовним ремонтом, під час якого відновлюються початкові якісні характеристики (продуктивність, потужність, точність і ін.). До складу робіт, виконуваних під час капітального ремонту, входять: повне розбирання машин, мийка й дефектація деталей, заміна або ремонт всіх складових частин, у тому числі й базових, складання машини, її регулювання, обкатка й випробування.

Одним з найважливіших показників капітального ремонту є загальна тривалість робіт. Складність розрахунку полягає в тім, що ремонт окремих вузлів машини може проходити паралельно. Тому для розрахунку застосовують сіткові графіки, на яких умовно наносять тривалість етапів ремонту машини на ділянці обслуговування. На сітковому графіку добре видно які роботи будуть вестися паралельно або будуть вимагати переносу за часом.

Сітковий графік це динамічна модель виробничого процесу, що відбиває технологічну залежність і послідовність виконання комплексу робіт, що погоджує їхнє здійснення в часі з урахуванням витрат ресурсів і вартості робіт з виділенням вузьких (критичних) місць. Основні елементи сіткового графіка – робота й стан. Робота відбиває трудовий процес, у якому беруть участь люди, машини, механізми, матеріальні ресурси (проектування спорудження, поставка устаткування, обробка т.п.) або процес очікування (фарбування, сушіння, очікування закінчення ремонту зв'язаних вузлів і т.п.). Кожна робота сіткового графіка має конкретний зміст. Робота як трудовий процес вимагає витрат часу й ресурсів, а очікування – тільки часу. Для правильного й наочного відображення порядку попередніх робіт під час побудови мережі використовують зображені штриховими лініями додаткові дуги, названі фіктивними роботами або зв'язками. Вони не вимагають ні часу, ні ресурсів, а лише вказують, що початок однієї роботи залежить від закінчення іншої.

Правила складання сіткових графіків:

- кожна робота повинна бути укладена між двома подіями. У мережі не може бути робіт, що мають однакові коди;
- у мережі не повинне бути подій, з яких не виходить ні однієї роботи, якщо тільки ця подія не є для даного графіка завершальною;
- у мережі не повинне бути події, у яке не входить ні однієї роботи, якщо тільки ця подія не є вихідним;

- у сітковому графіку не повинно бути замкнутих контурів.

Розглянемо основні принципи розробки й побудови сіткового графіка на прикладі проведення капітального ремонту лісової машини скідер 660D-Dual-04 фірми "Тімберджек", зображеної на рис. 9.1.

Рисунок 9.1 – Загальний вид лісової машини скідер 660D-Dual-04 фірми "Тімберджек"

Розробку сіткового графіка починають зі складання визначника за формою. Для цього встановлюють перелік подій, якими будуть проходити вузли ремонтованої машини. Наприклад, стану «розібраний редуктор», «відремонтований редуктор», «зібраний редуктор». Кожний стан нумерується. Послідовність нумерації не принципова. За переходами з одного стану в інший складається перелік робіт. Так, робота з ремонту редуктора буде переводити ремонтовану машину зі стану «розібраний редуктор» у стан «відремонтований редуктор». Відповідно, роботи шифруються двома числами станів, як показано в стовпчику «Шифр робіт» приклад визначника (табл. В.1). Варто розуміти, що кожний стан машини можна розділити на дві частини – те, що була виконана робота, що привела машину в цей стан, і те, що можливо починати наступні характерні цьому стану роботи. Наприклад, стан 1 у табл. В.1 одночасно означає й «Вимита машина» і «Початок демонтажу транспортного пристрою». Час початку робіт може бути обумовлено додатковими умовами, наприклад, очікуванням закінчення ремонту інших вузлів, і тому під час креслення сіткового графіка деякі стани розділяються на дві частини.

Окремі вузли машини ремонтуються на п'яти відділеннях:

- ділянка пневматики й гідравліки;
- ділянка металоконструкцій;
- складальний цех;
- механічна ділянка;
- цех з ремонту транспорту.

Користуючись даними визначника, на папері будують сітковий графік ремонту машини. У ньому вісь ординат розділяють на ділянки й цехи, що беруть участь у ремонті машин. Порядок розташування ліній на графіку відповідає технологічній послідовності виконання кожної роботи з урахуванням умов рівномірного завантаження всіх працюючих у змінах.

