

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
АГРАРНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КУТЬКО МАКСИМ ОЛЕГОВИЧ

Допускається до захисту:
завідувач кафедри РМ, ЕЕЗ та ОП
канд.техн. наук, доцент
_____ А.М. Поляков
« _____ » _____ 2023 р.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ПРЯМОБІЧНИХ ШЛІЦІВ НА
ДЕТАЛЯХ КЛАСУ «ВАЛИ»

Спеціальність 208 Агроінженерія

Кваліфікаційна робота бакалавра

Керівник:
Поляков А.М., к.т.н, доцент

Оцінка: _____ / _____ / _____
бали/за шкалою ЄКТС/за націон. шкалою

Київ, 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Аграрний

Кафедра «Ремонт машин, експлуатація енергетичних засобів та охорона праці»

Ступінь освіти Перший рівень вищої освіти – бакалавр

Галузь знань 20 "Аграрні науки та продовольство".

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітня програма «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ А.М. Поляков

« _____ » _____ 2023 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

КУТЬКУ МАКСИМУ ОЛЕГОВИЧУ

1. Тема роботи «Розробка технології відновлення прямобічних шліців на деталях класу «Вали»»

керівник роботи Поляков А.М. канд. техн.наук, доцент

затверджені наказом закладу вищої освіти від « _____ » _____ 2023 р. № _____

2. Строк подання здобувачем роботи 05.06.2023р.

3. Вихідні дані до роботи

1) завдання кафедри;

2) матеріали огляду літературних джерел; нормативно - технічна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

- Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

- Аналіз способів відновлення і ремонту зубів шліцевих валів

- Обґрунтування технологічного процесу відновлення шліцевих валів

- Розробка установки для відновлення зубів шліцевих валів ;

- Розробка технологічного процесу відновлення шліцевих валів

- Охорона праці; - Економічна частина

5. Перелік графічного матеріалу:

- Шліцевий вал - об'єкт для відновлення.

- Схема відновлення зубів способом ремонтних розмірів.

- Схема роздачі зуба роликком.

- Пластична деформація зубів .

- Схема суміщеного способу відновлення шліцевих валів.
- Установка для відновлення шліцевих валів.
- Зразки відновленого шліцевого валу.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 25.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи	12.04.2023	
2	Аналіз способів відновлення і ремонту зубів шліцевих валів	20.04.2022	
3	Обґрунтування технологічного процесу відновлення шліцевих валів	30.04.2023	
4	Розробка установки для відновлення зубів шліцевих валів за поєднаною технологією	12.05.2023	
5	Розробка технологічного процесу відновлення шліцевих валів	24.05.2023	
6	Охорона праці	30.05.2023	
7	Економічна частина	05.06.2023	

Здобувач _____ Кутько М.О.

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Поляков А.М.

АНОТАЦІЯ

до випускної кваліфікаційної роботи на тему: «Розробка технології відновлення прямибічних шліців на деталях класу «Вали»»

Об'єм дипломної роботи 84 сторінки, на яких розміщені 19 рисунків і 4 таблиць. При написанні диплому використовувалися 23 джерела.

Ключові слова: відновлення деталі, шліцевий вал, наплавка під шаром флюсу, пластична деформація.

Об'єктом дослідження при написанні роботи була технологія відновлення шліцевих валів шляхом нарощення його зношених поверхонь наплавкою під шаром флюсу з наступним впливом пластичною деформацією.

В процесі роботи запропоновано пристосування для підвищення якості наплавлювання та продуктивності праці.

В підсумку зроблена оцінка економічної ефективності проектної технології показала на доцільність відновлення заданої деталі та можливість одержати позитивний економічний ефект .

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи	9
1.1 Класифікація шліцьових валів	10
1.2 Аналіз зносу зубів шліцьових валів	12
1.3 Економічне обґрунтування проектованої технології відновлення зубів шліцьових валів	15
Висновки	15
2 Аналіз способів відновлення і ремонту зубів шліцьових валів	16
2.1 Класифікація способів відновлення шліцьових валів	17
2.2 Способи відновлення зубів шліцьових валів	28
Висновки	33
3 Обґрунтування технологічного процесу відновлення шліцьових валів	35
3.1 Обґрунтування параметрів режиму наплавлення зубів шліцьових валів	35
3.2 Суть пропонованого способу відновлення	38
4 Розробка установки для відновлення зубів шліцьових валів за поєднаною технологією	42
4.1 Опис конструкції і принципу дії	42
4.2 Розрахунок основних елементів конструкції установки	44
5 Розробка технологічного процесу відновлення шліцьових валів	55
6 Охорона праці	66
6.1 Небезпечні, шкідливі чинники при відновленні шліцьових валів	66
6.2 Заходи по забезпеченню безпечних умов праці	67
6.3 Електрозахисні заходи від поразки струмом	69
7 Економічна частина	75

	6
7.1 Методика розрахунку економічної ефективності відновлення деталей	75
7.2 Результати розрахунку економічної ефективності відновлення ведучого вала-шестерні кінцевої передачі трактора Т-40	79
Висновок	81
Список використаних джерел	82

ВСТУП

Завдання підвищення темпів і ефективності розвитку економіки на базі прискорення науково-технічного прогресу є першочерговим.

Головним завданням вітчизняного сільськогосподарського виробництва є забезпечення населення нашої країни продовольством, а переробних галузей промисловості - відповідними видами сировини. Її виконання можливо тільки при ширшому впровадженні у виробництво сучасних науково-технічних розробок: інтенсивних технологій обробітку, досконалих методів організації виробництва і тому подібне. Усе це призводить до інтенсивнішого використання машинно-тракторного парку села, що викликає підвищений знос машин, поломки і вихід з ладу. Отже, підвищення якості ремонту сільськогосподарської техніки, вдосконалення процесу її ремонту, розробка і впровадження у виробництво нових способів ремонту і методів відновлення є важливим народногосподарським завданням [1,2].

У рішенні цієї задачі важливе значення має підготовка кваліфікованих фахівців для агропромислового комплексу, і передусім - для забезпечення грамотної технічної експлуатації машин і устаткування, зайнятих в сільському господарстві [1].

Велика роль при цьому покладається на ремонтні підприємства, оскільки наявну техніку в сільському господарстві необхідно підтримувати в працездатному стані. Спеціалізовані підприємства по ремонту сільськогосподарської техніки створені, в основному, для капітального ремонту техніки, працюючої в сільському господарстві. При капітальному ремонті машин відбувається їх друге відтворення на базі придатних, нових і відновлених деталей [3, 4].

Велике значення має зниження собівартості ремонту машин, яка досі є ще досить високою. Значний вплив на собівартість ремонту робить організація зберігання машин в господарствах і строге виконання планово-запобіжної системи ремонту і технічного обслуговування техніки. Провідна роль належить тут

інженерам-механікам сільського господарства, які повинні досконало знати основні закономірності і причини зношування машин, технологічні і організаційні способи збільшення довговічності машин. Важлива роль у вирішенні проблеми зниження собівартості, окрім поліпшення організації ремонтних робіт, належить якісному відновленню деталей. Як показує досвід ремонтних підприємств, понад 60% деталі при капітальному ремонті можуть бути відновлені. Дуже важливо при цьому знаходити методи відновлення, що задовольняють усім вимогам за якістю і економічністю. Сучасні високопродуктивні методи ремонту раціонально впроваджувати на спеціалізованих підприємствах по відновленню деталей. Широке поширення відновлення деталей і постійне його вдосконалення допоможе значно поліпшити якість відремонтованих машин при меншій собівартості. Необхідність відновлення деталей ще обумовлена і тим, що, як правило, собівартість відремонтованих деталей, з урахуванням усіх додаткових витрат, значно нижче, ніж собівартість запасних частин. Метою цього проекту є розробка технології відновлення зубів шліцьових валів із застосуванням методу пластичної деформації. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішувати наступні принципові питання:

- 1) Аналіз зносу зубів шліцьових валів і способів їх відновлення, вживаних в практиці ремонту машин;
- 2) Розробка конструкції установки для наплавлення зношених зубів з пластичною деформацією в гарячому стані;

1 ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ

Одним з найбільш поширених з'єднань, що багато в чому визначає ресурс ходової частини і машини в цілому, є шліцьові з'єднання. В процесі експлуатації деталі цих з'єднань придбавають велику кількість різноманітних дефектів : зім'яло і знос робочих поверхонь зубів маточини і валу, поломка зубів, заїдання і тому подібне

Нині майже немає машин і механізмів, в яких не було б передачі зачепленням. З різних типів передач шліцьові з'єднання отримали широке поширення у ряді областей машинобудування, що пояснюється їх високою здатністю навантаження, конструктивними і технологічними перевагами перед іншими видами з'єднань типу вал-втулка. Шліцьові з'єднання застосовуються для посадки на вал зубчастих коліс, муфт, дисків, фланців, крутнів, зірочок ланцюгових передач і так далі. Надійність і якість роботи машин і механізмів багато в чому залежать від роботи шліцьових з'єднань.

Шліцьові з'єднання відрізняються великою різноманітністю форм і розмірів, є напруженими і складними деталями в конструктивному і технологічному відношенні. Але механічні коробки передач з рухливими зубчастими колесами прості по конструкції, нескладні в експлуатації і тому до теперішнього часу застосовуються в трансмісіях вітчизняних і зарубіжних тракторів, автомобілів, сільськогосподарській і дорожно-будівельній техніці.

Для забезпечення високої надійності шліцьових з'єднань в процесі виготовлення валів і втулок застосовують леговані сталі і складне технологічне устаткування.

До останнього часу використання прямобочних шліцьових з'єднань складало 80-90% від виробництва шліцьових валів [5]. Проте наукові дослідження дали шлях широкому застосуванню з'єднанні з евольвентним профілем зубів, у яких здатність навантаження вища, ніж у прямобочних при приблизно однаковій собівартості обробки зубів цих з'єднань [5]. Вживаність прямобочних і евольвентних шліцьових з'єднань в коробках передач тракторів і автомобілів, а також в трансмісіях екскаваторів приведена в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Вживаність шліцевих з'єднань [5]

Машина	Марка машин	
	Шліцеві з'єднання прямобочным профілем	Шліцеві з'єднання з евольвентным профілем
Трактор	Т- 74, К- 701, Т- 40, Т-28Х4, Т- 25, Т- 8М, Т-54В, ТДТ- 55, Т- 150	ДТ- 75, Т-100М, Т- 130, Т-4А, МТЗ- 50/80, ТДТ- 75, ЮМЗ-6Л
Автомобіль	ГАЗ- 51/53, ЗИЛ- 130, УАЗ- 452, ГАЗ- 69, ГАЗ- 24, МЗМА- 412	МАЗ- 200, ИАЗ- 500, Урал, ЗАЗ- 965
Екскаватор	Э-303А, Э-652Б, Э-304В, ЭТЦ- 163, ЗТЦ-202А	ЭТЦ-205С, ЭО-2621А, Э- 153, Э-2131А
Комбайн	СК- 3, СК- 4, СКД- 5	

Довговічність шліцевих з'єднань, використовуваних в трансмісіях, носить імовірнісний характер і для різних машин неоднакова, оскільки залежить від навантажувальності, умов експлуатації, конструкції, кваліфікації водія і багатьох інших чинників. Все вище сказане частково знайшло відображення в нормах амортизаційних відрахувань.

При ремонті шліцеві вали та втулки після вибракування, як правило (особливо втулки), замінюють новими. Це веде до значного підвищення вартості ремонту, а при багаторазовій заміні деталей протягом амортизаційного періоду роботи машини, вартість їх може перевищити вартість не тільки всього вузла, а й машини. З цієї причини питання відновлення деталей з шліцевими поверхнями представляє певний інтерес, так як розробка технології відновлення дозволить знизити вартість ремонту всієї машини. У зв'язку з викладеним виникає необхідність дослідити основні ушкодження, якими вибраковують шліцеві сполуки, а як і визначити можливість і доцільність їх відновлення [6].

1.1 Класифікація шліцевих валів

Більшість машин, працюючих в сільському господарстві, в передатних механізмах мають шліцеві сполучення.

Шліцьові сполучення, як правило, включають декілька деталей, а саме шліцьовий вал і втулки шестерень, яких може бути не одна. Це сполучення в трансмісійних передачах є дуже відповідальним, оскільки воно сприймає усе навантаження від передаваного моменту, що крутить, і повинне забезпечувати надійне зачеплення шестерень і не допускати самовиключення.

Шліцьові сполучення можуть бути рухливими, коли втулка переміщається уздовж валу (шестерні коробок передач тракторів, автомобілів, комбайнів і так далі) або нерухомими, коли деталь має бути закріплена нерухомо на валу.

Шліцьові сполучення розрізняються за формою зубів:

- прямобічні;
- евольвентні;
- трикутні (гострокутні).

Найбільш поширені нині з'єднання з прямобочним і евольвентним профілем. У цій роботі розглядаються тільки шліцьові вали із зубами прямобочного профілю.

Розрізняють три види центрування таких сполучень:

- а) по внутрішньому діаметру;
- б) по зовнішньому діаметру;
- в) по бічних поверхнях.

Вибір способу центрування визначається конструктивними вимогами і технологічними особливостями експлуатації і деталей шліцьового з'єднання.

Центрування по внутрішньому і зовнішньому діаметрам застосовують в тих випадках, коли потрібно підвищену точність збігу геометричних осей деталей, що сполучаються, і особливо при переміщенні втулки уздовж осі валу.

Центрування по бічних сторонах зубів не забезпечує точного центрування втулки і валу, та зате відбувається найбільш рівномірний розподіл сил між зубами. Цей спосіб рекомендується застосовувати при передачі великих моментів, що крутять, або при знакозмінних навантаженнях. Центрування по бічних сторонах зубів допускається при числі зубів не менше 10 і діаметрі валу від 25 до 90 мм [4].

У прямобічних шліцьових з'єднаннях застосовуються усі три способи центрування втулки відносно валу.

Основними матеріалами для виготовлення шліцьових валів тракторів і автомобілів служать сталі 40; 45; 20X; 40X, 45X; 20ХНЗА; 18ХГТ; 30ХГТ з різною термічною обробкою. Близько 63% шліцьових валів виготовляються із сталей 45; 40X і 45X. Після поверхневої термообробки зазвичай твердість поверхні складає 50.55 HRC [6].

1.2 Аналіз зносу зубів шліцьових валів

Для вибору раціонального способу відновлення шліцьових валів необхідно знати причини і характер зносу зубів.

Знос зубів шліцьового валу, як і будь-яких поверхонь, що сполучаються, є наслідком роботи сил тертя при експлуатації шліцьових з'єднань. При цьому значний знос зубів шліцьових валів може виникати внаслідок незадовільної і термічної обробок, неточності зборки з'єднання, грубого порушення режиму роботи або поганої герметизації вузла.

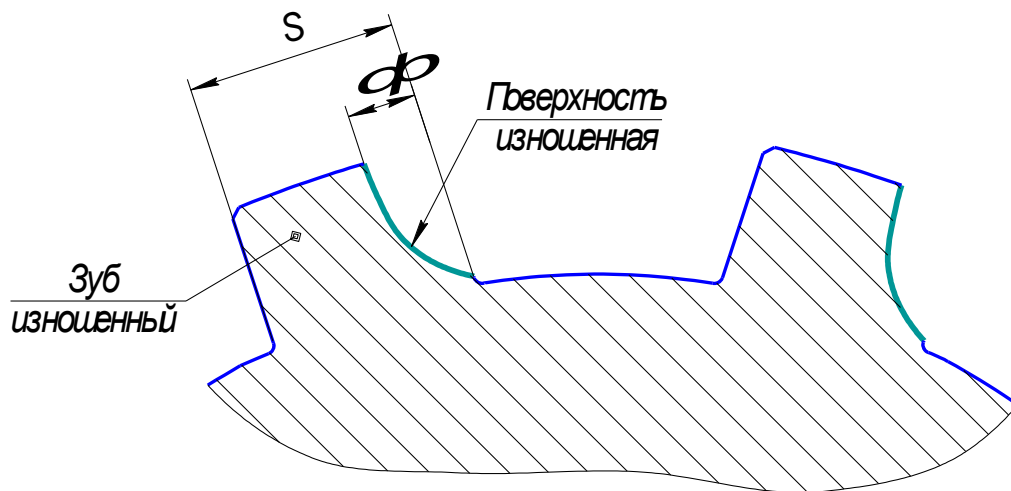
Шліцьові з'єднання знаходять широке застосування для передачі моментів, що крутять, і фіксації положень деталей. В процесі експлуатації машин при передачі моменту, що крутить, на шліцьові вали діють значні навантаження. При цьому зуби випробовують дії навантажень циклічного характеру, що вигинають і контактних. Внаслідок цих навантажень визначаються основні види зносу зубів шліцьових валів [7, 9]:

- а) знос зубів по ширині;
- б) знос зубів по зовнішньому діаметру;
- в) знос зубів по діаметру западин;
- г) поломка зубів;
- д) заїдання.

Виникнення того або іншого ушкодження обумовлене рядом чинників (умови мастила, наявність абразивного середовища, режим і характер виконання роботи, природно-кліматичні умови і так далі) залежно від їх наявності в кожному випадку, одне з вищезгаданих ушкоджень може бути переважаючим. З усіх видів ушкоджень головною причиною виходу з ладу вважається знос контактуючих

шліцевих поверхонь [11]. Зменшити швидкість зношування контактуючих шліцевих поверхонь, за термін служби деталей, прагнуть шляхом застосування технологічних, конструктивних і організаційних заходів (вибір матеріалу деталі і режимів термообробки, розмірів і кількості шліців, фільтрації олії, поліпшення якості технічного обслуговування і так далі). Тому наявність вказаних ушкоджень у деталей шліцевих з'єднань носять ймовірнісний характер.

У поперечному перерізі валу, як правило, спостерігається односторонній знос зубів по ширині (рис. 1.2).



S – ширина зуба; Δ – величина зносу

Рисунок 1.2 - Характер зносу зубів в поперечному перерізі валу

Односторонній знос виходить внаслідок переважно одностороннього контакту шліцевих поверхонь, які і піддаються зносу. Навіть у реверсивних трансмісій є якийсь основний прямий напрям обертання, а слідчий і переважаючий односторонній знос.

Залежно від конструктивних, технологічних і експлуатаційних особливостей шліцевого з'єднання може спостерігатися нерівномірний знос робочих поверхонь зубів. При цьому нерівномірність зносу може бути як по висоті, так і по його довжині (конусність) (рис. 1.3).

Результати мікрометражу (рис. 1.4; 1.5) показують, що знос зубів по ширині не є постійним по усій довжині валу. В результаті такої нерівномірності

утворюється конусність по бічних сторонах зубів (рис. 1.3).

