

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Пояснювальна записка до дипломної роботи бакалавра


Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність: 132 «Матеріалознавство»


Освітньо-професійна програма: «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

на тему: «Відновлення і підвищення зносостійкості зубчатих коліс
трансмисії автомобіля»

Шифр: ДРБАТ 24.21161.000. ПЗ

Виконав: студент 4 курсу, група МТВАс-21  А.Р. Дорош

Керівник  д. філос. В.О. Дитинюк

До захисту допускаю:
Зав. кафедри ТАМ  Диха О.В.
6 06 2024_р.

Хмельницький, 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр
Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»
Спеціальність: 132 «Матеріалознавство»
Спеціалізація: «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав.кафедрою ТАМ
Диха О.В.
" 10 "квітня 2024 р. "

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Дорош Андрію Руслановичу

1. Тема проекту:
«Відновлення і підвищення зносостійкості зубчатих коліс трансмісії автомобіля»

керівник проекту: Дитинюк Володимир Олександрович, д. філос.

Затверджено наказом університету від 15 лютого 2024р. № 8

2. Строк подання студентом проекту на кафедру: 10.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту:

- 1) Дані про умови роботи коробки передач вантажного автомобіля
- 2) Технологічні режими наплавлення розщепленим електродом.
- 3) Матеріали практики.
- 4) Нормативно – технологічна документація з планування експериментів.
- 5) Результати літературного огляду і патентного пошуку.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Обґрунтування впровадження технології наплавлення зубчастих коліс і аналіз конструкції машини
2. Огляд та аналіз існуючих способів і методів технології наплавки зубчастих коліс
3. Експериментальні дослідження технологічних процесів наплавлення розщепленим електродом
4. Розробка технології наплавлення розщепленим електродом корпусних чавунних деталей машин

5. Консультанти розділів проекту

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

6. Дата видачі завдання: 10 червня 2024р.


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Обґрунтування впровадження технології наплавлення зубчастих коліс і аналіз конструкції машини	Строк виконання етапів проекту (роботи)	
2	Огляд та аналіз існуючих способів і методів технології наплавки зубчастих коліс	1.05.2024	
3	Експериментальні дослідження технологічних процесів наплавлення розщепленим електродом	15.05.2024	
4	Розробка технології наплавлення розщепленим електродом корпусних чавунних деталей машин	25.05.2024	
5	Оформлення презентаційних матеріалів	15.06.2024	

Студент

 А.Р. Дорош

Керівник проекту

 Дитинюк В.О.

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 82 сторінок, кількість рисунків - 24, таблиць - 8, додатків - 1, кількість джерел згідно із переліком посилань - 12.

Тема «**Віднозлення і підвищення зносостійкості зубчатих коліс трансмісії автомобіля**»

Мета роботи полягає в підвищенні довговічності зубчатих коліс трансмісії автомобіля за допомогою технології їх відновлення наплавленням розщепленим електродом.





Для досягнення поставленої мети необхідно вирішені такі задачі:

1. Досліджені існуючі технології і методи з підвищення надійності і ремонту машин.
2. Досліджені за допомогою моделювання механічні властивості відновлених поверхонь в залежності від режимів наплавлення і механічної обробки та їх порівнянням їх в умовах лабораторних, випробувань.
3. Розроблена технологію наплавлення розщепленим електродом зубчастих коліс машин.

Перелік ключових слів: автомобіль, трансмісія, зубчасті колеса, наплавлення, розщеплений електрод

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАПЛАВЛЕННЯ ЗУБЧАТИХ КОЛІС І АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ МАШИНИ.....	8
1.1. Актуальність запровадження технології наплавлення розщепленим електродом зубчастих коліс.....	8
1.2. Аналіз конструкції трансмісії даного автомобіля ЗІЛ-130.....	10
1.2.1 Загальна конструкція.....	10
1.2.2 Зчеплення.....	11
1.2.3 Коробка переміни передач (КПП).....	14
1.3 Розрахунок і будова характеристик трансмісій автомобіля.....	20
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ І СПОСОБІВ ТЕХНОЛОГІЇ НАПЛАВЛЕННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС.....	29
2.1. Технологічні властивості процесу наплавлення.....	29
2.2. Методи і способи технології наплавлення.....	32
2.3. Теоретичні методи наплавлення.....	46
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НАПЛАВКИ РОЗЩЕПЛЕНИМ ЕЛЕКТРОДОМ.....	50
3.1. Методи експериментальних досліджень.....	50

ДРБМТВА 24.21161.000. ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Дорош			
Перевір.	Дитинюк			
Н.контр.	Бабак			
Затвер.	Диха			
Відновлення і підвищення зносостійкості зубчастих коліс трансмісії автомобіля			Літ.	Аркуш
			4	82
ХНУ, гр. МТВАс-21				

3.2. Результати досліджень.....	52
4. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ НАПЛАВЛЕННЯ РОЗЩЕПЛЕНИМ ЕЛЕКТРОДОМ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ З ЧАВУНУ.....	66
4.1. Обґрунтування необхідності такої розробки.....	66
4.2. Вимоги, що ставляться до данної розробки.....	67
4.3. Технологічний процес електродугового наплавлення з газополуменевим захистом розщепленим електродом.....	67
4.4. Розрахунок параметрів наплавлення електродом.....	69
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	74
ДОДАТКИ	

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку науки і виробництва стає очевидною необхідність комплексної методології проектування оптимальних технологій. Ця методика повинна дозволити одночасно оптимізувати технологічний процес відновлення або зміцнення деталей, спрогнозувати довговічність вузлів при застосуванні цих технологій і оцінити їх вартість. Розробка оптимальних технологій і матеріалів із заданими властивостями потребує значного обсягу досліджень.

Перехід від традиційних методів розробки технологічних процесів до методів автоматизованого проектування дозволить підвищити якість, знизити матеріальні витрати, скоротити терміни проектування, підвищити продуктивність праці інженерів-технологів.

Старіння технологій ставить перед нами проблему збільшення терміну служби зношених деталей та їх відновлення. Питання забезпечення довговічності чавунних деталей машин є актуальним і передбачає використання сучасних методів проектування, технологічного забезпечення, економічного та організаційного управління, контролю, прогнозування довговічності відновлених і зміцнених деталей тощо.

Продовження терміну служби машин, які вже перевищили термін амортизації на 60-65%, можливе за рахунок відновлення втраченого ресурсу їх деталей, вузлів і агрегатів. У ремонтному виробництві спостерігається тенденція до збільшення обсягів робіт з ремонту складних складальних машин. Проте через ряд об'єктивних і суб'єктивних причин спеціалізовані ремонтні підприємства часто простоюють. Тому машини ремонтують у господарствах самостійно або в ремонтних майстернях.

Основною складовою витрат на такий ремонт є вартість запчастин. Більше 85% деталей відбраковуються при надходженні в ремонт, а більше 80% відбраковуються через знос поверхні. До них відносяться шестерні, корпуси

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		6

редукторів, корпуси підшипників, шківни, маточини, кришки, матеріалом яких є сірий чавун. Зниження вартості запчастин і вартості ремонтних робіт можливе завдяки відновленню деталей. Використання передових технологій наплавлення, на частку яких припадає понад 50% усіх відновлюваних деталей, значно сприяє досягненню цієї мети. Важливим також є використання технологій наплавлення чавунних деталей кузова автомобілів, як в Україні, так і за кордоном. Однак сфера їх ефективного використання все ще обмежена випадками застосування.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		7

1. Обґрунтування впровадження технології зубозварювання та аналіз конструктивних рішень машини

1.1. Актуальність впровадження технології наплавлення зубчастих коліс розрізним електродом

За роки незалежності багато науковців зробили великий внесок у підвищення надійності та якості ремонту вітчизняних машин, їх вузлів та відновлення деталей.

Встановлено, що більшість несправностей машин усувається заміною недовговічних деталей новими запчастинами. Враховуючи обмеженість даних про дефектність деталей, їх мале виробництво та відсутність масового ремонту, доцільно розширити наявні дані щодо довговічності, надійності та ремонтпридатності таких деталей цих машин.

Надійність машин істотно залежить від ресурсу зубчастих коліс. Ці деталі мають просту конструкцію та низькі вимоги до виготовлення. Умови їх експлуатації характеризуються безпосереднім контактом з агресивним середовищем (запилене повітря, фунти, рідини, рослини), підвищеним рівнем запиленості та забруднення в зоні контакту поверхонь, нерівномірними динамічними навантаженнями, короткими термінами експлуатації та тривалого зберігання. Ці умови визначають імовірнісний характер і розміри дефектів на робочих поверхнях зубчастих коліс. Протягом терміну експлуатації дефекти істотно змінюють форму і розміри робочих поверхонь зубчастих коліс, що призводить до зміни кінематики механізмів усієї машини. Серед них домінуючим дефектом є знос посадкових поверхонь під підшипники. Причинами дефектів є не тільки знос від фреттинг-корозії, але і потрапляння сторонніх предметів в робочу зону, порушення правил експлуатації або обслуговування.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		8

Незважаючи на великий обсяг досліджень, проведених у галузі ремонту машин, внесок таких видатних вчених, як О. С. Мудрук, В. С. Малахова, М. І. Костащук та ін., виявляється, що єдиної теорії про природу зношування та закономірності не існує. розвиток зносу цих поверхонь. Деякі дослідники або не розглядають причини зносу посадкових поверхонь, або їх результати суперечливі. Наприклад, граничне значення зносу може бути 0,025 мм, 0,50 мм або 1,20 мм. Однак було зроблено спільне відкриття, що у всіх корпусах цих деталей є поверхні з низькою стійкістю до зносу, що знижує термін служби машини. Крім того, основна увага дослідників була спрямована на вивчення зносу та відновлення зубчастих коліс тракторів і автомобілів, а недостатньо уваги приділено сільськогосподарським машинам, зокрема бурякозбиральним комбайнам. Тому вихідних даних для розробки номенклатури деталей машин, що підлягають відновленню, недостатньо.

Ремонт передач в майстернях проводиться в обмежених обсягах і без належного обґрунтування. Однією з причин такої ситуації є відсутність чітких рекомендацій щодо вибору технології відновлення з урахуванням конкретних умов експлуатації деталі. Тому збір статистичних даних про величину зносу та визначення браку, придатності до відновлення та експлуатації, а також повторюваності дефектів деталей, ремонтного фонду є одним із основних завдань даної роботи.

Від обраного способу усунення дефекту залежить не тільки ефективність відновлення самої деталі, а й економічність ремонту машини в цілому. Для відновлення деталей доцільно використовувати прогресивні методи, в тому числі наплавлення. Але на відміну від машинобудування, де використовуються заготовки з заданими параметрами і властивостями, при реставрації заготовка є зношеною деталлю. Тому, поряд з важкозварюваним матеріалом, ремонт зубчастих коліс наплавленням ускладнюється також насиченістю чавуну сторонніми речовинами, наприклад жиром або рослинним соком. Незважаючи на наявні складнощі, виробничий досвід технологій

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		9

наплавлення дозволяє зробити висновок про можливість якісного відновлення чавунних деталей. Враховуючи, що наплавлення є дешевим, простим і найпоширенішим способом відновлення деталей машин, розробка ефективної технології наплавлення чавунних деталей є актуальною. При цьому необхідно прийняти оптимальне рішення як щодо режиму подальшої механічної обробки, так і щодо геометрії ріжучого інструменту та марки матеріалу його ріжучої частини. Це не досліджувалося в наукових дослідженнях реставрації передач. Тому метою даної роботи є підвищення довговічності чавунних зубчастих коліс на основі виявлення закономірностей ушкоджень та розробки ефективної технології їх відновлення з використанням наплавлення розрізними електродами.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Дослідити існуючі технології та методи, спрямовані на підвищення надійності та проведення ремонтів машин та їх частин.
2. Провести дослідження з використанням математичного моделювання та регресійного аналізу для вивчення механічних властивостей відновлених поверхонь в залежності від варіації факторів режимів технологічних операцій наплавлення та механічної обробки. Також проводять багатокритеріальну оптимізацію, порівнюючи їх в лабораторних, стендових і експлуатаційних умовах випробувань відновлених деталей. Провести техніко-економічний аналіз ефективності виробництва розробки.
3. Розробити технологію наплавлення розрізним електродом чавунних корпусних деталей машин.

1.2. Аналіз конструкції трансмісії даного автомобіля ЗІЛ-130

1.2.1. Генеральний проект

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		10

Система трансмісії автомобіля відіграє важливу роль у передачі крутного моменту від двигуна до ведучих коліс, змінюючи його величину та напрямок. На автомобілях ЗІЛ-130 задні колеса виконують роль ведучих. Система трансмісії цих автомобілів складається із зчеплення, коробки передач, карданного вала, головної коробки передач, диференціала та приводних валів - півосі. Крутний момент передається через ці компоненти.

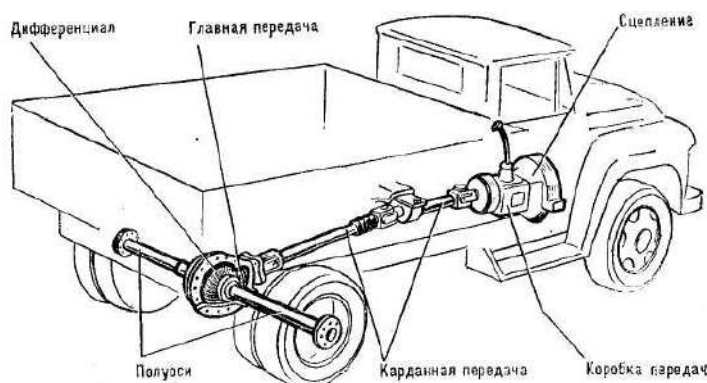


Рис. 1.1. Трансмісія автомобіля ЗІЛ-130

1.2.2. Зчеплення

Трансмісійний механізм відповідає за передачу крутного моменту від двигуна до трансмісії, тимчасове від'єднання двигуна від трансмісії і їх плавне з'єднання при перемиканні передач і рушанні автомобіля з місця.

Робота механізму зчеплення заснована на використанні сил тертя. Принциповий пристрій механізму зчеплення показано на рисунку 1.2. Ведучий диск з'єднаний з маховиком, а карданний вал насаджений на карданний вал коробки передач. Диски стискаються пружинами, і в результаті тертя між ними крутний момент від двигуна передається на ведучий вал коробки передач. Плавність включення забезпечується ковзанням дисків до повного притискання один до одного.

									Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата	ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ				11

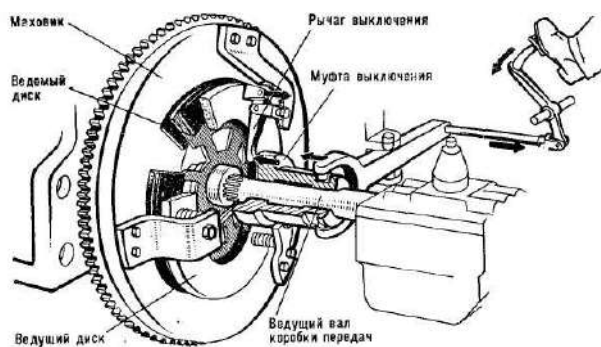
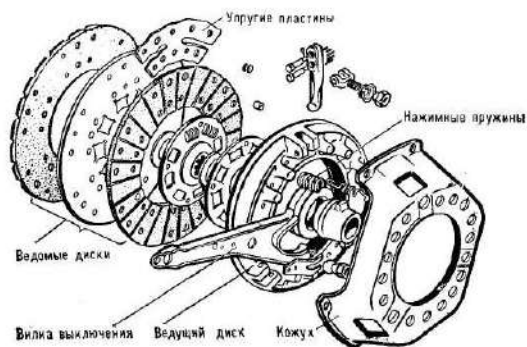
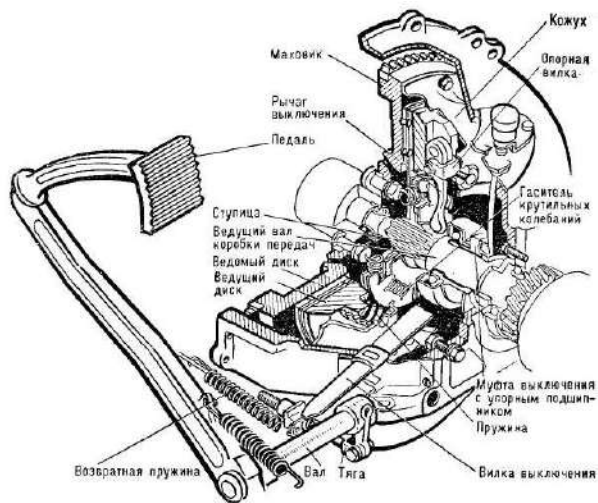


Рис. 1.2. Будова і схема зчеплення

Автомобілі оснащені сухим, постійно закритим зчепленням. Термін «сухе зчеплення» походить від того факту, що натискний і ведучий диски повинні бути сухими для передачі моменту поверхонь, що обертаються.

Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата

ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ

Арк

12

Термін «постійно закритий» використовується через те, що ведучий і натискний диски завжди притиснуті один до одного і відпускаються лише на короткий час під час перемикання передач або гальмування автомобіля.

До складу зчеплення, крім дисків, входять кожух, ковпаки, важіль розжиму, натискні пружини і привід зчеплення. Кришка зчеплення виготовлена зі сталі і кріпиться до маховика болтами. Запірні важелі закріплені всередині корпусу на опорних болтах, зовнішні кінці яких шарнірно з'єднані з натискним диском. Завдяки такому кріпленню приводний диск може рухатися, віддаляючись або наближаючись до кожуха, обертаючись разом з маховиком. Між ведучим диском і картером зчеплення розташовані пружини, які стискають натискний диск між ведучим і маховиком.