Тривалість кожної роботи наносять на сітковий графік суцільною лінією з дотриманням масштабу часу, відкладеного по осі абсцис. Шифр роботи проставляють у кружечках, які проставляються напроти відповідних номерів ділянок або цехів.

Якщо відремонтований вузол очікує закінчення інших робіт, його останній стан розділяють на дві частини, між якими проводять пунктирну лінію. Наприклад, робота 14–16 «Монтаж лебідки й редуктора із двигуном на візок. Установка важільно-ковшової частини» припускає, що на початок робіт уже відремонтована лебідка з редуктором і важільно-ковшовою частиною. За графіком (рис. 9.2, *а*) видно, що робота 7–15 «Ремонт важільно-ковшової частини»

Аналіз сіткового графіка машини скідер 660D-Dual-04 фірми "Тімберджек", представленого на рис. 9.2, *а*, показує, що тут найбільша тривалість виконання робіт (критичний шлях) становить 138,4 год Тобто лісову машину відремонтують приблизно за 18 змін.

За графіком видно, що через 48 год всі вузли, крім гідравлічної частини, готові й очікують монтажу машини ще 55 год Доцільно оптимізувати графік, тобто ліквідувати тривалі простої відремонтованих вузлів і вкоротити критичний шлях.

Одним зі шляхів рішення є метод неуособленого ремонту. Після демонтажу гідравлічної частини (робота 4-8) монтують попередньо відремонтовану гідравлічну частину з попередньої машини, що була в ремонті. Зняту гідравлічну частину ремонтує окрема бригада за своїм сітковим графіком.

Відповідно із графіка рис. 9.2, *б* і з табл. В.1 випадають роботи 8–10 «Розбирання гідравлічної частини», 10–17 «Ремонт гідравлічної частини» і 17–18 «Складання гідравлічної частини». Таким чином, перша частина стану 8 «Знята гідравлічна частина» сполучитися із другою частиною стану 18 «Начало установки гідравлічної частини».

Після змін у графіку ремонту гідравлічної частини робота 19–10 монтажу машини не може бути почата в строк. Це пов'язане з тим, що машина переходить у стан 19 «Установлена гідравлічна частина» уже на 13 годині ремонтних робіт. До цього часу залишаються не відремонтованими інші вузли машини, що добре видно за графіком на рис. 9.2, *б*. Тому переносимо другу частину стану 19 «Початок монтажу машини» вчасно закінчення ремонту всіх вузлів, що відповідає час стану 16 «Змонтовані лебідка й редуктор із двигуном на візок. Установлена важільно-ковшова частина».

У підсумку, критичний шлях скоротився до 83,4 год, і машина вийде з ремонту на 55 год раніше, ніж за графіком до його оптимізації.

Зменшення простою машини в ремонті показує витрати, пов'язані зі змістом резервної гідравлічної частини.

Хід виконання роботи

1. Ознайомиться з методикою формування сіткових графіків.
2. За індивідуальним завданням виконати графік ремонтних робіт і визначити тривалість ремонту.
3. Провести оптимізацію ремонтних робіт із часу за рахунок впровадження методики неуособленого ремонту.
4. Виконати вивід про час, затрачуваному на ремонт машини по різних варіантах проведення робіт.
5. Оформити звіт.

