

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повно кваліфікаційна вища освітня заклада)

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

(повно кваліфікаційна (факультет))

Кафедра експлуатації та ремонту машин

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА до кваліфікаційної атестаційної роботи

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Розробка технології відновлення та зміцнення колінчастих валів двигунів внутрішнього згорання на базі ТОВ «Калита-Нова» м. Кропивницький»

Виконав: здобувач першого (бакалаврського)
освітнього рівня за ОПІ 132 – «Матеріалознавство»,
групи МЗ-21 СК-3

_____ Олександр ТАРГОНСЬКИЙ

Керівник: _____ Ігор ШЕПЕЛЕНКО

Допустити до захисту: _____ Сергій МАГОПЕЦЬ

Рецензент: _____

Кропивницький – 2024 рік

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повно акредитований вищий навчальний заклад)

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра експлуатації та ремонту машин

Освітній рівень – бакалавр

Галузь знань – 13 – Механічна інженерія

(код) (назва)

Спеціальність – 132 – Матеріалознавство

(код) (назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, доц. Сергій МАГОПЕЦЬ

_____ «__» _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

Таргонському Олександрю Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розробка технології відновлення та зміцнення колінчастих валів двигунів внутрішнього згорання на базі ТОВ «Калита-Нова» м. Кропивницький»

керівник роботи Шепеленко Ігор Віталійович, доктор технічних наук, професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «__» _____ року № _____

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи «05» червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи 1. Матеріали переддипломної практики.

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

Загальний розділ. Основні етапи розвитку бази практики – ТОВ «Калита-Нова». Обґрунтувати тему кваліфікаційної роботи.

Технологічний розділ. Розглянути ~~конструктивні~~ конструктивно-технологічні особливості колінчастих валів ДВЗ. Проаналізувати існуючі технології виготовлення, ремонту та відновлення колінчастих валів. Розглянути дефекти колінчастих валів. Скласти класифікацію існуючих методів відновлення деталей. Розглянути особливості механічної обробки колінчастих валів. Розробити структурну послідовність технологічного процесу відновлення колінчастого валу. Розрахувати режим роботи і норми часу на кожну операцію.

Організаційний розділ. Розглянути особливості виконання робіт на слюсарно-механічній дільниці. Виконати розрахунок трудомісткості та режиму роботи на слюсарно-механічній дільниці. Розрахувати штат та обладнання слюсарно-механічної дільниці. Визначити площу та енергетичні витрати на слюсарно-механічній дільниці. Розглянути техніку безпеки та охорону праці при виконанні робіт на слюсарно-механічній дільниці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 1. Ремонт креслення деталі (A1). 2. Класифікація методів відновлення колінчастих валів (A1). 3. Технологічні карти на відновлення (A1). 4. Планування слюсарно-механічної дільниці (A1).

6. Дата видачі завдання: 08.04.2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальний розділ	05.05	
2	Технологічний розділ	15.05	
3	Організаційний розділ	25.05	
4	Графічний матеріал	05.06	

Здобувач вищої освіти _____ Олександр ТАРГОНСЬКИЙ
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Ігор ШЕПЕЛЕНКО
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

Розроблена кваліфікаційна атестаційна робота складається з листів пояснювальної записки та 4 листів графічної частини. Пояснювальна записка вміщує три розділи, в яких розкрити наступні питання.

В загальному розділі роботи запропоновано до розгляду основні етапи розвитку ТОВ «Калита-Нова». Обґрунтовано тему кваліфікаційної атестаційної роботи.

У технологічному розділі представлені загальні відомості про конструкції колінчастих валів ДВЗ. Проаналізовані існуючі технології виготовлення колінчастих валів. Розглянуті дефекти колінчастого валу, а також методи їх відновлення. Особливу увагу приділено питанню механічної обробки наплавлених поверхонь колінчастих валів. Визначені технічні умови на прийом колінчастих валів у ремонт. Розроблена структурна послідовності виконання технологічних операцій відновлення коленчатого валу. Складено технологічний маршрут відновлення колінчастих валів. Розраховано припуск на механічну обробку. Визначені режими обробки та норми часу на виконання технологічних операцій для розробленого технологічного процесу.

В організаційному розділі розглянуто питання виконання робіт, вибору обладнання та розрахунку робочої сили для слюсарно-механічної дільниці. Зроблені аналітичні розрахунки трудомісткості виконаних робіт, площі слюсарно-механічної дільниці. Виконані енергетичні розрахунки слюсарно-механічної дільниці. Висвітлені питання з охорони праці та техніки безпеки при виконанні робіт на слюсарно-механічній дільниці.

Вступ.....	
1. Загальний розділ.....	
1.1. Основні етапи розвитку бази практики – ТОВ «Калита-Нова»	
1.2. Обґрунтування теми бакалаврської кваліфікаційної роботи	
2. Технологічний розділ.....	
2.1. Загальні відомості про конструкції колінчастих валів	
2.2. Існуючі технології виготовлення колінчастих валів	
2.3. Дефекти колінчастого валу	
2.4. Розгляд існуючих методів відновлення колінчастих валів	
2.5. Особливості механічної обробки наплавлених поверхонь колінчастих валів	
2.6. Технічні умови на прийом колінчастих валів у ремонт	
2.7. Розробка структурної послідовності виконання технологічних операцій відновлення коленчатого валу	
2.8. Складання технологічних маршрутів відновлення колінчастих валів	
2.9. Розрахунки припусків розрахунково-аналітичним методом	
2.10. Призначення режимів різання та визначення норм часу при механічній обробці колінчастого валу	
3. Організаційний розділ.....	
3.1. Виконання технологічного процесу на слюсарно-механічній дільниці	
3.2. Визначення трудомісткості робіт слюсарно-механічній дільниці	
3.3. Розрахунок показників режиму робіт на слюсарно-механічній дільниці	

3.4. Визначення штатів слюсарно-механічної дільниці	
3.5. Встановлення та вибір технологічного обладнання для слюсарно-механічної дільниці	
3.6. Розрахунок площі слюсарно-механічної дільниці	
3.7. Розрахунок енергетичних витрат на виконання робіт дільниці	
3.7.1 Вибір та розрахунок вентиляції	
3.7.2 Розрахунок освітлення дільниці	
3.7.3 Розрахунок електроенергії	
3.7.4 Розрахунок пара та палива	
3.7.5 Розрахунок витрати води	
3.7.6 Розрахунок річної витрати стиснутого повітря дільниці	
3.8. Техніка безпеки та охорона праці при виконанні робіт на слюсарно-механічній дільниці	
Висновки.....	
Список використаної літератури.....	

Вступ

Для сучасної техніки характерна подальша інтенсифікація режимів роботи машин, що призводить до значного збільшення навантажень на робочу поверхню деталей, вузлів і, особливо, рухомих сполучень (вузлів тертя).

Основною причиною відмов у роботі машин є не їхня поломка, а зношування робочих поверхонь, що зумовлює актуальність проблеми надійності та збільшення ресурсу деталей [1].

У зв'язку з виснаженням природних мінеральних ресурсів проблема переробки та подальшого використання відходів автомобільного виробництва, а також відновлення зношених деталей стає дедалі актуальнішою [2].

Стосовно до деталей двигуна внутрішнього згоряння колінчастий вал є найдорожчою або другою за величиною вартості деталлю. На ремонт автомобільної та сільськогосподарської техніки припадає до 70% витрат. Граничні зноси 85% деталей не перевищують 0,3 мм, до того з них має залишкові ресурси 60% і більше, і тільки 20% деталей автомобілів і тракторів, які надходять у ремонт, підлягають остаточному вибраковуванню. Решту можна відновити, причому собівартість відновлення становитиме 15...70% від собівартості виготовлення [3].

З практики ремонтних підприємств існуючих технологій відновлення колінчастих валів має суттєві недоліки, до яких слід віднести значне викривлення валу, наявність тріщин і пор, зниження втомної міцності, низьку оброблюваність металопокриттів, високі енергетичні витрати на нанесення металевих покриттів.

Отже, відновлення колінчастих валів залишається важливою та разом з тим складною проблемою, яка потребує, з одного боку, спеціального точного і високопродуктивного обладнання та оснащення, а з іншого – висококваліфікованого оснащення.

Підвищити довговічність колінчастих валів можливо шляхом розробки технології відновлення та зміцнення цієї деталі.

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Основні етапи розвитку бази практики – ТОВ «Калита-Нова»

«Науково-виробнича фірма «Калита» була створена 5 листопада 1993 року у формі ТОВ. Початковою спеціалізацією роботи підприємства було обробкою та зміцненням колінчастих валів, що дозволило в подальшому займатися відновленням колінчастих валів методом електродугового напилення. У 1994 році підприємство заключило угоду з Державним Інноваційним фондом про впровадження інноваційного проекту: «Технологія відновлення колінчастих валів електродуговим напиленням композиційними покриттями». Проект було впроваджено за шість місяців; вже через місяць підприємство вийшло на проектну потужність» [4].

«Наприкінці 1994 року на підприємстві почалися роботи по впровадженню лінії відновлення блоків циліндрів двигунів внутрішнього згорання. Для цього було придбано та введено в експлуатацію розточувальне обладнання та розроблено технологію хонінгування циліндрів із застосуванням прогресивного інструменту: алмазних різців та алмазних хонінгувальних брусків. В загальні на НВФ «Калита» на протязі 1993 – 1995 рр. було впроваджено» [4]:

- відділення з ремонту та відновлення головок блоків циліндрів двигунів;

- технологію та оснащення для відновлення розподільчих валів.

«У 1997 році на підприємстві впроваджено дільницю по ремонту паливної апаратури та розширюється спеціалізація по відновленню пар тертя деталей машин, встановлено універсальний координатно-розточувальний верстат особливої точності, що дозволило проводити

відновлення різноманітних корпусних деталей, а також спряжень типу вал – втулка» [4].

«У 1998 році на підприємстві модернізовано технологію ремонту головок блоків циліндрів двигунів із застосуванням новітньої технології фірми “NEWAY”; впроваджується відділ по ремонту карбюраторів ДВЗ із сучасним технологічним обладнанням, яке дозволяє імітувати роботу карбюраторів в умовах близьких до умов реальної роботи двигуна» [4].

«З 1999 року розпочато роботи дільниці зварювально-рихтувальних робіт, а з 2000 року на підприємстві почала працювати ділянка шиномонтажу та балансування коліс. В цьому ж році ділянку оснащено верстатом по правці зварних коліс автомобілів. В 2001 році розпочаті роботи по ремонту ходових частин легкових автомобілів» [4].

«Починаючи з 2003 р. ринок послуг у сфері обслуговування автомобілів у м.Кіровоград значно розширювався. Тому гостро стало питання зміни вектору розвитку підприємства» [4].

«Новим етапом розвитку стало реорганізація підприємства, поява нових власників. Таким чином, заявилося нова форма власності ТОВ та нова назва – «Калита-Нова» » [4].

«На сьогодні «підприємство ТОВ «Калита-Нова» відноситься до автосервісних підприємств, що виконують функції, пов'язані з підтриманням автомобілів в справному технічному стані. Основним видом діяльності організації є технічне обслуговування та ремонт автотранспортних засобів. Проходячи практику на такому підприємстві здобувачі вищої освіти мають можливість побачити окремі технології ТО і ремонту автомобілів, а також закріпити теоретичні знання, отриманні під час навчання. Матеріально-технічна база підприємства дозволяє виконувати ремонт базових деталей автомобілів» (рис.1.1)» [4].



a)



б)



в)

Рис.1.1. Ремонт базових деталей автотракторної техніки на підприємстві ТОВ «Калита-Нова» [4]

1.2. Обґрунтування теми бакалаврської кваліфікаційної роботи

Однією з основних і досить складної форми деталей двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) є колінчастий вал, який разом із деталями шатунно-поршневої групи багато в чому визначає його ресурс.

Колінчасті вали експлуатуються в складних умовах змінних навантажень. У процесі горіння палива в камері згоряння утворюється сила тиску газів, яка діє на поршень, поршковий палець і через шатун передається на колінчастий вал двигуна, що надалі (особливо в разі несправної системи) спричиняє природне спрацювання робочих

поверхонь шатунних і корінних шийок вала, а також у деяких випадках його руйнування.

Під час безпосередньої експлуатації, в процесі циклічного навантаження, спостерігається накопичення колінчастим валом мікродефектів, що призводить до зміни його міцнісних показників.

Аналіз робіт [5, 6] свідчить про те, що під час експлуатації автотранспортного засобу втомна міцність (як одна з найважливіших характеристик деталей, що працюють в умовах циклічного навантаження) колінчастого вала може бути знижена на 25-30%.

Нині існує безліч способів відновлення зношених деталей, зокрема, колінчастих валів. Однак основним методом відновлення, що становить 70-75% від загального обсягу, є ремонтне шліфування, і лише решту 20-25% становить відновлення робочих поверхонь нанесенням металопокриттів [7, 8].

Більшість вивчених способів відновлення колінчастих валів знижують межу витривалості й у такий спосіб не забезпечують його нормативний ресурс, отже, для вибору оптимального способу відновлення, стосовно марки двигуна, необхідно провести дослідження впливу способів відновлення на зносостійкість колінчастих валів.

У зв'язку з вищевикладеним вельми актуальним є напрямок робіт, пов'язаний з розробленням технології відновлення і зміцнення колінчастих валів двигунів внутрішнього згоряння ДВЗ.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Загальні відомості про конструкції колінчастих валів

«Колінчастий вал є однією з складових частин двигуна, за допомогою якого відбувається перетворення поступального руху поршня на обертальний» [9].

Колінчастий вал – одна з найвідповідальніших, найдорожчих, а також складних у ремонті деталей. Відмінними рисами колінчастих валів сучасних двигунів є висока точність і зносостійкість робочих поверхонь, низька маса, висока втомна міцність і якість поверхонь, що сполучаються з підшипниками ковзання. Особливо швидко виходять з ладу колінчасті вали тракторних двигунів, що працюють у важчих умовах порівняно з автомобільними. Якщо середнє експлуатаційне навантаження автомобільних двигунів становить 50-60%, то тракторних – під час виконання багатьох сільськогосподарських робіт – 95-98%.

Колінчастий вал є однією з основних деталей складної форми двигуна внутрішнього згоряння, який разом із деталями шатунно-поршневої групи визначає його ресурс. Колінчасті вали експлуатуються в складних умовах змінних навантажень. У процесі горіння палива в камері згоряння утворюється сила тиску газів, яка діє на поршень, поршневий палець і через шатун передається на колінчастий вал двигуна, що надалі (особливо в разі несправної системи) спричиняє природне спрацьовування робочих поверхонь шатунних і корінних шийок вала, а також у деяких випадках його руйнування.

Під час безпосередньої експлуатації, в процесі циклічного навантаження, спостерігається накопичення колінчастим валом мікродефектів, що призводить до зміни його міцнісних показників. Аналіз робіт [9, 10] свідчить про те, що під час експлуатації автотранспортного

засобу втомна міцність (як одна з найважливіших характеристик деталей, що працюють в умовах циклічного навантаження) колінчастого вала може бути знижена на 25-30%.

Стосовно автомобільних деталей колінчастий вал є найдорожчою або другою за величиною вартості деталлю. На ремонт автомобільної та сільськогосподарської техніки припадає до 70% витрат. Граничні зноси 85% деталей не перевищують 0,3 мм, до того ж багато хто з них має залишкові ресурси 60% і більше, і тільки 20% деталей автомобілів і тракторів, які надходять у ремонт, підлягають остаточному вибраковуванню. Решту можна відновити, причому собівартість відновлення становитиме 15...70% від собівартості виготовлення [10].