На корпусі і приводному диску є виступи і вирізи для установки пружин. На приводному диску в місцях установки пружин є теплоізоляційні прокладки, що захищають пружини від перегріву.

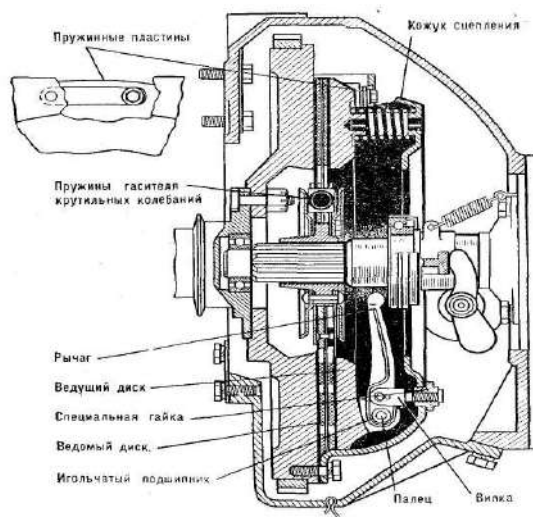


Рис. 1.3. Зчеплення автомобіля ЗІЛ-130

Зчеплення автомобіля ЗІЛ-130 (див. рис. 1.3) складається з одного ведучого диска, який розташований на шліцьовому кінці ведучого вала коробки

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		13

передач, кришки зчеплення, яка кріпиться до маховика болтами, і важелі розблокування, які кріпляться до кришки опорними стрижнями. Через ці важелі обертовий момент передається від корпусу до приводного диска. Зовнішні кінці важелів з'єднані з виступами ведучого диска шарнірними з'єднаннями. Опорна вилка на корпусі фіксується гайкою зі сферичною поверхнею.

Відомий сталевий диск з фрикційними накладками з'єднаний з маточиною гасником крутильних коливань. Фрикційні накладки з азбестопластику кріпляться до відомого диску заклепками, головки яких заглиблені.

Механізм виключення зчеплення може мати механічний або гідравлічний привід з пневматичним підсилювачем. На автомобілі ЗІЛ-130 механізм вимикання зчеплення складається з педалі, поворотної пружини, ролика з важелем, тяги, важеля пиляння вимикання зчеплення, кочанів, зчеплення з нерухомою шарикопідшипником і пружини розтягування.

При натисканні на педаль зчеплення за допомогою тяги і ролика звилкою переміщується ввімкнене зчеплення з увімкненим підшипником. Застряглий підшипник натискає на внутрішні кінці важелів розчеплення, спричиняючи послаблення диска, звільнення відомого диска – зчеплення вимикається. Для включення зчеплення педаль відпускають, під дією поворотної пружини вмикається зчеплення з упорним підшипником, звільняючи важелі розчеплення і ведучий диск. Притискаючи маховик в сторону з пружинами, він затискає відомий диск - зчеплення включається.

1.2.3. Коробка передач (Коробка передач)

Коробка передач відповідає за зміну крутного моменту, що передається від колінчастого вала двигуна на карданний вал. Він також дозволяє

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		14

автомобілю рухатися заднім ходом і забезпечує тривале відключення двигуна від трансмісії під час стоянки та руху накатом.

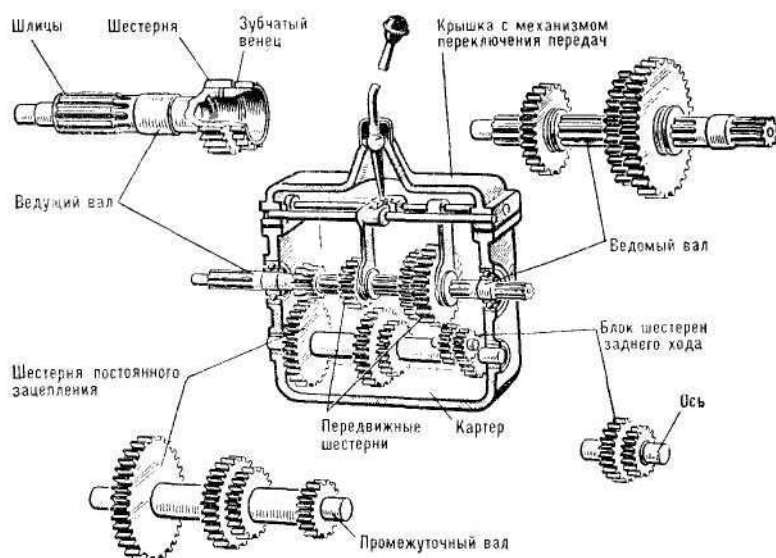


Рис. 1.4. Схема коробки передач

Під час руху автомобіля з місця на підйом з вантажем момент, що передається на колеса, повинен бути більшим, ніж при горизонтальному русі, коли автомобіль рухається за інерцією і опір руху менший. Для цього використовуються коробки передач зі змінними числовими характеристиками передачі.

Коробка передач (див. рис. 1.4) складається з картера, в якому розміщені вали з шестернями, відомий вал, проміжний вал, вал заднього ходу, комплект шестерень і механізм перемикання передач. Корпус редуктора виготовлений з чавуну і має верхню і бічні панелі, гнізда для кріплення валів і осей. У нижній і бічних частинах зроблені отвори для зливу відпрацьованого масла і заливки нового масла в коробку.

Привідний вал виготовлений із сталі разом із ведучими шестернями та вінцем. Передній кінець ведучого вала встановлюється в підшипник на колінчастому валу, а задній — у передній частині картера. Він встановлений так, що всередині картера знаходяться тільки ведуча шестерня і вінець, а на

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		15

виступаючу з коробки шліцьову частину вала встановлений всім відомий диск зчеплення. Відомий вал має шліци і підшипниковий вузол, що спирається на роликівий підшипник, встановлений на виступаючій частині ведучого вала. Інший кінець відомого вала в гніздо коробки встановлюється в шарикопідшипник. Рухомі шестерні встановлені на шліцах відомого вала. Осі обох валів збігаються.

Проміжний вал складається з шестерень різного діаметру, виконаних у вигляді блоку і закріплених на ньому. Редуктор встановлений на роликівих підшипниках на осі разом з валом, який також спирається на корпуси в картері. Проміжний вал завжди обертається разом з приводним валом, оскільки їх шестерні знаходяться в постійному зачепленні.

Шестерні заднього ходу (одна або у вигляді блоку з двох передач) закріплені на валу, що обертається в отворах стінок картера.

Механізм перемикання передач використовується для вмикання передач, переведення передач у нейтральне положення та активації передачі заднього ходу. Шестерні вмикаються за допомогою переміщення муфт або шестерень на відомому валу. Залежно від кількості рухомих муфт або передач визначається тип коробки. За кількістю передач, що включаються для руху вперед, розрізняють три-, чотири- і п'ятиступінчасті коробки передач. Механізм перемикання передач зазвичай розташований у верхній кришці, а важіль перемикання передач знаходиться безпосередньо на кришці коробки.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		16

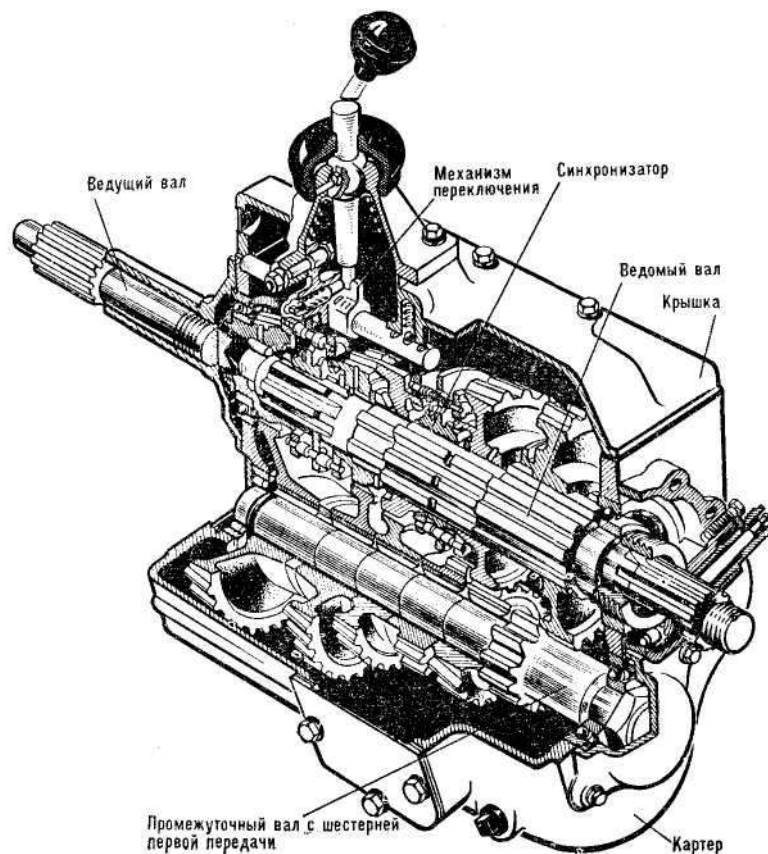


Рис. 1.5. Коробка передач автомобиля ЗИЛ-130

П'ятиступінчаста коробка передач автомобіля ЗІЛ-130 має п'ять передач вперед і одну передачу назад. На цьому автомобілі встановлена триступінчаста коробка передач (див. рис. 2.5). Для включення другої і третьої передач в коробці передач є два синхронізатора. Шестерні на ведучому, проміжному і протяжному валах, крім першої передачі, завжди зачеплені і мають косі зуби. Всі шестерні на проміжному валу, крім шестерні першої передачі, виготовлені окремо і закріплені на ньому шпонками.

Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата

ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ

Арк

17

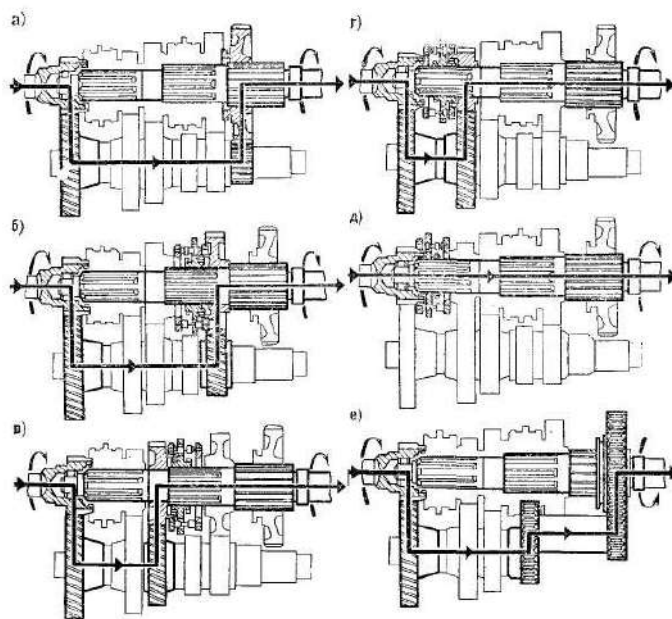


Рис. 1.6. Включення передач в коробці передач автомобіля ЗІЛ-130:

а – перший;

б – другий;

у – третій;

г – четвертий;

у – п'ятий;

е - задня.

На відомому валу перша шестерня шліцьова, а інші шестерні вільно обертаються на валу. Зливний отвір картера закрито пробкою з магнітом для уловлювання часток чавуну та сталі. Верхня кришка коробки передач закрита, на ній розташований механізм перемикання передач. Два бокових люки закриті штампованими кришками. На деяких спеціальних автомобілях в ці люки можуть бути встановлені додаткові механізми.

Включення першої передачі (див. рис. 1.6, а) здійснюється шляхом переміщення вперед шестерні першої передачі на відомому валу.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		18

Друга передача (див. рис. 1.6, б) включається переміщенням назад муфти синхронізатора другої і третьої передач. Внутрішні зуби муфти зачіпають вінцем шестерню другої передачі, закріплюючи її на відомому валу.

Третя передача (див. рис. 1.6, в) включається переміщенням муфти синхронізатора вперед. Внутрішні зуби муфти зачіпаються вінцем з шестернею третьої передачі, закріплюючи її на відомому валу.

Четверта передача (див. рис. 1.6, г) включається переміщенням назад муфти синхронізатора четвертої і п'ятої передач. Зуби муфти фіксують шестерню четвертої передачі на відомому валу через вінець.

П'ята передача (див. рис. 1.6., е) включається переміщенням тієї ж муфти синхронізатора вперед. При цьому зовнішні зуби муфти входять в зачеплення з внутрішніми зубами приводного вала, з'єднуючи його безпосередньо з відомим валом (пряма передача). Проміжний вал в цій передачі крутного моменту участі не бере.

Передача заднього ходу (див. рис. 1.6., д) вмикається переміщенням шестерні першої передачі по шліцях відомого вала назад до зчеплення з шестернею блоку реверсу. Передача крутного моменту від проміжного вала до головного буде відбуватися через додаткову шестерню, в результаті чого головний вал буде обертатися в протилежну сторону.

Синхронізатор. Безшумне включення шестерень можливе за умови попереднього вирівнювання швидкостей обертання шестерень, що входять у зачеплення. Для цього і потрібен синхронізатор. В автомобілі ЗІЛ-130 використовується синхронізатор інерційного типу. На шестернях другої, третьої і четвертої передач, а також на ведучому валу є бічні конічні виступи з внутрішніми зубами для включення.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		19

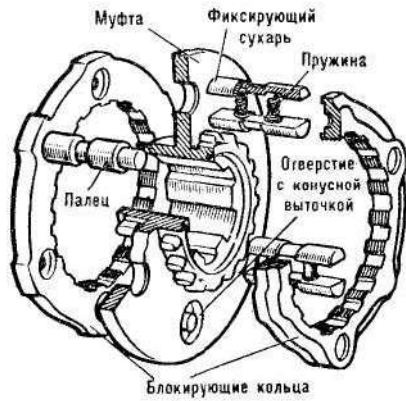


Рис. 1.7. Синхронизатор КПП ЗИЛ-130

Синхронизатор (рис. 1.7.) складається з муфти, на якій на шліцах відомого вала насаджено два зубчастих вінця, двох стопорних кілець з внутрішніми конічними поверхнями, трьох пальців і трьох стопорних розрізних втулок з пружинами. У муфті виконано шість отворів, які мають з боків конічні пази. Через три з них проходять пальці, які жорстко з'єднують стопорні кільця. У середній частині пальців зроблені пази з конічними фасками. Через інші три отвори проходять розрізні втулки з конічними поглибленнями посередині, в які вставляються пружини. Під час руху муфти синхронизатора стопорні кільця піднімаються до контакту з конічною поверхнею виступу шестерні, яка входить в зачеплення. В результаті різниці в частоті обертання муфти синхронизатора і включеної шестерні стопорні кільця переміщуються відносно отворів диска, а пальці, спираючись на конічний отвір муфти, перешкоджають її подальшому переміщенню. При вирівнюванні швидкості обертання шестерні і стопорних кілець конічні поверхні канавок пальців і отворів муфти не перешкоджають її подальшому руху; розрізні втулки сходяться, пружини стискаються, зчеплення переміщується і шестерня вмикається безшумно.

1.3. Розрахунок і структура характеристик трансмісії автомобіля.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		20

Розрахунок швидкісних характеристик вузлів трансмісії.

При навантаженні та внутрішньому тиску повітря, встановлених у стандартах для шин вантажних автомобілів і автобусів, відношення висоти профілю до ширини профілю (N/V) приблизно дорівнює 1. Для легкових автомобілів, якщо шини мають позначення в дюймах, то N /V - близько 0,95, у разі змішаного (міліметрового) позначення - приблизно 0,8-0,85. У радіальних шинах легкових автомобілів в маркуванні вказується індекс, який відображає співвідношення N/U. Для цього автомобіля він становить 0,9 (позначення шин 215/90R15).