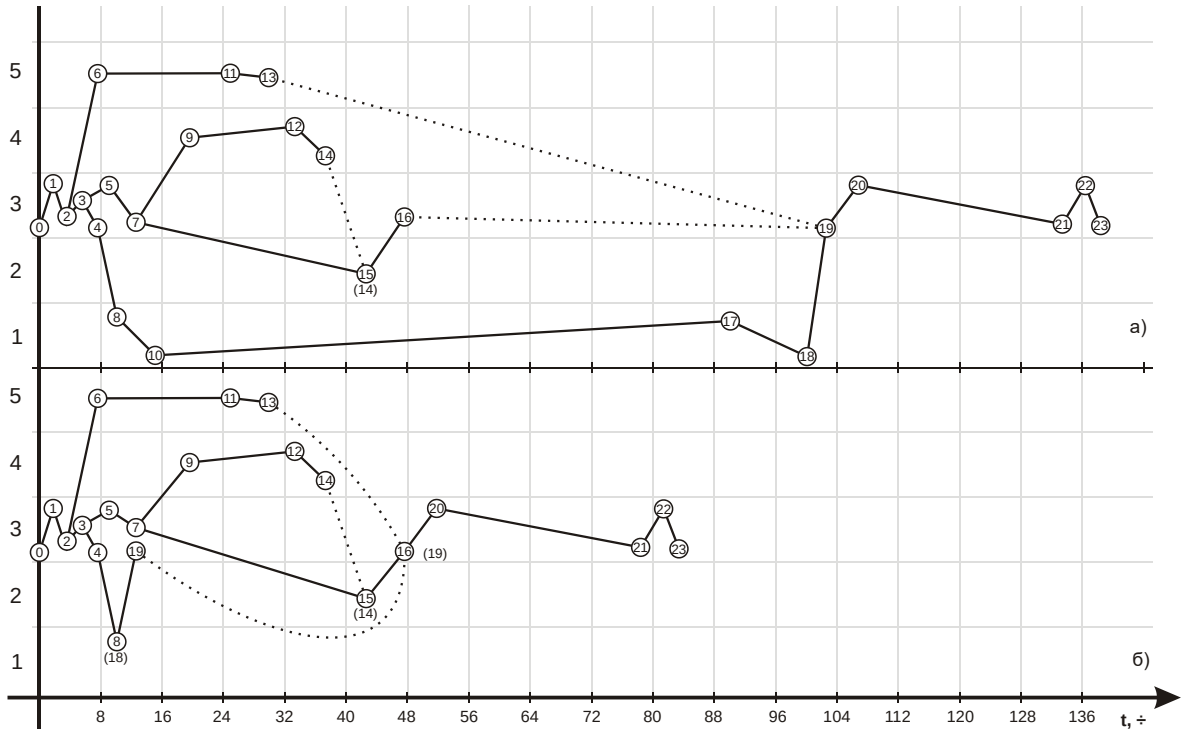

Рисунок 9.2 – Сіткові графіки ремонту машини а – до оптимізації; б – після оптимізації

Зміст звіту

1. Приклад складання сіткового графіка.
2. Визначник робіт для сіткового графіка капітального ремонту для свого варіанта.
3. Сітковий графік ремонту машини.
4. Сітковий графік, оптимізований за методикою неуособленого ремонту.

5. Висновок використання часу ремонту машини до і після оптимізації.

Контрольні запитання

1. Для чого складається сітковий графік ремонту?
2. Описати термін «стан машини».
3. Як складається визначник робіт?
4. У яких випадках доцільно застосовувати неоліцетворьонний ремонт?
5. У якому випадку необхідно переносити роботи на більш пізні строки?
6. Як визначити необхідність переносу за графіком?

ГЛОСАРІЙ

Глосарій – glossarium
Бункер – bunker
Взаємозамінність – interchangeability
Вибілювання – blanch
Відновлення – restoration
Відпал – annealing
Відхилення – deflection
Втомні раковини – fatigue blister
Втрата тиску – loss pressure
Втулка – bush
Вузловий – centre
Герметичність – hermetic
Дефектоскоп – fault detection
Дефектування – defective
Електроконтактне наплавлення – resistance welding
Електрошлакове наплавлення – electroslag welding
З’єднання – junctions
Зазор – gap
Затягувати – tighten
Зварювальні випрямлячі – welding rectifiers
Зварювальні перетворювачі – welding transformers
Змочувати – moisten
Каретка – carriage
Колінчастий вал – crankshaft
Компенсатори – compensators
Короблення – warping
Кочення – motion
Кромки – edges
Критерії – criterions
Ланка – link
Латунь – brass
Магнітний потік – magnetically flow
Маховик – fly-wheel
Міст – bridge
Напівавтомат – semiautomatic
Наплавлення – welding
Напрямні – guidings
Натяг – pull
Обдувати – blow
Обмазка – cover
Підігрів – heating
Підшипник – bearing
Плазма – plasma

Полярність – polarity
Припуск – tolerance
Провертання – perforate, bore
Прогин – sagging
Різь – thread
Сальник – gland
Спряження – conjugation
Тугоплавкість – refractory
Фланець – flange
Храповик – ratchet
Шестірня – gear
Шийка вала – shaft journal
Шків – belt
Шліцьовий вал – splineshaft
Шпилька – stud
Штифт – sprig
Щоки – cheek

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1 В.І. Савуляк, А.Ю. Осадчук. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Лабораторний практикум. – Вінниця: ВНТУ, 2004. –62с.