Як свідчить досвід, малогабаритні колінчасті вали дешевше замінити на нові, а великогабаритні економічніше відновлювати. У цьому випадку відновлення дає змогу отримати значну економію матеріальних, виробничих і трудових ресурсів. У зв'язку з цим підвищення технологічного забезпечення якості відновлення колінчастого вала на основі комплексного вивчення базової операції металопокриття, що служить для формування вторинної заготовки відновлюваної деталі, та подальшої механічної обробки стало актуальним завданням.

«Колінчасті вали автомобільних двигунів виготовляють із вуглецевих і легованих сталей або з високоміцного магнієвого чавуну» [11].

«Корінні та шатунні шийки піддаються загартуванню СВЧ на глибину 1,5...3 мм, твердість шийок HRC 50 62» [12].

«На протязі експлуатації на роботу колінчастого валу впливають сили тертя, вібрації, знакозмінні навантаження, середовище тощо. Це спричиняє спрацьовування шатунних і корінних шийок, вони зношуються нерівномірно: за довжиною приймають форму конуса, за діаметром овала; порушення якості поверхні шийок; механічні ушкодження (тріщини, дефекти різьблення); прогин колінчастого вала; спрацьовування отворів у фланці під підшипник ведучого вала коробки передач. Прогин колінчастого

вала призводить до порушення перпендикулярності осі вала до осі циліндра, внаслідок чого умови змащення сполучених поверхонь погіршуються, масляна плівка на поверхнях, що труться, руйнується, з'являється граничне або сухе тертя» [12].

Колінчастий вал також є найскладнішою в конструктивному відношенні та найбільш напруженою деталлю, що сприймає періодичні навантаження від сил тиску газів, сил інерції та їхніх моментів.

Дія цих сил і моментів призводить до виникнення в матеріалі колінчастого вала значних напружень скручування, вигину та розтягування - стиснення. Крім того, моменти, що періодично змінюються, спричиняють крутильні коливання вала, які створюють додаткові напруження кручення.

«Колінчастий вал складається з шатунних 2 і корінних шийок 3, щік 4, з'єднувального фланця 6, противаг 5 і хвостовика 1 (рис. 2.1)» [13].

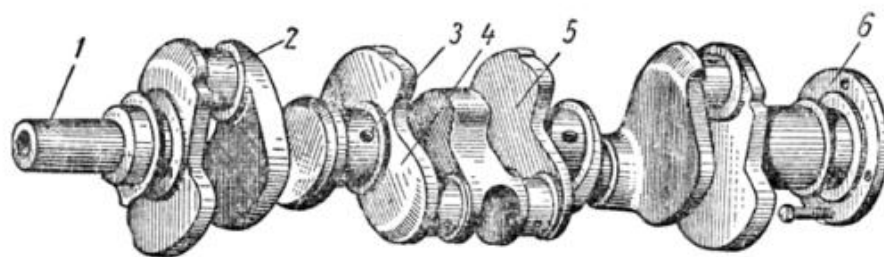


Рис. 2.1. Конструкція колінчастого вала автомобільного двигуна [13]:
1 – хвостовик; 2 – шатунні шийки; 3 – корінні шийки; 4 – щіки; 5 – противага; 6 – з'єднувальний фланець

Вали залежно від конструктивних співвідношень і маси виготовляють цільними або складеними. Частини складеного вала з'єднують фланцями, викуваними заодно з валом або насадженими на вал шляхом гарячої посадки [14].

На вихідному кінці колінчастого вала з боку відбору потужності зазвичай встановлюють маховик. Часто на фланці відбору потужності і маховик напресовують зубчасті вінці, які є частиною валоповоротного пристрою або служать для запуску двигуна за допомогою стартера. На

іншому кінці вала встановлюють шестерні приводу масляного і водяного насосів, пускового компресора, шків для приводу вентилятора, генератора, демпфери крутильних коливань тощо.

Коліна валу (кривошипи) виготовляють цільними, напівскладовими або складеними.

Вали з напівскладовими і складеними колінами характерні для потужних малооборотних суднових дизелів. Вали з напівскладовими колінами набули переважного поширення у зв'язку з більш простою технологією збирання і меншими (порівняно зі складовими колінами) товщинами щік і відстанню між твірними шатунної і корінної шийок. За менших значень переходять на напівскладові коліна, що диктується міркуваннями надійності з'єднання шийок зі щокою. Шийки запресовують у щоку за відносного натягу $1/900 \dots 1/1000$, що забезпечує надійність з'єднання без постановки шпонок і штифтів.

«Економічна ефективність виготовлення валів зі складеними колінами пояснюється тим, що припуски на поковку у цільних валів становлять 120...140% від маси, а у валів зі складеними колінами - 20...25%. Крім того, для цільних валів збільшується ймовірність браку всього виробу через неоднорідну структуру і внутрішні ливарні вади металомістких злитків» [14].

Колінчастий вал складається з колін, що являють собою дві щоки 1, з'єднані шийкою 2 (рис. 2.2).

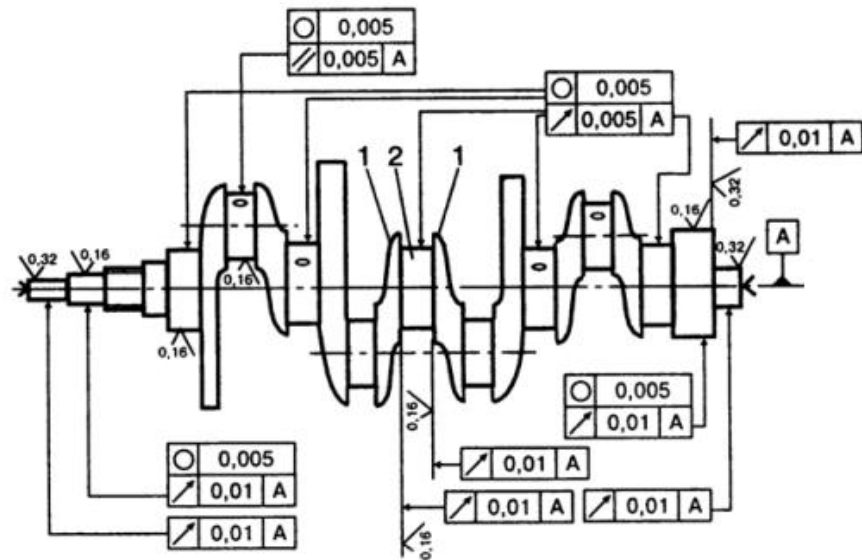


Рис. 2.2. Схема та основні вимоги до якості та розташування поверхонь колінчастого валу: 1 – щока; 2 – шийка

Поверхні шийок термообробляють для підвищення їхньої твердості та зносостійкості (чавунні загартовують струмами високої частоти, а сталеві азотують на глибину до 0,5...0,8 мм). Щоки колінчастого вала можуть бути як із противагами, так і без них, причому конструкція вала, кількість і розташування шатунних шийок і противаг визначаються конструктивною схемою двигуна. Діаметри шатунних шийок у більшості двигунів легкових автомобілів перебувають у межах 40...55 мм, а корінних – 50...70 мм.

Шийки колінчастих валів вантажних автомобілів мають діаметри від 60 до 100 мм і більше.

Усі поверхні ковзання колінчастого вала повинні мати високу чистоту, що досягається суперфінішною обробкою (поліруванням) після шліфування. Це дає змогу зменшити знос підшипників і сальників і прискорити їхнє первісне припрацювання за рахунок згладжування мікронерівностей на робочих поверхнях.

Технологічною базою, відносно якої ведеться обробка і перевірка всіх поверхонь вала, є вісь передньої і задньої центрових фасок. Оскільки

вал у двигуні обертається в корінних підшипниках, то вісь між крайніми корінними шийками часто використовують як вимірну базу під час перевірки вала на призмах для визначення його деформації.

Усі поверхні ковзання колінчастого вала повинні мати високу чистоту, що досягається суперфінішною обробкою (поліруванням) після шліфування. Це дає змогу зменшити знос підшипників і сальників і прискорити їхнє первісне припрацювання за рахунок згладжування мікронерівностей на робочих поверхнях.

Колінчастий вал автомобільного двигуна працює в умовах циклічного знакозмінного навантаження на вигин і кручення, тому дуже важливе значення має його втомна міцність.

Найнебезпечнішими перерізами, за якими можуть розвиватися втомні тріщини, є перерізи по краю шатунної шийки, по щогі між шатунною і корінною шийками (рис. 2.3), а також по отвору масляного каналу на поверхні шатунної шийки.

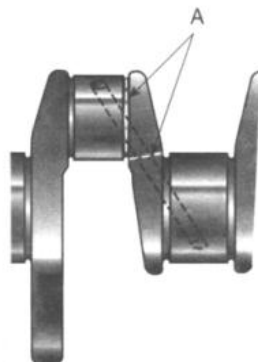


Рис. 2.3. Небезпечні перерізи вала з точки зору виникнення втомних тріщин: А – втомні тріщини

Важливими елементами колінчастого вала двигуна є хвостовик і задній фланець. Хвостовик слугує для встановлення шківів (одного або декількох для приводу допоміжних агрегатів), демпфера крутильних коливань, шківів або зірочки приводу розподільного механізму, організації ущільнення вала, приводу мастилонасоса, допоміжних, балансирних валів тощо.

2.2. Існуючі технології виготовлення колінчастих валів

В автомобілебудуванні вали ДВЗ виготовляють вільним куванням з подальшою механічною обробкою. Використовують литі сталеві та чавунні вали. Основним матеріалом є сталі. Для мало- і середньооборотних двигунів застосовують середньовуглецеві сталі 35, 40, 50, 40Г, 45Г, 50Г та ін. Вали високооборотних і середньофорсованих двигунів при діаметрі циліндрів менше 200 мм зазвичай виготовляють штампуванням. Матеріалом служать леговані сталі 40ХН, 35ХМ, 38ХМЮА, 40ХНВА, 25Х2Н4ВА, 38ХН3ВА та ін. Застосовуються також литі колінчасті вали з високоміцного чавуну з кулястим графітом ВЧ 45-5, ВЧ 50-2, ВЧ 60-2 та ін.

Розподіл колінчастих валів за матеріалами має такий вигляд: чавунні - 20 %, сталеві - 80 % (середньовуглецеві сталі - 45 %, леговані - 35 %) (рис. 2.4).

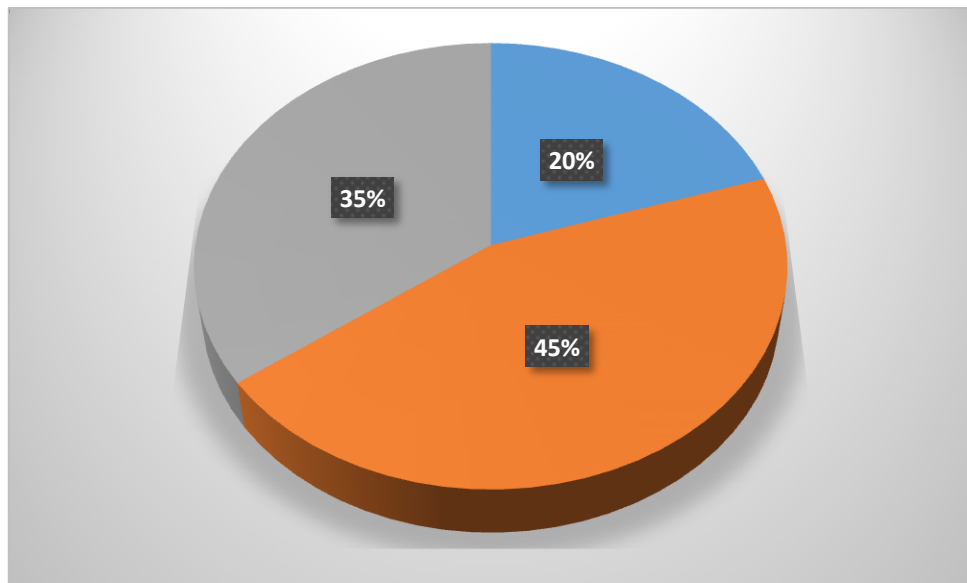


Рис. 2.3. Розподілення колінчастих валів за матеріалами: 20% - з чавуну; 45% - середньовуглецеві сталі; 35% - леговані сталі

Наприклад, колінчастий вал двигуна ЗМЗ-53 виготовлений з чавуну ВЧ 50-2. Його хімічний склад наведений в табл.2.1

Таблиця 2.1 –Хімічний склад чавуну ВЧ 50-2, % [15]

Марка чавуну	C	Si	Mn	P	S	Cr	Інші
				не-більше			
ВЧ-50	3,2–3,7	1,9–2,9	0,3–0,7	0,1	0,02	0,15	–

Колінчасті вали двигуна ЯМЗ-236, 238 виготовлені із сталі 50Г, хімічні та механічні властивості якої наведені в табл.2.2, 2.3.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад сталі 50Г, % [15]

C	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
		Не больше				
0,48–0,56	0,70– 1,00	0,040	0,040	≤0.25	≤0.25	≤0.25

Таблиця 2.3 – Механічні властивості сталі 50Г

Термообробка	Переріз заготовки	Механічні властивості					
		$\sigma_{\text{т}}$ кг/мм ²	$\sigma_{\text{с}}$ кг/мм ²	$\delta, \%$	$\varphi, \%$	D_H	HB
Поліпшення (гартування, відпускання)	80-150	46	76	16	48	6	241-285
Поверхнєве гартування СВЧ	–	–	–	–	–	–	HRC>56

Ливарний спосіб виробництва валів дає можливість отримання оптимальних конструктивних форм, що сприяють зниженню концентрації напружень і збільшенню запасів міцності.

На відміну від сталевих кованих або штампованих валів застосування чавунних виливків знижує вартість виготовлення і час на механічне

оброблення виробу, а наявність у чавуні графіту сприяє підвищенню зносостійкості шийок вала. За інших рівних умов колінчасті вали з чавуну (порівняно зі сталевими) менш чутливі до концентрації напружень, мають менші додаткові напруження від крутильних коливань внаслідок високої циклічної в'язкості. Широке застосування чавунних литих валів обмежується більш низькими механічними властивостями чавуну порівняно зі сталлю та більшою ймовірністю наявності внутрішніх ливарних вад порівняно з кованими або штампованими сталевими валами.

Широке застосування вуглецевих сталей для колінчастих валів пояснюється порівняльною дешевизною, простотою термообробки і високими механічними та пластичними властивостями виробу. Застосування легованих сталей пов'язане з підвищеними вимогами до характеристик міцності матеріалу, корозійної стійкості та пластичності.

Для отримання високих механічних характеристик легування має поєднуватися з термічною обробкою. Там, де потрібна висока жорсткість виробу, застосовувати леговані сталі недоцільно, тому що модуль пружності для них є величиною постійною і мало залежить від термообробки і вмісту легуючих елементів.

Колінчасті вали, згідно з прийнятою класифікацією, відносяться до другого класу – круглих стрижнів. Виходячи з конструктивної подібності деталей типу круглих стрижнів, за винятком порожнистих валів, вони обробляються за загальною технологічною схемою.