При навантаженні та внутрішньому тиску повітря, зазначених у стандартах на шини для вантажних автомобілів і автобусів, а також шин із регульованим тиском, співвідношення висоти протектора до ширини протектора (N/W) становить приблизно 1. Для легкових автомобілів, якщо шини дюймові, розміром , тоді N/A становить приблизно 0,95, а у випадку змішаного (міліметрового) позначення – приблизно 0,8-0,85. Радіальні шини для легкових автомобілів мають індекс, відповідний відношенню N/W. Для цього автомобіля він дорівнює 0,9 (позначення шини 215/90R15). Для вантажних шин, автобусів і шин з регульованим тиском (крім широкого профілю), а також для діагональних шин легкових автомобілів значення λ змішаного позначення становить від 0,85 до 0,9, а для радіальних шин легкових автомобілів від 0,8 до 0,85.

$$U_{tr1-1} = 4,1 * 1 * 5,25 = 21,1 \quad U_{tr1-2} = 4,1 * 1,9 * 5,2 = 40,96$$

$$U_{tr2-1} = 2,6 * 1 * 5,1 = 13,5 \quad U_{tr2-2} = 2,6 * 1,9 * 5,1 = 26,24$$

$$U_{tr3-1} = 1,5 * 1 * 5,12 = 8,09 \quad U_{tr3-2} = 1,5 * 1,9 * 5,12 = 15,7$$

$$U_{tr4-1} = 1 * 1 * 5,1 = 5,1 \quad U_{tr4-2} = 1 * 1,9 * 5,12 = 9,9$$

$$V_{a1-1} = 0,105 * 805 * 0,384 / 21,115 = 1,42 \text{ м/с}$$

$$V_{a1-2} = 0,105 * 805 * 0,384 / 40,963 = 0,74 \text{ м/с}$$

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		21

$$V_{a1-1} = 0,105 * 4050 * 0,384 / 21,15 = 7,2 \text{ м/с}$$

$$V_{a1-2} = 0,105 * 4050 * 0,384 / 40,96 = 3,6 \text{ м/с}$$

$$V_{a4-1} = 0,105 * 805 * 0,343 / 5,12 = 5,7 \text{ м/с}$$

$$V_{a4-2} = 0,105 * 805 * 0,38 / 9,94 = 3 \text{ м/с}$$

$$V_{a4-1} = 0,105 * 4005 * 0,384 / 5,12 = 28 \text{ м/с}$$

$$V_{a4-2} = 0,105 * 4005 * 0,384 / 9,9 = 16 \text{ м/с}$$

Розрахунок крутного моменту на ведучих колесах

Поворотний момент на ведучих колесах при передачі коробки передач розраховується за формулою:

$$M_{kh} = X * U_{kp} * U_{dp} * U_o * I_{tr}, \text{ Н*м,}$$

де X - різні значення крутного моменту на колінчастому валу;

U_{kp} - передавальні числа коробки передач;

U_o - передавальне число головної передачі;

U_{dp} - передавальне число додаткової передачі;

$$M_{k1-1} = 153,9 * 4,2 * 1 * 5,125 * 0,9 = 2903,25 \text{ Нм}$$

$$M_{k1-2} = 153,9 * 4,2 * 1,84 * 5,125 * 0,9 = 5636,25 \text{ Нм}$$

$$M_{k1-1} = 132,8 * 4,2 * 1 * 5,125 * 0,9 = 2509 \text{ Нм}$$

$$M_{k1-2} = 132,8 * 4,2 * 1,84 * 5,125 * 0,9 = 4859 \text{ Нм}$$

$$M_{k4-1} = 153,9 * 1 * 1 * 5,25 * 0,89 = 5636,25 \text{ Нм}$$

$$M_{k4-2} = 153,9 * 1 * 1,84 * 5,25 * 0,89 = 1368 \text{ Нм}$$

$$M_{k4-1} = 132,8 * 1 * 1 * 5,25 * 0,99 = 4859 \text{ Нм}$$

$$M_{k4-2} = 132,8 * 1 * 1,84 * 5,25 * 0,89 = 1179,34 \text{ Нм}$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 4.1.

Розрахунок крутного моменту на виході з коробки передач

Момент на виїзді з КПП розраховуватиметься за формулою:

$$M_{k \text{ вихід}} = X * U_{agr}, \text{ Н*м,}$$

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		22

де X - крутний момент на вході в коробку передач,

U_{agr} —передавальні числа коробки передач.

$$M_k \text{ output1- I} = 153,9 * 4,12 = 628,9 \text{ Н*м}$$

$$M_k \text{ output1- IV} = 153,9 * 1 = 153,9 \text{ Н*м}$$

$$M_k \text{ output5- I} = 132,8 * 4,12 = 544,02 \text{ Н*м}$$

$$M_k \text{ вихід 5- IV} = 132,8 * 1 = 132,8 \text{ Н*м}$$

Таблиця 1.4

Результати розрахунків швидкостей і моментів, на різних передачах коробки передач, на ведучих колесах.

Параметри	одиниці вимірювань	n1=800 про/хв	n2=1600 про/хв	n3=2400 про/хв	n4=3200 про/хв	n=4000 про/хв
V1-1	m/z	1.31	2.92	4.3	5.74	7.15
V2-1	m/z	2.3	4.4	6.7	8.9	12
V3-1	m/z	3.78	7.5	12	14.8	18.49
V4-1	m/z	5.7	12.6	17.6	23.3	28
V1-2	m/z	0,83	1.5	2.28	2.8	3.73
V2-2	m/z	1.23	2.37	3.5	4.64	5.77
V3-2	m/z	1.8	3,89	5.79	7,68	9.58
V4-2	m/z	3	7	8	13	16
M1-1	Н*м	2904,5	3113	3132	2902	2519
M1-2	Н*м	1862,9	1992 рік	1992 рік	1862 рік	1625 рік
M1-3	Н*м	1101	1178.2	1178.2	1098	94,69
M1-4	Н*м	706.3	755	755	704.1	609
M1-2	Н*м	5637,5	6037	6037	5635	4857
M2-2	Н*м	3612	3873	3883	3612	3117
M3-2	Н*м	2136,7	2320	2410	2134,5	1867 рік
M4-2	Н*м	1378	1473	1563 рік	1367.1	1178

За отриманими розрахунковими даними побудуємо графіки залежності моменту ведучих коліс від швидкості руху автомобіля вниз.

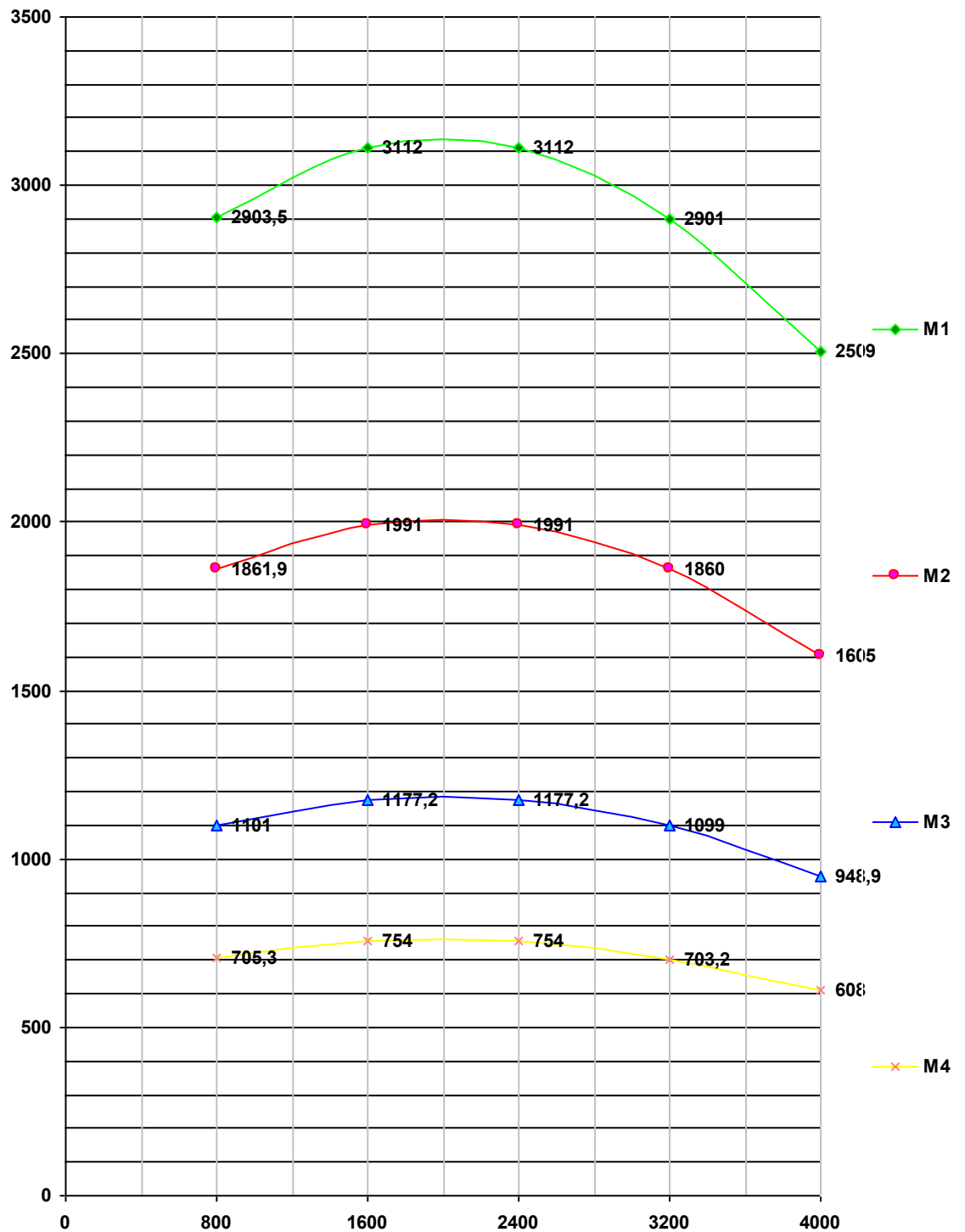


Рис. 1.8. Графік залежності моменту на ведучих колесах від швидкості автомобіля.

Крутний момент на виході з коробки передач для головної передачі розраховується за формулою:

$$M_{k \text{ вихід } gr} = M_{k \text{ вихід (I-IV)}} * U_0 ,$$

Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата

де M_k вих (I-IV) – крутний момент на виході з коробки передач для кожної включеної передачі;

U_o - передавальне число головної передачі.

$$M_k \text{ вихід gr} = 153,9 * 5,25 = 784,6 \text{ (Н*м)},$$

$$M_k \text{ вихід gr} = 153,9 * 5,25 = 784,6 \text{ (Н*м)},$$

$$M_k \text{ вихід gr} = 153,9 * 5,25 = 784,6 \text{ (Н*м)},$$

$$M_k \text{ вихід gr} = 153,9 * 5,25 = 784,6 \text{ (Н*м)},$$

Частота обертання колінчастого вала двигуна на вихідному валу коробки передач розраховується за формулою:

$$n_{out} = n_{in} / U_{agr}, \text{ про/хв},$$

де n_{in} – частота обертання колінчастого вала двигуна на первинному валу коробки передач;

U_{agr} —передавальні числа коробки передач.

Результати розрахунків зведені в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5

Результати розрахунків частоти обертання колінчастого вала двигуна на вихідному валу коробки передач.

Параметр	одиниці вимірювання	$n_1=800$ об/хв	$n_2=1600$ об/хв	$n_3=2400$ об/хв	$n_4=3200$ об/хв	$n=4000$ об/хв
нвих I	об/хв	195.2	389.3	583,5	778,8	972
нвих II	об/хв	305	608	908.1	1213.1	1516.2
нвих III	об/хв	507.3	1013,6	1519,9	2026.3	2532,6
нвих IV	об/хв	805	1605 рік	2405	3205	4005

На основі отриманих даних побудуємо графік залежності частоти обертання колінчастого вала двигуна від передавального числа коробки передач на вихідний вал коробки передач, як показано на рисунку 1.9.

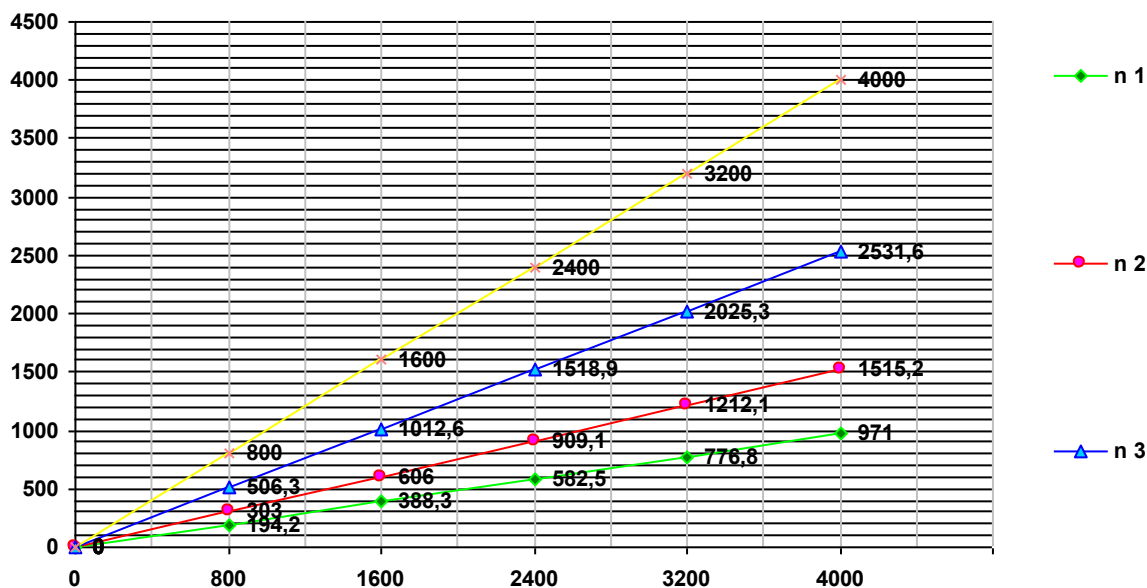


Рис. 1.9. Графік залежності частоти обертання колінчастого вала двигуна від передавального числа коробки передач на вихідному валу коробки передач.

Крутний момент, що передається на вихідний вал коробки передач для кожної передачі при відомих значеннях моменту двигуна, розраховується за формулою:

$$M_{кр} = X * U_{agr} , \text{ Н*м,}$$

де X - момент двигуна, при різних значеннях числа обертів колінчастого вала;

U_{agr} - передавальні числа коробки передач.

$$M_{кр I-1} = 153,9 * 4,2 = 628,9 \text{ Нм}$$

$$M_{кр IV-1} = 153,9 * 1 = 153,9 \text{ Нм}$$

$$M_{кр I-5} = 132,8 * 4,2 = 545 \text{ Нм}$$

$$M_{кр IV-5} = 132,8 * 1 = 132,8 \text{ Нм}$$

Результати розрахунків зведені в таблицю 1.6.

Таблиця 1.6.

Результати розрахунків крутного моменту на вихідному валу коробки передач.

Параметри	одиниці вимірювань	N 1=800 про/хв	N2=1600 про/хв	N 3=2400 про/хв	N 4=3200 про/хв	n=4000 про/хв
Мкп I	N * m	628,9	674,6	674,6	628,5	545
ICP II	N * m	404.7	432.6	432.6	404.4	348,9
ICP III	N * m	242.6	259.3	259.3	242.3	209.2
ICP IV	N * m	153.9	164,5	164,5	153.8	132.8

За отриманими результатами побудуємо графік зміни моментів на вихідному валу коробки передач на рисунку 1.10.

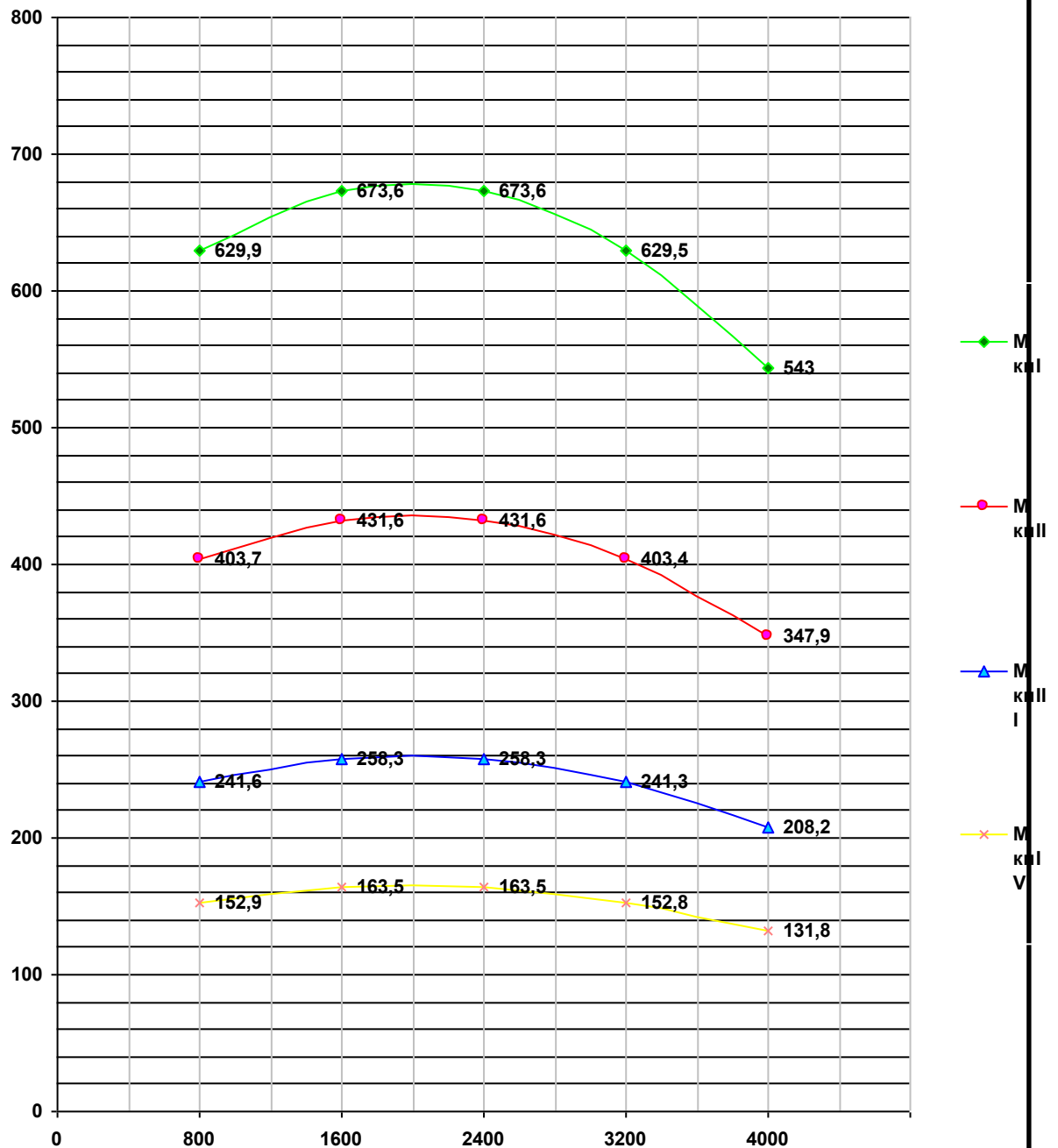


Рис. 1.10. Графік зміни моментів на вихідному валу коробки передач.