До утворення конусності призводить нерівномірний розподіл навантаження по довжині валу у не симетричних шестерень.

Зі збільшенням конусності зростає і перекус шестерень в зачепленні, що призводить до їх нерівномірної роботи. Зокрема, аналіз умов роботи шліцьового з'єднання в умовах взаємного перекосу і радіального зміщення деталей показав, що при перекосі має місце точковий характер контактів в зубчастому з'єднанні. Подібні умови роботи і викликають нерівномірний знос зубів.

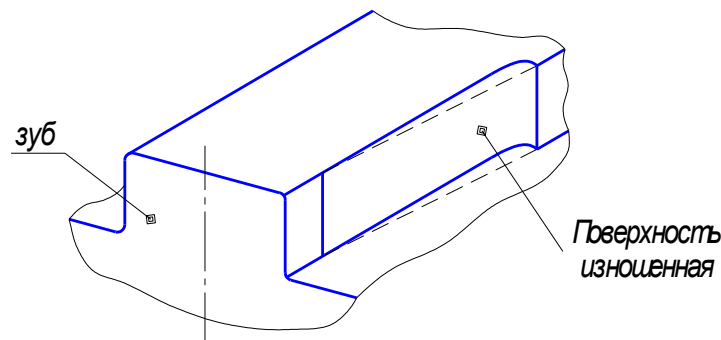


Рисунок 1.3 - Характер зносу зубів по товщині

Переважно зуби зношуються по бічній поверхні, і цей дефект є визначальний в порівнянні з іншими. Проте на роботу зубчастих зачеплень великий вплив робить не стільки зменшення ширини зубів в результаті зносу, скільки утворення конусності по довжині валу вище за допустиму.

За даними спостережень [12] більше 45% валів при існуючих технічних вимогах на дефектацію визнаються придатними і підлягають постановці на машини, тоді як вони явно вимагають ремонту по параметру непаралельності бічних поверхонь зубів (конусність).

Термін служби шестерень і надійність роботи коробок передач в цілому значною мірою залежать від нерівномірності зносу зубів.

По конусності і непаралельності бічних поверхонь зубів відносно осі валу в машинобудуванні задаються досить тяжкі технічні умови.

Допустимі перекоси в шліцьовому з'єднанні визначаються перекосами

(допустимими) в зачепленні зубів шестерень, встановленими по ГОСТ 1643-81 [13,].

Нова шестерня, встановлена на шліцьовий вал (з конусністю зубів що перевищує 0,05 мм), отримує перекіс в зачепленні, встановлений стандартом.

За даними випробувань [12] термін служби різних шестерень при цьому скорочується більш ніж в 2 рази, крім того, більш ніж в 3 рази зростає швидкість зношування самих зубів.

В той же час існуючі технічні вимоги на дефектацію не передбачають вибраковування шліцьових валів по нерівномірності зносу шліцьових поверхонь, тим самим допускають значну кількість фактично непридатних деталей на зборку без відновлення. Звичайно, коробка передач зібрана з таких шліцьових валів, не може дати ні задовільної роботи унаслідок шумності і можливості самовиключення під навантаженням, ні більшого терміну служби унаслідок більшої інтенсивності зносу.

З цього виходить, що усі вали, що мають знос по ширині більше за допустимий, будуть вибраковані і при перевірці їх тільки на конусність.

Висновки

Щоб забезпечити тривалу роботу зубчастих передач, неприпустимо ставити шестерні на зношені по шліцах вали.

Слід змінити існуючі технічні вимоги на дефектацію; вони повинні враховувати нерівномірність зносу зубів по довжині валу.

Технічні вимоги на відновлені вали повинні наближеними до вимог на нові, виготовлені на машинобудівних підприємствах.

Зуби валів повинні піддаватися відновленню при кожній заміні на валах зношених по зубам шестерень за умови, якщо непаралельність бічних граней зубів відносно осі валу, викликана нерівномірним їх зносом перевищує 0,05 мм на довжині 100 мм (тобто повинна відповідати технічним вимогам на виготовлення нових валів).

2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ЗУБІВ ШЛІЦЬОВИХ ВАЛІВ

Шліцеві з'єднання тракторних і автомобільних агрегатів відносяться до сполучень, ремонт деталей яких не знайшов ще раціонального рішення.

Досі, однією з істотних проблем в ремонті сільськогосподарської техніки є відновлення працездатності шліцевих з'єднань, що використовуються у більшості механізмів мобільної техніки, що експлуатується в сільському господарстві. У вирішенні цієї проблеми особливе місце займає індустріальність способів відновлення, підвищення якості і зниження собівартості ремонтних робіт.

Одним з раціональних шляхів підвищення довговічності шліцевих з'єднань є розробка і застосування прогресивних способів відновлення зношених зубів шліцевих валів і шліцевих втулок. Відомо, що знос зубів може досягати декількох міліметрів. Вибраковані вали, часто мають залишковий ресурс і з економічної точки зору доцільно їх відновлювати.

В даний час питання відновлення зубів шліцевих валів, як і раніше, залишається актуальним. Складна і трудомістка технологія відновлення вимагає як появи нового способу, а й глибокого вивчення цього процесу.

Усі відомі способи ремонту шліцевих валів, як правило, мають у своїй основі наплавлення зубів, що викликає викривлення валу, порушення структури основного металу і розкид твердості.

Ці способи досить трудомісткі і не завжди ефективні. Тому ремонтні підприємства і господарства, що експлуатують техніку, ремонтують шліцеві з'єднання дуже рідко.

Проте необхідність відновлення зубів викликається самою практикою експлуатації. Причому відновлювати слід з урахуванням виведення нерівномірності зносу, оскільки вона робить значний вплив на роботу шліцевих сполучень (збільшує інтенсивність зношування шліцевих деталей)[5, 6].

2.1 Класифікація способів відновлення шліцьових валів

У ремонтній практиці застосовуються дві групи способів відновлення зубів. Це способи з нанесенням металу на зношену поверхню і способи без нанесення металу (рис. 2.1). І ті, і інші мають певні достоїнства і недоліки, які будуть описані нижче.

Наплавленням металу слід відновлювати вали, що мають значний знос. Відновлювати зуби з малим зносом у такий спосіб нераціонально, оскільки майже увесь наплавлений метал буде видалений подальшою механічною обробкою.

Способи ремонту зубів без нанесення металу доцільніші при малому зносі, коли фактично вимагається виправити тільки конусність зубів.

Якщо дефектувальні роботи будуть побудовані на основі контролю зубів на нерівномірність зносу, то значна частина валів, що надходять на відновлення, матиме невеликий знос шириною (припустимий за існуючими технічними вимогами). У умовах основний упор, очевидно, слід робити способи ремонту зубів без нанесення металу.

У ремонтній практиці відомі наступні основні способи відновлення зубів шліцьових валів [5]:

1. Спосіб ремонтних розмірів:

- а) шліфування;
- б) відпал - фрезерування, - загартування - шліфування.

2. Спосіб нарощування :

- а) механізоване наплавлення.

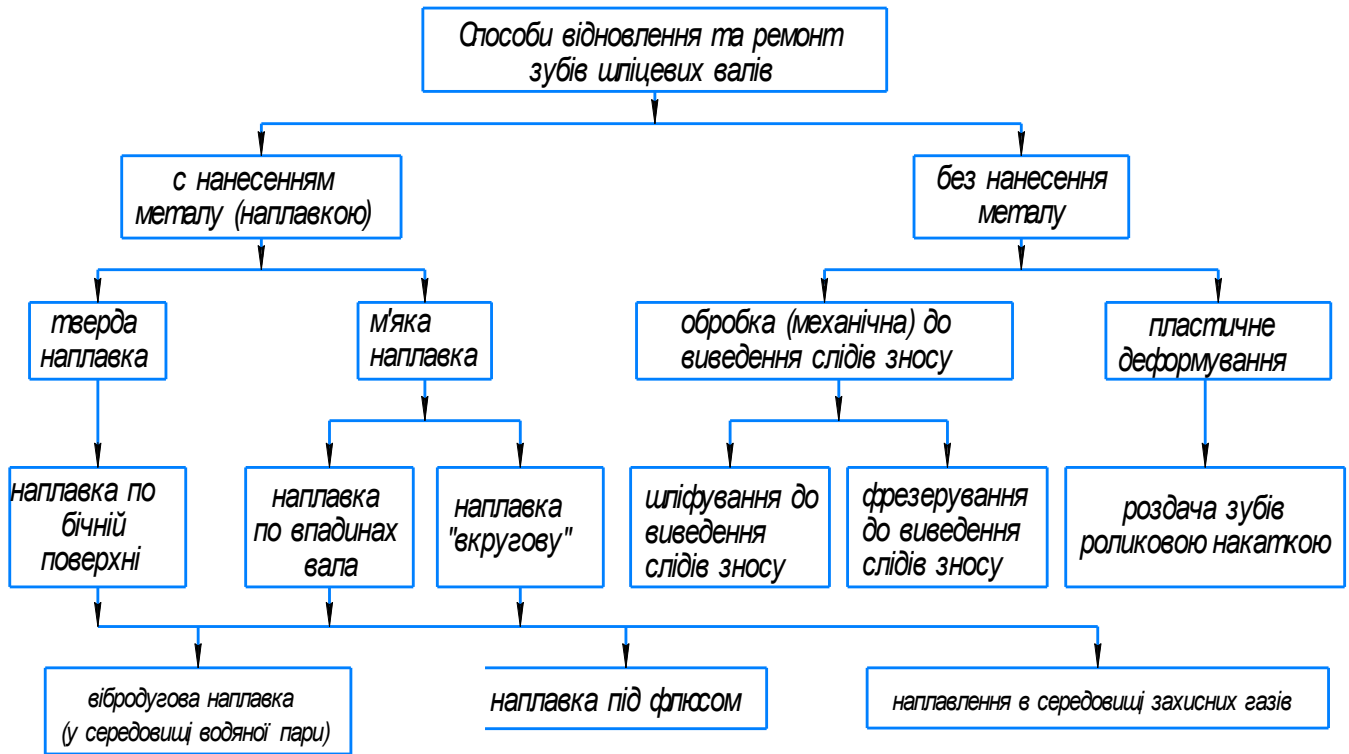


Рисунок 2.1 Класифікація існуючих способів відновлення та ремонту зубів шліцевих валів

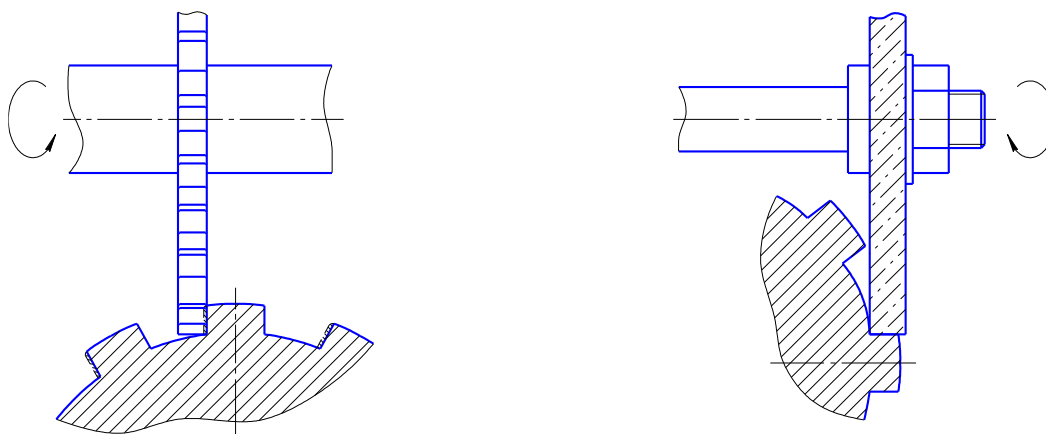
3. Спосіб пластичної деформації

- а) роздача роликом;
- б) осідання роликом;
- в) роздача із застосуванням електрогідравлічного ефекту;
- г) пластична деформація у багатороликовій голівці.

2.2 Способи відновлення зубів шліцевих валів

При мінімальному зносі зубів ремонт полягає у відновленні прямолінійності і паралельності бічних поверхонь зубів і осі валу механічною обробкою.

В якості механічної обробки використовують фрезерування і шліфування (рис. 2.2).



а) фрезерування; б) шліфування.

Рисунок 2.2 - Схеми відновлення зубів способом ремонтних розмірів

Операцію шліфування доцільно застосовувати для валів, що мають максимальний знос по товщині зубів не більше 0,3 мм. Це дозволяє шліфувати кожен зуб за один прохід (виведення конусності)[13].

Якщо твердість зубів не дозволяє застосовувати операцію фрезерування замість шліфування, то відновлюють зуби за наступною технологією:

відпал - фрезерування - загартування - шліфування.

За такою схемою обробляються зуби, що мають великий припуск на обробку.

Достоїнства способу ремонтних розмірів :

- простота і доступність використання;
- не вимагає додаткового спеціального устаткування, окрім металорізальних верстатів, оскільки дозволяє використати такі ж верстати, що і при виготовленні шліцьових валів (фрезерні і шліфувальні);
- не вимагає нанесення металу на зношену поверхню;
- досягається хороше вирівнювання зносу (паралельність бічних сторін зубів може бути отримана відповідно до технічних вимогам на нові вали);
- дозволяє при нормальній експлуатації машин і своєчасному ремонті довести термін служби шліцьових валів до амортизаційного терміну машин.

Проте цей спосіб відновлення зубів має і ряд недоліків, які частенько роблять його непридатним :

- можливість використання в малому діапазоні зносу зубів;
- значне збільшення проміжку в сполученні шліцьовий вал - шліцьова втулка;
- зняття металу відбувається не лише в місці зносу, але і по усій довжині шліцьової частини;
- неможливість відновлення центруючого діаметру.

Збільшення проміжку в шліцьових сполученнях впливає на працездатність шліцьових деталей і коробки передач в цілому в швидкохідних передачах мобільних машин і особливо автомобілів, що мають великий чинник динамічності. Як правило, в шліцьових сполученнях, відновлених у такий спосіб при чіпанні і при перемиканні чутний характерний стук, що веде до збільшення динамічних і ударних навантажень і, як наслідок, до зростання інтенсивності зношування. У такому разі термін служби шліцьового сполучення значно скорочується і ефективність способу знижується.

Механізовані способи наплавлення

При відновленні зубів шліцьових валів застосовуються наступні механізовані способи наплавлення : під флюсом, вібродугова, в середовищі вуглекислого газу або аргону, в середовищі водяної пари, в потоці повітря.

Нині найбільше застосування знаходять способи відновлення зубів наплавленням.

Наплавлення може бути «твердим» і «м'яким» і залежно від цього розробляється подальша технологія. Наплавлення називається «твердим» або «м'яким» залежно від отримуваної твердості наплавленого шару (50.55 HRC при «твердій» і 200...280 HB при «м'якій»).

«М'яке» наплавлення застосовується, в основному, коли робиться заплавка западин між зубами або наплавлення «укругову», з метою полегшення подальшої обробки фрезеруванням і шліфуванням зубів з подальшою термообробкою.

Наплавлення по западинах здійснюється, як правило, при відновленні шліцьових валів із зубами малого розміру.

Кругове наплавлення застосовується при відновленні валів із зубами дуже малого і малого розмірів і завжди із зубами гострокутного профілю.

Тверде наплавлення, в основному, знаходить застосування при відновленні валів із зубами великого розміру при нанесенні металу на бічну поверхню.

В цьому випадку в якості механічної обробки бажано застосовувати електрохімічні або електроабразивні способи, без подальшої термообробки.

Шар, нанесений на зношену поверхню, повинен задовольняти певним вимогам.

Вимоги, що пред'являються до твердого наплавлення :

- 1) відсутність пір і раковин, або скорочення їх до мінімуму;
- 2) відсутність тріщин;
- 3) якісне формування нанесеного металу з мінімальним припуском на механічну обробку;
- 4) достатня твердість (50...55 HRC) і зносостійкість.

За літературними даними [15] для отримання наплавленого металу необхідної якості треба, щоб в наплавленому шарі вміст вуглецю і кремнію не перевищував 0,2% і 0,5% відповідно при вмісті марганцю в межах від 1% до 1,5% (стали марок 45 і 40X). Відомо, що близько 63% шліцьових валів виготовляються із сталей марок 45, 40X і 45X, робочих поверхонь, що мають твердість, близько 50...55 HRC. Вказані дані мають бути враховані при наплавленні шліцьових валів.

1) Вібродугове наплавлення

Одним із способів наплавлення зубів шліцьових валів є вібродугове наплавлення (рис. 2.3), коли електродний дріт подається до деталі спеціальною голівкою, надаючи наплавлювальному дроту коливальний рух. У зону горіння дуги подається вода або спеціальний розчин, наприклад кальцинованої соди. Товщина отриманого шару складає 1,0...1,5 мм [15].

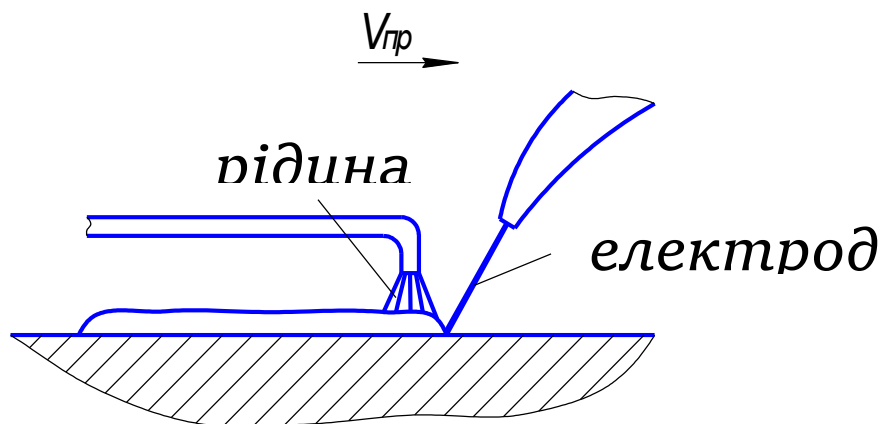


Рисунок 2.3 - Схема вібродугового наплавлення

Режими вібродугового наплавлення :

$J = 110 \dots 120 \text{ A}$; $U = 18 \dots 22 \text{ В}$; швидкість подання електродного дроту

$V_{пр} = 36.60 \text{ м/год}$; рідина подається зі швидкістю близько 130 л/год . [15].

При напавленні цим способом може бути отримана твердість $200 \dots 280 \text{ НВ}$ («м'яке» напавлення) і $50 \dots 55 \text{ HRC}$ («тверде» напавлення).