Загальна схема побудови технологічного процесу обробки заготовок деталей типу валів така: отримання вихідної заготовки гарячим штампуванням, куванням або литтям; підрізання торців і центрування; базування заготовки по центрових отворах або по поверхнях шийок; токарне оброблення з поворотом заготовки; попереднє обточування або шліфування шийок під люнети (під час оброблення довгих валів); оброблення фасонних і другорядних поверхонь; термічна обробка (за

необхідності); шліфування після термооброблення; балансування; оздоблювальне (доводочне) оброблення; контроль.

Заготовку колінчастого вала масою 12,8 кг отримують литтям у піщані форми під час машинного формування. Припуски на обробку різанням по середніх корінних і шатунних шийках становлять 2...3 мм, а по решті шийок 1,5...2 мм.

Отримані заготовки повинні задовольняти таким технічним умовам:

- твердість заготовки після нормалізації 235...265 HB;
- зміщення по лінії роз'єму не більше 0,5 мм;
- задилок по лінії роз'єму до 1 мм, за винятком зони противаг;
- допуски на припуски +1...-0,5 мм;
- точність розмірів без допусків +1...-0,5 мм.

Після остаточного контролю заготовки колінчастого вала передаються в механічний цех.

Під час обробки колінчастого вала різанням має бути витримана висока точність розмірів основних поверхонь, їхнього взаємного розташування та отримана низька шорсткість поверхонь.

Під час обробки заготовки сталевого колінчастого вала, на відміну від чавунного, проводять зміцнювальне обкочування галтелей.

2.3. Дефекти колінчастого вала

Колінчастий вал двигуна внутрішнього згоряння працює в умовах дії змінних сил і моментів від тиску газів у циліндрі двигуна, інерційних сил через нерівномірність руху деталей шатунно-поршневої групи та вібрацій від крутильних і вигинальних коливань вала [7].

Під впливом одночасного впливу тиску газів і сил інерції (а також їхніх моментів) у колінчастому валу виникають циклічно змінні напруження крутіння та вигину. Напруги крутіння можуть досягати дуже

великої величини, особливо в разі збігу частоти зміни збудливої сили з частотою власних крутильних коливань вала.

Це призводить до утворення в найбільш напружених місцях втомних тріщин, розвиток яких може викликати поломку вала.

Руйнування колінчастих валів від втоми починається зазвичай біля вихідного отвору для змащення на корінних і шатунних шийках і біля галтелей у сполученнях шийок зі щокми. Запас втомної міцності для автотракторних валів невеликий і дорівнює 1,5...3,0 [8]. Тому втома може з'явитися лімітуючим фактором, що визначає службову довговічність валу, її витривалість.

«Вивчення причин поломок колінчастих валів показує, що в більшості випадків вони є наслідками втоми матеріалу деталі або наявності в ній внутрішніх напружень» [8]. Внутрішні напруження можуть виникнути через контраст температур під час наплавочної операції технологічного процесу відновлення великогабаритного колінчастого вала дизельного двигуна або через високі температури, що впливають на металопокриття колінчастого вала під час його чорнової обробки шліфуванням.

При утворенні задирів на шийках колінчастих валів зростає ймовірність утворення на них тріщин (рис. 2.4) і деформації, статистичний зв'язок між утворенням тріщин і утворенням биття колінчастого вала слабкий, а зв'язок між утворенням задирів на шийках валів і биттям колінчастого вала досить сильний. Зі збільшенням прогину колінчастих валів зростає і кількість неремонтопридатних валів, їх вибракування. За прогину колінчастого вала понад 0,9 мм його недоцільно відновлювати через утворення в ньому втомних тріщин, при цьому до 90% валів із таким прогином підлягають вибракуванню [1].

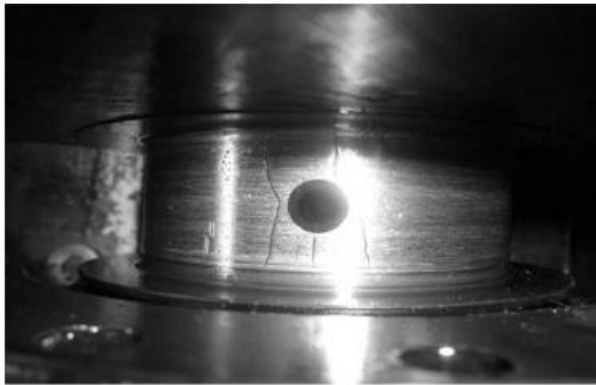


Рис. 2.4. Тріщини на шийці валу

Утворення тріщин на шийках колінчастих валів під час виготовлення значно знижує їхній експлуатаційний ресурс.

Аналіз дефектів колінчастих валів, що з'являються в процесі експлуатації, показує, що вихід з ладу колінчастих валів у більшості випадків відбувається:

- через задири шийок;
- за домінуючого впливу вигину в площині кривошипа;
- через руйнування його внаслідок постійного зростання деформацій і тріщин та поступового накопичення локальних дефектів.

Практикою ремонтного виробництва встановлені такі можливі дефекти колінчастого вала:

- знос або зрив різьби під гайку кріплення передньої противаги;
- спрацювання шийки під шків;
- спрацювання шийки під передню противагу;
- спрацювання шийки під шестерню;
- спрацювання корінних шийок;
- спрацювання шатунних шийок;
- овальність або конусність шийок;
- риски, задири та спрацювання шийки під передній та задній сальник;
- спрацювання посадочного місця під підшипник;
- спрацювання шпонкових пазів;
- зігнутість вала.
- послаблення кріплення противаг;

- обломи штифтів;
- неточність кутового розташування шатунних шийок;
- збільшення довжини задньої корінної шийки;
- спрацювання різьб.

Для уникнення зворотних операцій і для правильної послідовності виконання операцій дефектування і транспортування колінчастих валів на ділянках розробляється маршрутна карта.

Маршрутна карта складається в порядку раціональної послідовності виконання операцій.

Маршрутна карта вказує ділянку, зміст операції, пристосування, необхідне для виконання вказаної операції та інструмент (верстатний, слюсарний, контрольний).

Під час ремонту колінчастих валів головним чином відновлюють корінні та шатунні шийки.

Ремонтне креслення колінчастого валу двигуна ЗМЗ-53 показано на рис. 2.5.

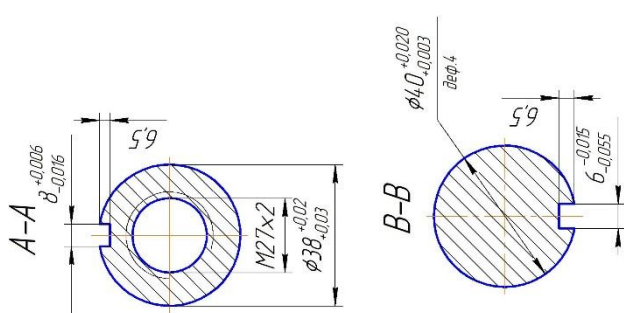


Рис. 2.5. Вал колінчастий двигуна ЗМЗ-53

2.4. Розгляд існуючих методів відновлення колінчастих валів

За даними [1-3] у минулому на ремонтних підприємствах різні способи відновлення колінчастих валів двигунів внутрішнього згорання застосовувалися в таких співвідношеннях, %: наплавлення під шаром флюсу, вібродугове наплавлення і наплавлення в середовищі CO₂ - 58; наплавлення порошковими дротами та стрічками - 14; гальванічне оброблення - 6; електродугова металізація - 6; плазмове наплавлення - 4; газополум'яне напилення - 4; плазмове напилення - 4; електроконтактне приварювання і припікання - 3; інші способи - 2. Ці дані не можуть бути однозначно використані для оцінки застосування способів відновлення під час ремонту.

«На деяких підприємствах для відновлення колінчастих валів використовували різновиди дугового способу наплавлення під шаром флюсу, які можна розділити на дві групи: 1) наплавлення дротом типу Нп-30ХГСА під шаром флюсу АН-348А із застосуванням різних варіантів термообробки (відпустка, загартування, відпал і нормалізація); 2) способи, які передбачають як легувальний матеріал застосування стандартного флюсу АН-348А, до якого додають легувальні елементи у вигляді ферохрому, ферованадію, алюмінію та ін. Недоліками цих способів є їхня висока трудомісткість і необхідність застосування спеціального електротермічного обладнання, що доцільно лише в умовах багатосерійного виробництва. Крім того, автоматичне наплавлення ефективне в тих випадках, коли потрібно наплавити шар завтовшки понад 2 мм» [].

Основні методи відновлення валів, що застосовуються в авторемонтному виробництві, можна умовно розділити на методи, що дають змогу відновити номінальний розмір і вихідну геометрію вала, і методи, що використовують відновлення під «ремонтний розмір», тобто під розмір, для якого існує можливість застосування "ремонтних" деталей.

Для відновлення посадкових поверхонь валів під номінальний розмір можуть бути прийняті такі способи:

1. *Напилення* являє собою нанесення під високим тиском повітря розплавленого металу на поверхню вала. За способом розплавлення металу розрізняють електродугове, газополум'яне, високочастотне, плазмове і детонаційне напилення. Наповнене таким чином покриття має низьку міцність зчеплення з основою, але при цьому не відбувається високого нагрівання поверхні, зміни структури матеріалу деталі, не виникає викривлення, не знижується втомна міцність. Нанесення покриттів методом плазмового напилення є різновидом газотермічних покриттів (детонаційне, газоплазмове, електродугова металізація, плазмове напилення/наплавлення).

2. *«Наплавлення»*. На відміну від напилення наплавлення, наплавлення здійснюється шляхом формування шару металу, що розплавляється безпосередньо на поверхні вала або осі. Розрізняють наплавлення під шаром флюсу, в середовищі захисних газів, газове, вібродугове та електродугове. Можна наносити шари металу практично будь-якої товщини, нанесений шар вирізняється високою твердістю, але водночас відбувається сильне нагрівання вала, що спричиняє викривлення та зміну структури поверхневого шару металу, з'являються труднощі в подальшому механічному обробленні обложеного шару з огляду на його високу твердість» [16].

3. *«Термопластичне деформування»* являє собою зміну геометричних розмірів, здійснюючи механічний вплив (осадження, витягування, висаджування, протягування, правка і так далі) на попередньо розігріту деталь. Таким методом можна проводити правку осьових деформацій валів, а також усувати деякі похибки форми поверхонь» [17].

Спосіб вельми обмежений у застосуванні через його технологічну недосконалість і труднощі в забезпеченні необхідних результатів.

4. *Гальванічне осадження* являє собою формування шару металу на відновлюваній поверхні шляхом електрохімічного осадження з електроліту. Спосіб має низку переваг, як-от відсутність нагрівання деталі, можливість нанесення шару будь-якого металу або їхньої комбінації із заданими властивостями та необхідної товщини, можливість нанесення шарів металу з різними властивостями.

5. *Полімерно-композитними матеріалами* формується на попередньо підготовленій поверхні, що відновлюється, шар полімерної композиції з подальшим її затвердінням.

Автором [7] зроблено висновки про те, що малогабаритні колінчасті вали дешевше замінити на нові, а великогабаритні економічніше відновлювати, і в цьому випадку відновлення дає змогу отримати значну економію матеріальних, виробничих і трудових ресурсів.

Зношені колінчасті вали двигунів, що мають овальність, конусність шийок, зазори в підшипниках, що перевищують величини, зазначені в типовій технології, відновлюються шліфуванням під ремонтні розміри.

Колінчасті вали, що мають зношеність шийок нижче за останній ремонтний розмір, відновлюються різними методами [7].

За даними [16, 17], з усіх методів відновлення колінчастих валів найширшого застосування набуло автоматичне наплавлення під шаром флюсу, це пояснюється низкою переваг порівняно з іншими методами відновлення.

До цих переваг можна віднести:

- надійний захист наплавленого шва від окислення;
- невеликі втрати на чад і розбризкування;
- можливість отримання шару заданого хімічного складу і властивостей;
- можливість автоматизації процесу наплавлення.

Існує три основні різновиди наплавлення шийок колінчастих валів під флюсом:

- наплавлення по гвинтовій лінії;
- наплавлення з поперечними коливаннями електрода, що плавиться (широкошарове наплавлення);
- багатоелектродне.

Наплавлення по гвинтовій лінії. Під час автоматичного наплавлення під флюсом циліндричної поверхні шийки колінчастого вала по гвинтовій лінії розплавлений метал формується у валики з перекриттям. Іноді попередньо здійснюють наплавлення галтелей двома кільцевими швами з подальшим проходом по гвинтовій лінії між ними [17].

Переваги цього методу зводяться до такого:

- добра якість наплавленого металу;
- можливість легування і модифікування наплавленого металу;
- стабільність процесу;
- високий коефіцієнт наплавлення;
- мала випромінювальна дія електричної дуги.

До основного недоліку процесу наплавлення під шаром флюсу можна зарахувати: нерівномірне нагрівання основного і наплавленого металу, високе, швидке і нерівномірне нагрівання призводить до великих і некерованих деформацій валів та зниження втомної міцності; утворення шлакової кірки та необхідність її видалення; низький коефіцієнт переходу легувальних та модифікувальних елементів; високий вміст легувальних елементів у шлаковій кірці; труднощі утримання зварювальної ванни на циліндричних поверхнях (особливо на деталях з чавуну); необхідність утримувати її в процесі відновлення валів; необхідність утримувати вал у високих температурах.

«Цей спосіб набув застосування для відновлення переважно сталевих колінчастих валів» [17].

«Багатоелектродне наплавлення під шаром флюсу. Цей спосіб використовують під час централізованого відновлення колінчастих валів. При цьому способі досягається висока якість формування валиків і

стабільність процесу» [7]. Плоска і гладка поверхня зварного валика забезпечує малий припуск на подальшу механічну обробку. Схема багатоелектродного наплавлення підвищує продуктивність процесу в кілька разів.

Незважаючи на численні переваги, цей спосіб має недоліки, властиві наплавленню під шаром флюсу, і з більш ускладненим обладнанням. Спосіб набув поширення для централізованого відновлення сталевих колінчастих валів.

Широкошарове наплавлення під шаром флюсу. Спосіб широкошарового наплавлення під керамічним флюсом АНК-18, розроблений в Інституті електрозварювання імені Е. О. Патона АН УРСР, дав змогу істотно підвищити продуктивність самого процесу наплавлення, поліпшити умови проходження металургійних процесів у рідкій зварювальній ванні.

Сутність способу полягає в такому. Спеціальний механізм повідомляє мундштуку поперечний рух зі швидкістю, що забезпечує плавлення зварювального дроту в загальній ванні [16].

Амплітуда коливань може регулюватися в значних межах (від 0 до 120 мм) і обирається за шириною необхідного зварювального шва. На відміну від процесу наплавлення по гвинтовій лінії, деталь покривається шаром металу за один оберт. Укорочення рідкої зварювальної ванни та її швидка кристалізація дають змогу вести наплавлення за великого зварювального струму. Час наплавлення шийки одного вала становить 1,0-1,5 хв, що в 4-5 разів швидше, ніж під час наплавлення по гвинтовій лінії (5 хвилин).

Водночас слід зазначити, що метал, отриманий під час широкошарового наплавлення під керамічним або легувальним флюсом, істотно поступається за зносостійкістю пари тертя "вал-вкладиш" таким металам, як високоміцний чавун або загартована сталь 45.

Зупинимося детальніше на способах відновлення колінчастих валів під шаром флюсу за гвинтовою лінією, як найбільш поширених.

Нині застосовуються кілька варіантів технологічних процесів відновлення колінчастих валів автоматичного наплавлення під флюсом.