2 Ремонт та відновлення деталей машин і апаратів: лабораторний практикум / В. І. Савуляк, Ю. С. Марченко. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 75 с.

3 Рудь В.Д., Герасимчук О.О., Маркова Т.П. Розмірно-точносний аналіз конструкцій та технологій. – Луцьк.: ЛДТУ, 2008. – 344 с.

4 Ремонт сільськогосподарських машин [текст]: конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.050503 „Машинобудування” / укладачі: І.Є. Цизь, В.В. Тарасюк. – Луцьк: Луцький НТУ, 2014. – 182 с.

5 Шкіря Т. Машини та обладнання лісосічних і лісоскладських робіт.-Львів: Український державний лісотехнічний університет, «Тріада плюс», 2005.-410с.

6 Зима І.М., Малюгін Т.Т. Механізація лісогосподарських робіт.-К.: фірма «Інкос», 2006.-489с.

7 Конспект лекцій з дисципліни «Організація і технологія ремонту ОЛК» для студентів спеціальностей 7.05050303 та 8.05050303 «Обладнання лісового комплексу». Дацюк Л.М. - Луцьк: Луцький НТУ, 2014. – 60 с.

8 Метогдичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Організація і технологія ремонту ОЛК» для студентів спеціальності 7.05050303 та 8.05050303 «Обладнання лісового комплексу». Дацюк Л.М. - Луцьк: Луцький НТУ, 2014. – 88 с.

9 Справка и инструкции по Project 2010 [Электронный ресурс] // Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation). – 2010. – Режим доступа к справке: http://office.microsoft.com/ru-ru/project-help/

Додаток А

Варіанти завдань для лабораторної роботи №5

Таблиця А.1 – Припустиме значення радіальних зазорів підшипників

Розміри підшипника, мм			**Максимальниі радіальні зазориі мм**	
d	**D**	**b**	**для нових**	**для перебулих у вживанні**
Кулькові підшипники радіальні однорядні ГОСТ 8338-57				
35	62	14	0,026	0,07
40	68	15	0,026	0,077
60	95	18	0,033	0,1
100	150	24	0,046	0,13
105	160	26	0,046	0,13
120	180	28	0,046	0,13
150	225	25	0,058	0,18
15	35	11	0,022	0,044
17	40	12	0,022	0,044
20	47	14	0,024	0,06
25	52	15	0,024	0,06
30	62	16	0,024	0,06
35	72	17	0,026	0,07
40	80	18	0,026	0,07
45	85	19	0,029	0,07
60	110	22	0,033	0,1
65	120	23	0,33	0,1
70	125	24	0,034	0,1
75	130	25	0,034	0,1
80	140	26	0,034	0,1
90	160	30	0,04	0,15
95	170	32	0,04	0,15
100	180	34	0,04	0,15
120	215	40	0,046	0,15
130	230	40	0,053	0,18
150	270	45	0,058	0,18
20	52	15	0,024	0,06
25	62	17	0,024	0,06
30	72	19	0,024	0,06
35	80	21	0,026	0,07
40	90	23	0,026	0,07
45	100	25	0,029	0,07
50	110	27	0,029	0,09
55	120	29	0,033	0,1
60	130	31	0,033	0,1
65	140	33	0,033	0,1
70	150	35	0,034	0,1
75	160	37	0,034	0,1

Таблиця А.1 (продовження)

80	170	39	0,034	0,1
85	180	41	0,04	0,15
95	200	45	0,04	0,15
100	215	47	0,04	0,15
110	240	50	0,046	0,15
30	90	23	0,024	0,06
40	110	27	0,026	0,07
110	200	38	0,046	0,15
45	120	29	0,029	0,07
50	130	31	0,029	0,09
55	140	33	0,033	0,1
60	150	35	0,033	0,1
65	160	37	0,033	0,1
12	28	7	0,022	0,044
30	55	9	0,024	0,06
70	110	13	0,034	0,1
Роликовий підшипник радіальний з короткими циліндричними роликами ГОСТ 8328-57				
160	240	38	0,115	0,3
40	80	18	0,055	0,12
70	125	24	0,07	0,15
100	180	34	0,08	0,2
120	215	40	0,09	0,2
45	100	25	0,055	0,12
70	150	35	0,07	0,15
75	160	37	0,07	0,15
85	180	41	0,08	0,2
100	215	47	0,08	0,2
110	240	50	0,09	0,2
120	260	55	0,09	0,2
Роликові підшипники радіальні сферичні дворядні ГОСТ 5721-57				
80	140	33	0,06	0,15
90	160	40	0,07	0,2
100	180	46	0,07	0,2
110	200	53	0,08	0,2
120	215	58	0,08	0,2
130	230	64	0,09	0,25
140	250	68	0,09	0,25
150	270	73	0,1	0,25
160	290	80	0,1	0,3
40	90	33	0,04	0,12
45	100	36	0,043	0,12
50	110	40	0,045	0,12
55	120	43	0,05	0,15
60	130	46	0,05	0,15
70	150	51	0,06	0,15
75	160	55	0,06	0,15