«М'яке» напавлення виходить при використанні низьковуглецевих дротів і при поданні рідини тільки на мундштук тільки для забезпечення захисту зварювальної ванни від окислювальних процесів.

Висока твердість напавленого металу ($50 \dots 55 \text{ HRC}$) при вібродуговому напавленні може бути отримана при застосуванні високовуглецевих і високолегованих дротів при досить великій витраті рідини, що подається безпосередньо в напавлений валик.

Для цієї мети застосовувалося устаткування: зварювальна голівка ГВМК - 2М, токарний верстат, генератор ПГС – 500.

Оптимальний режим напавлення :

$U_{х.х.} = 14 \text{ В}$; $U_d = 18 \text{ В}$; $J_d = 180 \dots 200 \text{ А}$,

де $U_{х.х.}$ - напруга холостого ходу, В; U_d - напруга електричної дуги, В; J_d - сила струму електричної дуги, А.

Матеріал - дріт ПК- 2 (Нп-65Г) діаметром $1,8 \text{ мм}$.

Напавлений метал на зубах мав наступні показники:

1) твердість напавленого шару $57 \dots 60 \text{ HRC}$ (пов'язано з утворенням

невідпущеного напруженого мартенсіту);

- 2) на поверхні шару є тріщини;
- 3) формування наплавленого металу йде не стабільно;
- 4) термічний вплив при інтенсивному охолодженні невеликий. Протилежна сторона зуба має твердість 35...43 HRC;
- 5) у наплавленому шарі спостерігається пористість;
- 6) мікроструктура має мелкоигльчатое мартенситну будову із стовпчастою спрямованістю.

Отримана структура має високу твердість і зносостійкість, але має підвищену крихкість.

Слід вважати, що інтенсивне охолодження при наплавленні призводить до утворення тріщин і нестабільності формування наплавленого металу.

Таким чином, при правильно відпрацьованих режимах наплавлення, а також охолоджувальній рідині можна забезпечити високі показники процесу.

Достоїнства вібродугового наплавлення :

- висока твердість наплавленого шару при наплавленні високовуглецевим і високолегованим дротом;
- малий термічний вплив, внаслідок великої швидкості охолодження (тепловідводу), немає відпалу протилежної грані зуба;
- досить велика продуктивність.

Проте цей спосіб має і цілий ряд недоліків :

- великий розкид твердості;
- пористість наплавленого шару;
- нестабільність процесу і незадовільне формування металу;
- наявність мікротріщин в наплавленому металі.

З метою поліпшення процесу вібродугового наплавлення іноді в охолоджувальний розчин вводять компоненти, що містять іонізуючі речовини. Це сприяє стабільності горіння дуги [17].

2) Наплавлення під флюсом

Застосування автоматичного наплавлення під флюсом не має деяких недоліків, властивих вібродуговому способу (рис. 2.4).

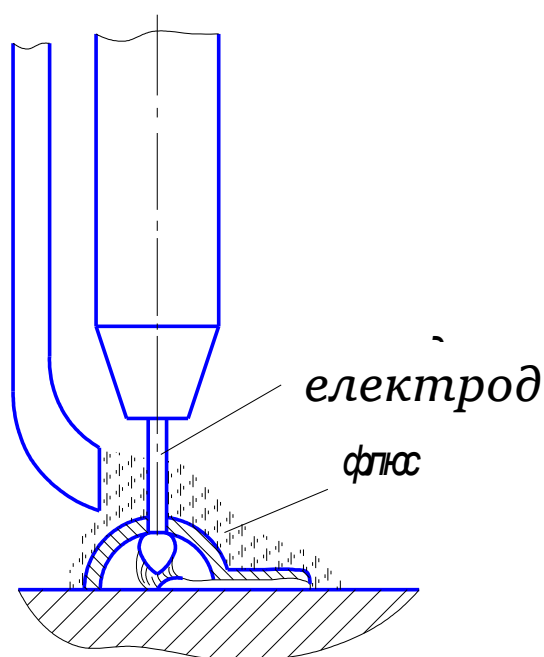


Рисунок 2.4 - Схема наплавлення під флюсом

До достоїнств цього способу слід віднести:

- досить високу стабільність процесу;
- хороше формування наплавленого металу;
- великий діапазон відновлюваних зубів валів по зносу;
- висока продуктивність.

Проте і у цього способу наплавлення є недоліки:

- великий термічний вплив (викривлення), внаслідок малої швидкості теплопроводу через захист флюсу;
- можливий відпал протилежної грані зуба;
- великий припуск металу на подальшу механічну обробку;
- ускладнено наплавлення валів малого діаметру (менше 40 мм), оскільки для утримання флюсу потрібні щитки.

Для автоматичного наплавлення під флюсом рекомендується дріт Св-30ХГСА діаметром 1,5...2,0 мм або високовуглецевий дріт У8, ПК- 2 [15].

При напавленні під флюсом АН-348А вищепереліченими марками електродів твердість виходить рівній 280...300 НВ [15].

Якщо наплавлення вести під керамічним флюсом АНК- 18, то можна

отримати твердість наплавленого металу, що задовольняє технічним вимогам по твердості для шліцьових валів.

Режими при наплавленні під флюсом [15]:

- сила струму $J = 100.120 \text{ A}$;
- напруга $U = 25 \dots 27 \text{ В}$;
- швидкість наплавлення $V = 30.32 \text{ м/год.}$

Поряд з вібродуговим застосовують також автоматичне наплавлення зубів під флюсом АН-348А. Для валів з великими зубами і різним їх зносом ефективно двоелектродне наплавлення в сусідні западини розщепленими електродами (при необхідності з подальшим наплавленням шліцьової частини в кругове).

3) Наплавка в середовищі захисних газів

На практиці широко застосовується наплавлення в середовищі захисних газів. Вона застосовується особливо тоді, коли не можна застосовувати з тих або інших причин інший спосіб наплавлення. Використовуються такі захисні гази як вуглекислий, аргон і суміш на основі аргону. Захисний газ призначений для захисту розплавленого металу від окислюючої дії повітря.

Наплавлення у вуглекислому газі в порівнянні з наплавленням з середовищу аргону характеризується великими глибинами проплавлення і величиною зони термічного впливу, а також меншим легуванням наплавленого металу. Внаслідок таких причин метал після кристалізації отримує більше крупнозернисту структуру і, слідчий, меншу питому в'язкість.

Для наплавлення в середовищі вуглекислого газу використовують дріт Св-10ГС і Св-08ГСА.

Режими наплавлення в середовищі вуглекислого газу [18]:

- напруга $U = 18 \dots 19 \text{ В}$;
- сила тока $J = 75 \dots 95 \text{ A}$;
- шаг наплавки $2,5 \dots 3,5 \text{ мм}$;
- швидкість наплавлення 30.45 м/год.

При наплавленні з середовищу вуглекислого газу по бічній поверхні зубів можна отримати товщину наплавленого шару $0,8 \dots 1,5 \text{ мм}$. [18]

Після наплавлення деталі піддають цементації з подальшою термічною

обробкою.

Достоїнства наплавлення в середовищі захисних газів :

- досить висока стабільність процесу;
- задовільне формування металу.

Недоліки:

- потрібно подальшу термічну обробку;
- досить великий припуск на механічну обробку.

Відновлення зубів шліцевих валів також проводиться наплавленням у середовищі вуглекислого газу вкругову. При цьому застосовувався зварювальний автомат АДПГ- 500 і дріт Св-30ХГСА.

Наплавлення здійснювалося:

Укругову (вали з малим діаметром, але не менше 40 мм).

Параметри наплавлення : $I_d = 250 \dots 350 \text{ A}$; $U_d = 28 \dots 30 \text{ В}$;

2) По бічній поверхні зубів :

$I_d = 180 \dots 200 \text{ A}$; $U_d = 28 \dots 30 \text{ В}$

де I_d - сила струму електричної дуги, А;

U_d - напруга електричної дуги, В.

Після наплавлення зубів проводилися послідовно відповідні операції згідно технології відновлення :

фрезерування - загартування - шліфування.

Описані вище технології відновлення зубів включають такі операції як фрезерування і загартування, що вимагають значних витрат часу на відновлення валу у зв'язку з великим припуском на подальшу механічну обробку і значно здорожують відновлення шліцевих валів.

Спосіб пластичної деформації

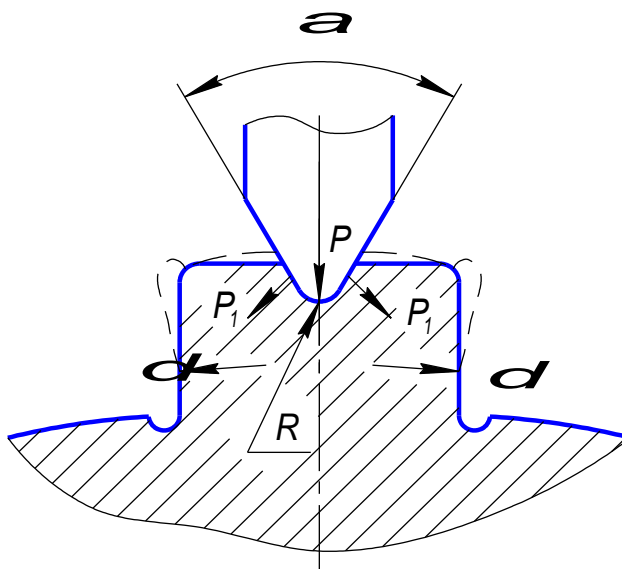
Способи відновлення зубів без нанесення металу мають ряд переваг перед способами з наплавленням:

- відсутність термічного впливу;
- не потрібно додаткову витрату металу у вигляді електродного дроту;

– дозволяє ефективно відновлювати вали з малим зносом при будь-якій нерівномірності зносу.

Роздача зуба роликом

Нині деяке застосування знаходить відновлення зубів роздачею. Це один із способів відновлення зубів пластичною деформацією. Цей спосіб полягає в роздачі зовнішньої поверхні шліца уздовж осі (рис. 2.5).



P – зусилля деформації; P_1 – складова частина зусилля деформації; α^0 – кут роздачі; δ – величина опади.

Рисунок 2.5 - Схема роздачі зуба роликом

Якщо твердість зубів більше 30 HRC, то заздалегідь вони відпалюють місцевим нагрівом за допомогою газового пальника. Потім вдавлюють зуби до необхідного розміру. Цю операцію проводять за декілька проходів на довбальних, строгальних або токарних верстатах, що забезпечують зусилля не менше 20000 Н [19].

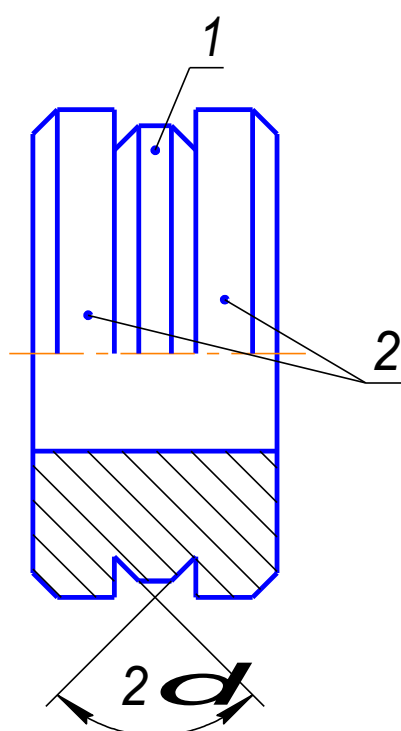
Для проведення процесів деформації застосовуються ролики спеціального профілю, що виготовляються, наприклад, з інструментальної сталі, або із сталі ШХ- 15. Твердість роликів після термообробки має бути не нижча 58.60 HRC, а чистота робочої поверхні $Ra = 1,25$. [19]

Ролик встановлюють по середині зуба (рис. 2.5).

Після роздачі одного зуба вал повертають і розташовують ролик над

наступним зубом.

Завдяки перерозподілу матеріалу зуба по товщині при деформації роликом можна відновлювати вали зі зносом до 2 мм. Окрім роздачі зубів голівкою з одним роликом застосовується голівка з двома роликами. У цій голівці для утримання валу від провертання і переміщення деформуючого елемента уздовж зуба ролик забезпечений обмежувачами ребордами. Вони сприяють формуванню бічних поверхонь зубів, обмежуючи розтікання металу по сторонах. Операція деформації може проводитися як в холодному, так і в нагрітому стані валу. В результаті був вибраний наступний профіль ролика (рис. 2.6) :



1 - деформуючий елемент; 2 - реборди

Рисунок 2.6 - Форма ролика для роздачі зубів

Деформація шліців роликовою голівкою застосовується для шліців з центруванням по внутрішньому діаметру валу і бічним поверхням. При центруванні по зовнішньому діаметру потрібна додаткова операція - заплавка металом або заливка складом на основі епоксидної смоли з металевим наповнювачем з подальшою обробкою.

При вивченні пластичної течії металу був визначений раціональний профіль

деформуючого елементу ролика $2\delta = 85^\circ - 90^\circ$ при діаметрах 60...70 мм. Такий профіль ефективний при відновленні шліців зі зносом до 2 мм при глибині впровадження 2,5...3,5 мм залежно від ширини і висоти відновлюваного шліця. Після відновлення шліця остаточно обробляють фрезеруванням, шліфуванням або калібруванням.

Відновлювати зуби роздачею доцільно при зносі бічних поверхонь близько 1 мм і ширині зуба більше 10 мм [19].

Попри те, що цей спосіб досить простий, все-таки для відновлення трансмісійних валів він мало застосовний, оскільки шліцьових валів, що мають ширину зуба більше 10 мм дуже мало.

Переваги цього способу :

- процес відновлення шліців протікає швидко (10 шліців завдовжки 45 мм обробляються за 2 хв.);
- якість шліців після обробки відповідає вимогам експлуатації.

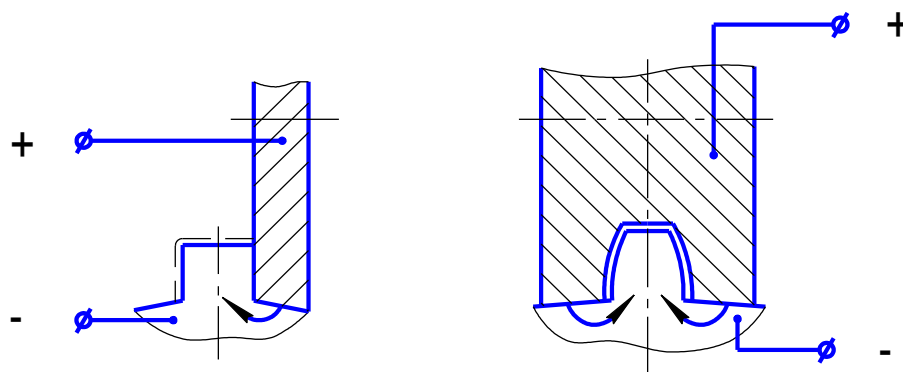
Недоліки:

- при центруванні валу по зовнішньому діаметру і бічній поверхні потрібно додаткову операцію по обробці;
- відновлення можливе при малих величинах зносу шліців (до 2 мм).

Осадка роликом

Ролики також можуть застосовуватися і при осадці шліців. Цей спосіб використовується при відновленні як прямобочних, так і евольвентних шліців за схемами, вказаними на рис. 2.7.

Під дією деформуючих зусиль відбувається перерозподіл металу в зону зносу. Для забезпечення кращої деформації застосовується електричний струм. Відновлення зубів методом осадки вимагає декілька великих зусиль, чим при подовжній деформації.



а) прямобічний шліц; б) евольвентний шліц.

Рисунок 2.7 - Схеми відновлення зношених зубів шліцьових валів осіданням роликом

3) Електрогідравлічна роздача порожнистих шліцьових валів

Великий інтерес для відновлення шліцьових валів представляє спосіб їх роздачі із застосуванням електрогідравлічного ефекту (рис. 2.8). Для відновлення деталей часто потрібна деформація металу. Електрогідравлічний ефект спрощує це завдання. Для відновлення застосовуються рідина (вода), електроди, високовольтний електричний розряд. При електрогідравлічному розряді утворюється ударна хвиля, яку можна використати для відновлення порожнистих шліцьових валів подібно до роздачі іншими способами.

Об'єм зношених зубів при електрогідравлічній роздачі заповнюється за рахунок металу циліндричної частини валу [18].

Достоїнства:

- простота технологічного процесу;
- висока продуктивність;
- відносна дешевизна;
- відсутність термічного впливу.

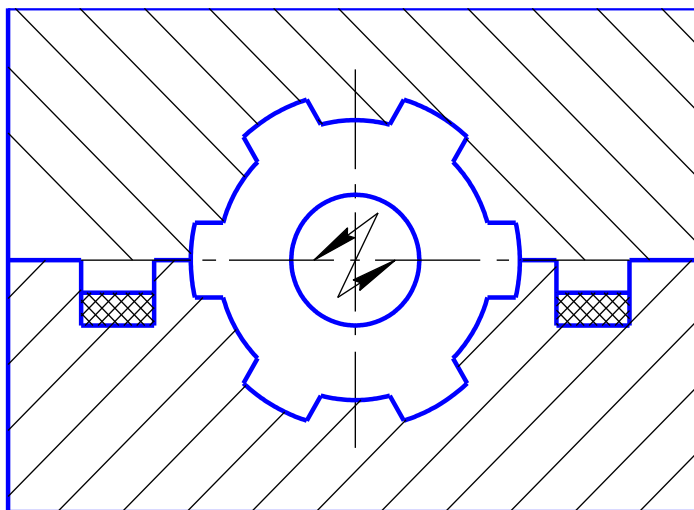


Рисунок 2.8 - Схема електрогидравлічної роздачі полого шліцьового валу

Недоліки:

– спосіб застосовується тільки для порожнистих валів.

Пластична деформація у багатороликовій голівці

Суть пропонованого способу відновлення зубів полягає в піднятті роликами, за рахунок перерозподілу металу внутрішнього діаметру валу, зубів після висоти і потім обтискання їх іншими роликами, які за профілем копіюють профіль бічної і зовнішньої поверхні зуба.

Заздалегідь вал нагрівають ТВЧ до температури 900...1000°C (рис. 2.9).

Обтискання призводить до зменшення зовнішнього діаметру зубів і за рахунок цього до збільшення їх ширини.