1. Автоматичне наплавлення пружинним дротом під легуючим флюсом АН-348А без застосування термообробки після наплавлення. Цей спосіб найпростіший, оскільки не потрібне термічне оброблення, тому що наплавлений метал у процесі охолодження самозагартується на мартенситну структуру і твердість HRC 55...57.

Недоліками застосування цієї технології є виникнення тріщин у наплавленому шарі і зниження втомної міцності валів на 29...38%.

2. Автоматичне наплавлення колінчастих валів пружинним дротом під флюсом АН-348А із застосуванням термообробки високотемпературного відпуску за 620 ± 20 °C з метою зняття внутрішніх напружень і загартування з нагріванням ТВЧ. У результаті термічної обробки отримують зносостійку структуру; загартована частина шийок складається з мартенситу і тростомартенситу твердістю HRC 52...60, а на незагартованій частині біля галтелей є феритно-перлітна структура, HB169...200 [17]. Недоліком методу є ускладнення технології, а також окислення під час термообробки посадкових місць під шестерню, шпонку, підшипник.

3. Автоматичне наплавлення колінчастих валів дротом Нп-30ХГСА під флюсом АН-348А з подальшою термічною обробкою (нормалізація і після механічної обробки, загартування ТВЧ). У цьому випадку тріщини в наплавленому шарі відсутні, твердість HRC 45...47.

Недолік - невелика твердість. Крім наплавлення під шаром флюсу для відновлення колінчастих валів, обмежене застосування через низку істотних недоліків знаходило вібродугове наплавлення. До недоліків належать пори і тріщини в наплавленому шарі. Неоднорідність структури і

твердості, наявність високих залишкових напружень і як результат, зниження втомної міцності на 40...60%.

Застосовують й інші способи відновлення колінчастих валів: плазмова металізація, вібродугове наплавлення, електролітичне залізнення, електроконтактне наплавлення відкритою дугою, із захищеною дугою, наплавлення порошковим дротом, високочастотна металізація, наплавлення в середовищі різних газів, наплавлення по металевій оболонці, плазмове наплавлення та інші.

Але всі вони мають низку істотних недоліків: складне обладнання, дефіцитні вихідні матеріали та невисоку якість наплавлення. Загальним і суттєвим недоліком усіх методів наплавлення є значне нагрівання деталей, унаслідок чого знижується втомна міцність і спотворюється їхня геометрія. Зниження втомної міцності пояснюється наявністю розтягувальних напружень, що виникають під час нагрівання окремих ділянок металу до високих температур і структурних напружень, утворення яких пов'язане зі збільшенням об'єму під час переходу аустеніту в мартенсит.

Класифікація методів відновлення, які можуть бути використані під час ремонту колінчастих валів, представлена на рис. 2.6.

В табл. 2.4. представлені дані про межі витривалості матеріалу колінчастого валу двигуна ЗМЗ-53 (чавуну ВЧ 50-2) при різних видах покриття, а також коефіцієнт витривалості.

Таблиця 2.4 – Межі витривалості для чавуну ВЧ 50-2 [15]

Метод нанесення покриття	Межа витривалості, кг/мм ²	Коефіцієнт витривалості $\frac{\sigma_{-1H}}{\sigma_{-1}}$
1. Наплавлення під шаром флюсу	18	0,75
2. Вібродугове наплавлення	15	0,62
3. Хромування	18	0,75
4. Остальювання	17	0,72

2.5. Особливості механічної обробки наплавлених поверхонь колінчастих валів

Токарная обробка наплавлених поверхностей. Для термічно необроблюваних колінчастих валів токарну обробку не застосовують внаслідок високої твердості наплавленого шару. Токарній обробці піддають наплавлені шийки тих валів, які після наплавлення піддавалися глибокому відпуску або відпалу.

Можливі три варіанти обробки корінних шийок.

1) Шийку обробляють у два переходи двома різними різцями (правим і лівим), заправленими за радіусом галтелі.

2) Шийку обробляють за один перехід широким різцем, заправленим за формою правої і лівої галтелі.

3) Шийку обробляють у три переходи, спочатку прохідним, а потім правим і лівим галтельними різцями. Більш продуктивним є другий варіант. Однак унаслідок недостатньої жорсткості оброблюваних валів від нього доводиться часто відмовлятися і вибирати перший і рідше третій варіанти. Рекомендований матеріал різців – ВК6М.

Режими різання залежать від типу колінчастого вала, його габаритних розмірів, жорсткості та збалансованості.

Припуск на шліфування залишають у межах 0,3 - 0,5 мм на бік. У кожному конкретному випадку ці режими уточнюють залежно від жорсткості колінчастого валу. Важливо під час токарного оброблення корінних шийок дотримуватися радіусів галтелей, витримувати діаметральні та лінійні розміри шийок і лінійні розміри, що зв'язують положення шийок із базовим торцем колінчастого вала. Якщо недотримуватися останньої умови, то під час складання двигуна буде

порушено нормальний осьовий розбіг колінчастого вала. Друга токарна операція полягає в обробці шатунних шийок. Цій операції зазвичай передують правка колінчастого вала за обробленими корінними шийками. Операцію виконують на токарному верстаті, встановлюючи вал у центромісткості та застосовуючи кутову фіксацію. Варіанти обробки шатунних шийок такі самі, як і під час обробки корінних. Під час токарного оброблення шатунних шийок необхідно витримувати точність їхніх діаметральних і лінійних розмірів, радіусів галтелей, радіусів кривошипів, кутового розташування кривошипів і розташування шатунних шийок відносно базового торця колінчастого вала.

Шлифование шеек коленчатых валов. Шліфування шийок колінчастих валів буває трьох видів.

1. Шліфування термічно оброблених валів після обточування.
2. Шліфування термічно необроблених колінчастих валів після наплавлення під легованим флюсом (шліфування по кірці).
3. Шліфування під ремонтний розмір. Перші два види шліфування зазвичай підрозділяються на чорнове і чистове. Шліфування під ремонтний розмір найчастіше виконують в одну операцію. Ремонтні розміри визначаються розмірами вкладишів, що випускаються промисловістю. Однойменні шийки (шатунні або корінні) шліфують під один розмір. Однак у разі відхилення діаметра однієї з шатунних шийок від діаметра інших більш ніж на 0,4 мм під час індивідуального ремонту допускається шліфування однієї цієї шийки під наступний ремонтний розмір. Під час шліфування збірних колінчастих валів дозволяється знімати противаги. Для того щоб не порушити балансування колінчастого вала, противаги розмічають так, щоб під час складання всі деталі, які стосуються їх, були встановлені на колишнє місце. До шліфування приступають тільки після усунення всіх дефектів колінчастого вала.

Шліфують спочатку корінні шийки і всі інші, що знаходяться на одній осі з корінними, а потім шатунні.

2.6. Технічні умови на прийом колінчастих валів у ремонт

Під час централізованого ремонту і відновлення прийняті вали знеособлюють, оскільки після ремонту всі вони мають бути рівнозначні за якістю. Найбільш загальними вимогами, прийнятими на більшості ремонтних підприємств, є такі.

1. Транспортувати колінчасті вали від замовника до ремонтного підприємства і назад необхідно в спеціальній тарі, що виключає можливість їхнього ушкодження на шляху проходження.

2. Колінчасті вали приймають у ремонт без шестерень, штифтів, шпонок і мастиловідбивачів у зборі з противагами, пробками і заглушками. Допускається приймання в ремонт колінчастих валів із шестернею, якщо вона розташована між противагами, а також із підшипником, розташованим в отворі фланця.

3. Вали, що здаються в ремонт, повинні бути очищені від бруду і протерті до стану, за якого зовнішнім оглядом можуть бути виявлені великі дефекти: забоїни, подряпини, тріщини.

4. Колінчасті вали підлягають ремонту або відновленню, якщо їхні геометричні параметри виходять за межі значень, наведених у технічних умовах.

5. Колінчасті вали підлягають вибракуванню за наявності на шийках кільцевих тріщин, що виходять на галтелі, а також тріщин на щоках глибиною понад 4 мм.

6. Поверхні, що підлягають ремонту або відновленню, під час контролю-сортування позначають червоною фарбою. Вибраковані

колінчасті вали маркують червоною фарбою на першій щогі "Бр" і направляють в ізолятор браку.

7. Колінчасті вали, що підлягають ремонту або відновленню, слід зберігати в приміщенні або під навісом. Забороняється зберігання колінчастих валів спільно з агресивними речовинами.

2.7. Розробка структурної послідовності виконання технологічних операцій відновлення коленчатого валу

Зазначимо, що враховуючи кількість зустрічаючихся дефектів, складаємо технологічний процес відновлення колінчатого валу двигуна ЗМЗ-53 для усунення наступних дефектів:

- згин колінчастого валу;
- спрацювання корінних шийок;
- спрацювання шатунних шийок.

Розроблено до використання наступну послідовність технологічного процесу відновлення колінчатого валу двигуна ЗМЗ-53 (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Структура послідовності операцій розробленого технологічного процесу відновлення колінчатого валу двигуна ЗМЗ-53

№ операції	№ переходу	Назва операції	Зміст операцій
1	2	3	4
005		Слюсарна	Усунути вигин валу
010	1	Токарна	Виправити фаску отвори під болт кріплення шестерні
	2		Виправити фаску отвору під підшипник первинного валу
015		Слюсарна	Зачистити шатунні і корінні шийки
020		Шліфувальна	Шліфувати корінні шийки колінчатого валу до $\varnothing 69,5$ мм на довжині 30,5 мм
025		Шліфувальна	Шліфувати шатунні шийки колінчатого валу до $\varnothing 59,5$ мм на довжині 52,1 мм
030		Наплавочна	Наплавити поверхні корінних шийок колінчатого валу до $\varnothing 70,5$ мм на довжині 30,5 мм
035		Наплавочна	Наплавити поверхні шатунних шийок колінчатого валу до $\varnothing 60,5$ мм на довжині $52^{+0,1}$ мм
040		Шліфувальна	Шліфувати корінних шийок колінчатого валу до $\varnothing 70_{-0,02}$ мм на довжині $30,5_{-0,05}$ мм

Продовження табл. 2.5

1		3	4
045		Шліфувальна	Шліфувати шатунні шийок колінчатого валу до $\varnothing 60_{-0,02}$ мм на довжині $52^{+0,1}$ мм
050		Накочувальна	Зробити зміцнення поверхні корінних і шатунних шийок за допомогою накочування
055		Контрольна	Виконати контроль якості відновлення кулачкового валу

2.8. Складання технологічних маршрутів відновлення колінчастих валів

Для відновлення вказаних вище дефектів на підставі карти дефектування призначаємо такий порядок відновлення корінних та шатунних шийок.

При наявності дефектів деталей, відновлюваних шляхом перешліфовки на черговий ремонтний розмір, колінчастий вал направляється на дільницю для відновлення.

Обладнання наявне на базовому підприємстві: спеціалізовані круглошліфувальні верстати моделі 3А423; ріжучий інструмент – абразивний круг

- чистове шліфування – Э5-25-СГ(ч),

- тонке шліфування – Э5-16-СГ(д).

Правка круга алмазним олівцем Ц1.6.55.

Вимірювальний інструмент – індикаторна скоба, мікрометр.

При наявності дефектів, що відновлюються шляхом наплавлення, колінчастий вал направляється в наплавлювальну дільницю. Наплавлення шийок колінчастого валів виконується на спеціально обладнаному верстаті моделі 1К62.

Наплавлення корінних шийок виконується в центрах, шатунних – на спеціальному пристосуванні «жорсткий центр».

Наплавлення виконується наплавлювальним автоматом А-580 з перетворювачем ПСО-500.

Вимірювальний інструмент – штангенциркуль ШЦ-II-160-0.05.

Попередня обробка (обдирання) шийок виконується на механічній дільниці на спеціально обладнаних верстатах моделі 1К62, в центрах корінних шийок і в пристосуванні «жорсткий центр» – шатунних. Ріжучий інструмент – абразивний круг ПП 900×40×305.

Вимірювальний інструмент – штангенциркуль.

Чистова і тонка обробка виконується у тому ж порядку, що й перешліфовка під ремонтний розмір.

Відновлення різьби виконується на механічній дільниці на спеціально обладнаному місці слюсаря.

Робочим місцем є верстат.

Обладнання – електродрель.

Інструмент – мітчик, таровані ключі для затягування болтів кріплення.

На даному робочому місці виконуються роботи по викручуванню обірваних болтів та відновленню різьби.

Технологія відновлення шатунних і корінних шийок методом наплавлення

Визначаємо тверду товщину шару, що наплавляється (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 – Розміри корінних та шатунних шийок, мм

	Корінні шийки	Шатунні шийки
Номінальні розміри	Ø70 _{-0,013}	Ø60 _{-0,013}
IV ремонтний розмір		
Розміри, при яких потрібне відновлення наплавленням	Ø68,4	Ø58,4
Товщина шару металу для відновлення до номінального розміру	$\frac{70 - 68,4}{2} = 0,8$	$\frac{60 - 58,4}{2} = 0,8$

Визначаємо припуски на обробку.

Максимальний припуск на обробку визначаємо за формулою

$$2Z_{i\max} = 2Z_{i\min} + \delta_{D_{i-1}} - \delta_{D_i},$$

де $2Z_{i\min} = 2\left(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \sum y_i^2}\right)$ — мінімальний припуск при обробці зовнішніх діаметрів;

$R_{Z_{i-1}}$ — шорсткість на попередньому переході;

T_{i-1} — глибина дефектовочного шару на попередньому переході;

ρ_{i-1} — сумарне просторове відхилення для елементарної поверхні на попередньому переході;

$\sum y_i$ — погрішність установки при виконанні переходу.

Оскільки діаметр корінних шийок $D = 70_{-0,013}$ мм і шатунних шийок $D_1 = 60_{-0,013}$ мм знаходяться в одному інтервалі розмірів для допусків, то припуски для обох шийок однакові.

2.8. Розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом

За таблицями довідкової літератури вибираємо значення: R_z , T , ρ , Σy і δ .