Таблиця А.1 (продовження)

80	170	58	0,06	0,15
85	180	60	0,07	0,2
90	190	64	0,07	0,2
100	215	73	0,07	0,2
110	240	80	0,08	0,2
120	260	86	0,08	0,2
130	280	93	0,09	0,25
150	320	108	0,1	0,25
240	360	92	0,15	0,45
Роликові підшипники з короткими роликами ГОСТ 8328-57				
45	85	19	0,055	0,12
55	120	29	0,065	0,15
90	190	43	0,08	0,2
50	130	31	0,055	0,12
Роликові підшипники з короткими роликами ГОСТ 8327-57				
60	130	46	0,065	0,15
65	140	48	0,065	0,15
85	180	60	0,08	0,2
25	52	15	0,045	0,03
35	72	17	0,055	0,12
75	130	25	0,07	0,15
80	140	26	0,07	0,15
130	230	40	0,1	0,25
150	270	45	0,115	0,25
170	310	52	0,125	0,35
35	80	21	0,055	0,12
50	110	27	0,055	0,12
85	180	41	0,08	0,2
100	215	47	0,08	0,2
60	130	46	0,065	0,15
100	215	73	0,08	0,2
110	240	80	0,09	0,2
60	130	31	0,065	0,15
60	150	35	0,065	0,15

Таблиця А.2 - Припустимі відхилення розмірів діаметра кілець підшипників

Номінальні діаметри внутрішніх і зовнішніх кілець, мм		**Припустимі відхилення розмірів діаметра кільця, мм**			
понад	**до**	**ES**	**EI**	**es**	**ei**
-	30	0,005	-0,01	0	-0,01
30	50	0,006	-0,012	0	-0,012
50	80	0,007	-0,015	0	-0,015
80	120	0,008	-0,02	0	-0,018
120	180	0,1	-0,025	0	-0,028
180	250	0,011	-0,03	0	-0,035
250	315	0,012	-0,035	0	-0,04
315	400	0,013	-0,04	0	-0,045
400	500	0,015	-0,045	0	-0,05

Варіанти завдань

Таблиця А.3 - Варіанти завдань для четвертого етапу дефектации

Варіант	**№ підшипника**	**ДЕРЖСТАНДАРТ**	**Розміри, мм**		**Результати вимірів діаметрів внутрішнього й зовнішнього кілець**			
			d	**D**	**d_1, мм**	**d_2, мм**	**D_1, мм**	**D_2, мм**
1	108	8338-57	40	68	40,006	39,988	68,002	67,98
2	112	8338-57	60	95	60,008	59,985	94,998	94,972
3	120	8338-57	100	150	100,006	99,995	149,99	149,963
4	124	8338-57	120	180	120,007	119,98	179,974	179,958
5	130	8338-57	150	225	150,01	149,975	225,005	224,965
6	208	8338-57	40	80	40,002	39,978	80,003	79,98
7	212	8338-57	60	110	60,005	59,99	109,99	109,962
8	214	8338-57	70	125	70,007	69,999	124,987	124,956
9	216	8338-57	80	140	80,005	79,99	140,002	139,99
10	218	8338-57	90	160	90,008	89,982	159,99	159,965
11	219	8338-57	95	170	95,004	94,977	170,001	169,985
12	224	8338-57	120	215	120,009	119,991	214,995	214,97
13	226	8338-57	130	230	130,01	129,975	229,972	229,958
14	3518	5721-57	90	160	90,008	89,98	159,982	159,952
15	3520	5721-57	100	180	100,005	99,978	179,974	159,96
16	3522	5721-57	110	200	110,007	109,975	199,97	199,96
17	3524	5721-57	120	215	120,009	119,972	214,999	214,96
18	3526	5721-57	130	230	130,01	129,975	229,97	229,95
19	3528	5721-57	140	250	140,012	139,97	249,97	249,97
20	3530	5721-57	150	270	150,01	149,995	270,005	269,99
21	3532	5721-57	160	290	160,008	159,98	289,99	289,96
22	3611	5721-57	55	120	55,007	54,982	119,995	119,98
23	3612	5721-57	60	130	60,004	59,99	129,995	129,97
24	3614	5721-57	70	150	70,005	69,995	149,99	149,958
25	3615	5721-57	75	160	75,001	74,999	159,99	159,96