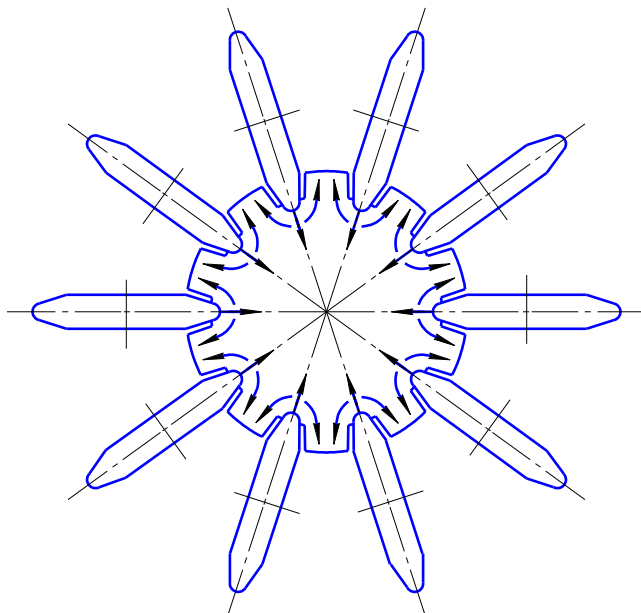
Достоїнства цього способу :

– заповнення зношеного об'єму зубів йде за рахунок перерозподілу металу самого валу;

– можливе відновлення нормальної посадки в шліцьовому сполученні (відновлення до нормальних розмірів зубів по зовнішньому діаметру і ширині);

Один і той же вал можна відновлювати у такий спосіб 2...3 рази;

а) Висадка зубів



б) Обтискання зубів

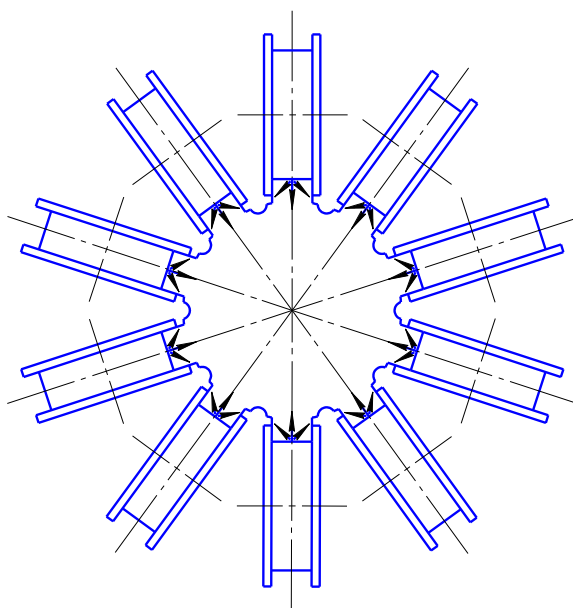


Рисунок 2.9 - Схема відновлення зубів пластичною деформацією у багатороликовій голівці

Недоліки:

- неможливе відновлення шліцьових валів з centruванням по внутрішньому діаметру;
- потрібне велике зусилля деформації.

Висновки

На підставі розглянутих вище існуючих способів відновлення шліцьових валів можна зробити наступні висновки:

Ушкодження таких складних деталей як шліцьові вали значно знижує довговічність машин, тому питання їх працездатності є актуальним і економічно доцільним;

Кожен спосіб відновлення застосований до валу з певними параметрами (конфігурація, розміри, величина зносу);

Застосування шліцьових валів з високою твердістю робочих поверхонь спричиняє за собою певні труднощі при їх відновленні різними способами.

Нині при відновленні зубів шліцьових валів знаходять широке застосування способи пластичної деформації (роздача і осідання зубів роликом) та ін.;

При великих величинах зносу зубів найбільше застосування знаходять різні способи наплавлення (під флюсом і в середовищі захисних газів);

Об'єм відновлення шліцьових валів залишається на теперішній час на низькому рівні, у тому числі і з причини недосконалості існуючих технологій.

При розробці нових способів слід враховувати недоліки існуючих і домагатися того, щоб вони своїми достоїнствами компенсували ці недоліки.

Розробка і дослідження нових технологій повинні привести до найбільш правильного і раціонального їх застосування, що охоплює усю номенклатуру шліцьових валів при найрізноманітніших величинах зносу.

Відновлення шліцьових валів, диференційоване по номенклатурі і мірі зносу, повинне забезпечити досягнення високої якості при мінімальній собівартості. Звичайно, такий підхід до відновлення шліцьових валів можливий тільки в умовах централізованого відновлення деталей.

Більшість зубів мають односторонній знос, окрім валів, що беруть участь в реверсивному русі. Тому потрібна така технологія відновлення, яка зберігає незношену сторону зубів. При цьому технологія повинна дозволяти відновлювати повністю знос з мінімальним припуском на подальшу обробку. Така умова,

зокрема, може бути виконана із застосуванням примусового формування металу, що наплавляється, після наплавлення.

З метою значного скорочення витрат на відновлення шліцьових валів можливе виключення повторної термічної обробки валу. Ця умова може бути досягнута підбором режиму автоматичного наплавлення, що забезпечує максимально можливе зниження теплової потужності дуги, інтенсивним охолодженням і вибором матеріалу електроду, що дозволяє отримувати структуру наплавленого металу із заздалегідь заданими механічними властивостями.

3 ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРОПОНОВАНОГО СПОСОБУ

Зниження трудомісткості відновлення і скорочення операцій в технологічному процесі є важливим питанням, особливо при відновленні деталей складної конфігурації, до яких можна віднести і шліцьові вали.

Вирішення цього питання можливе шляхом поєднання процесу нарощування металу на зношену поверхню і процесу попередньої (чорнової) обробки нарощеного шару.

Поєднаний процес стосовно відновлення зубів шліцьових валів передбачає здійснення операцій наплавлення з мінімальним припуском і чорнового формоутворення наплавленого металу по зношеній частині шліцьової ділянки валу на одній установці.

Використання одношарового подовжнього наплавлення із застосуванням дроту і флюсу певного складу і пластичного формоутворення дозволяє виключити загартування ТВЧ за рахунок високої твердості отриманого шару і понизити трудомісткість подальшої механічної обробки, а отже і витрати на відновлення валу.

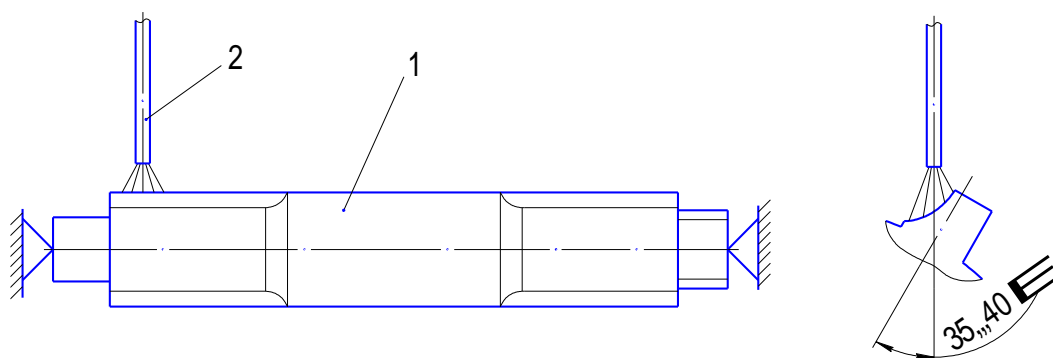
Таким чином, пропонується процес відновлення зубів шліцьових валів про поєднану технологію є раціональним.

3.1 Обґрунтування параметрів режиму наплавлення зубів шліцьових валів

Обробка наплавлених поверхонь з високою твердістю і відновлення зношених деталей представляє певні труднощі. Істотне значення при цьому має величина наплавлювальних припусків, що підлягають обробці. Наприклад, за даними ГОСНИТИ економічні втрати із-за необґрунтованих припусків у різних деталях трактора 1-150К складають в середньому близько 27%. Слід зазначити, що разом зі збільшенням трудомісткості і вартості відновлення відбувається ще і нераціональне використання зварювальних матеріалів.

Усе сказане можна віднести і до випадку відновлення зношених зубів шліцьових валів.

Така наплавка (рис. 3.1) полягає у нанесенні металу на зношену бічну поверхню зуба валу при горизонтальному положенні останнього. Попередній аналіз можливих способів наплавлення показав, що раціональним є застосування автоматичного наплавлення під флюсом, яка забезпечує можливість отримання якісного шару необхідної твердості без термообробки.



1 - шліцьовий вал; 2 - електрод

Рисунок 3.1 - Схема наплавлення зношених зубів шліцьових валів

Практика показала, що локальне наплавлення зношених поверхонь деталей складної конфігурації, до яких можна віднести і шліцьові вали, дозволяє виключити повторну термічну обробку, якщо величина струму наплавлення не перевищує 120...140 А.

При напавленні шліцьових валів за схемою рис. 3.1 доцільно застосовувати наплавлювальну голівку зварювального автомата типу АДС- 1000. Джерелом живлення служить зварювальний випрямляч ВДУ- 504-1.

Геометричні розміри зубів валу і попередні роботи дають змогу прийняти діаметр наплавлювального електроду в межах 1,8...2,0 мм.

Якість шару оцінювалася візуально відсутністю пір, тріщин. Мінімальне значення товщини шару при автоматичному напавленні під флюсом складає

1,5...2,0 мм.

З приведенного короткого аналізу вихідних параметрів процесу наплавлення зубів шліцевих валів виходить, що в якості параметра оптимізації доцільно прийняти товщину наплавленого кулі. Для наплавлення шліцевих валів були вибрані наступні незалежні змінні чинники, що істотно впливають на процес наплавлення : V_E - швидкість подання електроду; L_B - індуктивність джерела живлення; V_H - швидкість наплавлення.

Зменшення величини струму до 120...140 А при локальному напавленні зубів шліцевих валів з метою зниження термічного впливу та отримання малої товщини наплавленого шару викликає необхідність зниження швидкості подачі електрода. Автомат АДС 1000 має плавне регулювання швидкості подачі електрода та зміни опорів у дуговій обмотці збудження генератора головки. Однак, величина цих опорів недостатня, щоб забезпечити синхронність швидкості плавлення та подачі електрода при величині струму наплавлення менше 200 А. У зв'язку з цим у блок управління автоматом введений регульований резистор загальним опором 260 Ом (РП- 80-360) замість резистора опором 40 Ом, що забезпечило хорошу стабільність горіння дуги при усіх поєднаннях інших чинників.

Таким чином, оптимальний режим, що забезпечує мінімальну товщину наплавленого шару при заданій якості досягається при наступних значеннях параметрів :

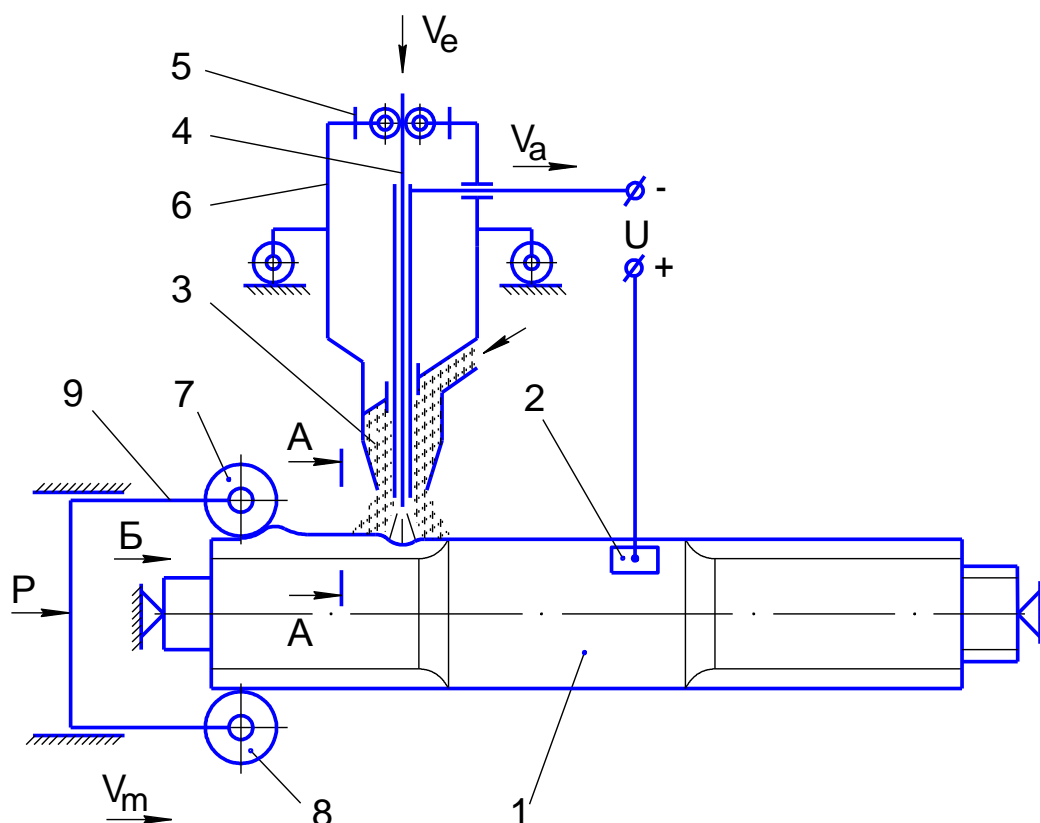
$$I_H = 125 \dots 130 \text{ А}; U_H = 32 \dots 36 \text{ В}; H = 33.37 \text{ м/год.}$$

Припуск після наплавлення знаходиться в межах 2,0.2,5 мм на сторону.

Окрім цього необхідно відмітити, що в усіх випадках шліцевий вал повинен розташовуватися так, щоб зуб, що наплавляється, знаходився під кутом 35.40 до вертикалі. Така величина кута являється оптимальним з точки зору рівномірного якісного заповнення зношеної поверхні зуба, що наплавляється.

Таким чином, запропонована схема значно скорочує припуски на подальшу обробку, доводячи їх до мінімальної величини. З метою зменшення

наплавлювальних припусків, що отримуються при напавленні за приведеною вище схемою, і доведення їх до величин, що відповідають чистовому шліфуванню, а також з метою раціонального використання тепла, що виділяється в процесі напавлення, нами запропонований спосіб поєднання напавлення зубів шліцьового валу з попередньою (чорновий) обробкою шляхом пластичного формоутворення напавленого шару металу фасонним роликком в гарячому стані через рідкий шлак (рис. 3.2).



1 – вал шліцьовий зношений; 2 - струмопідвід; 3 - флюс; 4 - дріт наплавлювальний; 5 - матриця роликка; 6 - апарат наплавлювальний; 7 - ролик деформуючий; 8 - ролик опорний; 9 - ізолятори.

Рисунок 3.2 - Принципова схема способу відновлення шліців валів за поєднаною технологією

3.2 Суть пропонованого способу відновлення

Суть способу полягає в наступному.

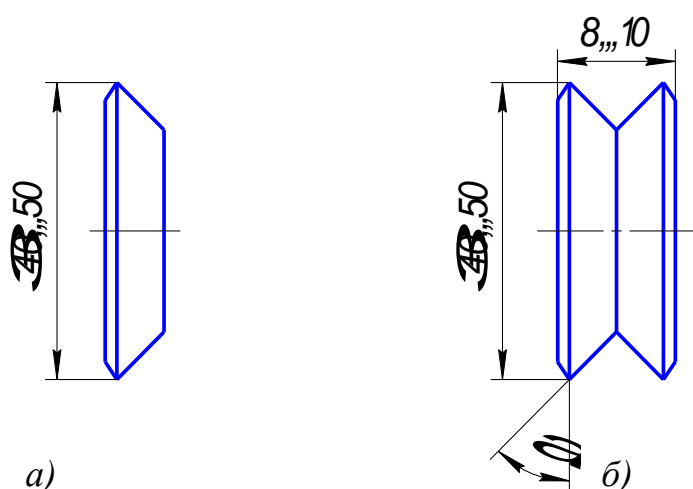
Після закінчення процесу напавлення напавлений шар металу впродовж деякого часу знаходиться в гарячому (пластичному) стані. За цей проміжок часу

спеціальним пристроєм з електрогідравлічним приводом проводиться пластичне формоутворення наплавленого шару металу на зубі валу.

При цьому одним з основних моментів тих, що обумовлюють можливість практичної реалізації вказаного способу поєднання, являється принципове і конструктивне облаштування формотворного пристосування, а також його довговічність.

Пристосування для формоутворення наплавленого металу при відновленні шліцьових валів

Попередні експерименти по застосуванню різних формотворних інструментів показали, що принципово це має бути ролик, що обертається, з профілем, що відповідає відновлюваному зубу. При цьому можливі два варіанти: 1 - ролик з профілем для пластичної деформації наплавленого металу тільки по бічній поверхні зуба валу (рис. 3.3 а); 2 - ролик з профілем для деформації наплавленого металу по бічній поверхні зуба і діаметру виступів (рис. 3.3 б).



а - для деформації металу по бічній поверхні зубів шліцьового валу;

б - для деформації металу по бічній поверхні і поверхні діаметру виступів; α

- кут розташування зуба зношеного валу відносно ролика

Рисунок 3.3 - Деформуючі ролики

Можна припустити, що пластична деформація приводить до зміцнення наплавленого шару металу, що є позитивним моментом, оскільки підвищується

якість відновлення валу. При застосуванні ролика по рис. 3.3 а деформація (а, отже, і зміцнення) відбувається тільки по бічній поверхні наплавленого зуба. Ролик (рис. 3.3 б) деформує (і зміцнює) метал не лише по бічній поверхні зубів валу, але і по поверхні діаметру виступів (зовнішньому діаметру). Оскільки зовнішній діаметр шліцьових валів з прямобічними зубами є таким, що центрує і в процесі експлуатації він зношується, то при відновленні валу необхідно нарощувати метал і на поверхні виступів.

Тоді доцільно застосовувати ролик з двома деформуючими поверхнями (рис. 3.3 б), оскільки в цьому випадку відбувається зміцнення наплавленого металу і по центруючому діаметру.

Виходячи з конструкції наплавочної установки, розмірів зварювального автомата АДС- 1000 і схеми наплавлення прийнято, що оптимальними розмірами деформуючого ролика є: діаметр - 40...50 мм; ширина - 10...15 мм; кут α - 35...40° .

Оскільки ролик деформує гарячий метал, то при виборі матеріалу для нього треба брати сталі, вживані при виготовленні штампового інструменту і іншого інструменту для обробки металів тиском.

За довідковими даними доцільно виготовляти ролик із сталі марок 9ХС, Х12Ф1, Х12М [24].

Конструкція пристосування, в якому монтується деформуючий ролик, виконана за принципом замкнутої двохроlikової прокатної клітини. Така конструкція на наш погляд забезпечить достатню жорсткість і надійність в роботі. Другий ролик є опорним і служить для запобігання можливості прогинання валу від дії деформуючого ролика. Для регулювання відстані між роликами (відповідно до діаметром відновлюваного валу) передбачений клиновий підтиск окремо для кожного ролика. При локальному наплавленні зношених по товщині зубів і пластичному формоутворенні наплавленого шару шляхом деформації металу в гарячому стані при відновленні шліцьових валів істотно скорочується трудомісткість відновлення і витрачається приблизно в два рази менше металу в порівнянні із способом суцільної заправки вкругову.