а) шийки – після правки

$$R_z + T = 60 \text{ мкм} \text{ — як для литої заготовки.}$$

$$\rho = L\Delta K = 685 \cdot 0,6 = 411 \text{ мкм},$$

де $L=685$ мм – довжина вала;

$\Delta K=0,6$ мкм/мм – питома кривизна після термообробки з правкою на пресах;

$\Sigma y=0$ – похибка установки заготовки для всіх операцій, що виконуються в центрах;

$$\delta = \pm 1,2 \text{ мм} \text{ — допуск для сталевих відливок I класу точності.}$$

б) Шліфування обдирочне

$$R_z=20 \text{ мкм}, T=20 \text{ мкм}$$

$$\rho = L\Delta K = 685 \cdot 0,5 = 342,5 \text{ мкм}$$

$$\Delta K = 0,5;$$

$$\delta = 700 \text{ мкм} \text{ — СТ СЭВ 145-75 (14 квалітет).}$$

в) Шліфування чорнове

$$R_z=10 \text{ мкм}; T=10 \text{ мкм};$$

$$\rho = 685 \cdot 0,2 = 137 \text{ мкм};$$

$$\Delta K = 0,2; \delta = 140 \text{ мкм} \text{ — СТ СЭВ 145-75 (10 квалітет).}$$

г) Шліфування чистове

$$R_z=5 \text{ мкм}; T=5 \text{ мкм};$$

$$\rho = 685 \cdot 0,02 = 13,7 \text{ мкм};$$

$$\Delta K = 0,02; \delta = 35 \text{ мкм} \text{ — СТ СЭВ 145-75 (7 квалітет).}$$

д) Шліфування тонке

$$R_z=0; T=0;$$

$$\rho = 685 \cdot 0,01 = 6,8 \text{ мкм};$$

$$\Delta K = 0,01; \delta = 15 \text{ мкм}.$$

Визначаємо величину припусків $2Z_{\min}$

а) шліфування тонке

$$2Z_{\min} = 2\sqrt{\rho} = 2 \cdot 6,8 \text{ мкм}$$

б) шліфування чистове

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (5 + 5 + 13,7) = 2 \cdot 23,7 \text{ мкм}$$

Розрахунковий розмір

$$D_{i-1\min} = D_{i\min} + 2Z_{1\min};$$

$$D_{i-1\min} = 69,085 + 0,015 = 70 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{найб.}} = D + \delta;$$

$$D_{\text{найб.}} = 70 + 0,035 = 70,035 \text{ мкм}$$

Найбільший припуск дорівнює

$$2Z_{\max} = 2 \cdot 23,7 + 140 - 35 = 153 \text{ мкм.}$$

в) шліфування чорнове

$$2Z_{\min} = 2(10 + 10 + 137) = 2 \cdot 155,3 \text{ мкм.}$$

$$D_{i\min} = 70 + 2 \cdot 0,0236 = 70,048 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{найб.}} = 70,048 + 0,14 = 70,188 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max} = 2 \cdot 192,3 + 700 - 140 = 945 \text{ мкм.}$$

г) шліфування обдирочне

$$2Z_{\min} = 2(20 + 20 + 342,5) = 2 \cdot 382,5 \text{ мкм.}$$

$$D_{i-1\min} = 70,048 + 2 \cdot 0,1923 = 70,428 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{найб.}} = 70,188 + 0,87 = 71,058 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max} = 2 \cdot 470,5 + 1200 - 700 = 1441 \text{ мкм.}$$

д) заготовка

Розрахунковий розмір

$$D_{i-1\min} = 70,428 + 2 \cdot 0,4705 = 71,368 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{найб.}} = 71,374 + 1,2 = 72,578 \text{ мм.}$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 2.7.

Розраховуємо зовнішній діаметр $D=70_{-0,013}$ мм.

На підставі наведеного вище розрахунку визначаємо розрахункову висоту наплавки:

$$\Delta = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2};$$

$$\Delta = \frac{72,258 - 68,4}{2} = 1,929 \text{ мм.}$$

Таблиця 2.7 – Елементи припуску та граничні розміри

Технологічні операції та переходи обробки елементарної поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	R _z	T	ρ	ε _y				Найбільший	Най-менший	Найбільший	Най-менший
Шийки після наплавлення	600		411	0		71,368	1200	92,258	71,3368		
Шліфування обдирочне	20	20	342,5	0	2·470,5	70,428	700	71,058	70,429	1441	785
Шліфування чорнове	10	10	13,7	0	2·192,3	70,048	140	70,188	70,048	945	310
Шліфування чистове	5	5	13,7	0	2·23,6	70	35	70,035	70	153	47,4

Шліфування тонке	–	–	6,8	–	2·6,8	69,087	15	70	69,87	34	12,6
------------------	---	---	-----	---	-------	--------	----	----	-------	----	------

Наплавлення шийок колінчастих валів здійснюється на спеціально обладнаних токарно-гвинторізних верстатах 1К62 зварювальними автоматами А-580М з перетворювачем ПСО-500 дротом ПП 3-88 за ТУ 62-27-81 під флюсом АН-348-А ГОСТ 9087-81.

Висота шару, що наплавляється, складає $\Delta=2,0$ мм.

Режим наплавлення автомата А-580М при напавленні циліндричних поверхонь $\varnothing 80_{-0,120}$ мм:

сила струму $I=180\ldots 200$ А;

напруга $U=28\ldots 30$ В;

швидкість наплавлення $v=31\ldots 63$ м/год.;

крок наплавлення $S=4\ldots 5$ мм;

висота одного шару $t=2,0\ldots 2,5$ мм.

Більш прогресивним методом наплавлення є наплавлення дротом СВ 08 ГОСТ 2246-89 під флюсом АНК-19, ТУ 14-1-1086-84.

Флюс АНК-19 призначений для широкошарового наплавлення коливним електродом шару сталі твердістю більше HRC 50 застосовується в поєднанні з дротом СВ 08 для наплавлення кромek робочих органів дорожно-будівельних машин (ножі, ковші тощо), а також для деталей з циліндричною поверхнею діаметром більше 50 мм.

Враховуючи технічні можливості автомата, приймаємо висоту шару $t=2,5$ мм при діаметрі дроту 2 мм.

Призначаємо режим наплавлення шийок за табл. 109 та технічними даними автомата.

Корінні шийки (005):

при $t=2,5$ мм зовнішній діаметр $D=75,0\pm 0,5$ мм;

сила струму $I=200\ldots 220$ А;

напруга $U=28\ldots 30$ В;

діаметр дроту 2 мм;

швидкість наплавлення $V=42$ м/год.;

довжина наплавлення шийки $L=30,5$ мм;

крок наплавлення $S=4$ мм;

кількість обертів деталі при $D_{\text{сер}}=72,5$ мм

$$n = \frac{V}{\pi D_{\text{сер}}};$$

$$n = \frac{42}{60 \cdot 3,14 \cdot 0,0725} = 3,18 \text{ об / хв.}$$

Кількість проходів (витків)

$$n_e = \frac{L}{S} = \frac{32}{4} = 8.$$

Шатунні шийки (010):

$D_1=85\pm 0,5$ мм – діаметр наплавленої шийки;

сила струму $I=180\dots 200$ А;

напруга $U=28\dots 30$ В;

діаметр дроту 2 мм;

швидкість наплавлення $V=46$ м/год.;

довжина наплавлення шийки $L=52,1$ мм;

кількість обертів деталі при $D_{1\text{сер}}=62,5$ мм

$$n = \frac{46}{60 \cdot 3,14 \cdot 0,0625} = 3,89 \text{ об / хв.}$$

Кількість проходів (витків)

$$n_e = \frac{52,1}{4} = 13$$

Визначаємо час на наплавлення шийок колінчастого валу за формулою:

$$T_n = T_o + T_d + T_{\text{доо}} + \frac{T_{nz}}{n_{\text{шт}}},$$

де T_n – норма штучно-калькуляційного часу (хв.);

T_o – основний час;

T_d – допоміжний час;

$T_{дод}$ – додатковий час;

$T_{пз}$ – підготовчо-заключний час;

$n_{шт}$ – кількість деталей у партії.

Основний час визначаємо за формулою

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

де L – довжина поверхні, що наплавляється;

i – кількість проходів (шийок);

n – кількість обертів деталі за хвилину;

S – величина подачі супорта (крок наплавлення).

Допоміжний час на наплавлення витрачається на настройку, пуск супорта, на вимикання установки, очищення наплавленої поверхні, видалення шлакової корки з наплавленого шару.

У нашому випадку

$$T_d = T_{д табл} + 0,6i,$$

де 0,6 хв. – допоміжний час на один прохід.

Додатковий час складає 15% від оперативного часу [19].

$$T_{дод} = 0,15 \cdot T_{оп},$$

$$\text{де } T_{дод} = T_o + T_d.$$

Підготовчо-заключний час – 16 хв.

$n=12$ шт. – орієнтовна кількість наплавлених колінчастих валів за зміну.

Корінні шийки(005)

$$L = 30,5 \text{ мм};$$

$$i = 5 \text{ шийок};$$

$$n = 3,18 \text{ об/хв.};$$

$$S = 5 \text{ мм}.$$

$$T_o = \frac{30 \cdot 5}{4 \cdot 3,18} = 11,98 \text{ хв.}$$

$$T_{\epsilon} = 3,3 + 0,6 \cdot 4 = 5,7 \text{ хв. при } M_{\text{к/вала}} = 79,8 \text{ кг.}$$

$$T_o = 0,15 \cdot (11,98 + 5,7) = 2,65 \text{ хв.}$$

$$\frac{T_{nz}}{n} = \frac{16}{12} = 1,33 \text{ хв.}$$

Повний час дорівнює

$$T_n = 11,98 + 5,7 + 2,85 + 1,33 = 21,66 \text{ хв.}$$

Шатунні шийки (010)

$$L = 52,1 \text{ мм};$$

$$i = 4 \text{ шийки};$$

$$n = 3,89 \text{ об/хв.};$$

$$S = 4 \text{ мм.}$$

$$T_o = \frac{52,1 \cdot 4}{4 \cdot 3,89} = 13,39 \text{ хв.}$$

$$T_{\epsilon} = 5,7 \text{ хв.}$$

$$T_o = 0,15 \cdot (13,39 + 5,7) = 2,85 \text{ хв.}$$

$$\frac{T_{nz}}{n} = \frac{16}{10} = 1,6 \text{ хв.}$$

$$T_n = 13,39 + 5,7 + 2,85 + 1,6 = 23,54 \text{ хв.}$$

Вимірювальний інструмент – штангенциркуль ШЦ I 125-0,10.

2.9. Призначення режимів різання та визначення норм часу при механічній обробці колінчастого валу

Розрахунок ведемо за максимальним припуском, тобто за діаметром шийок вала

$$D = 72,6 \text{ мм};$$

$$D_1 = 60,6 \text{ мм.}$$

Припуск на сторону $Z=1,3$ мм.

Припуски на переходи такі:

- тонке шліфування $Z_T=0,04$ мм;
- чистове шліфування $Z_{\text{ч}}=0,12$ мм;
- чорнове шліфування $Z_{\text{чорн}}=0,24$ мм;
- обдирочне шліфування $Z_{\text{обдир}}=0,9$ мм;

Оскільки шліфувальний верстат 3А423 за технічними даними напівавтоматичний і допустима ширина шліфувального круга 30 мм, а довжина корінних шийок вала відповідно $52^{+0,1}$ мм повна обробка шийок виконується простим методом врізання.

За таблицями довідкової літератури [19] призначаємо поперечну подачу на оберт деталі та колову швидкість шліфування (шліфувального круга).

Корінні шийки

$t=0,04$ мм/об.;

$V_d=25$ м/хв. – колова швидкість деталі;

$V_{\text{ш}}=18$ м/с – колова швидкість шліфування.

Чорнове і чистове шліфування:

$t=0,005$ мм/об.;

$V_d=25$ м/хв.;

$V_{\text{ш}}=35$ м/с.

Тонке шліфування:

$t=0,1 \dots 0,3$ мм/хв.;

$V_d=25$ м/хв.;

$V_{\text{ш}}=35$ м/с.

Виходжування – $5 \dots 10$ с.

Полірування – $V_{\text{п}}=35$ м/с, питомий тиск $0,5 \dots 2$ кг/см² полірувальною пастою.

Шатунні шийки

$t=0,035$ мм/об.;

$$V_d=22 \text{ м/хв.};$$

$$V_{ш}=18 \text{ м/с.}$$

Чорнове і чистове шліфування:

$$t=0,005 \text{ мм/об.};$$

$$V_d=22 \text{ м/хв.};$$

$$V_{ш}=35 \text{ м/с.}$$

Тонке шліфування:

$$t=0,1 \dots 0,3 \text{ мм/хв.};$$

$$V_d=22 \text{ м/хв.};$$

$$V_{ш}=35 \text{ м/с.}$$

Полірування:

$$V_{п}=35 \text{ м/с, } \rho=0,5 \dots 2 \text{ кг/см}^2.$$

Полірування здійснюється пастами.

Діаметр шліфувальних кругів приймаємо 900 мм.

За прийнятими режимами визначаємо оберти деталі та круга і приводимо у відповідність з технічними можливостями верстатів.

Обдирка виконується на токарно-гвинторізному верстаті моделі 1К62, який спеціально переобладується. На супорті змонтовані шліфувальна головка і для обробки шатунних шийок застосовується пристрій для кріплення колінчастого валу.

Оберти шпинделя згідно з паспортом

$$n_{ш} = 12,5 \dots 2000 \text{ об / хв.}$$

Оберти шліфувального круга

$$n_k = 380 \dots 400 \text{ об / хв.}$$

Поперечна подача на оберт шпинделя

$$0,035 \dots 2,08 \text{ мм / об.}$$

За вибраними режимами для корінних та шатунних шийок швидкість обертання деталі визначаємо за формулою

$$n = \frac{V}{\pi D}.$$

Для корінних шийок

$$n_1 = \frac{25}{3,14 \cdot 0,0714} = 110,6 \text{ об / хв}$$

Для шатунних шийок

$$n_1 = \frac{22}{3,14 \cdot 0,0613} = 116,7 \text{ об / хв.}$$

Верстат 1K62 має настройку на 78 об/хв і 89 об/хв.

Приймаємо для обробки обох шийок $n=108$ об/хв., тоді колові швидкості будуть дорівнювати

$$v = \pi \cdot D \cdot n;$$

$$v = 3,14 \cdot 0,0714 \cdot 108 = 24,1 \text{ м / хв.}$$

$$v_1 = 3,14 \cdot 0,0613 \cdot 108 = 20,95 \text{ м / хв.}$$

Швидкість обертання шліфувального круга для обробки обох шийок дорівнюватиме

$$n_k = \frac{18 \cdot 60}{3,14 \cdot 0,9} = 382 \text{ об / хв.}$$

і знаходитиметься у межах швидкості круга шліфувальної головки, тоді

$$v_{ш} = \frac{\pi D_k}{60} (380 \dots 400)$$

$$v_{ш} = \frac{3,14 \cdot 0,9}{60} (380 \dots 400) = 17,9 \dots 18,84 \text{ м / с}$$

Поперечна подача верстата забезпечує прийнятну глибину різання $t=0,04$ мм/об.

Чорнове, чистове та тонке шліфування виконується на шліфувальному верстаті моделі 3A423 для якого:

- гранична кількість обертів шліфувального круга 730...830 об/хв.;
- поперечна подача верстата 0,2...7 мм/хв.;
- кількість обертів шпінделя 31, 62, 108, 216 об/хв.

Для всіх видів шліфування

$$v_{\partial} = 25 \text{ м / хв.}; \quad v_{\partial_1} = 22 \text{ м / хв.}$$

$$n_{\partial} = \frac{25 \cdot 60}{3,14 \cdot 0,0714} = 45,8 \text{ об / хв};$$

$$n_{\partial_1} = \frac{22 \cdot 60}{3,14 \cdot 0,0613} = 54,08 \text{ об / хв.}$$

Приймаємо для обох шийок

$$n_{\partial} = 42 \text{ об / хв, тоді}$$

$$v_{\partial} = \pi \cdot D \cdot n_{\partial} = 3,14 \cdot 0,0714 \cdot 42 = 9,23 \text{ м / хв.};$$

$$v_{\partial_1} = \pi \cdot D \cdot n_{\partial_1} = 3,14 \cdot 0,0613 \cdot 42 = 7,9 \text{ м / хв.}$$

Швидкість обертання круга

$$n_{\kappa} = \frac{35 \cdot 60}{3,14 \cdot 0,9} = 742,74 \text{ об / хв} - \text{знаходиться у межах обертів}$$

круга шліфувальної головки.

Тоді

$$v = \frac{\pi D_{\kappa}}{60} (730 \dots 830)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 0,9}{60} (730 \dots 830) = 34,4 \dots 39,1 \text{ м / с}$$

Визначаємо поперечну подачу верстата на один оберт шпинделя:

$$t = \frac{0,2 \dots 0,7}{62} = 0,0033 \dots 0,1116 \text{ мм / об.}$$

Діапазон увімкнення поперечних подач верстата забезпечує настроювання на прийнятні глибини різання.