Додаток Б

Варіанти завдань для лабораторної роботи №9

Таблиця В.1 – Визначник робіт для сіткового графіка капітального ремонту лісової машини скідер 660D-Dual-04 фірми "Тімберджек"

Шифр робіт	**Назва роботи**	**Трудомісткість роботи, чіл.·ч**	**Кількість зайнятих робітників, чіл.**	**Норма часу, год**	**Номер відділення**
0–1	Чищення й мийка машини	7	4	1,8	3
1–2	Демонтаж транспортного пристрою	7	4	1,8	3
2–3	Від'єднання приводної частини	4	2	2	3
3–4	Від'єднання візка	4	2	2	3
2–6	Розбирання транспортного пристрою	8	2	4	5
6–11	Ремонт транспортного пристрою	52	3	17,3	5
11–13	Складання транспортного пристрою	15	3	5	5
3–5	Розбирання приводного пристрою	7	2	3,5	3
5–7	Демонтаж важільно-ковшової частини	7	2	3,5	3
7–9	Розбирання лебідки й редуктора	28	4	7	4
7–15	Ремонт важільно-ковшової частини	60	2	30	2
9–12	Ремонт лебідки й редуктора	55	4	13,7	4
12–14	Складання лебідки й редуктора	16	4	4	4
14–16	Монтаж лебідки й редуктора із двигуном на візок. Установка важільно-ковшової частини	20	4	5	3
4–8	Демонтаж гідравлічної частини с візка	10	4	2,5	3
8–10	Розбирання гідравлічної частини	20	4	5	1
10–17	Ремонт гідравлічної частини	300	4	75	1
17–18	Складання гідравлічної частини й випробування	40	4	10	1
18–19	Монтаж гідравлічної частини на візок	10	4	2,5	3
19–20	Монтаж машини	17	4	4,2	3
20–21	Складання й налагодження схеми автоматики керування машиною	80	3	26,6	3
21–22	Випробування машини, зняття характеристик, здача ВТК	6	2	3	3
22–23	Фарбування машини	4	2	2	3

Варіанти завдань

Таблиця В.2 – Трудомісткість робіт з варіантів

Шифр роботи	Трудомісткість роботи											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0–1	3,9	18,1	10,7	1,5	4,6	3,9	3,9	19,7	18,1	3,1	2,3	10,4
1–2	5,8	5,4	4,5	29,6	6,3	15,4	4,5	4,9	3,3	17,7	22,4	5,6
2–3	4,7	9,9	4,6	6,1	6,2	9,3	6,3	6,7	4,7	6,7	6,6	6,3
3–4	2,6	1,0	3,6	1,0	5,4	5,4	3,8	2,7	8,0	5,3	2,6	5,2
2–6	20,0	6,7	19,7	9,7	3,4	6,2	10,4	3,7	12,6	3,3	6,8	12,9
6–11	36,3	31,8	344,7	103,0	170,9	30,9	61,4	107,4	53,1	170,7	38,7	71,0
11–13	10,9	18,0	18,0	8,7	36,3	13,0	14,2	14,0	9,1	18,1	26,7	11,3
5–7	15,6	4,6	23,7	11,4	16,9	11,6	4,1	21,3	7,0	16,2	6,4	11,0
3–5	20,5	12,4	9,2	10,5	20,0	26,4	19,2	24,8	24,5	11,6	4,2	19,1
7–9	34,8	35,6	94,6	31,2	56,9	23,0	15,1	32,1	23,1	94,9	28,1	13,0
7–15	91,2	146,4	44,3	53,5	47,8	148,0	151,7	94,5	236,8	52,1	148,3	94,6
9–12	232,7	93,1	60,6	256,3	45,3	45,5	62,4	203,3	85,6	44,5	64,5	267,9
12–14	12,7	27,2	11,6	13,3	11,2	9,6	31,9	11,1	15,3	13,2	8,6	35,2
14–16	58,7	28,7	56,7	19,4	44,9	32,4	59,1	31,6	34,9	34,5	34,7	32,6
4–8	7,7	23,4	23,4	35,8	4,5	6,1	30,5	25,6	22,3	3,3	22,5	7,4
8–10	20,2	19,7	32,7	32,1	21,6	31,8	30,8	12,6	8,7	30,0	20,3	21,1
10–17	63,4	60,5	22,8	61,5	52,1	70,6	49,0	42,6	63,9	57,1	49,8	62,1
17–18	15,9	38,7	26,9	20,9	26,0	15,3	27,1	31,2	37,2	39,1	23,1	11,1
18–19	9,8	14,2	37,8	30,7	22,3	19,8	12,6	15,8	23,0	15,7	38,3	11,2
19–20	8,1	13,1	17,8	20,3	8,3	28,8	16,8	17,4	11,9	11,5	23,8	16,8
20–21	72,2	21,8	19,2	30,9	38,1	114,3	32,1	36,0	77,1	116,5	108,8	69,6
21–22	13,8	1,2	8,6	12,8	4,1	2,7	2,9	1,6	9,8	4,7	2,5	3,0
22–23	5,7	2,4	1,1	2,6	2,1	1,3	5,6	2,0	5,7	1,3	1,1	2,5