Комплексне поєднання операцій локального наплавлення і формоутворення

на одній установці дозволяє значно зменшити припуск на подальшу обробку і виключити з технологічного процесу термічну обробку ТВЧ шліцьової частини валу. Окрім цього пропонована технологія дозволяє поліпшити фізико-механічні властивості нанесеного металу на відновлюваній поверхні.

Відмітною особливістю поєднаного процесу є його малоопераційність. Одночасно виконуються дві основні технологічні операції на одній установці - наплавлення і формоутворення нанесеного металу. Ця технологія дозволяє скоротити витрату наплавлювальних матеріалів (флюсу, наплавлювального дроту), понизити витрати праці на відновлення, скоротити витрату електроенергії, зменшити кількість відходів, скоротити потребу у виробничих площах, зменшити витрати природних ресурсів, що визначає поліпшення екологічної ситуації, у тому числі, за рахунок багатократного відновлення деталі. При цьому випуск нових деталей на запасні частини може бути істотно обмежений. Тому технологію відновлення зубів шліцьових валів локальним наплавленням з формоутворенням можна обґрунтовано вважати ресурсозберігаючою.

Таким чином, застосування пропонованої технології відновлення зубів шліцьових валів забезпечить, в порівнянні з існуючими способами, наступні переваги:

- 1) Зниження трудомісткості процесу відновлення, за рахунок поєднання наплавлення з пластичною деформацією зубів шліцьових валів на одній установці і виключення термічної обробки після наплавлення;
- 2) Відновлення валів в усьому діапазоні зносу зубів по товщині;
- 3) Зниження витрати нових валів при ремонті машин;
- 4) Застосування цієї технології дозволяє добитися підвищення продуктивності праці, якості відновлення і зниження собівартості відновлення шліцьових валів.

4 РОЗРОБКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗУБІВ ШЛІЦЬОВИХ ВАЛІВ ЗА ПОЄДНАНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ

Існуюча установка по поєднанню процесів наплавлення і пластичної деформації, при усіх своїх достоїнствах вимагає вдосконалення конструкції з метою створення універсальної установки з можливістю відновлення валів різної довжини.

Установка призначена для автоматичного наплавлення зношених шліцевих валів електродним дротом під флюсом з одночасною пластичною деформацією наплавленого металу за профілем відновлюваного зуба на спеціалізованих ремонтних підприємствах.

4.1 Опис конструкції і принципу дії

Установка для відновлення шліцевих валів (рис. 4.1) складається з наступних складових частин : бабки передньої 1; каркаса 13; опори задньої 18; бабки задньої 14; направляючих 20 і 28; зварювального автомата 11; системи флюсоподачі, що складається з лотка 27; флюсозбірника 24; флюсопровода 4 і флюсоапарата 9 і окремо розташованого джерела живлення ВДУ- 504-1.

Бабка передня 1 складається з двох відсіків. У нижній тумбі розташована гідростанція з масляним баком і електропанель. У верхній частині розташований шпindel, механізм повороту, вузол токопровода 3, панель управління 2 і гідросистема.

Панель управління служить для управління процесом пластичної деформації наплавленого металу за профілем відновлюваного зуба.

Для управління процесом наплавлення використовується пульт управління, встановлений на зварювальному автоматі 11 (рис.4.1).

Механізм повороту об'єднує групи вузлів і деталей, необхідних для повороту і фіксації шпинделя в робочому положенні. Управління механізмом здійснюється з панелі управління.

Бабка задня призначена для установки і закріплення іншого кінця відновлюваної деталі, а також для пластичної деформації наплавленого металу за профілем відновлюваного зуба.

Наплавлення зношених шліців робиться зварювальним автоматом 11 (рис.4.1), який з робочою (зварювальною) швидкістю переміщається по тій, що направляє 7, встановленій на каркасі 13.

Переобладнання зварювального автомата 11 полягає в заміні мундштука, для чого необхідно ослабити гвинт розрізної втулки колодки 17, зняти наявні деталі мундштука для зварювання в CO₂ і вставити в посадочне місце колодки 17 мундштук 8.

Подання флюсу в зону зварювання здійснюється з флюсоапарата 9 (рис.4.1), в який він засмоктується по флюсопроводу 4 з флюсосборника 24.

Відпрацьований флюс просіюється поворотним лотком 26, закріплений фіксатором 27.

Кількість засмоктуваного флюсу з флюсосборника регулюється соплом 16, яке затискається в потрібному положенні гайкою 15.

Флюсоапарат змішаної системи з періодичним завантаженням через 1...1,5 години наплавлювальних робіт працює від мережі стислого повітря з надмірним тиском не менше 0,5 МПа.

Флюсоапарат складається із зварювального бункера, на кришці якого розташований ежектор і пылеотделяющее пристрій (фільтр). Стисле повітря подається в сопло ежектора через вентиль 12, внаслідок чого у бункері створюється розрідження і по флюсопроводу 4 в апарат всмоктується суміш флюсу з повітрям. Частки флюсу зсипаються на дно бункера, а повітря через фільтр, в якому затримується пил, виходить назовні.

Після наповнення флюсоапарата перекривається подання повітря вентилем 12.

Дозоване подання флюсу на поверхню, що наплавляється, здійснюється через горловину, що закривається засувкою.

Пил флюсу, зібраний матер'яним фільтром, періодично струшується за допомогою повітря, для чого заслінкою 10 перекривають отвори вихлопного

глушника і відкривають вентиль 12 на 2...3 хв., засувка для подання флюсу має бути закрыта.

У даній випускній роботі пропонується модернізована установка для автоматичного наплавлення зношених шліців валів електродним дротом під флюсом з одночасною пластичною деформацією наплавленого металу за профілем відновлюваного шлиця. Детальнішої розробки вимагає бабка передня 1 і бабка задня 14 (рис. 4.1).

Конструкцією установки передбачена можливість відновлення валів з ліво і правостороннім зносом зубів. Відновлення робиться таким чином:

Що підлягає наплавлення вал встановлюється в центрах і підтискається пинолю задньої бабки 14 (рис. 4.1). За допомогою шаблону виставляється вал, по якому настроюється раскатник. Відновлюваний вал затискається в патроні передньої бабки і фіксується механізмом повороту.

Переміщенням зварювального автомата 11 до початку поверхні, що наплавляється, підводиться мундштук 8 з електродним дротом, відкривається заслінка подання флюсу і робиться пуск зварювального автомата. Після наплавлення зуба поворотом крутня піднімається мундштук і переміщенням автомата відводиться ліворуч від зони наплавлення на 50...60 мм.

Відразу ж включаються гідроциліндри задньої бабки і по засобом деформуючого ролика відбувається пластична деформація наплавленого зуба.

Розкатник з роликом і зварювальним автоматом відводять в початкове положення. З пульта управління включається механізм повороту і виставлений вал обертається на встановлений кут для наплавлення наступного зуба. Процес відновлення повторюється.

При відновленні шестишліцевого валу, після плющення трьох зубів потрібно переустановлення валу.

4.2 Розрахунок основних елементів конструкції установки

Для установки по відновленню шліцевих валів був розроблений гідравлічний привід, який складається з електродвигуна 1, приводу гідронасоса ПН

(рис. 4.2). Поворот шпинделя на необхідний кут і фіксації його в цьому положенні здійснює гідроциліндр Ц1. Гідророзподільник P1 служить для виштовхування і повернення штока гідроциліндра Ц1 в початкове положення. Гідроциліндри Ц2 і Ц3 призначений для пересування матриці, на якій розташований деформуючий ролик, по наплавленому зубу. Виштовхування і повернення штоків цих гідроциліндрів здійснює гідророзподільник P2. Для оберігання гідросистеми від перевантажень передбачені запобіжні клапани КП1 і КП2. Очищення олії від сторонніх домішок і оберігання його, що потрапили, від засмічення здійснює елемент Ф, що фільтрує.

В якості робочої рідини вибираємо олію індустріальну И-30А ГОСТ 20799-75.

Як видно з гідравлічної схеми гідроциліндр Ц1 (рис. 4.2) для повороту шпинделя і гідроциліндри Ц2 і Ц3 для пересування матриці працюють не паралельно, а послідовно, але привід гідроциліндра Ц1 і привід гідроциліндрів Ц2 і Ц3 треба вести окремо. Розрахувавши в обох випадках кількість робочої рідини, що проходить через гідроциліндр, вибираємо масляний насос по більшому значенню.

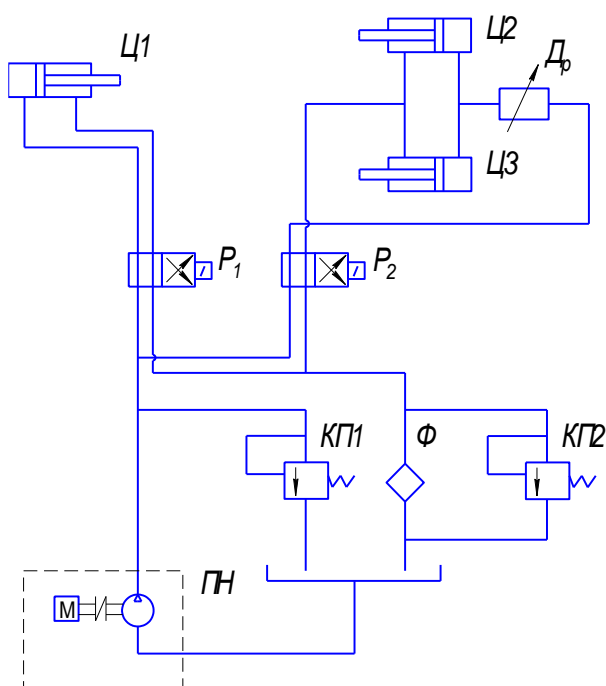


Рисунок 4.2 - Гідравлічна схема установки

На початку розрахуємо привід гідроциліндра для повороту шпинделя.

Для розрахунку задаємося робочим тиском $p = 9$ МПа.

Визначаємо площу поршня :

$$\omega = \frac{P}{p}, \quad (4.1)$$

де P - штовхаюче зусилля, $P = 8000$ Н;

p - робочий тиск, $p = 9$ Мпа.

$$S = \frac{8000}{9} = 8,89 \text{ см}^2.$$

Визначуваний діаметр гідроциліндра

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} \quad (4.2)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,89}{3,14}} = 3,36 \text{ см}$$

По ГОСТ 16029-70 приймаємо діаметр циліндра рівний $D = 32$ мм.

Діаметр штока знаходиться з вираження (4.3)[18].

$$d = (0,5 \dots 0,7) \cdot D \quad (4.3)$$

По ГОСТ приймаємо діаметр штока рівним $d = 20$ мм.

Знаходимо площу поршня при величині діаметру циліндра $D = 32$ мм.

$$S_{ГОСТ} = \frac{3,14 \cdot 3,2^2}{4} = 8,04 \text{ см}^2.$$

Теоретичний тиск визначатиметься:

$$P_{теор} = \frac{P}{S_{ГОСТ}}, \quad (4.4)$$

де P - штовхаюче зусилля, кг;

$S_{ГОСТ}$ – площа поршня, узята по ГОСТу.

$$P_{теор} = \frac{8000}{8,04} = 9,5 \text{ МПа.}$$

Робочий тиск з урахуванням механічного ККД буде рівне:

$$p = \frac{P_{теор}}{\eta_{мех}}, \quad (4.5)$$

де $\eta_{мех}$ - механічний ККД, $\eta_{мех} = 0,95$.

$$p = \frac{9,5}{0,95} = 10 \text{ МПа.}$$

Приймаємо по ГОСТ 12445-67 $p = 10$ МПа.

Визначаємо кількість робочої рідини, що проходить через гідроциліндр

$$Q_{теор} = V \cdot S, \quad (4.6)$$

де V - швидкість висунення штока; $V = 2$ см/с.

$$Q_{теор} = 2 \cdot 8,04 = 16,08 \text{ см}^3/\text{с}.$$

$$Q_{цик} = \frac{Q_{теор}}{\eta_0} \quad (4.7)$$

де η_0 - об'ємний ККД силового циліндра, $\eta_0 = 0,98$.

$$Q_{цик} = \frac{16,08}{0,98} = 16,41 \text{ см}^3/\text{с}.$$

Розрахуємо привід гідроциліндрів для переміщення матриці.

Підставляючи у формулу (4.1) знаходимо площу поршня. Зусилля, яке долає матриця рівне 50000 Н.

$$S = \frac{50000}{9} = 55,56 \text{ см}^2.$$

З вираження (4.2) знаходимо діаметр поршня

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 55,56}{3,14}} = 8,41 \text{ см}$$

Приймаємо по ГОСТ $D = 80 \text{ мм}$.

Використовуючи вираження (4.3) діаметр штока буде рівний $d = 40 \text{ мм}$.

Площа поршня буде рівна:

$$S_{ГОСТ} = \frac{3,14 \cdot 8,0^2}{4} = 50,27 \text{ см}^2.$$

Визначаємо теоретичний тиск

$$P_{теор} = \frac{50000}{50,27} = 9,5 \text{ МПа.}$$

Робочий тиск буде рівний:

$$p = \frac{9,5}{0,95} = 10 \text{ МПа.}$$

Приймаємо по ГОСТ $p = 10$ МПа.

По формулі (4.6) визначаємо кількість робочої рідини такою, що проходить через циліндр.

$$Q_{теор} = 1,4 \cdot 50,27 = 69,81 \text{ см}^3/\text{с.}$$

$$Q_{цик} = \frac{69,81}{0,98} = 71,24 \text{ см}^3/\text{с.}$$

В результаті розрахунків отримали, що для гідроциліндрів Ц2 і Ц3 більше робочої рідини. Далі усі розрахунки ведемо відносно цих двох гідроциліндрів.

Для гідравлічної системи вибираємо електродвигун типу 4А100 L 6УЗ, що розвиває частоту обертання $n = 950$ мин- 1.

Знаходимо об'ємне подання насоса за виразом:

$$Q = \frac{g \cdot n \cdot \eta_0}{1000}, \quad (4.8)$$

де Q - об'ємне подання насоса, л/хв;

g - подання робочої рідини за один оборот валу, см³;

n - частота обертання валу, хв- 1;

η_0 - об'ємний ККД насоса, такий, що становить 0,9...0,95.

Тиск робочої рідини, що подається в силові циліндри, створюється масляним насосом типу НШ- 10.

Об'ємне подання насоса можна орієнтовно підрахувати за виразом:

$$Q = \frac{10 \cdot 950 \cdot 0,95}{1000} 9,025 \text{ л/хв.}$$

Щоб вибрати електричний двигун для приводу в дію масляного насоса типу НШ, треба підрахувати потрібну потужність по формулі:

$$N = \frac{Q_p}{61,2 \cdot \eta}, \quad (4.9)$$

де N - потужність, кВт;

Q - об'ємне подання насоса, л/ хв;

p - тиск, що розвивається насосом, МПа;

η - загальний або повний ККД насоса; $\eta = 0,8$.

$$N = \frac{9,025 \cdot 10}{61,2 \cdot 0,8} = 1,84 \text{ кВт.}$$

Вибраний електродвигун задовольняє умові.

Для зменшення динамічного навантаження, оберігання валів, що сполучаються, від резонансних коливань і компенсації точності розташування валів вибираємо муфту втулково-пальцьову, параметри якої приведені в таблиці 4.1.

Розрахунок муфти пружною втулково-пальцьовою складається з перевірного розрахунку пружних елементів на те, що зім'яло [18]

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot T_K}{z \cdot D_1 \cdot l \cdot d} \leq [\sigma_{cm}] \quad (4.10)$$

і перевіряючий розрахунок пальців на вигин [18]

$$\sigma_u = \frac{T_K \cdot l}{0,1 \cdot d^3 \cdot z \cdot D_1} \leq [\sigma_u] \quad (4.11)$$

де T_K - розрахунковий момент муфти, що крутить; D_1 - діаметр кола розташування центрів пальців; d - діаметр пальців під гумовими кільцями або втулками; l - довжина втулки; z - число пальців; $\sigma_{см}$ - розрахункова напруга того, що зім'яло між пальцями і втулкою; $[\sigma_{см}] = 2.4$ МПа - допустима напруга того, що зім'яло для гуми; σ_i - розрахункова напруга на вигин пальців; $[\sigma_i] = 60 \dots 80$ МПа - допустима напруга на вигин для пальців.

Таблиця 4.1 - Розміри муфти, мм

d	[M], Н м	nmax	D	lmax	Bmin	Пальці				Втулки	
						Діаметр	Довжина	Різьблення	Кількість	Діаметр зовнішній	Довжина
25	130	4750	120	125	42	14	33	M10	4	27	28

Розрахунковий момент, що крутить, знаходиться по формулі:

$$M_K = 9750 \cdot \frac{P}{n}, \quad (4.12)$$

де P - потужність двигуна, кВт; n - частота обертання, хв⁻¹;

$$M_K = 9750 \cdot \frac{2,2}{950} = 22,6 \text{ Н м.}$$

Діаметр кола, на якому розташовані центри пальців, знаходиться з виразу:

$$D_1 = \frac{D + d}{2}, \quad (4.13)$$

$$D_1 = \frac{120 + 25}{2} = 72,5 \text{ мм.}$$

Підставляючи знайдені значення робимо перевірочний розрахунок пружних елементів на те, що зім'яло

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot 22,6}{4 \cdot 0,028 \cdot 0,014 \cdot 0,073} = 0,4 \text{ МПа} \leq [\sigma_{cm}].$$

Перевірочний розрахунок пальців на вигин

$$\sigma_u = \frac{22,6 \cdot 0,028}{0,1 \cdot 0,014^3 \cdot 4 \cdot 0,073} = 7,9 \leq [\sigma_u] = 60 \dots 80 \text{ МПа.}$$

Перевірочний розрахунок осі ролика на міцність

Вісь ролика працює на зріз і зминання (рис. 4.3).