Аналізуючи розрахунки, можна зробити висновок, що залежність частоти обертання колінчастого вала двигуна і тягово-швидкісна характеристика автомобіля не змінюються прямо пропорційно. Максимальні значення переданого моменту знаходяться в діапазоні від 1500 до 2500 оборотів в хвилину, а при подальшому збільшенні частоти обертання колінчастого вала вони зменшуються.

Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата

2.ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ І СПОСОБІВ ТЕХНОЛОГІЇ НАПЛАВЛЕННЯ ЗУБЧАТИХ КОЛІС

2.1. Технологічні властивості процесу наплавлення

Наплавлення передбачає нанесення розплавленого металу на розплавлену металеву поверхню з подальшою кристалізацією для створення шару із заданими властивостями та геометричними параметрами. Наплавлення використовується для відновлення зношених деталей і при виготовленні нових деталей з метою отримання поверхневих шарів з підвищеною твердістю, зносостійкістю, термостійкістю, кислотостійкістю або іншими властивостями. Це дозволяє істотно збільшити термін служби деталей і скоротити витрати дефіцитних матеріалів при їх виготовленні. Більшість методів наплавлення, а також зварювання утворюють мобільну зварювальну ванну. В основній частині ванни основний метал розплавляється і змішується з електродним, а в хвостовій частині відбувається кристалізація розплаву і утворення металевго шва. Можливе нанесення шарів металу як однакових за складом, структурою і властивостями з металом деталей, так і істотно відмінних від них. Метал, що зварюється, вибирається з урахуванням експлуатаційних вимог і зварюваності. Наплавлення може виконуватись на плоскі, циліндричні, конічні, сферичні та інші поверхні в один або декілька шарів. Товщина шару, що наплавляється, може варіюватися в широких межах - від часток міліметра до сантиметрів. При наплавленні поверхневих шарів із заданими властивостями, як правило, хімічний склад наплавленого металу істотно відрізняється від хімічного складу основного металу. Тому при наплавленні необхідно дотримуватись ряду технологічних вимог. Перш за все, такою вимогою є мінімальне розбавлення спрямованого шару основним металом, який плавиться при накладенні валиків. Тому в процесі наплавлення

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		29

необхідно отримати наплавлений шар з мінімальним проникненням основного металу, оскільки в іншому випадку частка основного металу в утворенні наплавленого шару збільшується. Це призводить до непотрібного розбавлення наплавленого металу основним, що плавиться. Далі при наплавленні необхідно забезпечити мінімальну зону теплового впливу і мінімальні напруги і деформації. Ця вимога забезпечується зменшенням глибини проплавлення за рахунок регулювання параметрів режиму, приводної енергії, збільшення електродної відстані, використання широкої електродної стрічки та інших технологічних прийомів. Технологія наплавлення різних поверхонь передбачає ряд прийомів нанесення наплавленого шару: нитяні рулони з перекриттям один одного на 0,3-0,4 ширини, широкі рулони, отримані за рахунок коливань електрода впоперек напрямку осі рулону, електродні стрічки, та інші. Розташування роликів з урахуванням їх взаємного перекриття характеризують кроком наплавлення.

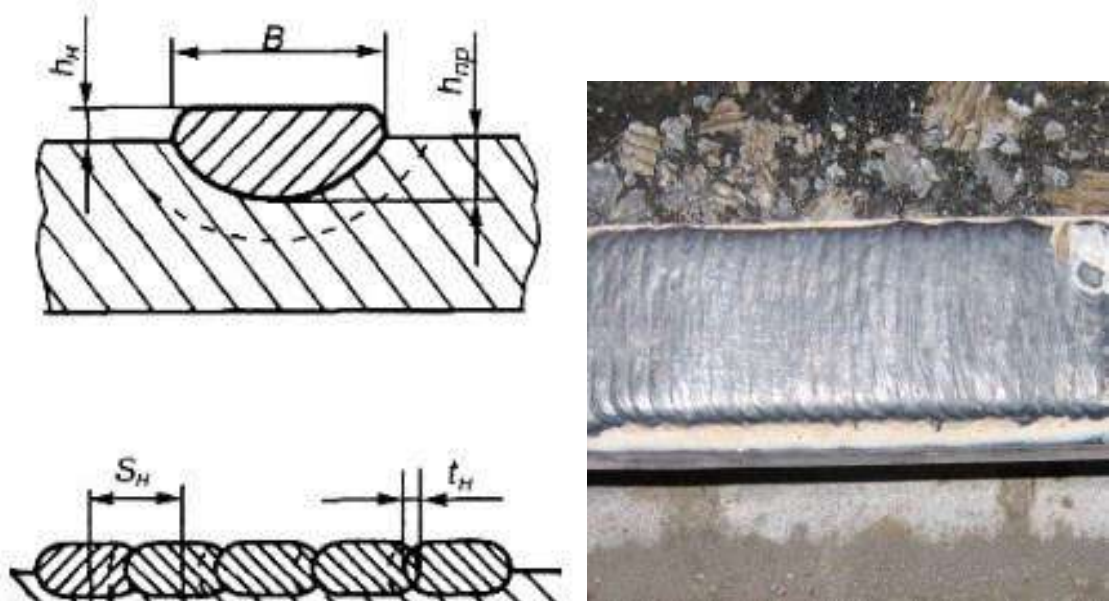


Рис. 2.1. Схема наплавлення:

B , h_n , $h_{пр}$ - ширина валика відповідно; S_n – крок наплавлення

Наплавлення криволінійних поверхонь тіл обертання можна виконувати

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		30

трьома способами (рис. 2.2): наплавленням роликів уздовж твірного тіла обертання, круговими рухами та по гвинтовій лінії.

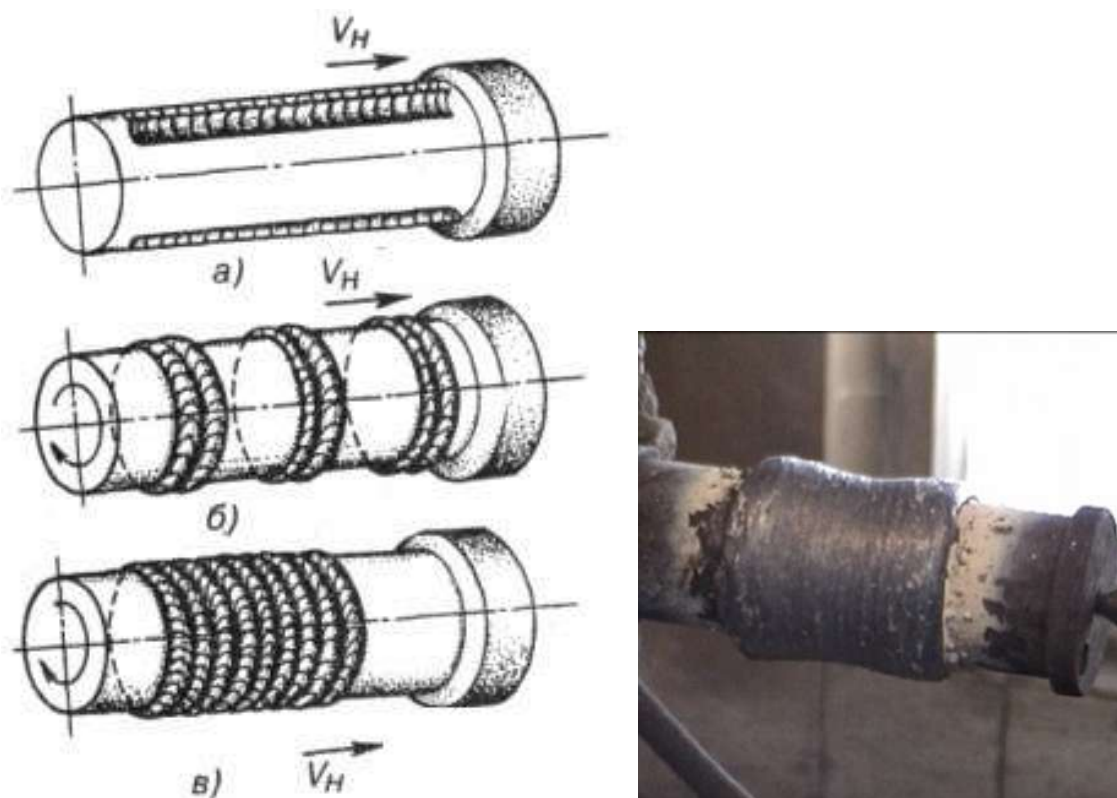


Рис. 2.2. Наплавлення тіл обертання:

а - вздовж формуючої поверхні; б - по круговій поверхні; в - висота наплавлення, глибина наплавлення

Наплавлення на формувальну поверхню виконується окремими роликами, аналогічно наплавленню плоских поверхонь. Наплавлення внахлест проводять також окремими роликами до повного змикання початкової і кінцевої ділянок зі зсувом на певний крок по формувальній частині. При гвинтовому наплавленні деталь безперервно обертається, а джерело тепла переміщується вздовж осі тіла зі швидкістю, що дозволяє підтримувати постійну відстань між кожним обортом деталі та виходом розплавленого металу, що дорівнює кроку наплавлення. Виконуючи наплавлення тіл обертання, необхідно враховувати можливість течії розплавленого металу в напрямку обертання деталі. У цьому випадку рекомендується переміщати

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		31

джерело тепла в напрямку, протилежному обертанню, з урахуванням довжини зварювальної ванни і діаметра виробу (див. рис. 2.3).

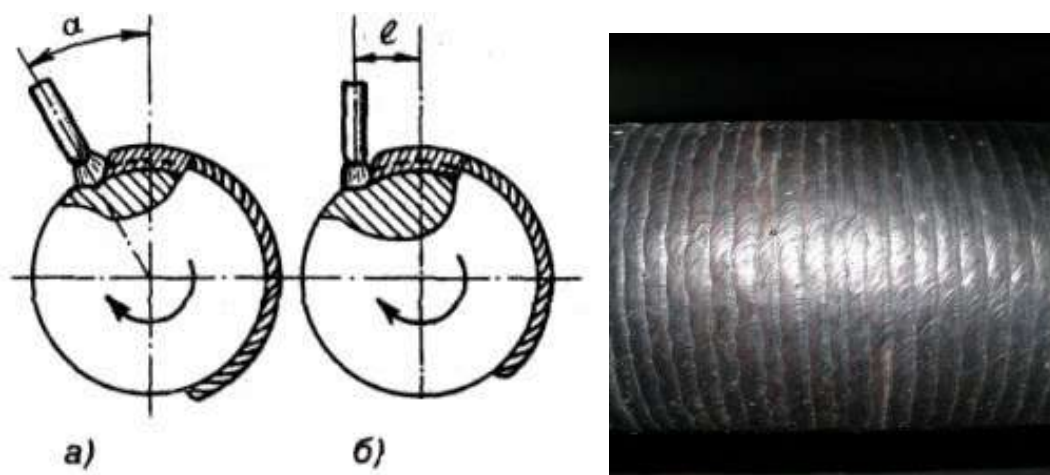


Рис. 2.3. Переміщення електрода при зварюванні тіл обертання:

а - з похилим електродом; б - з вертикально розташованим електродом

Вибір технологічних умов наплавлення здійснюється з урахуванням особливостей матеріалу деталі, що наплавляється. Умови без підігріву виробів зазвичай використовують для наплавлення деталей з низьковуглецевої та низьколегованої сталі. Наплавлення середньо- і високовуглецевої, легваної і високолегованої сталі часто проводять з попереднім нагріванням і подальшою термічною обробкою для зняття внутрішніх напружень. Іноді після наплавлення проводять термообробку (відпал), що сприяє зниженню твердості перед подальшою механічною обробкою шару. Для наплавлення найчастіше використовують дуговий і електрошлаковий способи зварювання. При виборі найбільш раціонального способу і технології наплавлення важливо враховувати умови експлуатації наплавленого шару та економічну доцільність процесу.

2.2. Методи і способи технології наплавлення

Зварювання під флюсом полягає в нагріванні і розплавленні металу за допомогою тепла дуги, яка горить між плавиться електродом і основним металом під захисним шаром флюсу. Цей вид наплавлення є одним з основних

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		32

способів механізованого наплавлення. Його головними перевагами є безперервність і висока продуктивність процесу, мінімальні втрати електродного металу і відсутність випромінювання відкритої дуги. Однією з особливостей зварювання під флюсом є створення гладкої поверхні наплавленого шару і плавний перехід між сегментами. Під час цього процесу можна використовувати чотири основні способи легування наплавленого металу (див. рис. 2.4).

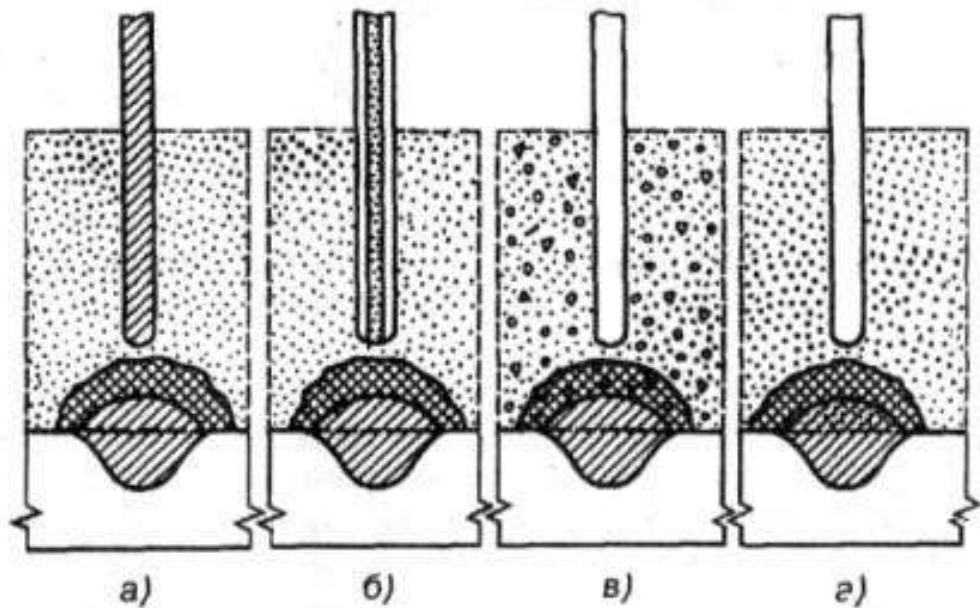


Рис. 2.4. Способи легування наплавленого металу:

- а - через зварювальний дріт; б - порошковий дріт; в - керамічний флюс;
 д - укладання легованої добавки

Застосування легованого дроту або стрічки і звичайних розплавлених флюсів. Наплавлення виконується з використанням легованих зварювальних дротів, спеціальних наплавлювальних дротів і легованих стрічок, у тому числі спечених. Як флюси використовують АН-20, АН-26 та ін., підбираючи їх за складом електродного металу.

1. Застосування порошкового дроту або порошкової стрічки і звичайних плавлених флюсів. Порошкову дріт або стрічку розплавляють по

дузі, утворюючи однорідний рідкий розплав. Цей спосіб дозволяє отримати наплавлений метал із загальним вмістом легуючих домішок до 40-50%. Марку порошкового дроту або стрічки вибирають залежно від необхідного типу наплавленого металу і необхідної твердості.

2. Використання звичайної низьковуглецевої дроту або стрічки і легування наплавлених флюсів (кераміка). Цей метод дозволяє вводити в наплавлений метал до 35% легуючих домішок. Для цього часто використовують керамічні флюси, наприклад АНК-18 і АНК-19, які забезпечують хороше формування наплавленого металу, легке відділення шлакової кірки, високу стійкість наплавленого металу до утворення пор і тріщин. .

3. Застосування звичайного низьковуглецевого дроту або стрічки і звичайних розплавлених флюсів з попереднім укладанням легуючих матеріалів на поверхню зварюваного виробу. Це може включати засипку або дозовану подачу легуючих порошоків, попередню укладання прутків або смуг з легованої сталі, намазування місць наплавлення спеціальними пастами і т. д. У всіх випадках нанесений легуючий матеріал розплавляється дугою і перетворюється в наплавлений метал.

На рис. 2.5 зображено схему наплавлення під шар флюсу тіл обертання. Між поверхнею деталі і електродним дротом збуджується електрична дуга. Розплавлена крапля електродного металу, рухаючись у напрямку обертання деталі, змішується з розплавленим основним металом, утворюючи зварювальну ванну. При охолодженні утворюється наплавлений валик, який покривається шлаковою кіркою і частково невикористаним флюсом.

У зв'язку з тим, що між наплавленням і зварюванням багато спільного в технології виконання, для наплавлення використовується таке ж обладнання, як і для зварювання відповідними методами.

Наплавлення вуглецевих і низьколегованих сталей виконують під розплавленими флюсами, наприклад ОСК-45, АН-348-А. Флюс АН-60

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		34

придатний для одно- і багатоелектродного зварювання таких сталей при нормальних і високих швидкостях, а також для зварювання електродними стрічками.

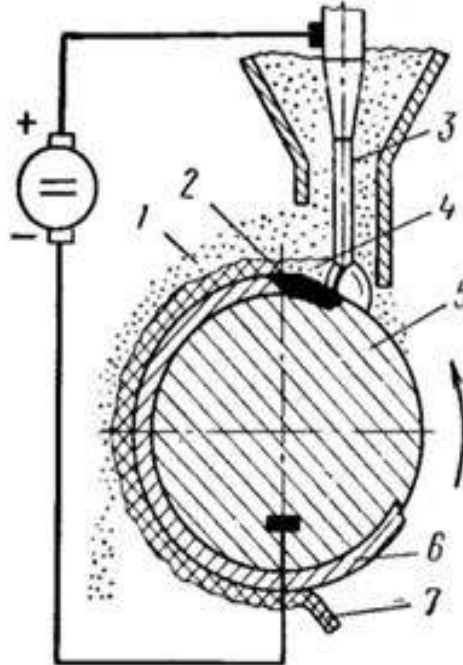


Рис. 2.5. Схеманаплавлення під шар флюсу:

1 – нерозплавлений флюс; 2 – метал у рідкому стані; 3 – електрод; 4 – шлак, що розплавився; 5 – за частина; 6 – наплавлений метал; 7 - кірка утворюється із шлаку.