Таблиця В.2 (продовження)

Шифр роботи	Трудомісткість роботи												
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0–1	1,1	2,0	15,4	3,5	1,4	1,4	1,5	1,2	1,1	3,8	2,9	17,9	2,6
1–2	7,2	4,7	26,1	7,0	9,9	15,7	9,9	28,1	25,8	17,3	5,6	9,3	17,9
2–3	9,4	9,6	4,6	6,5	4,9	9,0	3,1	6,6	6,5	4,7	6,6	14,5	9,5
3–4	8,1	3,6	2,9	2,8	2,7	3,9	8,5	4,0	2,0	8,7	8,2	8,2	2,7
2–6	6,6	12,9	6,3	19,2	6,9	6,8	6,5	12,8	10,2	6,8	6,9	3,1	7,4
6–11	241	300	25,1	49,4	82,3	254,0	44,8	44,6	98,0	38,8	80,9	347,0	72,3
11–3	8,4	26,5	18,2	7,3	18,1	39,1	18,0	7,3	35,6	6,7	14,4	39,8	27,9
5–7	8,9	22,2	9,2	6,2	5,4	16,9	21,2	4,9	16,3	6,1	10,5	16,5	4,8
3–5	9,9	11,5	6,3	12,0	6,7	6,2	27,8	5,8	7,0	6,4	4,7	13,6	19,1
7–9	16,4	38,3	98,6	11,1	35,5	38,2	10,5	18,3	14,0	38,1	31,3	95,7	29,7
7–15	48,7	60,1	93,0	146,3	53,9	69,5	138,2	73,5	63,7	95,8	148,4	55,7	53,3
9–12	75,8	69,5	209,3	78,3	91,7	51,4	71,1	211,7	224,0	228,3	44,8	70,6	66,4
12–14	31,9	11,8	37,0	36,1	39,1	28,3	35,0	12,0	11,9	29,7	10,1	37,5	27,2
14–16	33,5	35,3	18,5	46,2	43,2	58,2	19,1	54,1	18,3	30,0	43,3	19,8	47,9
4–8	3,6	34,4	26,9	30,1	34,6	9,7	5,6	7,4	7,0	6,6	6,6	32,3	33,1
8–10	8,6	20,5	31,3	40,3	16,0	21,7	21,9	29,6	12,5	14,7	9,9	19,6	20,9
10–17	45,2	38,9	63,2	46,7	184,3	47,3	42,0	46,4	69,1	27,4	27,4	52,0	95,2
17–18	27,8	15,0	15,7	21,8	16,7	20,7	15,8	39,9	26,1	25,5	20,0	30,7	15,7
18–19	15,4	6,6	6,7	16,3	10,6	23,8	23,0	10,5	9,2	28,7	29,1	10,2	6,8
19–20	29,5	28,5	8,1	11,4	23,9	12,2	11,7	8,6	12,0	11,8	8,5	23,3	11,8
20–21	72,9	25,0	112,8	39,2	114,5	106,7	28,2	105,2	106,9	107,6	119,9	20,1	101,8
21–22	4,9	4,4	4,3	13,9	1,4	9,3	13,1	2,7	3,2	4,6	9,9	4,9	1,6
22–23	2,9	2,3	2,7	1,3	5,5	1,0	2,0	1,1	5,4	5,8	2,9	1,0	2,6