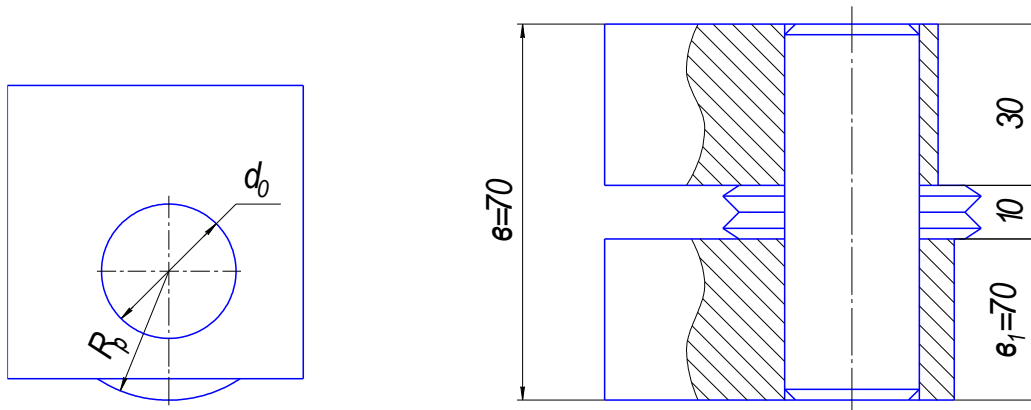


Рисунок 4.3 - Кріплення ролика на осі і державці

$$\sigma_{cm} = \frac{P}{F_{cm}} \leq [\sigma_{cv}]$$

$d_0 = 25 \text{ мм}$ - діаметр осі.

$$F_{cm} = \frac{\pi \cdot d_0}{2} \cdot b = \frac{\pi \cdot 25}{2} \cdot 70 = 2747,5 \text{ мм}^2;$$

$$P = 12175 \text{ Н};$$

$$\sigma_{cm} = \frac{12175}{2747,5} = 4,5 \text{ МПа};$$

$$[\sigma_{cm}] = 26 \text{ МПа} - \text{для сталі 45 [17]}.$$

$$\sigma_{cm} = 4,5 \text{ МПа} < [\sigma_{cm}].$$

$$\sigma_{cp} = \frac{P}{F_{cp}} \leq [\sigma_{cp}].$$

$$F_{cp} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} = \frac{\pi \cdot d_0^2}{2} = \frac{\pi \cdot 25^2}{2} = 981 \text{ мм}^2;$$

$$P = 12175 \text{ Н};$$

$$\sigma_{cp} = \frac{12175}{981} = 12,5 \text{ МПа};$$

$$[\sigma_{cp}] = 24 \text{ МПа} - \text{для сталі 45 [17]}.$$

$$\sigma_{cp} = 12,5 \text{ МПа} < [\sigma_{cp}].$$

Розрахунок державки ролика на зминання

$$\sigma_{cm} = \frac{P}{F} \leq [\sigma_{cm}].$$

$$F = \frac{\pi \cdot d_0}{2} \cdot 2b_1 = \pi \cdot 25 \cdot 30 = 2355 \text{ мм}^2;$$

$$P = 12175 \text{ Н};$$

$$\sigma_{cm} = \frac{12175}{2355} = 5,2 \text{ МПа};$$

$$[\sigma_{cm}] = 26 \text{ МПа} - \text{для сталі 45 [17]}.$$

$$\sigma_{cm} = 5,2 \text{ МПа} < [\sigma_{cm}].$$

4.3 Технічна характеристика установки

Технічна характеристика установки представлена в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 - Параметри установки

Параметр	Значення
Діаметр відновлюваного валу, мм	40...80
Максимальна довжина відновлюваного валу, мм	800
Марка дроту	Нп-65Г
Марка флюсу	Ан- 60
Сила струму, А	120...160
Напруга (робоче), В	30...40
Швидкість наплавлення, м/год	25...30
Рід струму	постійний
Полярність	зворотна
Потужність електродвигуна гідроприводу, кВт	7
Швидкість руху роlikової матриці, м/ч	25...30
Максимальне осьове зусилля формоутворення, кН	50
Продуктивність, шт./змiна	40
Габаритні розміри (довжина, ширина, висота), мм	2840×1200×2200
Маса, кг	800

5 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ШЛІЦЬОВИХ ВАЛІВ

Робота проводиться на прикладі шестерні провідної кінцевої передачі трактора Т- 40. Шестерня провідної кінцевої передачі трактора Т- 40 (Т25-2407052-Б-Р) вибраковується по зносу зубів шліцьової частини по товщині, посадочних шийок під підшипники, а також по зносу зубів шестерні по товщині і по ушкодженню центрових отворів.

Зовнішній діаметр зубів зношується трохи і не перевищує 0,1 мм. Середня величина зносу зубів по товщині досягає 1,0 мм.

У пропонованому технологічному процесі поєднані операції наплавлення і пластична деформація. Ця технологія передбачає правку центрових отворів, відновлення зубів шліцьової частини і зубів шестерні і посадочних шийок під підшипники.

Технологічний процес відновлення шліцьових валів, включає наступні операції:

- 1) Мийна;
- 2) Дефектувальна;
- 3) Токарна (Правка центрових отворів);
- 4) Наплавлювальна (наплавлення зубів шліцьової ділянки з формоутворенням);
- 5) Наплавлювальна (нарощування посадочних шийок під підшипники);
- 6) Шліфувальна (шліфування посадочних місць під підшипники і зубів шліцьової ділянки по зовнішньому діаметру);
- 7) Шліфувальна (шліфування бічних поверхонь зубів шліцьової ділянки);
- 8) Мийна;
- 9) Контрольна;
- 10) Мийна;
- 11) Пакувальна.

Мийка валів може робитися в загальному потоці з іншими деталями в мийній машина ОМ - 4267.

В якості миючої рідини рекомендується розчин препарату МС- 6 з концентрацією 20...30 г/л або МС- 8 з концентрацією 10...15 г/л при температурі розчину 75...85°C.

Час миття одного валу визначається швидкістю конвеєра мийної машина і розміром валу. При швидкості конвеєра 0,21 м/хв; завантаження 10 валів на один кошик і продуктивності машини 1800 кг/год, то впродовж однієї години через миття пройде 120 валів. Тоді час миття одного валу складе:

$$T_{\text{ит.}} = \frac{60}{120} = 0,5 \text{ хв.}$$

Після миття вали поступають на дефектацію, яка проводиться дефектувальником 5-го розряду на загальній ділянці дефектації деталей. Наявність забоїв, тріщин перевіряється візуально. Вимір товщини зубів і посадочних шийок під підшипники робиться мікрометрометром МК 25-50 ГОСТ 6207-87 і штангензубомером мікрометричним ЗИМ- 16, 1-18 ГОСТ 166-80. Згідно з технічними вимогами шестерні провідної кінцевої передачі трактора Т- 40 вибраковуються при ушкодженні центрових отворів, при зносі зубів шліцьової ділянки по товщині до розміру менше 9,07 мм, при зносі посадочних шийок під підшипник до діаметру менше 44,98 мм, при зносі зубів шестерні по товщині до розміру менше 10,50 мм.

Час дефектації одного валу :

$$T_{\text{ит.}} = 13,0 \text{ хв.}$$

Оскільки ушкодження центрових отворів спостерігається у 20% валів, то доцільно їх правку робити на слюсарно-механічній ділянці. Можна робити правку і на ділянці відновлення, але в цьому випадку, верстат буде недовантажений. Правка робиться на токарно-гвинторізному верстаті 1А61Б. Вал встановлюється в патрон верстата і люнет. Точне центрування досягається за допомогою індикатора

годинного типу 001-120 ГОСТ 868-63.

Правка центрального отвору робиться різцем Т15К6 2102-0055-1,5 ГОСТ 18877-73 і зенкує зенкуванням 2353-0022 ГОСТ 14953-69. Потім вал встановлюється заново і правиться другий центровий отвір.

Розрахунковий час на операцію складе:

Тшт - штучний час; $T_{шт} = 0,72 \text{ хв.};$

Тп.з. - підготовчо-завершальний час; $T_{п.з.} = 1,42 \text{ хв.};$

Тшт.к - штучний калькуляційний час; $T_{шт.к} = T_{шт} + T_{п.з.}/n$

де n - кількість деталей в партії, $n = 10 \text{ шт.}$

Тшт. до = 0,86 хв.

Автоматичне наплавлення бічних поверхонь зубів шліцьової частини шестерні провідної кінцевої передачі під флюсом у формі на установці для відновлення зношених зубів.

Наплавлення здійснюється високовуглецевим дротом другого класу Нп-65Г ГОСТ 10543-75 діаметром 2,0 мм під флюсом АН- 60 ГОСТ 9087-69 на зворотній полярності. При цьому характеристика дуги наступна: $J = 128 \text{ А,}$
 $U = 34 \text{ В.}$ Наплавлений зуб має припуск на обробку по бічній поверхні і зовнішньому діаметру.

Кількість металу, що наплавляється, і знос зубів пов'язаний між собою прямопропорційною залежністю. Чим більше знос зубів, тим більше вимагається наплавити металу, кількість якого залежить від поступальної швидкості наплавлювальної голівки, швидкості подання дроту і витримки електронного реле часу.

Наплавлений метал поступово остигає у формі, що забезпечує мінімальний припуск на подальшу чистову обробку - шліфування. Поверхня зуба після наплавлення у формі має твердість близько 50...52 HRC, відповідає вимогам для чистового шліфування.

При швидкості руху наплавлювальної голівки 40 м/год, основний час наплавлення $T_e = 6 \text{ хв.}$ Окрім цього, потрібно час на виведення електроду із зварювальної ванни і поворот валу на наступний зуб. Ці операції виконуються автоматично за заданою програмою командоапаратом.

Допоміжний час T_v наплавлення включає час установки валу в центри і орієнтації його налаштування електроду на зуб, переустановлення валу.

Підготовчо-завершальний час $T_{пз}$ складається з часу пуску блоку управління зварювальним автоматом і джерела живлення зварювальної дуги, пуску гідросистеми, підготовки і прибирання робочого місця.

На підставі хрометражних даних маємо:

– час наплавлення (деформації) одного зуба $T_{ш/про} = 5,12$ хв.;

– основний час наплавлення валу $T_v/про = z \times T_e$

де z - кількість зубів, $z = 6$;

$T_v/об = 6 \times 5,12 = 30,72$ хв.; $T_v = 3 \times 0,6 - 2 \times 0,54 = 2,88$ мм;

$T_{оп} = 4,68$ хв.; $T_d = 0,44$ хв.; $T_{шт} = 9,32$ хв.; $T_{пз} = 15,0$ хв.

Електроімпульсне нарощування посадочних місць під підшипники робиться на установці УМН- 6. За базу цієї установки узятий верстат моделі 1К62. Джерелом живлення є зварювальний трансформатор ТС- 300 з секціонованою вторинною обмоткою.

Нарощування здійснюється на наступному режимі:

- сила струму $J = 350$ А;
- напруга $U = 10$ В;
- швидкість нарощування $V = 0,8 \dots 1,2$ м/хв;
- продуктивність нарощування $40 \dots 60$ см²/хв;
- діаметр електроду $d = 8 \dots 12$ мм;
- матеріал електроду - сталь ХВГ;
- подовжнє подання $S_n = 0,5 \times d$, мм/об;
- товщина нарощуваного шару $0,82$ мм;
- твердість покриття $50 \dots 60$ HRC.

Розрахунок режиму нарощування робиться таким чином: нарощують шийку під підшипник з діаметру $44,98$ мм до $45,8$ мм, електрод із сталі марки ХВГ діаметром $1,0$ мм.

За таких умов підбираємо наступний режим:

- лінійна швидкість обертання деталі $V = 1$ м/хв;
- подання $S = 5$ мм/хв.

Виходячи з цього визначаємо частоту обертання валу (n) і час нарощування :

$$V = \pi \cdot d \cdot n; \quad n = \frac{V}{\pi \cdot d}; \quad (5.3)$$

$$n = \frac{1}{3,14 \cdot 0,045} = 7,1 \text{ хв}^{-1}; \quad n_{\text{пр}} = 10 \text{ хв}^{-1}.$$

Для нарощування шийки на довжині $B = 20$ мм при поданні $S = 5$ мм/об, вал повинен зробити N обертів.

$$N = \frac{B}{S}; \quad (5.4)$$

$$N = \frac{20}{5} = 4 \text{ об, тоді}$$

$$T'_o = \frac{N}{n}; \quad (5.5.)$$

$$T'_o = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ хв}; \quad T'_e = 0,83 \text{ хв}.$$

Нарощування шийки під підшипник на довжині $B = 50$ мм робиться аналогічно:

$$V_d = 1 \text{ м/хв}; \quad S = 5 \text{ мм/об}; \quad n = \frac{1}{3,14 \cdot 0,045} = 7,1 \text{ хв}^{-1};$$

$$n_{\text{пр}} = 10 \text{ хв}^{-1}; \quad N = \frac{50}{5} = 10 \text{ об}.$$

$$\text{Тогда } T'''_o = \frac{10}{10} = 1,0 \text{ хв}; \quad T'''_e = 0,83 \text{ хв}.$$

Час на операцію

$$T_o = T'_o + T''_o ; T_o = 0,4 + 1,0 = 1,4 \text{ хв}; T_\epsilon = 2,86 \text{ хв};$$

$$T_{on} = 1,4 + 2,86 = 4,26 \text{ хв}; T_\delta = 8\% \cdot T_{on}; T_\delta = 0,34 \text{ хв};$$

$$T_{um.} = 4,26 + 0,34 = 4,60 \text{ хв};$$

$$T_{п.з.} = 15 \text{ хв}; = 10 \text{ шт};$$

$$T_{um. \kappa.} = 6,10 \text{ хв.}$$

Шліфування посадочних шийок і зовнішніх поверхонь зубів робиться на круглошліфувальному верстаті моделі 3У143 шліфувальним кругом марки 24А ПП 600×75×305.

Поверхні А і Б, посадочних шийок під підшипник шліфуються з діаметру $45^{+0,8}_{+0,4}$ мм до діаметру $45^{+0,025}_{+0,09}$ мм.

Припуск на обробку $h = 0,56$ мм на діаметр.

Число оборотів шліфувального круга $n_k = 1080 \text{ хв}^{-1}$.

$$V_{kp} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_k}{1000 \cdot 60}, \text{ м/с} \quad (5.6)$$

$$V_{kp} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1080}{1000 \cdot 60} = 35 \text{ м/с.}$$

Швидкість обертання деталі $V_d = 35,45 \text{ м/хв.}$

Число обертів деталі

$$n_\delta = \frac{1000 \cdot V_\delta}{\pi \cdot d}, \text{ хв}^{-1}; \quad (5.7)$$

$$n_\delta = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 45} = 283 \text{ хв}^{-1}; n_{пр} = 300 \text{ хв}^{-1}.$$

Уточнена швидкість обертання деталі :

$$V_o = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}, \text{ м/хв}; \quad (5.8)$$

$$V_o = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 300}{1000} = 42,4 \text{ м/хв.}$$

Хвилинне радіальне подання

$$S_m = S_{m(\text{табл.})} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (5.9)$$

де S_m (таблиця.) - хвилинне подання по таблиці; S_m (таблиця.) = 0,85 мм/хв.

K_1 - коефіцієнт, залежний від оброблюваного матеріалу і швидкості круга;
 $K_1 = 1,0$;

K_2 - коефіцієнт, залежний від припуску і точності; $K_2 = 0,75$;

K_3 - коефіцієнт, залежний від діаметру круга, кількості кругів і характеру поверхні; $K_3 = 1,1$;

$$S_m = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,1 = 0,7 \text{ мм/хв.}$$

Час шліфування :

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S_m \cdot n}; \quad (5.10)$$

$$\text{— на довжині } L = 20 \text{ мм}; \quad T_o = \frac{20 \cdot 2}{0,7 \cdot 300} = 0,20 \text{ хв}; \quad T_e = 0,83 \text{ хв};$$

$$\text{— на довжині } L = 50 \text{ мм}; \quad T_o = \frac{50 \cdot 2}{0,7 \cdot 300} = 0,48 \text{ хв}; \quad T_e = 0,83 \text{ хв.}$$

Шліцьова поверхня В шліфується по зовнішньому діаметру з розміру $40^{+0,6}_{+0,4}$

мм до розміру $40_{-0,050}^{-0,025}$ мм.

Припуск на обробку $h = 0,50$ мм; $a = 0,250$ мм; $n_k = 1080$ хв⁻¹;

$$V_k = 35 \text{ м/с}; \quad n_o = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 40} = 318 \text{ хв}^{-1}; \quad n_{np} = 300 \text{ хв}^{-1};$$

$$V_o = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 300}{1000} = 37,7 \text{ м/хв.}$$

$$S_m = S_{m(\text{табл.})} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где $S_{m(\text{табл.})} = 0,7$ мм/хв; $K_1 = 1,0$; $K_2 = 0,75$; $K_3 = 1,3$.

$$S_m = 0,7 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,3 = 0,68 \text{ мм/хв.}$$

$$T_o = \frac{65 \cdot 2}{0,68 \cdot 300} = 0,64 \text{ хв}; \quad T_e = 0,83 \text{ хв.}$$

Розрахунок часу операції шліфування :

$$\sum T_o = 0,20 + 0,48 + 0,64 = 1,32 \text{ хв.}$$

$$\sum T_e = 0,83 + 0,83 + 0,83 = 2,49 \text{ хв.}$$

$$T_{on} = 1,32 + 2,49 = 3,81 \text{ хв}; \quad T_o = 9,2\% \cdot T_{on}; \quad T_o = 0,092 \cdot 3,81 = 0,35 \text{ хв};$$

$$T_{um} = 3,81 + 0,35 = 4,16 \text{ хв}; \quad T_{n.з.} = 4 \text{ хв}; \quad n = 10 \text{ шт.}$$

$$T_{um. \kappa} = 4,16 + \frac{4}{10} = 4,56 \text{ хв.}$$

Шліфування бічних поверхонь зубів з розміру $10_{+0,2}^{+0,3}$ мм до розміру $10_{-0,061}^{-0,025}$ мм робиться на шлицешліфувальному верстаті моделі 3451Б шліфувальним кругом марки 2425 ПСМ 1К6Б.

$$n_k = 2870 \text{ хв}^{-1}; \quad V_k = \frac{\pi \cdot D \cdot n_k}{1000 \cdot 60}, \text{ м/с}; \quad V_k = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 2870}{1000 \cdot 60} = 38 \text{ м/с};$$

Подовжнє подання столу $S_p = 6 \text{ м/хв}$;

Подання круга за подвійний хід столу $S_t = 0,04 \text{ мм/ дв. хід}$.

Довжина перебігання $Y_p = 50 \text{ мм}$.

Число проходів на виходжування кожного зуба $U_{\text{вхлх}} = 4$.

Шар, що знімається при виходжуванні $a_{\text{вхлх}} = 0,07 \text{ мм}$.