Наплавлення легованих сталей проводять під малокремністими плавленими флюсами типу АН-22, АН-26 та ін., а високолегованих хромонікелевих сталей і сталей інших типів з легкоокислювальними елементами (титан, алюміній) - під фтористими флюсами, наприклад АНФ-1 і АНФ-5. Для запобігання утворенню шлакових включень і подрізів в наплавленому шарі при багат шаровому наплавленні необхідно ретельно видаляти шлакову кірку з попередніх шарів. Дугове зварювання в захисних газах застосовується в тих випадках, коли неможливо або важко подати флюс і видалити кірку шлаку. Перевагами даного виду наплавлення є візуальне

						ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата			35

спостереження за процесом і можливість його широкої механізації та автоматизації за допомогою серійного зварювального обладнання. Використовується для зварювання деталей у різних просторових положеннях, внутрішніх поверхонь, глибоких отворів, дрібних деталей і складних форм тощо.

Технологія наплавлення в захисних газах аналогічна технології наплавлення під флюсом, з тією лише різницею, що замість флюсу використовується газовий захист зони зварювання. Крім перерахованих переваг, це звільняє зварника від необхідності додавати флюс і видаляти шлак. Для зменшення розпилення металу наплавлення в захисному газі виконують найкоротшою дугою. Обшивка плоских поверхонь здійснюється шляхом поділу їх на окремі «розсипні» ділянки. Циліндричні деталі можна зварювати суцільним роликком по гвинтовій лінії або з поперечними коливаннями електрода.



Рис. 2.6. Варіанти наплавлення циліндричних поверхонь

Короткі секції можна зварювати за допомогою подовжених роликків, що рухаються вздовж осі циліндричної частини. Однак у цьому випадку можуть виникнути деформації, які необхідно вирівняти при напавленні. Для цього кожен наступний ролик необхідно приварювати з протилежного боку по

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		36

відношенню до вже звареної ділянки. При наплавленні внутрішніх циліндричних і конічних поверхонь використовують спеціальні подовжені мундштуки.

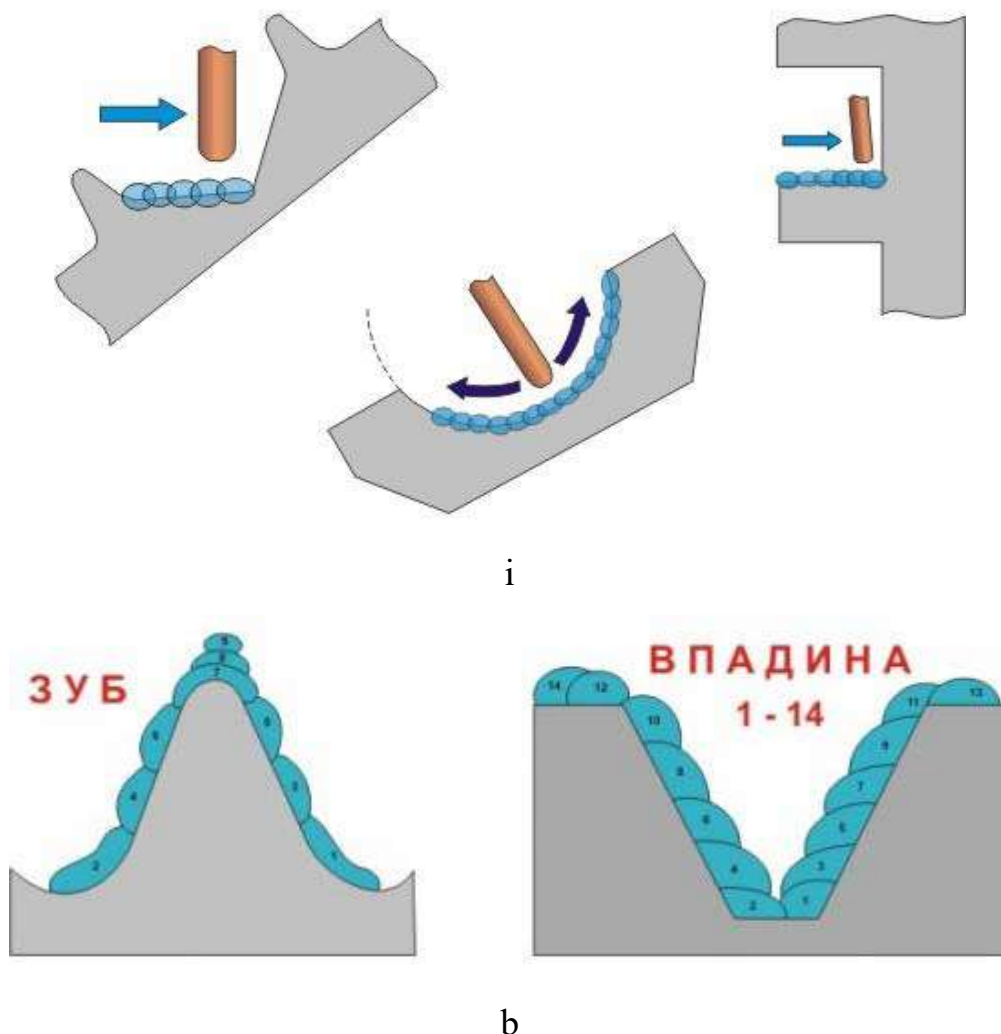


Рис. 2.7. Технологічні прийоми наплавлення складних поверхонь (а) і порядок нанесення наплавлювальних валиків на поверхню зубчастих коліс (б)

Осадження можна проводити у вуглекислому газі, аргоні, гелії та азоті. Високолеговані сталі, а також сплави на основі алюмінію і магнію зазвичай зварюють в аргоні або гелії. Осадження міді та деяких її сплавів можна проводити в нейтральному по відношенню до них азоті. При зварюванні вуглецевих і легованих сталей зазвичай використовують більш доступний

вуглекислий газ. Наплавлення може проводитися як плавкими, так і неплавкими електродами. Неплавкий вольфрамовий електрод часто використовується при зварюванні в середовищі аргону і гелію. Найпоширенішим видом наплавлення є наплавлення у вуглекислому газі за допомогою плавкого електрода на постійному струмі зворотної полярності. Враховуючи, що вуглекислий газ може окислювати розплавлений метал, в зварювальний дріт зазвичай вводять розкислювачі, такі як марганець, кремній та ін. При наплавленні використовується як суцільний дріт, так і порошковий. Для наплавлення деталей з вуглецевих і низьколегованих сталей з метою відновлення їх розмірів використовуються зварювальні дроти суцільного перерізу Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-12ГС, а також наплавлювальні матеріали типу Нп- 40, Нп-50, Нп-30 ХХСА та ін. При необхідності отримання напавленого шару з особливими властивостями застосовують дроти з порошковим покриттям.

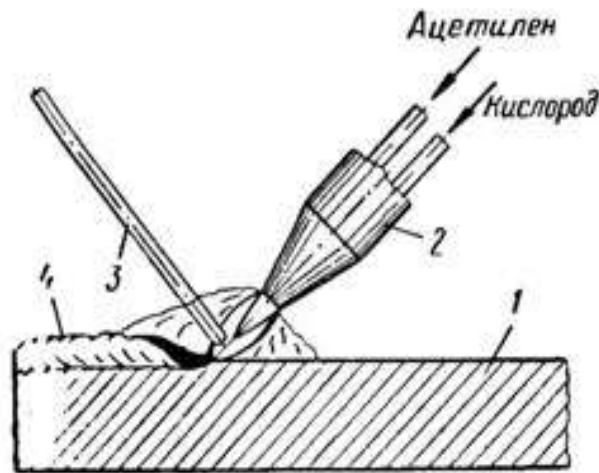


Рис. 2.8. Схема газового наплавлення:

1 – деталь, що зварюється; 2 – газова горілка; 3 – присадковий матеріал;

4 – метал, що наплавляється

Недоліком способу є те, що в процесі наплавлення у вуглекислому газі відбувається сильне розбризкування рідкого металу, що може призвести до

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		38

налипання бризок на мундштук і забруднення сопла пальника. Крім того, можливість обдування струменя газу вітром може ускладнити процес наплавлення на відкритому повітрі.

Дугове зварювання порошковими дротами відрізняється тим, що в серцевину дроту додають не тільки легуючі компоненти, а й шлакоутворюючі і газоутворюючі матеріали. Використання флюсу і газозахисту при зварюванні таким дротом не потрібно. Легуючі елементи порошкового дроту проходять в шов, а газо- і шлакоутворюючі матеріали утворюють захисне середовище, що захищає метал від кисню і азоту повітря. У дузі тонка плівка розплавленого шлаку покриває краплі рідкого металу та ізолює їх від повітря. Після застигання на поверхні наплавленого валика утворюється тонка шлакова кірка, яка може залишатися при нанесенні наступних шарів. Для наплавлення використовуються різні самозахисні порошкові дроти. Наприклад, для наплавлення низьковуглецевих шарів використовують зварювальні дроти типу ПП-АНЗ та ін. Для отримання шарів з особливими властивостями використовують спеціальні дроти, наприклад порошковий дріт ПП-3ХВ3Ф-О. Позначення «Про» в маркуванні порошкового дроту вказує на його призначення для зварювання відкритою дугою.

Технологія наплавлення самозахисним порошковим дротом в основному аналогічна технології наплавлення у вуглекислому газі. Відкрита дуга дозволяє точно направляти електрод і спостерігати за процесом формування наплавленого шару, що має велике значення при наплавленні деталей складної форми. Однією з переваг цього методу є використання менш складного обладнання в порівнянні з обладнанням, що використовується для наплавлення під флюсом і в захисних газах, а також можливість проведення наплавлювальних робіт на відкритому повітрі, що підвищує продуктивність порівняно з наплавленням під флюсом і в захисних газах і знижує вартість зварюваного металу.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		39

Плазмове осадження і напилення полягає в нагріванні присадного металу і основи за допомогою стиснутої дуги або газової плазми, яка утворюється або збігається зі стовпом дуги. Механізм утворення наплавленого шару такий же, як і при інших способах дугового зварювання. Для плазмового наплавлення в якості наплавлювальних матеріалів використовують дріт, прутки і порошки. Схема плазмового зварювання з уприскуванням порошку в дугу наведена на рис. 2.9.

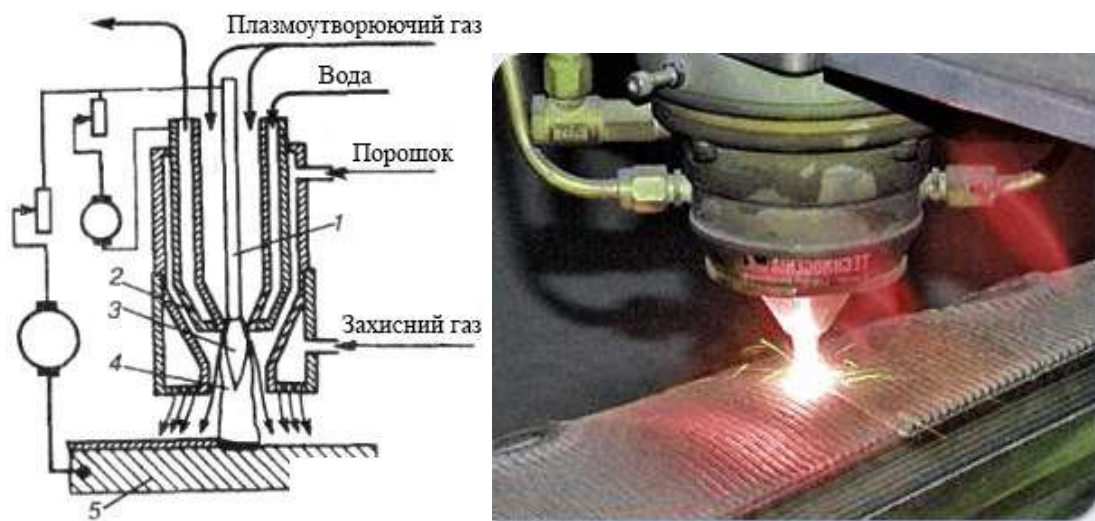


Рис. 2.9. Схема плазмового наплавлення з уприскуванням порошку в дугу

Між вольфрамовим електродом 1 і внутрішнім соплом 2 створюється дуга. Плазмоутворюючий газ, проходячи через дугу, утворює плазмовий струмінь 3, який забезпечує плавлення порошку присадки. Інша дуга 4, яка горить між електродом 1 і основним металом 5, збігається з плазмовим струменем. Ця дуга нагріває поверхню, сплавляючи порошок наповнювача та основний метал. Змінюючи силу струму, регулюють проплавлення основного металу. Товщина наплавленого шару може коливатися від 0,3 до 10 мм, з розбавленням основного металу від 3 до 30%. При плазмовому зварюванні присадковим дротом непряма дуга горить між вольфрамовим електродом і

									Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата					40

соплом, а дуга прямої дії горить між електродом і присадковим дротом. Обидві дуги забезпечують тепло основного металу. Регулюванням струму регулюють долю основного металу і продуктивність наплавлення. При цьому виріб, що зварюється, не включається в зварювальний ланцюг.

При плазмовому зварюванні використовують аргон, азот, вуглекислий газ, суміші аргону з гелієм або азотом та ін. Вибір захисного газу залежить від впливу на те, що зварюється, і основні метали. Генератором плазми може бути аргон, гелій, вуглекислий газ, повітря та ін. Для стабільного процесу наплавлення використовують неплавкі електроди, зокрема, з чистого вольфраму або з додаванням діоксиду торію, лантану та ітрію. Перевагами цього методу є невелика глибина провару, можливість нанесення тонких шарів, висока якість і гладка поверхня наплавленого металу.

Окрім наплавлення, плазмовий нагрів можна використовувати для напилення поверхневих шарів. Процес напилення відрізняється від наплавлення рядом особливостей. Напилення - це процес нанесення шарів металу з частинок напиленого матеріалу на нерозплавлену поверхню деталі. Наповнювач поставляється у вигляді дроту або порошку, який нагрівається газовим струменем і з високою швидкістю наноситься на поверхню виробу. Товщина напилюваного шару може варіюватися від сотих до десятих часток міліметра. Напилені шари мають меншу щільність і більшу пористість, що при порушенні технології може призвести до відшарування поверхні деталі.

Електрошлакове зварювання зазвичай поєднується з примусовим формуванням зварюваного шару. Суть процесу полягає в тому, що в просторі між поверхнею деталі і формувальним кристалізатором створюється розплавлена шлакова ванна, в яку подається електродний дріт.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		41

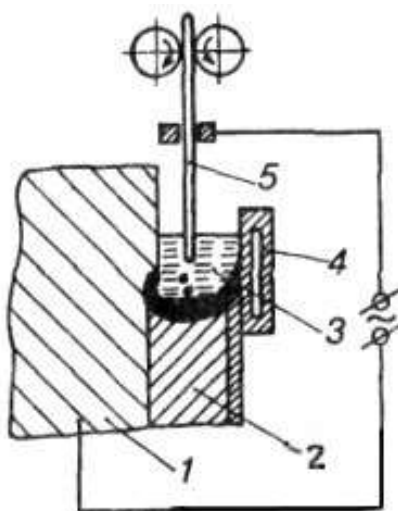


Рис. 2.10. Схема електрошлакового наплавлення на вертикальну поверхню

Струм, що протікає між електродом і виробом, нагріває шлакову ванну до температури понад 2000°C , в результаті чого електрод і неблагородні метали плавляться, утворюючи металеву ванну, при затвердінні якої утворюється наплавлений шар 2. .

Для здійснення процесу електрошлакового наплавлення різних поверхонь необхідна достатня глибина шлакової ванни, яку найлегше досягти при вертикальному або похилому розташуванні деталей. У порівнянні з дуговим зварюванням це менш універсальний спосіб, але він дуже ефективний у випадках, коли на деталь необхідно нанести товстий шар металу (більше 14-16 мм). Завдяки використанню великого струму і електродів великого перерізу вдається досягти високої продуктивності - до 150 кг наплавленого металу за годину.

Автомат зварювальний або наплавлювальний А-1406 (див. рис. 2.11). Апарат призначений для зварювання або наплавлення низьковуглецевих і легованих сталей плавкими електродами (суцільним і порошковим дротом). Він передбачає наступні способи наплавлення: в середовищі захисного газу;

відкрита дуга з порошковим дротом і стрічкою; під шаром флюсу суцільним дротом; розрізний електрод з відкритою дугою (за спеціальним замовленням).



Рис. 2.11. Зовнішній вигляд наплавлювального або зварювального апарату В-1406

Зварювання проводиться на постійному струмі з незалежними від параметрів дуги швидкостями зварювання і подачі електродного дроту. Верстат, встановлений на наплавлювальних верстатах типу У653, У654, забезпечує наплавлення зовнішніх і внутрішніх циліндричних і конічних поверхонь, а також плоских горизонтальних поверхонь.