Таблиця В.3 – Кількість зайнятих робітників по варіантах

Шифр роботи	Кількість зайнятих робітників												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0–1	1	5	3	1	3	1	1	5	5	3	2	3	1
1–2	3	3	4	5	5	3	4	3	3	3	4	3	4
2–3	1	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
3–4	1	1	3	1	2	2	3	2	3	2	2	2	3
2–6	3	2	3	3	1	1	3	1	2	1	2	2	1
6–11	3	2	4	4	2	2	3	4	4	2	2	4	3
11–13	3	2	2	2	4	3	4	4	3	2	3	3	2
5–7	3	2	4	2	3	2	2	4	3	3	3	4	4
3–5	3	2	4	4	3	4	3	4	4	4	2	3	4
7–9	5	2	5	4	3	3	2	5	3	5	4	2	3
7–15	3	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	2
9–12	4	5	4	5	4	4	5	4	5	4	5	5	5
12–14	5	4	5	5	5	4	4	4	5	5	4	5	4
14–16	5	4	5	3	4	3	5	5	3	3	3	3	3
4–8	3	3	3	4	3	4	4	3	3	3	3	3	3
8–10	2	2	3	3	2	3	3	3	2	3	2	2	2
10–17	4	4	2	4	3	4	3	4	4	4	3	4	3
17–18	3	5	5	4	5	2	5	4	5	5	3	2	5
18–19	3	4	5	4	3	5	4	4	3	2	5	3	4
19–20	2	3	3	5	2	5	3	3	2	2	4	3	5
20–21	2	2	2	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2
21–22	3	1	2	3	3	2	2	1	2	1	2	3	1
22–23	2	2	1	1	2	1	2	2	2	1	1	2	1

Таблиця В.3 (продовження)

Шифр роботи	Кількість зайнятих робітників											
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0–1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	2	5	2
1–2	3	5	4	5	3	5	5	5	3	4	5	3
2–3	3	1	2	1	3	1	2	2	1	2	3	2
3–4	3	1	1	1	3	3	3	2	3	3	3	1
2–6	2	1	3	2	2	1	2	3	2	2	1	2
6–11	4	2	2	4	3	3	2	4	3	3	4	3
11–13	3	2	2	2	4	2	2	4	2	4	4	3
5–7	4	4	3	2	3	4	2	3	3	2	3	2
3–5	4	3	2	3	3	4	2	3	3	2	2	3
7–9	2	5	2	2	2	2	3	2	5	4	5	5
7–15	2	3	2	2	3	2	3	3	3	2	2	2
9–12	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4
12–14	4	5	5	5	4	5	4	4	4	5	5	4
14–16	3	3	4	4	5	3	5	3	5	4	3	4
4–8	4	3	4	4	4	4	3	4	3	3	4	4
8–10	2	3	4	3	2	2	3	3	3	2	2	2
10–17	3	4	4	4	3	3	4	4	2	2	4	2
17–18	3	2	4	3	4	3	5	5	5	4	4	2
18–19	2	2	5	3	3	3	3	3	4	4	3	2
19–20	5	2	2	4	3	2	2	3	2	2	4	2
20–21	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
21–22	1	1	3	1	2	3	2	2	1	2	1	1
22–23	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1	1	1

Для нотаток

Навчальне видання

ДАЦЮК Леонід Миколайович
ВРЖЕЩ Микола Вікторович

Організація і технологія ремонту
обладнання лісового комплексу

Навчальний посібник
Лабораторний практикум

Відповідальний за випуск М. В. Вржещ

Друкується у авторській редакції

Художнє оформлення обкладинки Л. М. Дацюк

Комп'ютерна верстка Л. М. Дацюк

Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 5,0. Обл.-вид. арк. 4,75
Тираж 50 прим.

Друк – ВІП ЛНТУ
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75, тел., (0332) 74-61-02
e-mail: ivv_lntu@ukr.net