Число проходів при шліфуванні кожного зуба

$$U_o = \frac{a - a_{\text{вхлх}}}{S_t},$$

где a – припуск на сторону; $a = 0,12 \text{ мм}$.

$$U_o = \frac{0,12 - 0,07}{0,04} = 1$$

$$T_o = \frac{2 \cdot (l_u + Y_n)}{1000 \cdot S_m} \cdot (U_o + U_{\text{вхлх}}) \cdot z, \quad (5.11)$$

Основний час

де z - кількість зубів на валу; $z = 6 \text{ шт}$.

$$T_o = \frac{2 \cdot (65 + 50)}{1000 \cdot 6} \cdot (1 + 4) \cdot 6 = 1,15 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{с}} = 7,22 \text{ хв};$$

$$T_{\text{он}} = 1,15 + 7,22 = 8,37 \text{ хв.}$$

$$T_o = 0,07 \cdot T_{\text{он}} = 0,07 \cdot 8,37 = 0,59 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{ум}} = 8,37 + 0,59 = 8,96 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{н.з.}} = 8 \text{ хв}; n = 10 \text{ шт.}$$

$$T_{\text{умк}} = 8,96 + \frac{8}{10} = 9,76 \text{ хв.}$$

Прошліфовані вали відчищають від абразивного шламу і металевої стружки у ванні типу ОМ- 668 з миючим розчином МС- 6 при температурі розчину 80...90°C.

Час на операцію:

Тшт = 2,0 хв; Тп.з. = 5,0хв; n = 10 шт; Тшт. до = 2,5 хв.

Відновлені вали підлягають технічному контролю.

Візуально перевіряється відсутність тріщин на наплавлених поверхнях. Правильність центрових отворів І і ІІ перевіряється штангельциркулем ЩЦ І- 125-0,1 ГОСТ 166-73. Діаметри поверхонь А, Б $45^{+0,025}_{+0,009}$ і В $40^{-0,025}_{-0,050}$ мм - мікрометром МК 25-50 ГОСТ 6507-78. Товщина зубів $10^{-0,025}_{-0,061}$ мм контролюється штангензубоміром мікрометричним ЗИМ-16-2М ТУ- 2-034-612-67. Биття поверхонь А, Б, У відносно осі центрів контролюється індикатором годинного типу 001-120 ГОСТ 868-63. Твердість поверхонь - твердомером ТК-2М ГОСТ 13407-64; шорсткість - за допомогою набору зразків шорсткості №2 ГОСТ 9738-60.

Час на операцію:

Тшт = 3,0 хв; Тп.з. = 6,0хв; n = 10 шт; Тшт. до = 3,6 хв.

Вали, що пройшли контроль, упаковуються в дерев'яні ящики.

Час на упаковку:

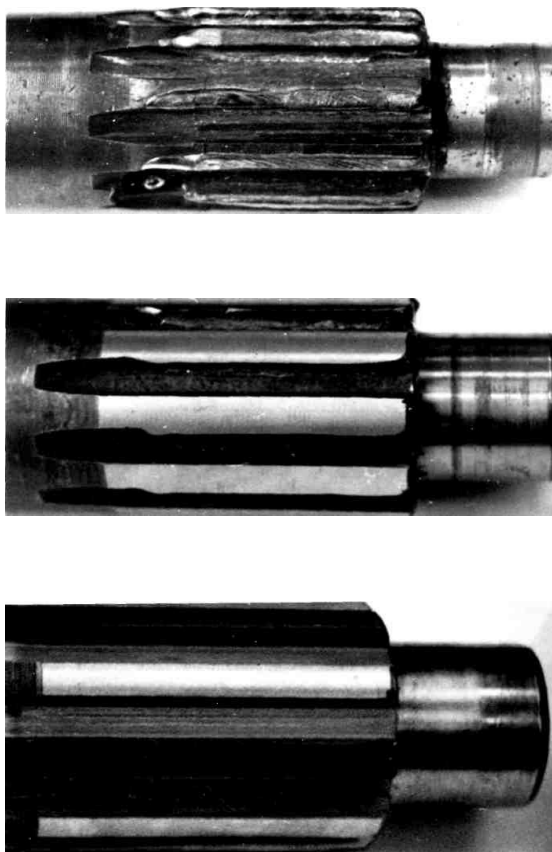
Те = 7,5 хв; Тв = 1,0 хв; Топ = 8,5 хв; Тд = 5% Топ; Тд = 0,4 хв;

Тшт = 8,9хв; Тп.з. = 12 хв; n = 10 шт; Тшт. до = 10,1 хв.

Основний технологічний час відновлення шестерні провідної кінцевої передачі трактора Т- 40 складає 40...58 хв (окрім мийної, контрольної і пакувальної операцій).

Наочний приклад обробки зубів шліцьової частини із застосуванням поєднаної технології показаний на рис. 5.1.

Вали з наплавленими зубами (рис. 5.1 а) шліфувалися по зовнішньому діаметру (діаметру виступів) до розміру по робочому кресленню на виготовлення валу (рис. 5.1 б). Далі зуби шліфувалися по товщині (бічна поверхня) до розміру по робочому кресленню (рис. 5.1 в).



а) після наплавлення; б) після шліфування по зовнішньому діаметру; в) після остаточної обробки.

Рисунок - 5.1 Вид шліцьової ділянки шестерні провідної кінцевої передачі трактора Т- 40

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

При створенні нових технологій потрібне не лише збільшення обсягу виробництва, але і поліпшення умов праці, звільнення працівників від виконання трудомістких і важких робіт.

Для реалізації цього необхідно проаналізувати і врахувати недоліки існуючих технологій і намітити заходи по поліпшенню умов праці, підвищенню продуктивності, збереженню здоров'я працівників.

Завданням розділу охорони праці в цій дипломній роботі є розробка заходів, що забезпечують безпечні і нешкідливі умови праці при відновленні зубів шліцьових валів із застосуванням пропонованого способу.

6.1 Небезпечні, шкідливі чинники при відновленні шліцьових валів

Нині відомі різні технології відновлення шліцьових валів із застосуванням різного устаткування. У кожному випадку необхідною умовою має бути зручність виконання операцій, безпека і нешкідливість роботи на устаткуванні. З ремонтної практики відомо, що ці поняття носять відносний характер.

Технології, засновані на способах пластичної деформації металу відновлюваного валу в гарячому стані, як правило, вимагають застосування спеціального устаткування, що забезпечує велике зусилля, необхідне для деформації металу. Зусилля створюється електрогідравлічним управлінням, що і обумовлює необхідність відповідних заходів як в конструкції устаткування, автоматичних систем захисту, так і при обслуговуванні цього устаткування. Найбільш небезпечною в цих випадках є можливість порушення температурного режиму деформації, що призводить до різкого збільшення зусиль на виконавчих механізмах і може привести до поломок окремих деталей, що у свою чергу небезпечно для оператора.

Технології, засновані на способах наплавлення металу, характерні тим, що вимагає необхідних заходів захисту від поразки електричним струмом, захисту очей оператора від можливості появи відкритої зварювальної дуги. Як правило, ці

заходи передбачаються в конструкції устаткування і відповідному оснащенні робочого місця.

Технологія, передбачувана в цій роботі як найбільш доцільна для відновлення шліцьових валів, включає і процес наплавлення металу на зношену поверхню, і процес одночасної пластичної деформації нанесеного металу в гарячому стані. Така особливість поєднання технологій вимагає відповідних заходів, що забезпечують безпеку і зручність виконання операцій.

У відмінності від інших існуючих технологій, в пропонованій технології немає операцій гальванізації, хімічних уражень, що представляють небезпеку, вимагають складних і дорогих технічних заходів забезпечення безпеки роботи.

Цією технологією виключається також необхідність повторного загартування відновлюваної деталі, що є позитивним з точки зору нешкідливості робіт і пожежної безпеки.

6.2 Заходи по забезпеченню безпечних умов праці

Безпека при виконанні багатьох технологічних операцій залежить від справності вживаних інструментів. Зокрема, при розбиранні і зборці разом з механічними (слюсарними, монтажними) інструментами широко використовується інструменти з пневматичним і електричним приводами. Використання несправного інструменту може привести до травмування робітника або навколишніх осіб.

При розбірно-складальних роботах потенційно небезпечні дії, пов'язані з випресовкою або запрессовкою деталей, а також з установкою або демонтажем пружних елементів.

Для безпеки виконання таких дій слід передбачити захисні пристрої і застосування допоміжних пристосувань.

При зварювальних і наплавлювальних роботах несприятливі чинники дії на людину (окрім небезпеки електропорази) - виділення великої кількості пилу, теплоти, а також інтенсивне оптичне випромінювання.

Для оберігання очей і обличчя зварювальника від шкідливої дії енергії

зварювальної дуги застосовують щиток або маску із спеціальними світлофільтрами. Вентиляцію робочих місць слід обладнати з таким розрахунком, щоб забезпечити видалення 1200 . 2000 м³/год забрудненого повітря на 1 кг електродів, що витрачаються. Спецодяг зварювальника - брезентовий костюм з вогнетривким просоченням, черевики, головний убір, діелектричні рукавички або рукавиці.

При роботі на металорізальному устаткуванні передбачають обгороджування і захисні пристрої, контроль за справністю різального інструменту, надійне закріплення в пристосуваннях оброблюваних заготівель. Найбільш серйозну небезпеку представляє різальний інструмент (фрези, абразивні круги), що обертається.

При роботі на верстатах, оснащених абразивними кругами, найсерйознішу увагу приділяють усуненню причин розриву круга, оскільки частини, що відлітають при цьому, можуть привести до важких травм. До числа заходів по усуненню таких причин відносяться:

- правильне зберігання кругів (температура і вологість в коморі);
- контроль за відсутністю тріщин (візуально і за характером звуку від удару дерев'яним молотком);
- надійне кріплення круга на шпинделі верстата без створення в нім внутрішньої напруги (за допомогою спеціальних шайб і еластичних прокладень);
- усунення дисбалансу круга (проводити балансування);
- правильна установка і закріплення оброблюваної заготівлі.

Основне завдання - запобігання пожежам і вибухам - усунення причин, що викликають освіту горючої і вибухонебезпечної середовищ у виробничих приміщеннях.

Можливими джерелами займання можуть бути іскріння в місцях ушкодження електропроводки, розбризкування крапель розплавленого металу при горінні електричної дуги, перегрівши токоподводів і так далі

Наведені приклади можливих причин виникнення пожежі зумовлюють характер заходів протипожежної профілактики у виробничих приміщеннях і на робочому місці:

- забезпечення справності електропроводки і захисних кожухів розподільних і пускозахисних пристроїв;
- облаштування искрозащитних щитів у зварювальних і наплавлювальних установок і пальників;
- збір в спеціальні піддони залишків палива і мастильних матеріалів при розбиранні ремонтованих машин;
- видалення горючої пари продуванням пором;
- зберігання пожаро- і вибухонебезпечних речовин на спеціально обладнаних складах і в закритих місткостях.

Згідно з вимогами СнП-Н-А- 5-70, в усіх приміщеннях мають бути евакуаційні виходи, сумарну ширину яких приймають з розрахунку 0,6 м на 100 чоловік, а двері повинні відкриватися назовні. Відстань від найбільш видаленого робочого місця до вихідних дверей - 50 ... 100 м. По периметру зовнішніх стін виробничого корпусу мають бути пожежні сходи. Відстань між ними не більш 200 м. Двері, ворота мають бути такими, що не згорають або важкоспалимими з межею вогнестійкості не менше 1 години. Усередині приміщення розміщують пожежні крани на відстані один від одного 40 м, а пожежні щити - з розрахунку один щит на 300 . 350 м² виробничої площі. Засоби пожежогасінні необхідно розміщувати в доступних місцях. На території ремонтного підприємства має бути передбачена протипожежна водойма місткістю не менше 50 м³.

Приміщення ремонтних підприємств належать до категорії підвищеної небезпеки відносно поразки електричним струмом.

6.3 Електрозахисні заходи від поразки струмом

Електрозахисні заходи передбачають облаштування захисних заземлень, обгороджування токоведущих частин, попереджувальної сигналізації, блокувань, знаків безпеки, електроізоляційних підставок, подвійної ізоляції проводки і так далі

З небезпекою поразки струмом пов'язано виконання операцій електрозварювань і наплавлювальних. Перш ніж підключити зварювальний

апарат, треба переконатися в його справності. Особлива увага при цьому звертається на стан контактів і зануляючих провідників, ізоляції робочих дротів, наявність захисних засобів. Затиск вторинної обмотки зварювального трансформатора, до якого підключається зворотний дріт має бути заземлений.

Усі електричні установки повинні розташовуватися в строгій відповідності з діючими правилами.

Металеві частини електроустаткування (корпуси електродвигунів, генераторів, каркаси розподільних щитів, кожухи приладів, рубильників, магнітних пускачів, деталі освітлювальної апаратури, металева ізоляція кабелів, труби, в яких розташовані дроти, і інше, що не знаходяться під напругою, але що можуть виявитися під ним внаслідок несправності деталей або елементів установок) надійно заземляються.

У якості заземлюючих елементів застосовують сталеві омедненні або оцинковані сурми діаметром не менше 35 мм і завдовжки не менше 3 м із загостренням на кінці, число яких розраховують. Сурми заривають в землю на відстані 2 ... 3 м від установки. Опір облаштувань занулення і заземлення не повинний перевищувати 4 Ом.

Розрахунок заземлюючого пристрою

Питомий опір ґрунту $\rho_{\text{гр}} = 40,00$ Ом м;

Довжина вертикального заземлителя $L = 2,00$ м;

Сезонний кліматичний коефіцієнт $\psi = 1,64$;

Зовнішній діаметр вертикального заземлителя $d = 40,00$ мм;

Нормований ПУЕ опір заземлюючого пристрою розтіканню струму при базовому питомому опорі землі, $R_{\text{норм}} = 4,00$ Ом;

Заглиблення сполучної смуги, $t_{\text{пол.}} = 0,70$ м;

Ширина сполучної смуги, $b = 30,00$ мм;

Відстань між електродами, $P = 1,0$ м;

Коефіцієнт використання електроду $\eta_c = 0,67$;

Опір одного вертикального заземлителя

Опір одного вертикального заземлителя визначається

$$R_{oc} = \frac{0,366 \cdot \rho_{zp} \cdot \psi}{L \cdot \lg(4 \cdot \frac{L}{d})}, \quad (6.1)$$

де ρ_{zp} – питомий опір ґрунту, Ом м;

ψ – сезонний (кліматичний) коефіцієнт;

d – зовнішній діаметр вертикального заземлителя, мм;

L – довжина вертикального заземлителя, м.

$$R_{oc} = 0,366 \cdot 40,00 \cdot 1,64 / 2,00 \cdot (\lg(4 \cdot 2,00 / 0,04)) = 27,62 \text{ Ом}$$

Визначення орієнтовного числа стержнів

Обчислюємо опір контура по алгоритму:

$$R_n = R_{норм} \cdot \left(\frac{\rho_{zp}}{\rho_{баз}} \right), \quad (6.2)$$

де $R_{норм}$ – нормований ПУЕ опір заземляючого пристрою розтіканню струму при базовому питомому опорі, Ом;

ρ_{zp} – питомий опір ґрунту, Ом м;

$\rho_{баз}$ – базовий питомий опір ґрунту, ($\rho_{баз} = 100$ Ом м).

$$R_n = 4,00 \cdot \left(\frac{40,00}{100} \right) = 4,00 \text{ Ом}$$

Визначаємо орієнтовне число стержнів

$$n_{пред} = \frac{R_{oc} \cdot \psi}{R_n}, \quad (6.3)$$

де R_{oc} - опір одного вертикального заземлювача, Ом;

R_n - опір контура, Ом.

$$n_{пред} = \frac{27,62 \cdot 1,64}{4,00} = 11,33$$

Вичислена приблизна кількість вертикальних електродів округляється у бік збільшення до цілого числа:

$$n_{пред} = 12$$

Обчислення опору поодинокого заземлителя з урахуванням коефіцієнта використання

$$R'_{oc} = \frac{R_{oc}}{\eta_c}, \quad (6.4)$$

де η_c - коефіцієнт використання заземлителів;

R_{oc} - опір одного вертикального заземлителя, Ом.

$$R_{oc} = 27,62 / 0,67 = 41,35 \text{ Ом.}$$

Обчислення опору сполучної смуги з урахуванням коефіцієнта використання

Обчислюємо довжину сполучної смуги по алгоритму:

Якщо заземлителі розташовані в ряд

$$L_n = \frac{L}{2 \cdot (n_{пред} - 1)}, \quad (6.5)$$

Якщо заземлителі розташовані по контуру

$$L_n = \frac{L}{2 \cdot n_{пред}}, \quad (6.6)$$

де L - довжина вертикального заземлителя, м;

$n_{пред}$ - орієнтовне число стержнів.

$$L_n = \frac{2,00}{2 \cdot 12} = 12 \text{ м.}$$

Визначаємо опори сполучної смуги

$$R_{пол} = \frac{0,366 \cdot \rho_{сп} \cdot \psi}{(L_n \cdot \rho_n) \cdot \lg \left(\frac{2 \cdot L_n^2}{b \cdot t_{пол}} \right)}, \quad (6.7)$$

де b - ширина сполучної смуги, м;

$t_{пол}$ - заглиблення сполучної смуги, м;

ψ - сезонний (кліматичний) коефіцієнт;

$\rho_{сп}$ - питомий опір ґрунту, Ом*м;

L_n - довжина сполучної смуги, м;

η_n - коефіцієнт використання сполучної смуги.

$$R_{пол} = 0,366 \cdot 40,00 \cdot 1,64 / (12,00 \cdot 0,38) \cdot \lg((2 \cdot 12,00 \cdot 12,00) / (0,03 \cdot 0,70)) = 21,56 \text{ Ом}$$

Опір вертикальних заземлителів разом із сполучною смугою

Сумарний опір вертикальних заземлителів і сполучної смуги визначається

$$R_{верт} = \frac{R_{пол} \cdot R_n}{R_{пол} - R_n}, \quad (6.8)$$

$$R_{верт} = \frac{21,56 \cdot 4,00}{21,56 - 4,00} = 4,91 \text{ Ом.}$$

Уточнена кількість вертикальних заземлителів визначається

$$n = \frac{R'_{oc}}{R_{верт} \cdot \eta_c}, \quad (6.9)$$

$$n = \frac{41,35}{4,91 \cdot 0,67} = 12,60$$

Вчислена кількість вертикальних електродів округляється у бік збільшення до цілого числа: $n = 13$

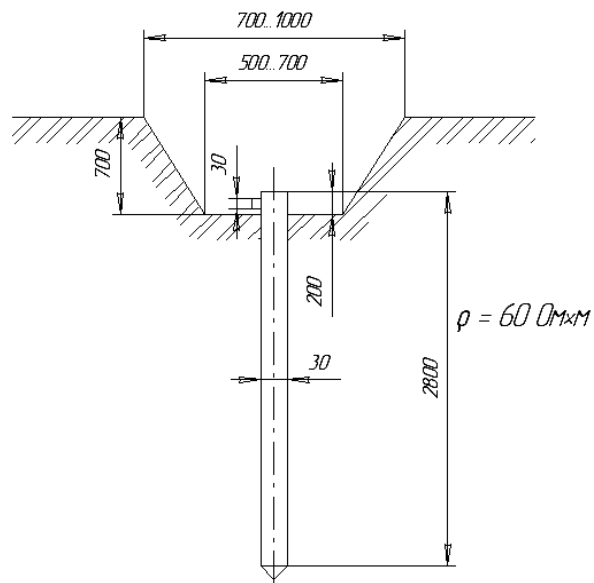


Рисунок 6.1 - Установка поодинокого заземлювача в ґрунті.