Вібродугове наплавлення. Цей спосіб зазвичай використовують для зварювання таких деталей, як тіла обертання, діаметром 8 - 10 мм і більше. Суть цього способу наплавлення полягає в тому, що основний і електродний метал нагріваються до розплавлення теплотою, що виділяється в результаті виникнення періодично повторюваних електричних розрядів, тобто електричної дуги, що горить з перервами; Наплавлений шар утворюється в

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		43

процесі кристалізації розплавленого основного і електродного металу (див. рис. 2.12). Короткочасність і переривчасте горіння електричної дуги обумовлено коливаннями електродного дроту, які створюються за допомогою електромагнітних або механічних вібраторів. У процесі вібрацій спостерігаються короткі замикання внаслідок того, що електродний дріт торкається виробу (основного металу), який зварюється, і при обриві дроту виникає великий струм і спалахує електрична дуга. При середньому значенні струму $I_d = 170 \text{ А}$ додатковий струм досягає 1200 А .

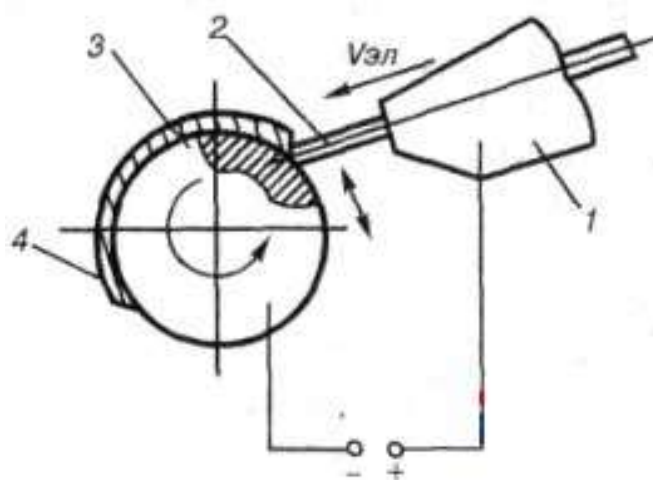


Рис. 2.12. Схема вібродугового наплавлення:

- 1 – вібраційний наконечник; 2 – електродний дріт; 3 – зачастина;
4 – шар, що наплавляється

Як присадковий матеріал використовують зварювальні дроти (одну або кілька), які можуть мати зворотно-поступальні рухи по зварювальній ванні, а також електродні стрічки, пластини або прутки великого перерізу, іноді труби, які використовують для зварювання циліндричних поверхонь. При наплавленні зазвичай використовують флюси типу АН-8, АН-22 та ін. Тривалість горіння дуги $0,002 - 0,003$ секунди.

Наплавлювальна установка складається з вібродугової головки, контрольної апаратури, ротатора і джерела струму. Під час зварювання

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		44

здійснюються такі рухи: обертання зварюваної деталі, поступальний рух головки вібродуги вздовж поздовжньої осі зварюваної деталі, подача дроту в зону дуги та вібрація дроту. Живлення здійснюється від випрямлячів, зварювальних генераторів, а також від низьковольтних трансформаторів із вторинною напругою 12 - 16 В і більше. Найкращі результати досягаються при зварюванні постійним струмом зворотної полярності. Зазвичай в ланцюг зварювання включається індуктивність, величина якої вибирається в залежності від частоти коливань електродного дроту, напруги, роду струму та інших факторів. Для наплавлення придатні зварювальні дроти діаметром 0,8 - 2,0 мм. З метою захисту розплавленого металу від взаємодії з навколишнім середовищем наплавлення проводять у струменях рідин або захисних газів, а також під шаром флюсу. Використовують водні розчини кальцинованої соди, суміші кальцинованої соди, мила і гліцерину, емульсії гліцерину.

Переривчастість процесу дозволяє отримати зону термічного впливу невеликої ширини, тому зварювані деталі мають дуже малі деформації, що особливо важливо при зварюванні складних виробів, виготовлених з високою точністю.

Якщо наплавлення проводиться в струмені рідини, то відбувається прискорене охолодження наплавленого металу, завдяки чому він має підвищену твердість і зносостійкість. Вібродугове зварювання ефективне, якщо необхідно зварити шари металу невеликої товщини.

Недоліками вібродугового наплавлення є відносно низький коефіцієнт наплавлення і низька продуктивність наплавлення.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		45

2.3. Теоретичні методи наплавлення

Наплавленню піддають основний метал найрізноманітніших класів і видів, у тому числі різні види сталей: вуглецеві, низьколеговані, литі, високомарганцеві аустенітні, корозійностійкі та ін.

Вуглецеві і низьколеговані сталі мають цілком задовільну пластичність і в'язкість, але високий рівень вуглецевого еквівалента вимагає використання попереднього підігріву як засобу запобігання утворенню тріщин. Враховуючи різноманітність виливків, єдиних рекомендацій щодо їх наплавлення немає. Однак при виборі режимів попереднього підігріву і наплавлення необхідно враховувати товщину заготовки, розмір кристалічного зерна і можливість ліквідації основного металу.

У зоні, прилеглої до наплавленого шару, властивості основного металу змінюються під впливом теплоти процесу осадження. Ця зона, яка називається зоною теплового впливу, характеризується максимальною твердістю і найбільшою чутливістю до тріщин. Збільшення вуглецевого еквівалента основного металу супроводжується максимальним збільшенням твердості в зоні термічного впливу. Тому при зварюванні вуглецевих і низьколегованих сталей вуглецевий еквівалент служить показником, який використовується для оцінки зварювальних властивостей основного металу, а також для вибору режиму попереднього підігріву.

Між вуглецевим еквівалентом і максимальною твердістю в зоні термічного впливу існує майже лінійна залежність, яка виражається рівнянням, отриманим для випадку наплавлення листа товщиною 20 мм електродами з покриттям діаметром 4 мм. ($I = 170$ А, $V_n = 15$ см/хв):

$$H_{\max} = (660 Se + 40) \pm 40,$$

де N_{\max} – максимальна твердість за Віккерсом у зоні термічного впливу (навантаження 100 Н); Se - вуглецевий еквівалент.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		46

Основний метал істотно впливає на склад і твердість наплавленого металу. Наприклад, склади першого і другого шарів, зварених порошковим дротом в атмосфері вуглекислого газу на підкладці з низьковуглецевої сталі, відрізняються від складів аналогічних шарів, зварених тим же дротом в тих же умовах на середньовуглецевої сталі. сталеву підкладку, що впливає на твердість цих шарів. Вплив основного металу на твердість наплавленого металу стає помітним лише після третього шару.

Склад n-го шару наплавленого металу можна розрахувати за допомогою наступного рівняння:

При зварюванні корозійностійкої сталі на маловуглецеву або низьколеговану сталь структуру зварюваного металу можна визначити за допомогою діаграми Шеффлера, представленій на рис. 2.13. Лінії з косими штрихами на цьому рисунку обмежують зони появи тріщин або зламу під впливом термічної обробки. Тому матеріали та режими осадження слід вибирати з урахуванням трикутної області на діаграмі Шеффлера, обмеженої значеннями хромового еквівалента в діапазоні від 18 до 24% і нікелевого еквівалента в діапазоні від 7 до 18%. З діаграми випливає, що при напиленні корозійностійкої сталі 308 (з вмістом основного металу 30%) на низьковуглецеву сталь структура наплавленого шару, що відповідає точці Р, складається із суміші аустеніту і мартенситу. При формуванні такої конструкції є ризик появи тріщин. Для отримання наплавленого металу, який повністю відповідає складу корозійностійкої сталі 308 при наплавленні на низьковуглецеву сталь, наплавлення слід проводити сталлю 309 з підвищеним вмістом легуючих елементів (25% Cr і 12% Ni) . У зв'язку з цим при наплавленні різнорідного (порівняно з матеріалом підкладки) металу часто використовують наплавлення підшару зі сталі 309.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		47

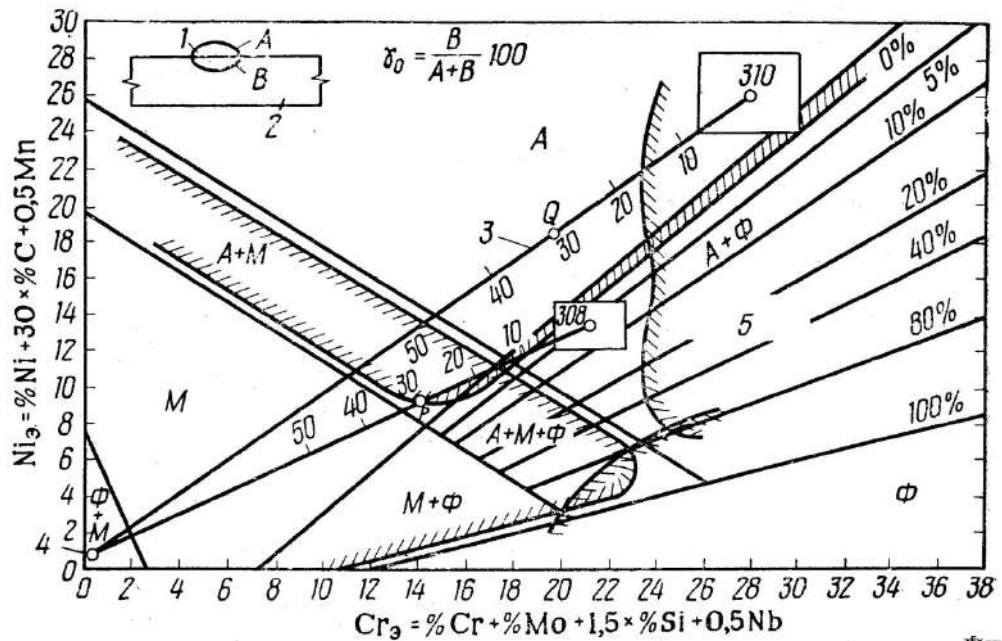


Рис. 2.13. Діаграма Шефлера для визначення структури зварюваного металу

Найважливішою проблемою, яка виникає при зварюванні корозійностійкої сталі з низьколегованою сталлю, є утворення крихкого науглероженого шару на межі розділу основний і зварюваний метал при тривалій термообробці. Цей шар стає причиною тріщин під час випробувань на бічний вигин. Мікроструктуру цієї граничної ділянки показано на рис. 2.14.

На малюнку верхня частина відповідає шару, наплавленому аустенітною корозійностійкою сталлю, а горизонтальна темна смуга посередині – прикордонному шару з підвищеною концентрацією вуглецю. Ця концентрація виникає в результаті дифузії вуглецю з основного металу під час термообробки. При цьому обезуглерожений шар зазвичай утворюється в основному металі безпосередньо під науглероженим шаром.

Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата

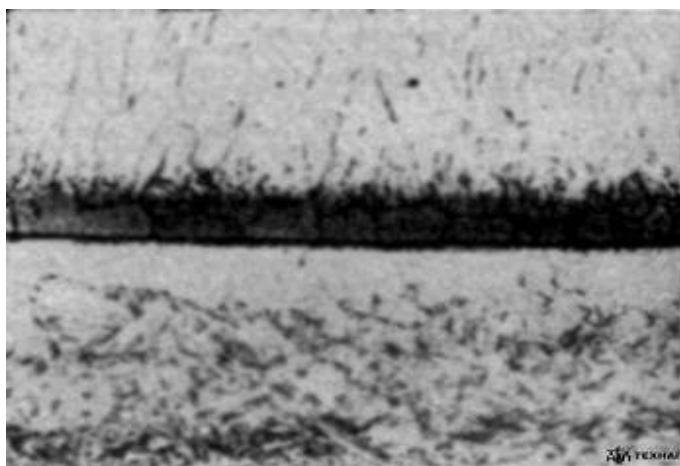


Рис. 2.14. Мікроструктура карбонізованого шару

Утворення наугленого шару пов'язане з дифузією вуглецю з основного металу в наплавлений. Це пов'язано зі значною різницею вмісту вуглецю між основними і наплавленими металами, а також різницею вмісту карбідоутворюючих елементів (таких як хром, титан, ніобій). Вміст вуглецю в крайовому цементованому шарі, який залежить від режиму термообробки і складу основного і наплавленого металів, часто перевищує 2%.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		49

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НАПЛАВЛЕННЯ РОЗРІЗНИМ ЕЛЕКТРОДОМ

3.1. Методи експериментальних досліджень

Збір інформації про показники надійності зубчастих коліс машин здійснюється шляхом спостереження за їх роботою в господарствах Миколаївської області. У дослідженні взяли участь 30 вагонів з трисезонним міжремонтним періодом і 19 вагонів із сезонним. Показники надійності аналізувалися за двома основними категоріями: NUN - показники довговічності та NRT - показники безвідмовності.

Визначення ремонтпридатних деталей здійснюється на основі вивчення їх конструктивних особливостей, способів виготовлення, наявності монтажних баз, а також можливості усунення дефектів існуючими способами ремонту. Для оцінки точності виготовлення і доступності поверхонь для обробки з однієї установки використовується мікровимірювання. Для всіх ремонтпридатних деталей використовується універсальний вимірювальний інструмент (24 одиниці одного типу). Методами математичної статистики та аналізу визначено величину та характер зносу, а також встановлено коефіцієнти придатності до відновлення, утилізації та експлуатації, а також повторюваність дефектів.

Спосіб відновлення зношених деталей машин вибирають з урахуванням усієї конструктивно-технологічної групи корпусних чавунних деталей і відповідно до програми ремонту. Багатофакторний експеримент проведено за $n=6$ розмірним планом типу Хартлі. Експериментальне наплавлення виконується на лабораторній установці для наплавлення (на базі 1К62). Контроль здійснюється за допомогою амперметра М-4202 для контролю зварювального струму, вольтметра М-381 для контролю напруги дуги, термометра ТТЦ-1-600 для вимірювання температури нагріву, а також ПМ-

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		50

0,41ГУЗ і РМ. -0,6ГУЗ ротаметри для вимірювання споживання пропан-бутану та кисню відповідно. Твердість вимірюють за допомогою приладу TR-5006. Геометричні розміри наплавленого шару та частку основного металу в наплавленому шарі визначають на макрозрізах, вирізаних із досліджуваних зразків у перерізі, перпендикулярному до наплавлених валків.

Таблиця 3.1

Назва фактора та його розмірність	Маркування	Факторні рівні			Інтервал вимірювання
		нижній -1	верхній +1	нуль 0	
Швидкість наплавлення, м/ГОД	$V_{НАП}$	7	15	15	5
Швидкість подачі дроту, м/ГОД	$V_{П.ДР.}$	150	205	177	25
Споживання кисню, л/ГОД	Q_K	125	207	167	55
Крок наплавлення, мм/об	$S_{НАП}$	7	12	7	4
Відстань між проводами, мм	a	4	8	7	3
Дискретність живильних проводів, °	a	35	65	47	16

Обробка отриманих результатів проведена за допомогою методів багатовимірного регресійного аналізу та комп'ютерної програми «STAT». Гіпотеза про адекватність моделі перевіряється за допомогою F-критерію Фішера на 5% рівні значущості. На основі отриманих моделей проведено кількісну оцінку впливу параметрів режиму наплавлення на параметри оптимізації. Оптимізацію параметрів технологічного режиму наплавлення проводять за відомою методикою з урахуванням комплексної оцінки критеріїв Байєса-Лапласа, Гурвіца, Севіджа та Ходжа-Лемана.

Стендові випробування на оброблюваність проводять на різцях, оснащених пластинами зі сплавів ВК6, ВК8, Т15К6 і Т5К10. Критерій оцінки - знос тильної поверхні леза. Для визначення оптимальної геометрії ріжучої частини найкращої марки різцевого сплаву проведено багатоваріантний експеримент за n=4-мірним планом типу Хартлі-Коно. Швидкість, глибина різання та подача перевіряються двадцятихвилинною витримкою найкращої марки фрези з оптимальною геометрією.

Металографічний аналіз структури наплавленого шару, зони наплавлення та основного металу проводять на мікроскопі МІМ-8М. Мікротвердість визначають за допомогою мікротвердомера ПМТ-3М.

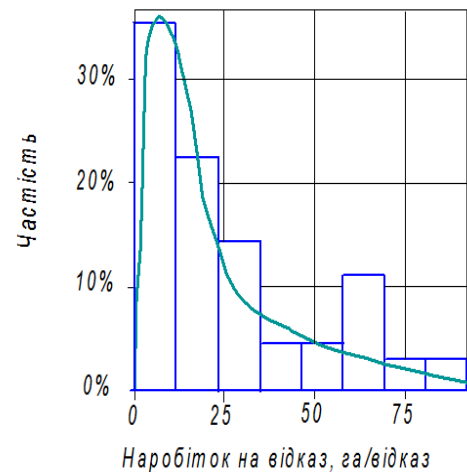
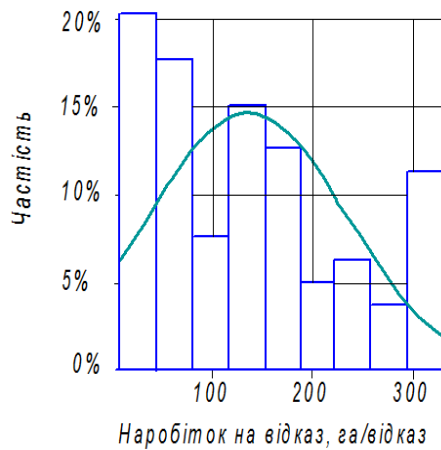
Експлуатаційні випробування відновлених деталей проводяться згідно з ДСТУ 3004-95, а впровадження розробленої технології здійснюється згідно з ГОСТ 15001-88.

3.2. Результати досліджень

Міжремонтний ресурс машин із трисезонним міжремонтним періодом (рис. 3.1, а) характеризується середнім значенням 287,5 га із середньоквадратичним відхиленням 38,5 га та коефіцієнтом варіації 0,376 і становить підпорядковується закону нормального розподілу. Часові зміни середнього значення міжремонтного ресурсу з імовірністю 0,90 коливаються від 275,6 га до 299,5 га з відносною граничною похибкою передачі 12%.