Полірування шийок здійснюється на спеціальному стенді, що являє собою спарені шатунами колінчасті вали.

При швидкості полірування 32 м/с кількість обертів вала ведучого та полірованого дорівнюватиме:

$$n = \frac{35 \cdot 60}{3,14 \cdot 0,1113} = 5915 \text{ об / хв.}$$

З огляду на те, що наявний стенд для полірування сконструйований так, що поліруються всі шийки одночасно (механізм має 4 ланки), швидкість обертання встановлена $n=180$ об/хв.

Вибираємо ріжучий інструмент за потрібною чистотою та точністю.

Обдирка: ПП 900×55×35, 24A50CT2K – для корінних шийок і ПП 900×82×305, 24A50CT2K. Чорнова, чистова і тонка обробка: ПП 900×40×305.

Для правки кругів приймаємо олівець 3909-0053.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Режими обробки

Вид обробки	Швидкість поперечного різання деталі, мм/об.	Швидкість обертання деталі, об/хв	Швидкість обертання круга, об/хв	Припуск на сторону, мм	Колова швидкість деталі, м/хв.	Швидкість шліфування, м/с
1	2	3	4	5	6	7
Шліфування						
1. Обдирне	0,04	116,7	380...400	0,9	24,1	17,9...18,84
	0,04	116,7	380...400	0,9	24,1	17,9...18,84
2. Чорнове	0,005	47	730...830	0,24	20,95	34,4...39,1
	0,005	47	730...830	0,24	17,4	34,4...39,1
3. Чистове	0,005	47	730...830	0,12	20,95	34,4...39,1
	0,005	47	730...830	0,12	17,4	34,4...39,1
4. Тонке	0,002	47	730...830	0,04	20,95	34,4...39,1
	0,002	47	730...830	0,04	17,4	34,4...39,1
5. Полірування	–	–	–	–	–	–

Відновлення колінчастих валів шляхом перешліфовки валів на чергові ремонтні розміри виконується за пунктами 3, 4, 5 [19].

Визначаємо штучно-калькуляційний час на механічну обробку колінчастого валу.

Розрахунок часу виконуємо за формулою

$$T_{ш} = T_o + T_{\partial} + T_{\partial\partial\partial} + \frac{T_{nz}}{n}.$$

Основний час механічної обробки для корінних і шатунних шийок визначаємо за виразом

$$T_o = \frac{Z \cdot i}{n_{\partial} \cdot t} \cdot K_3,$$

де Z – припуск на сторону даного проходу, мм;

i – кількість оброблених шийок;

n_{∂} – швидкість обертання деталі, об/хв;

t – подача на один оберт, мм;

K_3 – коефіцієнт зачисних ходів (1,2...1,7);

T_{∂} – допоміжний час [19];

$T_{\partial\partial\partial} = K(T_o + T_{\partial})$ – додатковий час [19];

$T_{пз}$ – підготовчо-заклучний час [19];

n – кількість колінчастих валів, які обробляються за зміну.

Корінні шийки обробляються з установкою в центрах.

$$T_o = \frac{0,9 \cdot 5}{116,7 \cdot 0,04} \cdot 1,2 = 0,964 \text{ хв.}$$

$$T_{\partial} = 3,2 \text{ хв.}$$

$$T_{\partial\partial\partial} = 0,09(0,964 + 3,2) = 0,374 \text{ хв.}$$

$$T_{nz} = 8 + 9 = 17 \text{ хв.}$$

Правка шліфувального круга після обробки 3-х колінчастих валів.

$$T_{ш} = 0,964 + 3,2 + 0,374 + \frac{17}{3} = 10,21 \text{ хв.}$$

Шатунні шийки обробляються з установкою в пристрої з переустановкою на кожну шийку (4 шийки)

$$T_o = \frac{0,9 \cdot 4}{116,7 \cdot 0,04} \cdot 1,2 = 0,769 \text{ хв.}$$

Допоміжний час з урахуванням перестановок

$$T_o = 4 \cdot 4 = 16 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{доо}} = 0,09(0,764 + 16) = 1,52 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{нз}} = 11 + 9 = 20 \text{ хв.}$$

Правка шліфувального круга після обробки 3-х колінчастих валів.

$$T_{\text{ш}} = 0,865 + 12 + 1,157 + \frac{20}{3} = 20,69 \text{ хв.}$$

З огляду на те, що чорнова, чистова та тонка обробка виконуються на верстатах моделі 3А423, у яких ширина круга $B = 30$ мм, а корінні і шатунні шийки мають ширину відповідно $B_1 = 70$ мм та $B_2 = 60$ мм, обробку доводиться виконувати двома врізаннями і виходжуванням на кожну обробку.

Режими для чорнової та чистової обробки однакові:

$$t = 0.005 \text{ мм/об, } n_d = 47 \text{ об/хв.};$$

$$\text{для тонкої обробки } t = 0.002 \text{ мм/об.}$$

Корінні шийки

Усі обробки виконуються з однієї установки. Правка шліфувального круга виконується перед тонкою обробкою на кожному колінчастому валі.

Основний час визначаємо за формулою

$$T_o = \frac{Z \cdot i}{n_o \cdot t} \cdot K_3 \cdot K_6,$$

де додатковий коефіцієнт

$K_6 = 2$ – кількість врізань;

K_3 – приймаємо рівним 15.

Тоді основний час складатиме:

– чорнова обробка

$$T_{o \text{ чорн}} = \frac{0,24 \cdot 5}{47 \cdot 0,005} \cdot 1,5 \cdot 2 = 15,3 \text{ хв.}$$

– чистова обробка

$$T_{o \text{ чист}} = \frac{0,12 \cdot 5}{47 \cdot 0,005} \cdot 1,5 \cdot 2 = 7,65 \text{ хв.}$$

– тонка обробка

$$T_{o \text{ тонк}} = \frac{0,04 \cdot 5}{47 \cdot 0,005} \cdot 1,5 \cdot 2 = 2,55 \text{ хв.}$$

Повний основний час дорівнюватиме

$$T_o = 15,3 + 7,65 + 2,55 = 25,5 \text{ хв.};$$

$$T_{\delta} = 3,6 \text{ хв. (установка в центрах з люнетом);}$$

$$T_{\text{доо}} = 0,09(25,5 + 3,6) = 2,62 \text{ хв.}$$

$$T_{nz} = 8 + 9 = 17 \text{ хв.}; \quad n = 20 \text{ шт.}$$

$$T_{\text{шт}} = 25,5 + 3,6 + 2,62 + \frac{17}{20} = 32,57 \text{ хв.}$$

Шатунні шийки

– чорнова обробка

$$T_{o \text{ чорн}} = \frac{0,24 \cdot 4}{47 \cdot 0,005} \cdot 1,7 \cdot 2 = 13,89 \text{ хв.}$$

– чистова обробка

$$T_{o \text{ чист}} = \frac{0,12 \cdot 4}{47 \cdot 0,005} \cdot 1,7 \cdot 2 = 6,94 \text{ хв.}$$

– тонка обробка

$$T_{o \text{ тонк}} = \frac{0,04 \cdot 4}{47 \cdot 0,005} \cdot 1,7 \cdot 2 = 2,31 \text{ хв.}$$

Повний основний час дорівнюватиме

$$T_o = 13,89 + 6,94 + 2,31 = 23,14 \text{ хв.};$$

$$T_{\phi} = 3,6 \cdot 3 = 10,8 \text{ хв. (одна установка та дві переустановки з люнетом)};$$

$$T_{\text{доо}} = 0,09(23,14 + 10,8) = 3,05 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{пз}} = 8 + 9 = 17 \text{ хв.}; \quad n = 20 \text{ шт.}$$

$$T_{\text{шт}} = 23,14 + 10,8 + 3,05 + \frac{17}{20} = 37,84 \text{ хв.}$$

Час перешліфування на черговий ремонтний розмір тотожний чистовій і тонкій обробці після наплавлення:

$$\text{– корінні шийки } T_{\text{шт}} = 32,57 \text{ хв.};$$

$$\text{– шатунні шийки } T_{\text{шт}} = 37,84 \text{ хв.}$$

Полірування

Полірування шийок колінвала здійснюється в обоймах фетром з нанесенням алмазної пасти АСМ-20/14 НОМ ТУ 62-27-73.

$$\text{Час полірування } T_o = 20 \text{ хв.}$$

$$\text{Час на установку і зняття } T_d = 5 \text{ хв.}$$

$$\text{Підготовчий час } T_{\text{пз}} = 15 \text{ хв.}, \quad n = 15 \text{ шт.}$$

Штучний час дорівнює

$$T_{\text{шт}} = 20 + 5 + 2,25 + \frac{15}{15} = 28,25 \text{ хв.}$$

Слюсарні роботи

Зачистка різьби М27×2-6Н.

Оскільки відновлення різьб шляхом заплавки та встановлення вкрутнів неможливе, то відновлення різьби здійснює шляхом зачищення (прогонки мітчиком).

$$\text{Різьба М24 – } T = 0,3 \cdot 4,11 \cdot 1,3 = 1,6 \text{ хв. (1 отвір)}$$

Термообробка шийок колінчастого валу

Для забезпечення потрібної твердості наплавленого шару шийок колінчастого валу необхідне зміцнення поверхневого шару шийок.

Зміцнення поверхневого шару шийок здійснюється поверхневим загартуванням при нагріванні струмом високої частоти (індукційне нагрівання), оскільки при цьому методі забезпечується мінімальне короблення вала. Режим загартування вибираємо за таблицями та графіками.

Потрібна глибина гартування 3 мм, оскільки при подальших перешліфуваннях на ремонтні розміри відновленого вала максимальне знімання матеріалу на сторону складає 0,8 мм.

При потрібній глибині гартування $\delta=3$ мм рекомендована частота струму $f=8000$ Гц.

За діаграмою визначаємо питому потужність P_0 та час нагрівання t .

Корінні шийки

$$D=70 \text{ мм}, l=56 \text{ мм}, P_0=0,78 \text{ кВт/см}^2; t_{\text{кор}}=7,5 \text{ с.}$$

Шатунні шийки

$$D_1=60 \text{ мм}, l=83 \text{ мм}, P_0=0,7 \text{ кВт/см}^2; t_{\text{кор}}=7,0 \text{ с.}$$

Наявні універсальні установки з потрібною частотою $f=8000$ Гц мають потужність 100 кВт.

Визначаємо потрібну висоту (ширину) індикатора за формулою:

$$H = \frac{\eta \cdot N}{P_0 \cdot \pi \cdot D},$$

де $\eta=0,7$ ККД – установки при прийнятих режимах.

Корінні шийки:

$$H_{\text{кор}} = \frac{0,7 \cdot 70}{0,78 \cdot 3,14 \cdot 11} = 1,81 \text{ см.}$$

Приймаємо $H_{\text{кор}} = 18$ мм.

Шатунні шийки

$$H_{\text{шат}} = \frac{0,7 \cdot 60}{0,7 \cdot 3,14 \cdot 8,8} = 1,81 \text{ см.}$$

Приймаємо $H_{\text{шат}} = 20$ мм.

З огляду на те, що потужність установки не забезпечує нагрів шийок колінчастого валу по всій довжині, застосовуємо безперервно-послідовний спосіб гартування.

Безперервно-послідовний спосіб гартування полягає у тому, що індуктор переміщується зі швидкістю, яка забезпечує послідовне нагрівання шийки, а за ним переміщується охолоджуючий пристрій, в результаті чого відбувається гартування.

В кінці шийки індуктор розкривається і відбувається охолодження кінцевої частини шийки.

Визначаємо штучний час [20]:

$$T_{шт} = T_o + T_{\partial} + T_{оод}.$$

Основний час для термообробки шийок визначаємо за формулою

$$T_o = \frac{l}{H \cdot 60} \cdot t,$$

де l – ширина шийки;

H – висота індуктора;

t – час нагріву.

Корінні шийки

$$T_{o\text{ кор}} = \frac{30,5 \cdot 7,5}{25 \cdot 60} = 0,652 \text{ хв.}$$

Шатунні шийки

$$T_{o\text{ кор}} = \frac{52 \cdot 7}{35 \cdot 60} = 0,173 \text{ хв.}$$

Повний основний час дорівнюватиме

$$T_o = 3T_{o\text{ кор}} + 4T_{o\text{ шат}} = 3 \cdot 0,152 + 4 \cdot 0,173 = 1,22 \text{ хв.}$$

Допоміжний час складається з часу встановлення та знімання валу, встановлення та знімання індуктора.

Встановлення та знімання індукторів – час перекриваємий, тому враховуємо тільки одне встановлення і одне знімання індуктора.

Час встановлення та знімання індуктора

$$T_{\epsilon_2} = 0,5 \text{ хв.},$$

$$\text{тоді } T_{\epsilon} = 1 + 0,5 = 1,5 \text{ хв.}$$

Додатковий час складає 15% від оперативного:

$$T_{\text{доп}} = 0,15(T_o + T_{\epsilon})$$

$$T_{\text{доп}} = 0,15(1,22 + 1,5) = 0,405 \text{ хв.}$$

Штучний час складатиме

$$T_{\text{шт}} = 1,22 + 1,5 + 0,405 = 3,12 \text{ хв.}$$

Повний час

$$T_n = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{шт}}},$$

$T_{\text{пз}}=20$ хв. – підготовчо-заключний час;

$n=20$ шт. – кількість валів у партії,

тоді

$$T_n = 3,12 + \frac{20}{20} = 4,12 \text{ хв.}$$

3. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Виконання технологічного процесу на слюсарно-механічній дільниці

Запропонована до проектування дільниця спеціалізується на слюсарних роботах, підгонці деталей та обробці як нових, так і відновлених деталей.

Організація слюсарно-механічній дільниці залежить від асортименту деталей, які обробляються, виробничої програми та типу виробництва. На невеликих підприємствах такі майстерні зазвичай оснащені універсальним металорізальним обладнанням.

На дільниці, що виконує верстатні та слюсарні роботи, виконують наступні об'єми робіт:

1. «Токарні роботи: обточування зовнішніх циліндричних, конічних і фасонних поверхонь деталей (валів, осей, пальців тощо), розточування отворів, прорізання канавок, свердління отворів, нарізання різьб, виготовлення кріпильних виробів (болтів, гвинтів, шайб, шпильок тощо) та інші роботи» [21].

2. «Фрезерувальні та стругальні роботи: фрезерування або стругання площин кронштейнів, опор та інших деталей, фрезерування шпонкових пазів і канавок в осях, валиках, пальцях та інші роботи» [21].

3. «Шліфувальні роботи: шліфування зовнішніх і внутрішніх циліндричних і конічних поверхонь, заточування та доведення різального інструменту та інші роботи» [21].

«Слюсарні роботи включають свердління, зенкерування і розгортання отворів, розмітку деталей перед механічною обробкою та їх підгонку після, підготовку деталей до зварювання і обробку після зварювання, нарізання і прогін різьб, а також інші роботи» [21].

«Деталі, що надходять на дільницю для відновлення, повинні бути очищені від забруднень. Відповідно до технічних умов проводиться дефектування деталей, вибирається спосіб відновлення до номінальних або ремонтних розмірів і визначається послідовність обробки. Обробка деталей під час виготовлення або реставрації здійснюється за спеціально розробленою для кожної деталі технологією. Після завершення обробки на слюсарно-механічній дільниці деталі направляються на подальшу обробку на інші дільниці або на проміжний склад» [21].