7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

7.1 Методика розрахунку економічної ефективності відновлення деталей

Якість і економічна доцільність проведення ремонтно-відновних робіт має велике значення в промисловому і сільськогосподарському виробництві.

Часто з тих або інших причин не вдається придбати новий, замість зношеного елементу машини або механізму, зважаючи на що виникає необхідність проведення ремонту в умовах власної майстерні.

«Використовуючи традиційні методи відновлення деталей, вдається ефективно відновити номінальні розміри з вказаними в ТУ допусками, а також продовжити експлуатаційний ресурс шляхом зміцнення і усунення наслідків зносу, деформаційних і інших процесів.

Ефективність відновлення деталей під час ремонту машин важлива ще й тому, що усуваються небажані значні перерви при виконанні необхідних операцій загального виробничого технологічного процесу, тобто зменшуються матеріальні затрати за рахунок зних простоїв техніки.

Таким чином, розрахунки доцільності і ефективності відновлення деталей можна одержати порівнюючи витрати при діючий чи пропонованій до впровадження технології виробництва.

Доцільність відновлення також можна оцінити співвідношенням ціни нової деталі із собівартістю відновленої. Рахується, що ремонт економічно вигідний, якщо собівартість відновлення менша, або дорівнює витратам на нову деталь. Ця виглядає наступним чином:

$$C_{\text{в}} \leq B_{\text{н}}, \quad (7.1)$$

де $C_{\text{в}}$ - собівартість відновлення дефектної деталі;

$B_{\text{н}}$ - вартість нової деталі з урахуванням всіх торгово-заготівельних і транспортних витрат, грн.

Така умова об'єктивно оцінює економічну доцільність відновлення, якщо

споживча якість відновленої деталі така ж як у нової, ресурс деталей однаковий. Якщо ж ресурс після відновлення деталі змінився, тоді економічну доцільність відновлення одержують, враховуючи зниження питомих витрат на одиницю ресурсу» [23]:

$$\frac{B_n - B_{2зал}}{T_n} \geq \frac{B_{1зал} + C_{\epsilon} - B_{2зал}}{T_p}, \quad (7.2)$$

де $B_{1зал}$ - залишкова вартість деталі (вартість ремонтного фонду), грн. ($B_{1зал} = 1,2 \cdot B_{2зал}$);

$B_{2зал}$ - залишкова вартість деталі до закінчення терміну її служби, грн.

($B_{2зал} = (0,025-0,03) \cdot B_n$);

C_{ϵ} - собівартість відновлення деталі, грн;

T_p - термін служби деталі після відновлення, мото-год,

($T_p = (0,8 - 1,1) \cdot T_n$);

T_n -термін роботи нової деталі до чергового ремонтного впливу (ресурс) мото-год; ($T_n = 1000-6000$ мото-год, в залежності від виробників деталі, умов роботи тощо).

«Ліва частина нерівності є критерій ефективності відновлення, а права частина дійсний критерій ефективності відновлення деталі.

У роботі необхідно спочатку визначити критерій ефективності відновлення K_{ϵ} »[23]:

$$K_{\epsilon} = \frac{B_n - B_{2зал}}{T_n}, \quad (7.3)$$

де K_{ϵ} - граничне значення критерію ефективності на одиницю ресурсу, грн / мото-год .;

«Після одержання критерію ефективності відновлення треба розрахувати дійсний критерій ефективності відновлення деталі :

$$K_{\epsilon} = \frac{B_{1зал} + C_{\epsilon} - B_{2зал}}{T_p}, \quad (7.4)$$

де K_{ϵ} - граничне значення критерію ефективності в грошовому вираженні на

одиницю ресурсу, грн / мото-год .;

«Собівартість відновлення деталей враховує всі витрати виробництва по здійсненню виробничого процесу та визначається за формулою [23]:

$$C_v = B_m + Z_{пл} + B_{обл} + B_{ни} + B_{ц} + B_{нев}, \quad (7.5)$$

де C_v - собівартість відновлення деталі, грн;

B_m - вартість ремонтних матеріалів $B_m = (0,25 - 0,40) \cdot B_{зал}$, грн;

$Z_{пл}$ - повна заробітна плата виробничих робочих з відрахуваннями на соціальне страхування, грн;

$B_{обл}$ - витрати на утримання та експлуатацію обладнання, грн;

$B_{ни}$ - витрати на утримання інструменту, пристроїв і оснащення

$B_{ни} = (0,1 - 0,15) \cdot B_{обл}$, грн;

$B_{ц}$ - цехові витрати, грн;

$B_{нев}$ - невиробничі витрати, що являють собою витрати по збуту продукції (тару, упаковка, витрати на доставку та інші витрати, пов'язані зі збутом продукції), грн.,

$B_{нев}$ дорівнює 3% від виробничої собівартості, тобто

$$B_{нев} = 0,03 (B_m + Z_{пл} + B_{обл} + B_{ни} + B_{ц}).$$

Основна та додаткова заробітна плата виробничих робітників з відрахуваннями до державних страхових фондів визначають з наступної формули :

$$Z_{пл} = \left(\frac{T_{н1} \cdot C_1}{60} + \frac{T_{н2} \cdot C_2}{60} + \dots + \frac{T_{н6} \cdot C_6}{60} \right) \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_{с.с} = T_{шт} \cdot C_{ср.год} \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_{с.с}, \quad (7.6)$$

де $T_{н1}, T_{н2} \dots T_{н6}$ - норма часу на виконання операцій з першого по шостий розряд (з урахуванням підготовчого часу) в розрахунку на одну деталь, хв;

$C_1 C_2 \dots C_6$ - тарифна ставка робітника відповідного розряду, грн./год;

$C_{ср.год}$ - годинна тарифна ставка робітника середнього розряду, грн/год.

Приймаємо $C_{ср.год} = 88,6$ грн / год , що відповідає теперішнім нормам годинних тарифних ставок робітників відповідного розряду;

$T_{шт}$ - трудомісткість відновлення деталі, люд-год – (розраховується як сума

трудомісткостей операцій по відновленню деталей, данні яких беруться з технологічної документації);

K_c , K_d , $K_{c.c}$ - коефіцієнти, що враховують, відповідно, доплату за понаднормові та інші роботи ($K_c = 1,025-1,03$), додаткову заробітну плату ($K_d = 1,1-1,3$) і відрахування в державні соціальні фонди ($K_{c.c} = 1,425$).

Витрати на утримання і експлуатацію обладнання визначають у відсотковому відношенні від амортизації обладнання за формулою» [23]:

$$B_{обл} = 2,49 \sum_{j=1}^m \frac{C_{aj} \cdot a_j \cdot t_j}{100 \cdot \Phi_d \cdot \eta_{oj}}, \quad (7.7)$$

де C_{aj} - балансова вартість обладнання, на якому виконується j -а операція, грн;
 a_j - норми амортизаційних відрахувань по обладнанню з j -й операції, % (для стендового обладнання $a_j = 20\%$ для верстатного обладнання $a_j = 10\%$, для зварювально-наплавочного обладнання $a_j = 40\%$);

t_j - трудомісткість j -й операції, люд-год ;

Φ_d - дійсний річний фонд часу обладнання, год – (приймається при однозмінному режимі роботи рівним 2000 год.);

η_{oj} - коефіцієнт завантаження обладнання на j -й операції – (для токарних операцій $\eta_{oj} = 0,65$, фрезерних $\eta_{oj} = 0,87$, шліфувальних $\eta_{oj} = 0,93$, наплавочних $\eta_{oj} = 0,48$, зварювальних $\eta_{oj} = 0,70$).

Цехові витрати визначаються за формулою[23]:

$$B_{ц} = 2,33(0,3 \cdot Z_{пл} + 0,17 \cdot B_{обл}), \quad (7.8)$$

Виконані розрахунки дають змогу провести порівняльний аналіз одержаних значень критерію ефективності відновлення і дійсного критерію ефективності відновлення деталі.

Якщо при відновленні деталей питомі витрати в розрахунку на одиницю ресурсу зменшуються, то такі ремонтні роботи економічно виправдані. Тобто, якщо $K_e \leq K_e$ - дійсний критерій ефективності використання деталі після відновлення менше або, в крайньому випадку, дорівнює граничним значенням, визначеним до проведення відновлення, то відновлення деталі доцільно.

7.2 Результати розрахунку економічної ефективності відновлення ведучого вала-шестерні кінцевої передачі трактора Т-40

1. Визначаємо залишкову вартість деталі до моменту закінчення терміну її служби або вибраковування:

$$B_{2зал} = (0,025 - 0,03) \cdot B_n = 0,03 \cdot 1400 = 42 \text{ грн}$$

2. Визначаємо критерій ефективності відновлення за формулою (7.3):

$$K_e = (B_n - B_{2зал}) / T_n = 1400 - 42 / 4000 = 0,34 \text{ грн/мото-год.}$$

3. Визначаємо залишкову вартість деталі з урахуванням всіх транспортно-заготовчих витрат (вартість ремонтного фонду):

$$B_{1зал} = 1,2 \cdot B_{2зал} = 1,2 \cdot 42 = 50,4 \text{ грн.}$$

4. Витрати на ремонтні матеріали дорівнюють:

$$B_m = (0,25 - 0,40) \cdot B_{1зал} = 0,35 \cdot 50,4 = 17,64 \text{ грн.}$$

5. Основну та додаткову заробітну плату виробничих робітників з відрахуваннями до страхових фондів визначаємо за формулою (7.6):

$$Z_{пл} = \left(\frac{T_{н1} \cdot C_1}{60} + \frac{T_{н2} \cdot C_2}{60} + \dots + \frac{T_{н6} \cdot C_6}{60} \right) \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_{с.с} = T_{шт} \cdot C_{ср.год} \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_{с.с} =$$

$$= 0,6 \cdot 88,6 \cdot 1,03 \cdot 1,3 \cdot 1,42 = 101,08 \text{ грн.}$$

6. Витрати на утримання і експлуатацію обладнання визначаємо за формулою (7.7):

$$B_{обл} = 2,49 \sum_{j=1}^m \frac{C_{aj} \cdot a_j \cdot t_j}{100 \cdot \Phi_d \cdot \eta_{oj}} = 2,49 \left\{ \frac{24000 \cdot 10 \cdot 0,2}{100 \cdot 2000 \cdot 0,48} + \frac{21000 \cdot 10 \cdot 0,1}{100 \cdot 2000 \cdot 0,87} + \frac{90000 \cdot 10 \cdot 0,3}{100 \cdot 2000 \cdot 0,93} \right\} = 5,15 \text{ грн.}$$

7. Витрати на утримання інструменту, пристроїв і оснащення цільового призначення складуть:

$$B_{ни} = (0,1 - 0,15) \cdot B_{обл} = 0,15 \cdot 5,15 = 0,77 \text{ грн.}$$

8. Цехові витрати визначаємо за формулою (7.8):

$$B = 2,33(0,3 \cdot Z_{пл} + 0,17 \cdot B_{обл}) = 2,33(0,3 \cdot 101,08 + 0,17 \cdot 5,15) = 83,40 \text{ грн.}$$

9. Невиробничі витрати визначимо з виразу:

$$B_{нев} = 0,03(B_m + Z_{пл} + B_{обл} + B_{ни} + B_{ц}) =$$

$$= 0,03(17,64 + 101,08 + 5,15 + 0,77 + 83,40) = 6,24 \text{ грн.}$$

10. Визначаємо собівартість відновлення деталі по формулі (7.5):

$$C_v = B_m + 3_{nl} + B_{obl} + B_{ni} + B_u + B_{nv} =$$

$$= 17,64 + 101,08 + 5,15 + 0,77 + 83,4 + 6,24 = 214,28 \text{ грн.}$$

11. Дійсний критерій ефективності відновлення деталі по формулі (7.4):

$$K_v = B_{l_{зал}} + C_v - B_{2_{зал}} = 50,4 + 214,28 - 42/3600 = 0,06 \text{ грн/мото-год.}$$

$$T_p = 0,9 \cdot T_n = 0,9 \cdot 4000 = 3600 \text{ мото-год.}$$

Так як $K_v \leq K_e$ – Вал-шестерню кінцевої передачі трактора Т-40 доцільно відновлювати.

12. Економія від відновлення однієї деталі складе:

$$E = B - C_v = 1400 - 214,28 = 1185,72 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків зводимо в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 Техніко-економічні показники ефективності відновлення

Найменування показника	Значення показника
1. Вартість нової деталі B_n , грн.	1400
2. Залишкова вартість деталі $B_{l_{зал}}$, грн.	50,4
3. Залишкова вартість деталі до моменту закінчення терміну її служби або вибраковування $B_{2_{зал}}$, грн.	42,0
4. Термін служби нової деталі T_n , мото-год.	4000
5. Термін служби деталі після відновлення, T_p , мото-год.	3600
6. Собівартість відновлення деталі C_v , грн.	214,28
7. Граничне значення критерію ефективності відновлення деталі K_e , грн/мото-год.	0,34
8. Дійсний критерій ефективності відновлення деталі K_v , грн/мото-год.	0,08
9. Економія від відновлення однієї деталі складе, грн.	1185,7

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі виконано обґрунтування технологічного процесу відновлення вала-шестерні кінцевої передачі трактора Т-40 , виконані розробки по поліпшенню організації робіт на зварювально – наплавлювальній дільниці, модернізовано стенд для виконання зварювальних робіт.

Проведено розрахунок технологічного процесу відновлення вала-шестерні кінцевої передачі трактора Т-40.

Впровадженнямодернізованогостендуувиробництво дозволить зменшити час виконання операцій, підвищити якість відновлених деталей, поліпшити умови праці.

Розроблені заходи щодо організації безпечних і нешкідливих умов праці, заходів щодо протипожежної профілактики

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Харламов Ю.О., Будагьянц Н.А. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин. Учебное пособие в 2т. – Луганск: изд-во Восточно– укр. Национ. ун-та им. В. Даля. 2003.
2. Відновлення деталей машин та конструкцій: Конспект лекцій для студентів напряму 6.050504 «Зварювання», спеціальності 6.050504.03 «Відновлення та підвищення зносостійкості машин і конструкцій» / Уклад.: І.В. Смирнов. – К. НТУУ «КПІ».– 2012 р. – 147 с.
3. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. – М.: Колос, 1981. – 351 с.
4. Гаврилов Н.П. Исследование возможности и целесообразности ремонта шлицевых валов высокой твердости тракторных коробок передач.: Автореферат диссертации на соискание учетной степени КТН. Челябинск,
5. Молодик М.В., Зенкін М.А. Ремонт промислового обладнання: Підручник для учнів проф.-тех. навч. закладів освіти. – К.: Техніка, 2000. – 256с. 12. 4.ГОСТ 2.602-95. Межгосударственный стандарт. ЕСКД. Ремонтные документы. К.: Госстандарт Украины, 1997. – 36 с
6. Калініч М.О. Дослідження параметрів відновлення деталей типу вал методом наплавлення / М.О. Калініч // Zbior artykułow naukowych. Konferencji Miedzynarodowej Naukowo-Praktycznej " Inżynieria i technologia. Współczesne tendencje w nauce i edukacji " Paris: Sp. z o.o. "Diamond trading tour". – 2020. – №34. – С. 36–40.
7. Глухарев Е.Г., Зубарев Н.И., Зубчатые шлицевые соединения. 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1983. – 270 с.
8. Калганков Є.В. Розробка технологічного процесу відновлення деталі [Методичні рекомендації] / Калганков Є.В., Зайцев М.Г. – Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 75 с.
9. Огнев И.Г. Технологический процесс восстановления внутренних

- шлицевых поверхностей местным пластическим деформированием. Автореф. дис. канд. техн. наук. – Челябинск, 1991.
10. Сідашенко О.І, Науменко О.А., Скобло Т.С., Тіхонов О.В. та інш.; за ред.. Сідашенка О.І, за ред. Науменка О.А. Ремонт машин та обладнання: підручник. 2-ге вид., перероб. і доп. К.: Агроосвіта, 2014, 665 с
 - 11.Скундин Г. И., Никитин В.Н. Шлицевые соединения. – М.: Машиностроение, 1981. – 128 с.
 - 12.Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве/ В.И. Черноиванов, В.В.Бледных, А.Э.Северный и др.;Под ред. В.И.Филлер В.
 - 13.Чернавский С.А., Снесарев Г.А., Козинцев Б.С., Проектирование механических передач. – М.: Машиностроение, 1984. – 115 с.
 - 14.Основи охорони праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.
 15. Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання (ГОСТ 7.1–2003, IDT) ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. – К.: Лебеденко О.В. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних проєктів і робіт для студентів факультету механізації сільського господарства, (кафедра надійності і ремонту машин) за напрямом підготовки "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва" / Лебеденко О.В. Дніпропетровськ: ДДАУ, 2011. – 16 с
 16. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення ДСТУ3008 – 95. - [Чинний від 1996-01-01]. — К. : Держстандарт України 1995. – 37 с. – (Національний стандарт

України).

17. Держспоживстандарт України, 2007. – 48 с. - (Національний стандарт України).
18. ДСТУ 2389-94 Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення.
19. ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні. Терміни та визначення.
20. ДСТУ 2823-94 Надійність техніки. Системи технологічні. Терміни та визначення.
21. Аврамчук О.А., Балан О.Д., Вітвіцький В.В. та інші. Оплата праці в сільськогосподарському виробництві. – К: Центр “Агропромпраця”, 2000. – 464 с.
22. Ремонт сільськогосподарської техніки: Довід./ В.К. Аветисян, В.А. Бантковський, В.О. Деєв та ін.; За ред. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – К.: Урожай, 1992. – 304 с.
23. Проектирование ремонтно-технологической документации: Методические указания. / А.К. Автухов, А.В. Тихонов, В.А. Бантковский, В.Ф. Карпусенко. – Харьков, ХГТУСХ, 2001 – 45 с.