Міжремонтний ресурс машин із сезонним міжремонтним періодом (рис. 3.1, б) характеризується середнім значенням 89,5 га із середньоквадратичним відхиленням 3,3 га та коефіцієнтом варіації 0,297 і підлягає закон нормального розподілу. Часові зміни середнього значення міжремонтного ресурсу з імовірністю 0,90 знаходяться в діапазоні від 90,8 га до 88,2 га з відносною граничною похибкою перенесення 11%.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		52



і б

Рис. 3.2. Гістограми розподілу досліджуваних частот і диф функції теоретичних закономірностей розподілу заробітку на відмову зубчастих коліс машин з трисезонністю (а) і сезонний (б) між ремонтними періодами

Гамма-процентний (80%) міжремонтний ресурс машин з міжремонтним періодом становить:

- на трисезонний період – 255,1 га;
- на сезонний період – 86,7 га.

Параметр відмови зубчастих коліс машин:

- для машин з трисезонним міжремонтним періодом - 0,007 відмов/га;
- для машин із сезонним міжремонтним періодом - 0,038 відмов/га.

Імовірність невідповідальної роботи $\bar{P}(T)$ чавунних корпусних деталей описується експоненціальним законом і має середнє значення заробітку на відмову \bar{T}_0 таке ж значення, як і для автомобілів з міжремонтним періодом: три сезони $\bar{P}(T) = e^{-\left(\frac{T}{155,5}\right)^{1,5}}$, $\bar{P}(\bar{T}_0) = 0,426$; сезонний $\bar{P}(T) = e^{-\left(\frac{T}{27,4}\right)^{1,12}}$, $\bar{P}(\bar{T}_0) = 0,386$.

Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата

Інтенсивність невдач $\lambda(T)$ частин кузова з чавуну описується степеневим законом і є істотним для машин з міжремонтним періодом: трисезонні $\lambda(T) = \left(\frac{T}{155,5}\right)^{0,5} \cdot \frac{1,5}{155,5}$, $i\lambda(\bar{T}_0) = 0,009$ га/в; сезонний $\lambda(T) = \left(\frac{T}{27,4}\right)^{0,12} \cdot \frac{1,12}{27,4}$, $i\lambda(\bar{T}_0) = 0,041$ га

Середній час усунення відмов корпусних частин чавунних машин з міжремонтним періодом:

- трисезонний (рис. 3.3, а) становить 158,6 хв. із середнім квадратичним відхиленням 49,7 хв. і варіаціями коефіцієнта 0,56 і підпорядковується закону розподілу Вейбулла-Гніденка з наступними параметрами: $t_{3М} = 70$ хв.; $b=1,85$; $a=80,8$ хв.; $C_b = 0,499$; $K_b = 0,888$. Часові відхилення середнього статистичного часу усунення відмов зубчастого колеса з довірчою ймовірністю 0,95 знаходяться в межах 149,5 хв. До 167,7 хв. з відносною похибкою 11,3%;

- сезонний (рис. 3.3, б) має 98,7 хв. із середнім квадратичним відхиленням 21,8 хв. і коефіцієнт варіації 0,46 і підпорядковується закону розподілу Вейбулла-Гнеденка з такими параметрами: $t_{3М} = 52,5$ хв.; $b=2,24$; $a=52,3$ хв.; $C_b = 0,418$; $K_b = 0,886$. Часові відхилення середнього статистичного часу усунення відмов зубчастого колеса з довірчою ймовірністю 0,9 знаходяться в межах 94,2 хв. До 103,4 хв. з відносною похибкою 11,7%. Середній загальний час простою в міжремонтний період через несправності корпусних чавунних деталей становить для машин з міжремонтним періодом:

- трисезонний - 7,4 години;
- сезонний - 5,4 год.

Тривалість простою (з урахуванням коефіцієнта готовності) через відмову передач в міжремонтний період для машин з міжремонтним періодом:

- трисезонні - 2%;
- сезонний - 6%.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		55

Коефіцієнти придатності для відновлення зубчастих коліс високі і коливаються від 0,74 до 0,78. У той час як показники працездатності та браку значно нижчі і складають 0,10–0,15 та 0,11–0,12 відповідно. Виявлено 9 основних характерних дефектів зубчастих коліс. Високі значення коефіцієнтів придатності до відновлення в основному пояснюються низькою довговічністю посадочних поверхонь підшипників. Середнє значення повторюваності дефекту зносу посадкових поверхонь під підшипники машини становить 0,57 від загальної кількості дефектів і 0,76 від ремонтпридатних, тоді як середній коефіцієнт повторюваності інших дефектів становить 0,038 і 0,048 відповідно.

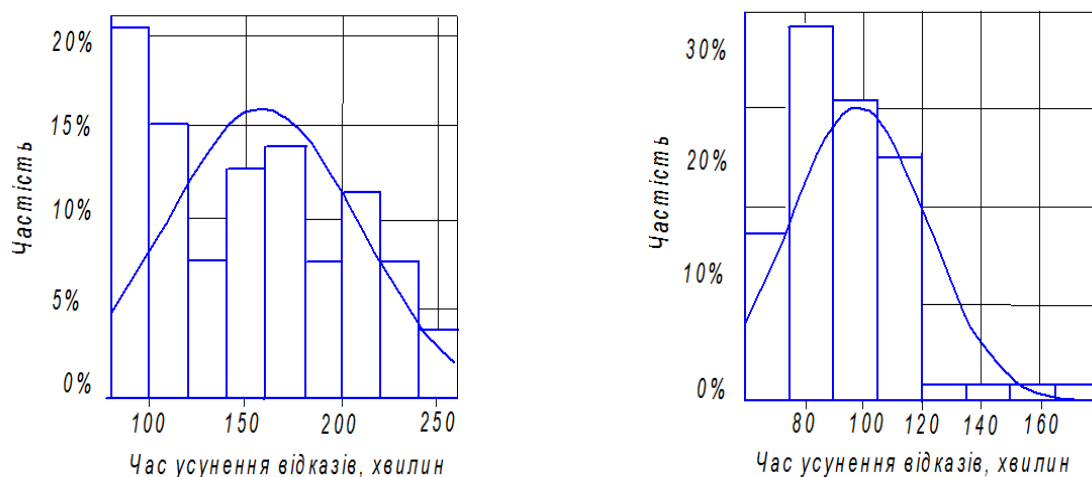
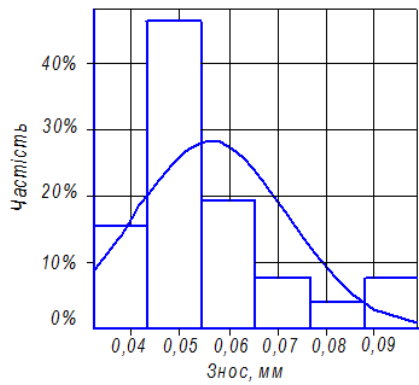
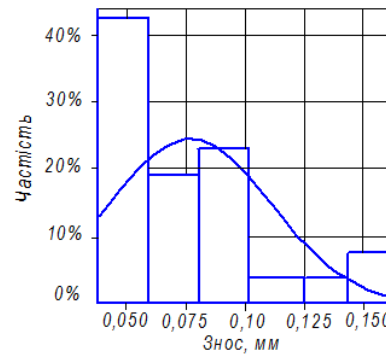


Рис. 3.3. Гістограми розподілу експериментальних частот і диференціальних функцій теоретичних закономірностей розподілу оперативних час на усунення відмов зубчастих коліс і машин з трисезонним (а) і сезонним (б) міжремонтними періодами

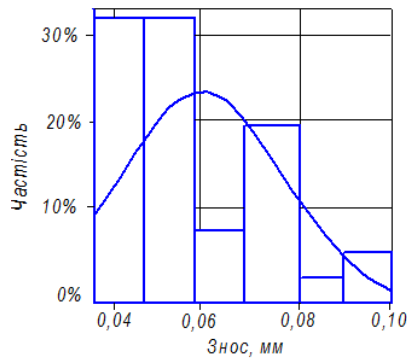
Усі поверхні, призначені для підшипників зубчастих коліс машин, характеризуються значним ступенем зносу, а їх розподіл описується законом Вейбулла-Гнеденка (рис. 3.4). Середні значення зносу коливаються від 0,056 до 0,077 мм, а часові відхилення при довірчій ймовірності 0,90 коливаються від 0,052 до 0,089 мм з відносною похибкою від 12,8% до 19,6%.



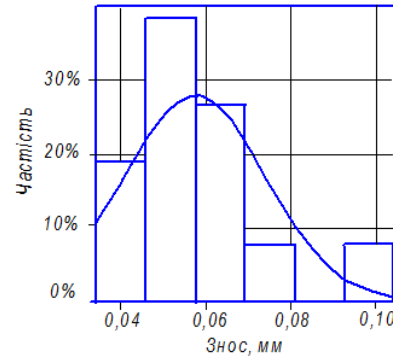
а



б



б



в

Рис. 3.4. Гістограми розподілу досліджуваних частот і диференціальні функції теоретичного закону розподілу величин знос посадкових поверхонь деталей BMD12408 (а), SDK3251 (б), RKS7.11.303 (с) і KS7-09.104 (д)

Довговічність зубчастих коліс машин з міжремонтним періодом характеризується наступним чином:

- на три сезони:
- встановлений виробником загальний міжремонтний ресурс – 719 га;
- повний міжремонтний ресурс, встановлений за мікрометричними даними, становить 536 га;
- середній фактичний ресурс – 393 га.
- на сезонний період:
- встановлений виробником загальний міжремонтний ресурс 224 га;

Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата

ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ

Арк

57

- повний міжремонтний ресурс, встановлений за мікрометричними даними, становить 167 га;

- середній фактичний ресурс – 122 га.

Аналіз параметрів режиму наплавлення дав змогу побудувати структурно-логічну схему їх визначення. Ці параметри включають:

- сила зварювального струму, А;
- коефіцієнт наплавлення, г/(А×год);
- напруга на дузі, В;
- питома теплоємність матеріалу деталі, Дж/(кг×°С);
- коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м×°С);
- швидкість руху джерела тепла, м/год;
- коефіцієнт, що визначає відношення ефективної потужності дуги до її повної потужності;

- крок наплавлення, мм/об;
- показник ступеня сума;
- зовнішній і внутрішній діаметри відновленої частини тіла, см;
- товщина стінки порожнистої частини, см;
- номер відбитого (фіктивного) шару;
- відстань від місця осадження до фіктивного шару в місці вертикального розрізу через zenit, см.

Параметри режиму наплавлення визначають експериментально, оскільки їх розрахунок методами аналізу неможливий. Залежності між параметрами режиму наплавлення описують лише кількісне співвідношення між ними за ідеальних умов, тому необхідно провести експеримент для встановлення впливу режиму наплавлення на механічні властивості робочих поверхонь деталі.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		58

З урахуванням наведених вище критеріїв оптимізації та умов роботи деталей були обрані наступні параметри оптимізації: твердість наплавленого шару металу в діапазоні від 22 до 28 одиниць (з урахуванням оброблюваності наплавленої поверхні), формування наплавленого шару на рівні 8-10 балів, висота наплавленого шару від 1,0 до 1,5 мм (з урахуванням величини зносу і припуску на механічну обробку), мінімальна лінійна усадка, мінімальна ширина зона відбілювання, мінімальна висота дефектного шару, мінімальна глибина проплавлення, мінімальний коефіцієнт втрати електродного матеріалу на відходи та розпилення (для збереження ресурсу), максимальний коефіцієнт плавлення електродного матеріалу та максимальна ширина наплавленого валика (для підвищення продуктивності). Крім того, при аналізі отриманих рівнянь регресії оптимізаційних параметрів (див. табл. 3.2) враховувалися обмеження на значення параметрів режиму наплавлення в межах їх технологічних можливостей засобів і обладнання. Отримана матриця критеріїв включала лише ті режими наплавлення, які реально були доступні для наявного обладнання та технічних засобів. Отримані результати наведено в таблиці. 3.2 і табл. 3.3.

Таблиця 3.2

Результати багатокритеріальної оптимізації

№ вар.	Параметри оптимізації										
	$\Phi_{\text{Н.Ш.М.}}$	Пори	ψ	a_p	скорочення	HRC	$h_{\text{НАП}}$	$h_{\text{ПРОП}}$	$b_{\text{ВАЛ}}$	$h_{\text{ДЕФ}}$	$b_{\text{ВІД}}$
36	11	0	7.3	15.9	0,16	27.7	5.2	1.45	16.3	0,81	0,132
26	11	0	8.3	15.8	0,15	27	5.25	1.62	16.5	1.57	0,124
17	11	0	7.2	14.5	0,27	28.6	5.13	1.67	11.7	0,88	0,172
31	11	0	8.3	15.9	0,26	28.6	4.72	2.13	16.7	0,86	0,179
55	11	0	7.6	17.1	0,02	28.5	5.4	2.69	16.4	1.16	0,245

Таблиця 3.3

Найкращі варіанти рішень багатокритеріальної оптимізації

№ вар.	Параметри режиму наплавлення					
	$V_{\text{НАП}}$, м/ГОД	$V_{\text{ПДР}}$, м/ГОД	$Q_{\text{К}}$, л/ГОД	$S_{\text{НАП}}$, об/хв	\dot{a} , мм	α , °
36	11	175	165	11	8	47
27	11	175	165	11	7	47
17	11	165	165	12	6	47
33	11	175	165	12	7	47
55	11	185	165	12	8	47

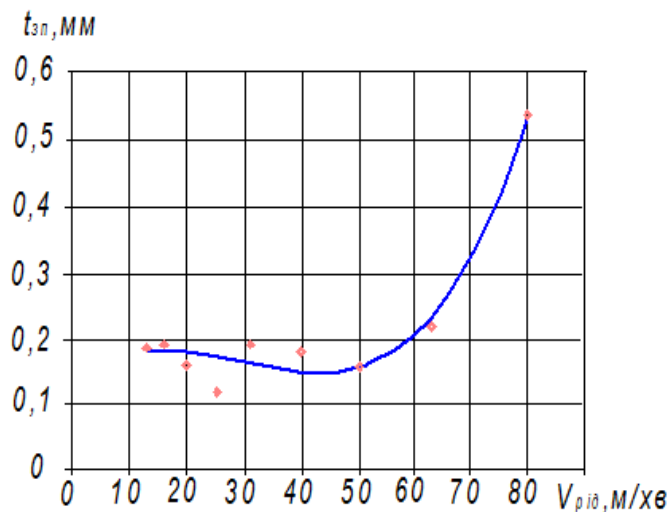
За результатами оптимізації рекомендовано наступний режим наплавлення для відновлення корпусних чавунних деталей машин: швидкість наплавлення 10 м/год; швидкість подачі дроту 160-180 м/год; витрата кисню 160 л/год; крок наплавлення 10-11 мм/об; відстань між проводами при їх відході 6-7 мм; дискретність подачі проводів у зварювальну ванну 45°; температура попереднього підігріву 250°C; зміщення від zenіту 0 мм; діаметр дроту 1,6 мм; напруга дуги 22 В; подовжувач дроту 32 мм; витрата пропан-бутану 20 л/год.

Металографічні дослідження показали, що в наплавленому шарі в зоні проплавлення є ділянки зі структурою трооститу, залишкового аустеніту, цементиту та голчастого мартенситу. Однак розміри цієї ділянки малі — від 0,1 до 0,2 мм проти 0,4—0,5 мм (при одноелектродному напавленні). Це свідчить про отримання з'єднання з більшою стійкістю проти утворення тріщин і забезпечує задовільні умови для подальшої механічної обробки різальним інструментом.