3.2. Визначення трудомісткості робіт слюсарно-механічній дільниці

За даними переддипломної практики трудомісткість робіт для слюсарно-механічної дільниці складає $T = 5120$ люд. – год.

З врахуванням трудомісткості робіт при виконанні послуг для підприємств та організацій

$$T_{смд} = T_{см} \cdot k_d = 5120 \cdot 0,25 = 1280 \text{ люд.} - \text{год.},$$

«де $T_{смд}$ - річна трудомісткість робіт по наданню послуг іншим підприємствам та організаціям, люд - год;

$T_{см}$ - річна трудомісткість робіт на дільниці, люд - год;

k_d - коефіцієнт, враховуючий відсоткове відношення трудомісткості робіт по наданню послуг іншим підприємствам та організаціям» [21].

Загальна трудомісткість робіт дорівнює:

$$T_{смп.} = T_{см.} + T_{смд.} = 5120 + 1280 = 6400 \text{ люд.} - \text{год.}$$

Виконаємо розподіл робіт

$$T_{\text{вид.роб.}} = T_{смп} \cdot k_{\text{вид.роб.}},$$

«де $T_{\text{вид.роб.}}$ - трудомісткість по видам робіт, що планується виконувати на слюсарно – механічній дільниці, люд. – год.;

$T_{смп}$ - загальна трудомісткість робіт, що планується виконувати на слюсарно – механічній дільниці, люд. – год.;

$k_{\text{вид.роб.}}$ – коефіцієнт розподілу трудомісткості по видам робіт» [21].

Для верстатних робіт:

$$T_{\text{верст.}} = T_{смп} \cdot k_{\text{верст.}} = 6400 \cdot 0,68 = 4352 \text{ люд.} - \text{год.}$$

Для слюсарних робіт:

$$T_{\text{слос.}} = T_{смп} \cdot k_{\text{слос.}} = 6400 \cdot 0,32 = 2048 \text{ люд.} - \text{год.}$$

3.3 Розрахунок показників режиму робіт на слюсарно-механічній дільниці

«Для підприємства приймаємо переривчастий тип виробництва з роботою в одну зміну. Для прийнятого режиму роботи виробництва визначаємо річні фонди часу робочих і обладнання. При цьому слід розрізняти календарний, номінальний і дійсний фонди часу» [22].

Номінальний річний фонд часу робітників, обладнання, ділянки складає $\Phi_n = 1994$ годин.

Визначаємо дійсний фонд часу

$$\Phi_{д.р.} = \Phi_n \cdot \left(1 - \frac{c}{100}\right) = 1994 \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 1794,60 \text{ годин.}$$

«де Φ_n – номінальний річний фонд часу, годин;

c – процент втрат робочого часу» [].

Дійсний річний фонд часу обладнання розраховуємо за формулою:

$$\Phi_{д.об.} = \Phi_n \cdot \left(1 - \frac{f}{100}\right) = 1994 \cdot \left(1 - \frac{6}{100}\right) = 1874,36 \text{ год.}$$

«де Φ_n – номінальний річний фонд часу обладнання, годин;

f – процент втрат часу на планово-запобіжний ремонт» [22].

3.4 Визначення штатів слюсарно-механічної ділянки

Визначаємо списочний ($R_{сп}$) та явочний ($R_{яв}$) склад основних виробничих робітників слюсарно-механічної ділянки

$$P_{сп.вид.роб.} = \frac{T_{вид.роб.}}{\Phi_{д.р.} \cdot k};$$

$$P_{яв.вид.роб.} = \frac{T_{вид.роб.}}{\Phi_{н.р.} \cdot k},$$

де « $T_{вид.роб.}$ – річна трудомісткість виду робіт, люд. - год.;

$\Phi_{д.р.}$ – дійсний річний фонд часу робочого, годин;

Φ_n – номінальний річний фонд часу робочого, годин;

k – коефіцієнт перевиконання норм виробітку» [22].

Таким чином розраховуємо списочну кількість верстатників:

$$P_{\text{сп.верст.}} = \frac{4352}{1794,6 \cdot 1,1} = 2,20 \text{ осіб.}$$

Приймаємо, $P_{\text{сп.верст.}} = 2$ особи,

а також явочну кількість верстатників:

$$P_{\text{яв.верст.}} = \frac{4352}{1994,0 \cdot 1,1} = 1,98 \text{ осіб,}$$

Приймаємо, $P_{\text{яв.верст.}} = 2$ особи.

Списочна кількість слюсарів:

$$P_{\text{сп.слюс.}} = \frac{2048}{1794,6 \cdot 1,1} = 1,04 \text{ осіб,}$$

Приймаємо, $P_{\text{сп.слюс.}} = 1$ особу.

Явочна кількість слюсарів:

$$P_{\text{яв.верст.}} = \frac{2048}{1994,0 \cdot 1,1} = 0,93 \text{ осіб,}$$

Приймаємо, $P_{\text{яв.верст.}} = 1$ особу.

Число ь допоміжних робітників слюсарно-механічної дільниці:

$$P_{\text{доп.}} = P_{\text{осн}} \times (0,10 \dots 0,15) = 3 \cdot 0,15 = 0,45 \text{ осіб}$$

«де $P_{\text{доп.}}$ - кількість допоміжних робітників, осіб;

$P_{\text{осн}}$ - кількість основних робітників, осіб» [].

Кількість спеціалістів слюсарно-механічної дільниці

$$P_{\text{сп.}} = 0,1 \cdot (P_{\text{доп.}} + P_{\text{осн}}) = 0,1 \cdot (0,45 + 3,00) = 0,34 \text{ осіб}$$

Приймаємо, $P_{\text{сп.}} = 1$ особу.

Отже, загальна кількість основних та допоміжних робітників слюсарно-механічної дільниці складає 3 чол.

3.5. Встановлення та вибір технологічного обладнання для слюсарно-механічної дільниці

«Існують різні методи розрахунку кількості виробничого обладнання: по трудомісткості технологічних операцій, тривалості технологічних

операцій і фізичним параметрам виробів, що ремонтуються (вазі та площі поверхні)» [22].

Число верстатів визначають таким чином:

$$n = \frac{T_{\text{верст.}}}{\Phi_{\text{д.об}} \cdot k} = \frac{4352,00}{1874,36 \cdot 0,95} = 2,44 \text{ од.}$$

«де $T_{\text{верст.}}$ – річна трудомісткість верстатних робіт, люд-год.;

$\Phi_{\text{д.об}}$ – дійсний річний фонд часу обладнання, год.;

k – коефіцієнт завантаження верстату по часу» [22].

Приймаємо $n = 3$ верстати.

Інше обладнання приймаємо згідно технологічного процесу (табл.

3.1).

Таблиця 3.1 - Обладнання слюсарно-механічної дільниці

Номер по кресленню і найменування обладнання	Марка, тип обладнання	Кількість обладнання	Габаритні розміри обладнання, мм	Площа обладнання, м ²		Потужність обладнання, кВт
				одиниці	всього	
1	2	3	4	5	6	7
1 Верстат токарно-гвинторізний	16K20M	1	3080×1565	4,82	4,82	10,00
2 Верстат токарно-гвинторізний	163	1	3550×1690	6,00	6,00	13,00
3 Верстат широкоуніверсальний фрезерний	6P82Ш	1	2470×1950	4,82	4,82	5,50

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7
4 Верстат круглошліфувальний	3151	1	3100×1800	5,58	5,58	7,00
5. Верстат вертикально - свердильний	2A135	1	1240×810	1,00	1,00	4,50
6 Обдирочно – шліфувальний верстат	3Б634	1	1000×665	0,66	0,66	4,60
7 Верстак слюсарний	ОРГ-1468-01-070А	1	2400×800	1,92	1,92	-
8 Верстат настільно-свердильний	НС-12	1	710×360	0,26*	0,26*	0,60
9 Прес стаціонарний	П - 6022	1	450×170	0,08*	0,08*	-
10 Прес ножиці комбіновані	Власного виготовлення	1	1500×600	0,90	0,90	-
8 Шафа для інструменту	Власного виготовлення	1	800×400	0,32	0,32	-
10 Стелаж для деталей і металу	Власного виготовлення	1	1200×500	0,60	0,60	-
11 Ларь для обдирочного матеріалу	Власного виготовлення	1	1000×500	0,50	0,50	-
12 Ящик для піску	ОРГ-1468-03-320	1	500×400	0,20	0,20	-
13 Ящик для стружки	Власного виготовлення	1	1000×500	0,50	0,50	-
14 Кран консольно - поворотний	П-402	1	1500×1500	2,25	2,25	4,50
Всього					30,07	49,70
Примітка - Обладнання, що позначено * знаходяться на верстаках і при розрахунку площі, що займає обладнання не враховується						

3.6. Розрахунок площі слюсарно-механічної ділянки

«Вся площа слюсарно-механічної ділянки ділиться на виробничу і допоміжну. До виробничої площі підприємства відноситься площа, яка зайнята технологічним обладнанням (верстатами, верстаками, стелажми, стендами тощо), транспортним обладнанням (кранами, рольгангами і т.д.), об'єктами ремонту (агрегатами, складальними одиницями, деталями), які

знаходяться на робочих місцях та поруч з ними, а також проходами між обладнанням і робочими місцями» [22].

«В залежності від типу підприємства, розміру програми і стадії проектування застосовують декілька способів розрахунку виробничих площ: по питомим площам розрахованого обладнання; по числу робітників і питомій площі на одного робітника; по числу робочих місць; по площі підлоги, яка зайнята обладнанням і по перехідним коефіцієнтам; по питомій площі на одиницю ремонту» [21].

Найбільш доцільно застосовувати в нашому випадку розрахунок по площі підлоги, яка зайнята обладнанням, і по перехідним коефіцієнтам [22].

$$F = \sum F_0 \cdot k = 30,07 \cdot 3,5 = 105,25 \text{ м}^2,$$

«де $\sum F_0$ - загальна площа, яка зайнята обладнанням ділянки, м^2 ;

k – перехідний коефіцієнт, що враховує робочі зони, проїзди і проходи» [22].

Отже, приймаємо ділянку загальною площею 108 м^2 , що відповідає прийнятим нормам у будівництві та має розміри відповідно за шириною та довжиною - $9 \times 12 \text{ м}$.

3.7. Розрахунок енергетичних витрат на виконання робіт ділянки

3.7.1 Вибір та розрахунок вентиляції

«Природна вентиляція (аерація) проектується в тих приміщеннях, де по існуючим нормам годинна кратність обміну повітря менше трьох. В приміщеннях, де кратність вище трьох передбачається штучна вентиляція» [21].

«Природна вентиляція здійснюється видаленням з приміщень забрудненого і поступання чистого повітря через відкриті стулки і фрамуги світлових ліхтарів та вікон. Повітряобмін протікає природним шляхом під дією різниці температур повітря в приміщенні та поза ним, вітру тощо» [21].

Розрахуємо площу фрамуг або кватирок у вікнах слюсарно-механічної дільниці:

$$F_{\text{фр}} = (0,02 \dots 0,04) \cdot F = 0,04 \times 108 = 4,32 \text{ м}^2$$

Приймаємо площу фрамуг, $F_{\text{фр}} = 5 \text{ м}^2$.

3.7.2 Розрахунок освітлення дільниці

Визначаємо орієнтовну площу скла за формулою:

$$F_{\text{інò}} = \frac{F \cdot e_{\text{min}} \cdot \eta_o}{\tau_o \cdot r_1} = \frac{108 \cdot 1,7 \cdot 0,2}{0,4 \cdot 2,0} = 45,9 \text{ м}^2,$$

«де F – прийнята площа дільниці, м^2 ;

e_{min} - коефіцієнт природного освітлення;

η_o - коефіцієнт, що враховує розміри приміщення;

τ_o - коефіцієнт світлопропускання віконних пройм;

r_1 - коефіцієнт, що враховує колір приміщення і розміщення вікон»

[22].

Приймаємо $F_{\text{ост}} = 46 \text{ м}^2$.

Розраховуємо світловий потік, необхідний для освітлення приміщення.

$$F_{\text{нї}} = \frac{\hat{e} \cdot F \cdot E}{\eta_{\text{сї}}} = \frac{1,5 \cdot 108 \cdot 125}{0,5} = 40500 \text{ лк},$$

«де k – коефіцієнт запасу освітлення, що враховує її зниження внаслідок забруднення ламп або світильників;

F – прийнята площа дільниці, м^2 ;

E – мінімальне нормоване освітлення, лк;

$\eta_{\text{сї}}$ – коефіцієнт використання світлового потоку» [22].

Визначаємо кількість ламп, необхідних для освітлення дільниці:

$$z_{\text{ë}} = \frac{F_{\text{нї}}}{F_{\text{ë}}} = \frac{40500}{4320} = 9,375 \text{ ламп},$$

«де $F_{\text{сї}}$ – світловий потік, лк;

$F_{\text{л}}$ – світловий потік однієї лампи, лк» [22].

Приймаємо 10 люмінісцентних ламп ЛБ потужністю 80 Вт напругою 220В.

3.7.3 Розрахунок електроенергії

Для кожної групи електроприймачів розраховуємо активну потужність:

$$P_a = k_c \sum P_{\text{вст}} ,$$

«де k_c – коефіцієнт попиту;

$\sum P_{\text{вст}}$ – сумарна встановлена потужність групи електроприймачів, кВт» [22].

Активна потужність електроприймачів показана в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Встановлена і активна потужність електроприймачів по групам обладнання

Найменування обладнання по групам	Кількість обладнання	Встановлена потужність обладнання, кВт	Коефіцієнт попиту	Активна потужність, кВт
1 Верстат токарно-гвинторізний 16K20M	1	10,00	0,20	2,00
2 Верстат токарно-гвинторізний 163	1	13,00	0,20	2,60
3 Верстат <u>широкоуніверсальний</u> фрезерний 6P82Ш	1	5,50	0,20	1,10
4 Верстат круглошліфувальний 3151	1	7,00	0,20	1,40
5. Верстат вертикально – свердильний 2A135	1	4,50	0,20	0,90
6 <u>Облірочно – шліфувальний</u> верстат 3Б634	1	4,60	0,20	0,92
8 Верстат <u>настільно-свердильний</u> НС - 12	1	0,60	0,20	0,12
14 Кран <u>консольно – поворотний</u> П - 402	1	4,50	0,15	0,67
Всього $\sum P_a$				9,71

Річні витрати електроенергії для силового споживання визначаємо за формулою

$$W_c = SP_a \cdot \Phi_{д.об} \cdot n \cdot \eta_3 = 9,71 \cdot 1874,36 \cdot 1 \cdot 0,8 = 14560,03 \text{ кВт},$$

«де ΣP_a – сума активних потужностей споживачів, кВт;

$\Phi_{д.об}$ – річний дійсний фонд часу обладнання, год;

n – число робочих змін;

η_3 – коефіцієнт завантаження струмоприймачів по часу» [22].

Річні витрати електроенергії на освітлення ділянки визначаємо за формулою

$$W_{осв} = P_{осв} \cdot F \cdot n \cdot k = 20 \cdot 108 \cdot 310 \cdot 0,85 = 569160 \text{ Вт} = 569,16 \text{ кВт}$$

,

«де $P_{осв}$ – питомі витрати електроенергії на освітлення, Вт/м²;

F – прийнята площа ділянки, м²;

n – річне число годин освітлювального навантаження, год.;

k – коефіцієнт попиту» [22].

Сумарні річні потреби ділянки в електроенергії

$$W_{річ.} = W_c + W_{осв} = 14560,03 + 569,16 = 15129,19 \text{ кВт}$$

3.7.4 Розрахунок пара та палива

Річні потреби слюсарно-механічної ділянки в паливі та парі на опалення та вентиляцію відповідно визначаємо за наступними формулами:

$$Q_T = \frac{q_m \cdot H \cdot V}{q \cdot 1000 \cdot \eta_k} = \frac{80 \cdot 4234 \cdot 486 \cdot 1000}{3,55 \cdot 10^7 \cdot 1000 \cdot 0,75} = 6,183 \text{ т},$$

$$Q_n = \frac{q_m \cdot H \cdot V}{i \cdot 1000} = \frac{80 \cdot 4234 \cdot 486}{2261 \cdot 1000} = 72,808 \text{ т}.$$

«де q_m – середня витрата тепла на 1м³ будівлі, кДж/год;

H – кількість годин в опалювальному періоді, год;

V – об'єм приміщення, м³;

η_k – коефіцієнт корисної дії котельної установки;

q – питома теплота згоряння палива, Дж/кг;

i – тепло випаровування, кДж/кг» [22].

3.7.5 Розрахунок витрати води

Визначаємо річну витрату вода на побутові потреби

$$Q_{об} = n_d \cdot q \cdot n \cdot n_p = 250 \cdot 25 \cdot 1 \cdot 3 = 18750 \text{ л} = 18,75 \text{ м}^3,$$

«де n_d – кількість робочих днів у році;

q – норма витрати води, л;

n – кількість змін;

n_p – кількість робочих на ділянці» [22].

3.7.6 Розрахунок річної витрати стиснутого повітря ділянки

Визначаємо теоретичну середньогодинну витрату стиснутого повітря:

$$Q_m = Q_n \cdot \eta_{об} \cdot n = 3,0 \cdot 0,14 \cdot 4 = 1,68 \text{ м}^3 / \text{год},$$

«де Q_n – витрата стиснутого повітря при непереривчастій роботі повітреспоживачів, $\text{м}^3/\text{год}$;

$\eta_{об}$ – коефіцієнт використання повітреспоживачів;

n – кількість повітреспоживачів» [22].

Визначаємо дійсну середньогодинну витрату стиснутого повітря:

$$Q_d = \kappa_y \cdot Q_m = 1,5 \cdot 1,68 = 2,52 \text{ м}^3 / \text{год},$$

«де κ_y – коефіцієнт, що враховує втрату стиснутого повітря через нещільності з'єднань і виконання непередбачених робіт;

Q_t – теоретична середньогодинна витрата стиснутого повітря, $\text{м}^3/\text{год}$ » [22].

Розраховуємо річну витрату стиснутого повітря ділянки

$$Q_p = 1,3 \cdot Q_d \cdot \Phi_{д.об} \cdot n \cdot h = 1,30 \cdot 2,52 \cdot 1866,84 \cdot 1 \cdot 0,80 = 4912,32 \text{ м}^3$$

,

«де $Q_{ср}$ – дійсна середньогодинна витрата стиснутого повітря $\text{м}^3/\text{год}$;

$\Phi_{д.об}$ – дійсний річний фонд часу обладнання, год;

n – кількість змін;

η – коефіцієнт завантаження обладнання» [22].

3.8. Техніка безпеки та охорона праці при виконанні робіт на слюсарно-механічній дільниці

Використання обладнання для механічної обробки може визвати ряд шкідливостей, до яких можна віднести наступні: неправильне та ненадійне закріплення деталей та інструментів під час обробки може призвести до отримання травм робочими-верстатниками; враження електричним струмом при експлуатації обладнання для механічної обробки; розрив шліфувальних кругів та поломки фрез може призвести до травми робітників-верстатників та постів людей; доторкання до обертаючихся інструментів призводить до травми; поломка інструментів, їх вириг та можливе враження робочих-верстатників осколками, а також ряд шкідливостей, до яких можна віднести наступні: підвищений рівень шуму може призвести до погіршення слуху, підвищений рівень вібрації, призводить до професійних захворювань, висока запиленість повітря абразивними частинками утворює шкідливий вплив на організм людини, часте торкання до змащувально-охолоджуючим рідинам, призводить до шкіряних захворювань [23].

Шкідливості та безпека при роботі на підйомно-транспортному обладнанні зв'язані з наступними можливостями: падіння та перевертання агрегатів та вузлів; травматизму тросами або перевертачами; порушення правил безпеки при роботі та експлуатації обладнання; травмування при порушенні правил технічного обслуговування, ремонту та свідоцтва обладнання враження електричним струмом і інше.

Проведений аналіз умов роботи робітників на слюсарно-механічній дільниці показав необхідність виконання наступних заходів для забезпечення безпечних умов праці робітників.

З метою попередження вражень електричним струмом на дільниці проведені спеціальні заходи: все обладнання дільниці оснащено струмоприємниками та заземлено /контур/. Загальний опір розтікаючого

струму не перевищує 4 Ом. Вмикачі оснащено захисними кожухами. Плавкі запобіжники встановлені в захисних шафах, неізолювані струмоведучі частини електроприводу загорожені. Відстань між струмоведучими частинами і загороженням не менше 0,6 м.

З метою забезпечення безпечного рівня проведення робіт і недопущення нещасних випадків при виконанні механічної обробки деталей на ділянці проводяться наступні заходи:

- при виконанні фрезерних операцій ріжучі частини фрези огорожують захисним кожухом, для захисту від стружки використовують стружконаправляючі пристрої. Встановлюють та закріплюють деталь - необхідно після відводу фрези і її повної зупинки;

- при виконанні хонінгувальних операцій необхідно дотримуватися наступних правил техніки безпеки;

- відсутність тріщин; кріплення кола повинно бути надійним при допомозі шайб і не здійснювати в ньому внутрішніх напруг; перед встановленням, коло необхідно відбалансувати;

- працюючим на верстатах, в зв'язку з використанням охолоджуючих рідин видаються мастила та пасти для захисту рук ;

- встановлення та закріплення заготовок виконується при повній зупинці обладнання і згідно правилам кріплення;

- частини обладнання, що обертаються, для токарної обробки і шліфування оснащують захисними екранами з органічного скла;

- робітники забезпечені спецодягом, спецвзуття та спецокулярами.

З метою забезпечення безпечного рівня проведення завантажувально-розвантажувальних робіт проводяться наступні заходи:

- використовуються вантажопідйомні механізми, які пройшли технічну перевірку;

- використовуються виправні та випробувальні, на максимальні навантаження вантажозахватні пристосування;

- вантажопідйомні пристосування надійно задержують на гаку запорними замками. Вага вантажу не перевищує вантажопідйомність механізмів;

- ремонтні роботи не проводяться з вантажами, підвищеними на вантажопідйомних механізмах, при цьому вага та габарити вантажів не перевищують вантажопідйомність і максимально-допустимі габарити вантажопідйомних засобів.

З метою запобігання нещасливих випадкам при проведенні транспортних робіт проводяться наступні заходи безпеки:

- технологічне обладнання розташовується у відповідності з прийнятим технологічним процесом відновлення і не допускає більше ніж 5% перетину вантажопотоків;

- ширина проїзду на ділянці прийнята 3 м;

- границі проїзду пофарбовані в світлий колір. Встановлені безпечні зони роботи підйомно-транспортного обладнання.

При проведенні робіт по механічній обробці деталей, особливо при шліфуванні – повітря в робочу зону подається на висоті 1,3 – 1,8 м від підлоги, одночасно і в верхню зону цеху рівномірно через повітророзподільник, рух повітря не більше 0,3 м/с [23].

Витяжна вентиляція вмикається не менш, як за 15 хвилин до початку праці і вимикається не раніше, як через 15 хвилин після закінчення праці.

- нормальна температура 18⁰С підтримується в зимовий час паровим опаленням, а в літній час 20 – 22⁰С за допомогою припливно-витяжної вентиляції;

- підлога викладена металічною плиткою, стіни на висоту 2 м від підлоги викладені керамічною плиткою;

- робочі забезпечені спецокулярами та рукавицями, а також спецодягом;

- всі верстати для механічної обробки забезпечені відсосами забрудненого повітря;

- забруднене повітря з механічної дільниці викидається в атмосферу на висоті більше 2м над найбільш високою частиною даху будинку;
- дільниця обладнана фонтанчиками для питної води, джерелами від водопровідної мережі;
- проводяться регулярні медичні профілактичні огляди робітників.

ВИСНОВКИ

Метою представленої роботи є розробка технології відновлення та зміцнення колінчастих валів двигунів внутрішнього згорання. Наведений матеріал у загальному, технологічному та організаційному розділах свідчить про досягнення поставленої мети.

У загальному розділі основну увагу приділено історії розвитку підприємства – бази практики ТОВ «Калита-Нова». Обґрунтована тема бакалаврської кваліфікаційної роботи.

У технологічному розділі наведені загальні відомості про існуючі конструкції колінчастих валів, особливості їх виготовлення, експлуатації та ремонту. Приведені матеріали, з яких виготовляються колінчасті вали, та їх властивості. Розглянуті умови роботи деталі та дефекти а руйнування, що виникають під час експлуатації. Проаналізовані існуючі технології відновлення колінчастих валів. Велику увагу приділено особливостям механічної обробки наплавлених поверхонь колінчастих валів. Визначені технічні умови на прийом колінчастих валів у ремонт. Отриманий об'єм інформації дозволив розробити структурну послідовність виконання технологічних операцій з відновлення коленчатого валу. Складено маршрут відновлення деталі. Розрахунково-аналітичним методом виконано розрахунок припусків. Зроблено розрахунок режимів технологічного процесу та норму часу при відновленні колінчастого валу за розробленою технологією.

В організаційному розділі спроектовано слюсарно-механічну дільницю. В процесі проектування автором виконано розрахунок трудомісткості робіт на дільниці, визначена кількість робочої сили, зроблено вибір обладнання для виконання слюсарно-механічних робіт. Це дозволило визначити площу дільниці та виконати необхідні енергетичні розрахунки слюсарно-механічної дільниці, що вміщують розрахунок та вибір вентилятора, розрахунок освітлення, електроенергії, пари та палива, води та стиснутого повітря. Висвітлені питання безпеки та охорони праці при виконанні робіт на слюсарно-механічній дільниці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

¶

1. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: підручник / [Сідашенко О.І., Науменко О.А., Скобло Т.С., Тіхонов О.В., Черновол М.І., Ружило З.В., Войтов В.А., Аветисян В.К., Автухов А.К., Мартиненко О.Д., Бантковський В.А., Сиромятніков П.С., Сайчук О.В. та ін.]; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – Київ: Агроосвіта, 2014. – 665 с. ¶
2. Черновол М.І. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственной техники: Учеб. пособие / М.И. Черновол. – К.: УМК ВО, 1989. – 259 с. ¶
3. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин / Ю.А. Харламов, Н.А. Булагянц. – Луганск: изд-во Восточно-укр. национ. ун-та им. В. Даля, 2003. – 480 с. ¶
4. <https://erm.kntu.kr.ua/materiali/pidgotovka.html> ¶
5. Кіндрачук М. В., Лабунець В. Ф., Пашечко М. І., Корбут Є. В. Трибологія: підручник / МОН. – Київ: НАУ-друк, 2009. – 392 с. ¶
6. Тарельник В.Б., Коноплянченко Є.В., Маршинковський В.С., Антошевський Б. Триботехнологія деталей машин: Навчальний посібник. – Суми: Вид-во «МакДен», 2010. – 264 с. ¶
7. Посвятенко Е.К. Відновлення колінчастих валів двигунів внутрішнього згоряння іонно-імпульсним азотуванням / Е.К. Посвятенко, В.В. Алексеев, А.В. Рутковский // Вісник Сумського державного ун-ту: Серія технічні науки (машинобудування). – Суми, 2005. – №11. – С. 119–122. ¶
8. Ковальов М. Ф. Визначення закономірностей зношування шийок колінчастих валів двигунів транспортних засобів / М. Ф. Ковальов, М. В. Головащук // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. – 36 наук. пр. – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – Вип. 2 (33). – С. 116–121. ¶
9. Дьомін А.Ю. Вдосконалення технологій відновлення колінчастих валів дизелів транспортного призначення / Л.А. Тимофеева, С.С. Тимофеев, А.Ю. Дьомін, Є.С. Ягодинський // Збірник наукових праць V міжнародної науково-практичної

конференції «Інноваційні технології на залізничному транспорті», 31 березня — 7 квітня 2014 р. — С. 87—90.¶

10. Дьомін А.Ю. Підвищення зносостійкості колінчастих валів тепловозних двигунів / А.Ю. Дьомін // Матеріали 15-ї міжнародної науково-технічної конференції «Інженерія поверхні і реновація виробів», 1—5 червня 2015 р., смт. Затока, Одеська обл. — Київ. — С. 53—55.¶

11. Дьомін А.Ю. Удосконалення технології відновлення колінчастих валів тепловозних дизелів / Л.А. Тимофеева, А.Ю. Дьомін // Матеріали круглого столу в рамках 15-ї Міжнародної виставки промислового обладнання і металообробки «Машпром-2015» «Ефективні технології при виготовленні, ремонті і відновленні деталей», 7 жовтня 2015 р., м. Дніпропетровськ. — С. 112—113.¶

12. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник / Упор. В.Я. Чабанний. — Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. — 720 с.¶

13. Білоконь Я.Ю. Трактори і автомобілі / Я.Ю. Білоконь, А.І. Окоча. — К.: Урожай, 2002. — 324 с.¶

14. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1 / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, Т.С. Скобло та інші. Навчальний посібник. — Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. — 416 с.¶

15. Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Підручник / В.В. Попович, В.В. Попович. — Львів: Світ, 2006. — 623 с.¶

16. Лузан С.О. Інженерія поверхні. Курс лекцій / С.О. Лузан, О.І. Сідашенко. — Харків: Водний спектр Дхі-Ем-Пі, 2019. — 188 с.¶

17. Лузан С.А. Критерии выбора способа восстановления деталей машин и определение рационального маршрута технологии / С.А. Лузан // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. 2017. Вип. 183. — С. 45—56.¶

18. Стецько А. Є. Технологічне забезпечення ресурсу роботи виготовлених і відновлених деталей: монографія. — Львів: Видавнича компанія «АРС», 2013. — 240 с.¶

19. Ділик Р.П. Розрахункові операції режимів механічної обробки матеріалів: точіння, свердління, зенкерування, розгортання: навч. посіб. / Р.П. Ділик, В.В. Зіль, С.Т. Пацера. — Д.: Національний гірничий університет, 2013. — 196 с. ¶
20. Данюк В.М. Нормування праці: Навч. посіб. / В.М. Данюк, Г.О. Райковська, За заг. ред. В.М. Данюка. — К.: КНЕУ, 2006. — 268 с. ¶
21. Булей И.А. Проектирование ремонтных предприятий сельского хозяйства. К.: Вища школа, 1983. — 348 с. ¶
22. Проектування цехів і дільниць для відновлення та зміцнення деталей: метод. вказ. до виконання курс. проекту: для магістрантів спец. 132 - Матеріалознавство / [уклад.: О.В. Бевз, С.О. Магопєць, М.В. Красота, Р.А. Осін]; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. експлуатації та ремонту машин. ~ Кропивницький: ЦНТУ, 2020. ~ 35 с. ¶
23. Запорожець О.І. Основи охорони праці: Підручник. — Київ: вид. ЦУЛ, 2019. — 264 с. ¶