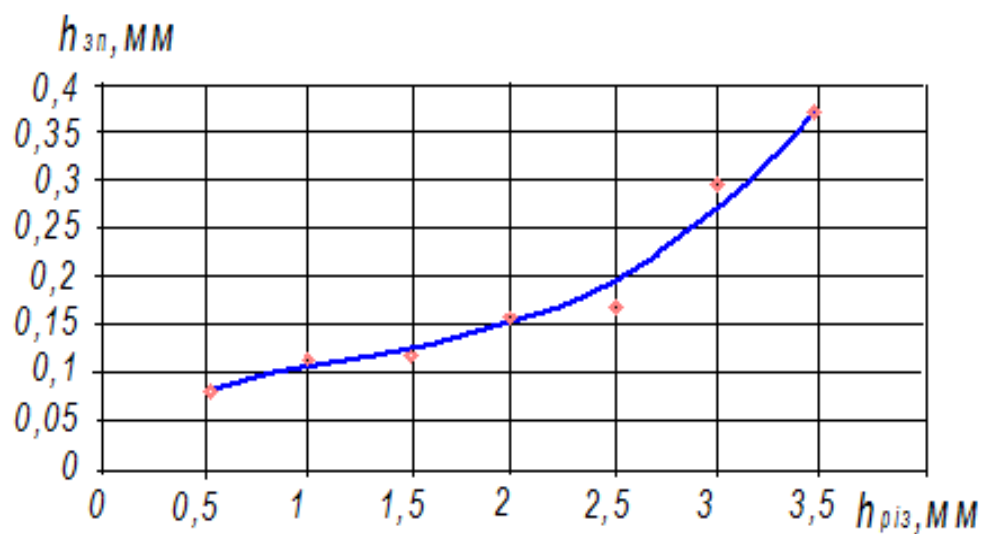
Результати стендових випробувань поверхонь, зварених на оптимальному режимі, дозволяють рекомендувати механічну обробку (чорнове точіння) з такими параметрами: швидкість різання 50-60 м/хв. (рис. 3.8, а), глибина різання 2,0-2,5 мм (рис. 3.8, б), подача різання 0,15-0,21 мм/об

							Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата	ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ		63

(рис. 3.8, в) фрези з контррізальними пластинами зі сплаву ВК8 і геометрія: передня. кут - $-15-20^\circ$; кут спинки - $+12-15^\circ$; основний кут в плані - оптимальне значення кута $+25-30^\circ$; кут нахилу головної різальної кромки $+15-18^\circ$.



i



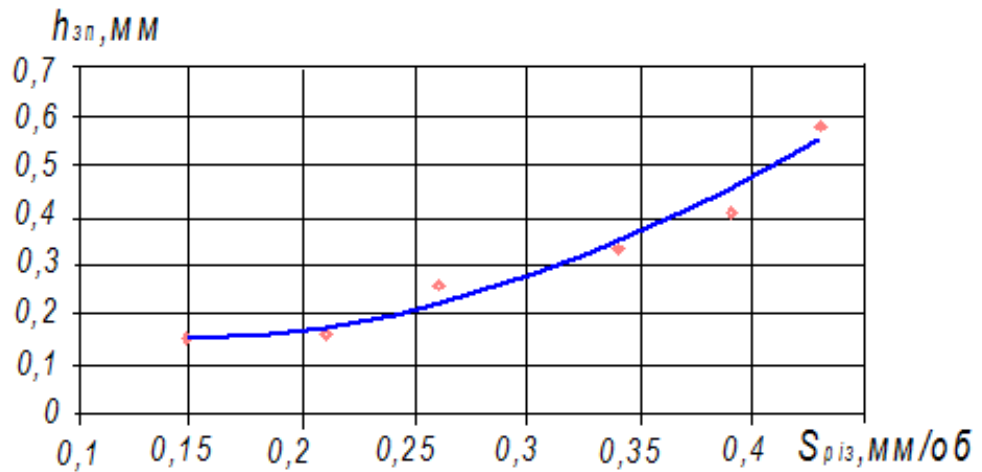
b

Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата

ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ

Арк

64



в

Рис. 3.8. Залежність величини зносу фрези зі сплаву ВК8 від поверхні $h_{з.п.}$ від швидкості різання V_{piz} (а), глибина різання h_{piz} (б) і подання S_{piz} (в)

Варто також зазначити, що в умовах фреттинг-корозії відновлені поверхні та муфти в цілому за стійкістю до зношування мають більше значення на 42% та 34% відповідно. Останній показник був досягнутий завдяки підвищеній зносостійкості наплавлених поверхонь.

4.РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ НАПЛАВЛЕННЯ КОРПУСНИХ ЧАВУННИХ ДЕТАЛЕЙ РОЗРІЗНИМ ЕЛЕКТРОДОМ

4.1. Обґрунтування необхідності такої розробки

Розробка відноситься до галузі електродугового зварювання та наплавлення, зокрема до методів і технологій відновлення зношених поверхонь чавунних деталей.

Існує спосіб відновлення чавунних деталей, який заснований на дуговому зварюванні в природному газі і кисні. За цим методом створюється захисне середовище за допомогою природного газу і кисню. Зовнішня зона зварювання захищена зовнішнім потоком природного газу від проникнення азоту з атмосферного повітря, а внутрішній потік кисню знижує шкідливу дію природного газу, що сприяє утворенню пор. Зварювальний дріт для наплавлення подається через внутрішній отвір електрозварювального пальника. Недоліком такого підходу є обмежена можливість регулювання мінімальної частки основного металу в наплавленому шарі, а також необхідність попереднього нагріву деталей до 350°C, проведення зварювання зношених поверхонь чавунних деталей у двох або трьох проходах для забезпечення їх оброблюваності різанням лезовим інструментом і виконання додаткової операції розточування активованої поверхні на глибину 1,5-2,0 мм перед наплавленням.

Метою розробки є зменшення частки основного металу в наплавленому шарі та зменшення вмісту вуглецю для отримання більш пластичного металу шару з нижчою твердістю та кращою оброблюваністю за меншу кількість проходів.

Поставлена задача досягається впровадженням дискретної (почергової) подачі в зону зварювання двох дротів за допомогою подаючого зубчастого валика, які з'єднані з одним полюсом і подаються силовою насадкою. Захисне

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		66

газокисневе полум'я подається окремо від дроту за допомогою двофорсункового газоелектричного пальника. Для стабілізації процесу наплавлення необхідно правильно відрегулювати відстань між дротами на їх виході, щоб уникнути утворення загальної краплі (4-8 мм). Крім того, дріт, намотаний від котушки 12, виготовлений з високовуглецевої сталі (до 0,90% С), а дріт, намотаний з котушки 13, виготовлений з низьковуглецевої сталі (до 0,10% С). Підвищений вміст вуглецю сприяє стабільному горінню дуги між першим електродом і чавуном, а низьковуглецевий дріт знижує вміст вуглецю в шарі сталі і пом'якшує термоцикл і, відповідно, твердість металу шару.

4.2. Вимоги, пов'язані з цією розробкою

Технологічний процес електродугового наплавлення з газополум'язакхистом розрізним електродом повинен відповідати таким вимогам: • простота виготовлення конструкції; • надійність в роботі; • використання для електродугового наплавлення з газовим полум'язакхистом розрізним електродом чавунних деталей машин; • зниження трудовитрат при наплавленні корпусних чавунних деталей розрізним електродом; • дотримання вимог пожежної та електробезпеки; • простота і легкість в обслуговуванні; • швидкість наплавлення розрізним електродом; • можливість використання при поточних і капітальних ремонтах; • відсутність шкідливого впливу на навколишнє середовище.

4.3. Технологічний процес електродугового наплавлення з газовим полум'язакхистом розрізним електродом

Запропонована технологія відновлення чавунних деталей електродуговим наплавленням із газовим полум'язакхистом розрізним електродом з дискретною подачею дроту. Для захисту зварювальної ванни і пом'якшення термоциклу в зоні шва використовується газокисневе полум'я, яке формується за допомогою пропан-бутану і технічного кисню, що подаються концентричними потоками зовні і зсередини відповідно.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		67

Двофорсунковий газоелектричний пальник розташований окремо від мундштука і розміщений на відстані 45-55 мм від місця горіння дуги, що виключає можливість розбризування форсунок пальника. Зменшення частки основного металу досягається підведенням двох проводів, які підключаються до одного полюса джерела живлення. Це призводить до значного зменшення глибини проплавлення при майже незмінній висоті посилення, що обумовлено імпульсним розплавленням матеріалу електрода. Регулювання частоти виникнення дуги на електродах здійснюється за рахунок дискретної подачі проводів подаючим зубчастим роликком механізму подачі.

На рис. 4.1 наведена технологічна схема відновлення чавунних деталей електродуговим наплавленням із захистом від полум'я газу розрізним електродом з дискретною подачею дроту. Технологічний процес включає наступні етапи. Пропан-бутан з балона 1 через запірний вентиль 2 і вентиль 3 подається на зовнішню форсунку газоелектричного пальника 4. Витрата пропан-бутану контролюється ротаметром 5 і регулюється редуктором 6. Аналогічно, внутрішнє сопло з балона 7 через редуктор 8, відсічний клапан 9, вентиль 10 і ротаметр 11 подає кисень. Дві електродні дроти з котушок 12 і 13 автоматично подаються за допомогою подаючого зубчастого ролика 14, що забезпечує дискретну подачу, і притискного ролика 15 механізму подачі 16 в зону зварювання до виробу 17. Відстань між електродами регулюється мундштуком 18. Дуга живиться постійним струмом зворотної полярності від джерела зварювального струму з жорсткою характеристикою 19. На поверхні виробу 20 утворюється наплавлений шар.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		68

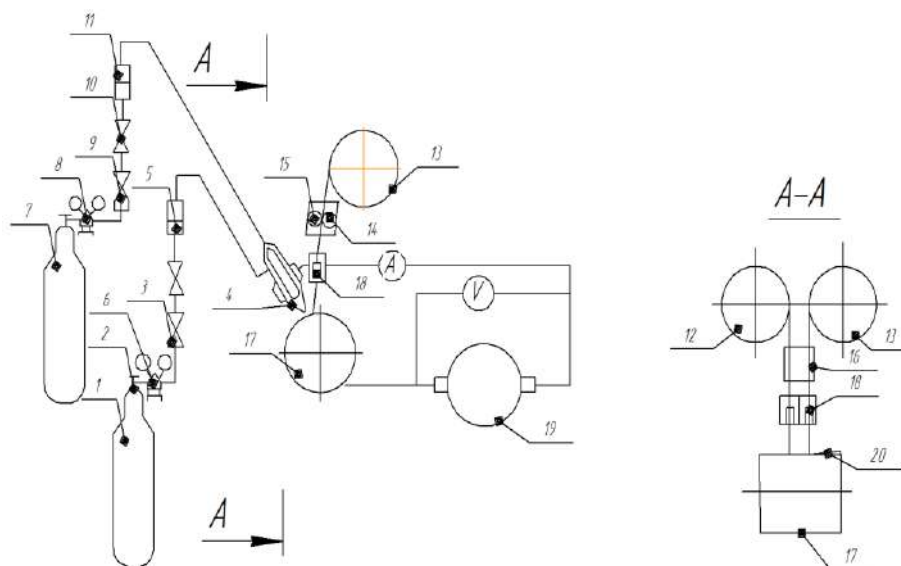


Рис. 4.1. Технологічний процес електродугового наплавлення

Застосування запропонованої технології відновлення наплавленням дозволить зменшити частку основного металу в напавленні в 3,1 рази, знизити твердість до 27-29 HRC і підвищити пластичність останнього. Це дозволить обробляти відновлені поверхні чавунних деталей лопатковим інструментом вже після однопрохідного наплавлення і уникнути необхідності додаткового розточування перед наплавленням. Крім того, це дозволить знизити температуру попереднього підігріву, що в свою чергу зменшить вартість відновлення чавунних деталей, підвищить продуктивність наплавлення.

4.4. Розрахунок параметрів наплавлення електродів

Розрахунок витрати наплавлення м/год розраховується за формулою

$$V_{\text{св}} = \alpha n I_{\text{св}} / 100 F_{\text{н}}(c) \rho,$$

де αn – коефіцієнт наплавлення, г/(А·год);

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		69

$F_n(c)$ - площа поперечного перерізу шва F_n при однопрохідному наплавленні, cm^2 ;

ρ – густина електродного металу, g/cm^3 , для сталі $\rho = 7,8 g/cm^3$.

Коефіцієнт наплавлення α_n вибирають залежно від марки електрода.

Масу наплавленого металу визначають за довідником або розраховують за формулою

$$G_n = F_n L \rho,$$

де F_n – площа наплавлення, cm^2 ;

L - довжина шва, cm ;

Розрахунок G_n при наплавлювальних роботах розраховується за формулою

$$G_n = F_{np} H \rho,$$

де F_{np} - площа поверхні, що зварюється, cm^2 ;

H - необхідна висота шару, що зварюється, cm .

При наплавленні необхідно передбачити припуск на подальшу механічну обробку наплавлюваних поверхонь не більше 2 мм.

$$t = G_n / \alpha_n I_{св}.$$

Загальний час наплавлення T , год, можна розрахувати за формулою

$$T = t / K_n,$$

де t – час горіння дуги, год;

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		70

Кр - коефіцієнт використання наплавлення, який можна прийняти для ручного зварювання 0,55—0,6, а для механічного зварювання і наплавлення — 0,65—0,75.

Витрату електроенергії, виміряну в кіловат-годинах (кВт·год), на наплавлення даної деталі можна знайти, встановивши витрату електроенергії на 1 кг наплавленого металу за довідковими матеріалами. Точніше його можна розрахувати за формулою:

$$A = \frac{U_{д} I_{св}}{\eta 1000} \cdot t + \omega_0 (T - t),$$

де $U_{д}$ - напруга дуги, В (при зварюванні покритими електродами приймають 23 - 29 В);

η – коефіцієнт корисної дії джерела струму;

ω_0 - потужність, споживана джерелом струму, кВт;

t і T - час горіння дуги і повний час зварювання, год.

Вибір основного обладнання для наплавлення, до якого входять джерела струму, що живлять дугу, напівавтомати й автомати, можна здійснити після визначення параметрів режиму наплавлення. При цьому важливо враховувати можливості обладнання та його ефективність. Наприклад, якщо необхідно провести наплавлення при певному струмі $I_{св}$, необхідно вибрати обладнання, яке забезпечує цей струм найбільш ефективним способом.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		71

ВИСНОВКИ

Застосування ефективної технології відновлення зубчастих коліс машин може сприяти підвищенню їх довговічності за умови використання нових технічних рішень. Це підвищить якість ремонту і в цілому збільшить міжремонтний ресурс машини, зменшить витрати на усунення відмов. Аналіз умов експлуатації корпусних чавунних деталей машин та сучасного стану технологій їх відновлення підтверджує перспективність використання технології наплавлення для забезпечення ресурсозбереження та розширення асортименту відновлюваних деталей.

1. Експериментальними дослідженнями встановлено, що міжремонтний ресурс машини описується законом нормального розподілу і характеризується середнім значенням міжремонтного періоду: для трисезонного – 287,5 га, для сезонного – 89,5 га.

2. Розроблена структурно-логічна схема аналізу параметрів технологічного режиму наплавлення базується на максимізації продуктивності операції та враховує конструктивні особливості зубчастих коліс і технологічні параметри, які залежать від способу наплавлення. Проте, для вирішення питання забезпечення ресурсозберігаючого режиму технологічної операції наплавлення розрізним електродом рекомендовано проведення експериментальних досліджень.

3. Запропоновано новий спосіб відновлення чавунних зубчастих коліс шляхом наплавлення шару сталі розрізним електродом, що дозволяє забезпечити оброблюваність наплавленого шару навіть після однопрохідного наплавлення. Отримані значення твердості наплавленого шару становлять 24...28 HRc. Вирішальним критерієм успішної реставрації є зменшення частки основного металу в наплавленому шарі.

4. Рекомендується використовувати наступні параметри наплавлення: швидкість наплавлення 10 м/год, швидкість подачі дроту

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		72

160...180 м/год, витрата кисню 160 л/год, крок наплавлення 10-11 мм/об, відстань між дротами на їх виліт 6.. .7 мм, дискретність подачі дроту в зварювальну ванну 45°, температура підігріву 250°C, зміщення від zenіту 0 мм, діаметр дроту 1,6 мм, напруга дуги 22 В, виступ дроту 32 мм, пропан-бутан витрата 20 л/год. При обробці рекомендується враховувати швидкість різання 50...60 м/хв, глибину різання 2,0...2,5 мм, подачу різання 0,15...0,21 мм/хв. круглі з різцями з протирізальними пластинами зі сплаву ВК8.

5. Результати лабораторних досліджень показують, що використання розробленої технології дозволяє підвищити довговічність чавунних деталей автомобіля на 11...14%, а зносостійкість відновлених поверхонь підвищується на 42% деталей і на 34% з'єднань, відповідно.

6. Розроблено технологію електродугового наплавлення із захистом від полум'я газу розрізним електродом, що дозволяє знизити вартість відновлення чавунних деталей і підвищити продуктивність наплавлення.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		73

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сажко, В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів : підручник/ В. А. Сажко ; рецензент: В. В. Рудзінський, С. К. Полянський, А. З. Філіпов.– К. : Каравела, 2008.–400 с.: іл.
2. Лудченко О. А. Технічне обслуговування та ремонт автомобілів. Організація і менеджмент: підручник / О.А.Лудченко.–К. : Знання-Прес, 2004.–478 с.: іл.
3. Бабич Б. С. Технічне обслуговування та ремонт металевих кузовів автомобілів: підручник/Б. С. Бабіч, В. В. Лущик.–К. : Либідь, 2001.–460 с.: іл.
Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посібник / С. І. Андрусенко, В. О. Білецький, П. І. Бортницький та ін. ; рец.: О. М. Коробочка, В. В. Рудзінський, В. В. Березняцький.–К. : Каравела, 2009.–368с.–(Українська книга)
4. Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність: навч. посібник/В.П.Сахно, Г.Б.Безбородова, М.М.Маяк, С.М.Шарай.–К. : КВІЦ, 2004.–174 с.: іл.
5. Автомобілі: навч. посібник з англійської мови/Н.І.Марченко, Н.О.Курносова, О.В.Забашта та ін. Житомир: ЖТУ, 2005.–256с.
6. Інструкція водія. Підбірка законодавчих актів для власників транспортних засобів/техніки. Є.К.Пашутинський.–К. : КНТ, 2005.–408с.
7. Мельничук С. В. Гідравлічні системи автомобіля : навч. посіб.–Житомир: ЖДТУ, 2004.–294 с.: іл.
8. Дереч З. Д., Душник В. Ф. Посібник водія. Основи водіння автомобіля / З. Д. Дереч, В. Ф. Душник. -К. : Арій, 2008. –144 с. : рис.
9. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: навч. посібник / Є.Ю. Форнальчик, М.С.Оліскевич, О.Л.Мастікаш, Р.А.Пельо.–Львів: Афіша, 2004.–492с.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		74

10. Полянський С. К., Коваленко В. М. Оперативні матеріали: підручник/С. К. Полянський, В. М. Коваленко.–К.: Либідь, 2003.–448с.

11. Окоча А.І., Білоконь Ю.Ю. Мастила та інші експлуатаційні матеріали: підручник/А.І.Окоча, Я.Я. Ю. Білоконь.–К. : Центр. дух. культ., 2004.–448с.

12. Кисликов, В. Ф., Лущик, В. В. Будова та експлуатація автомобілів : підруч.–5-тевид.–К. : Либідь, 2005.–400 с.: іл.

					ДРБМТВА 24.21161.000 ПЗ	Арк
Зміна	Арк	документ №	Підпис	Дата		75