

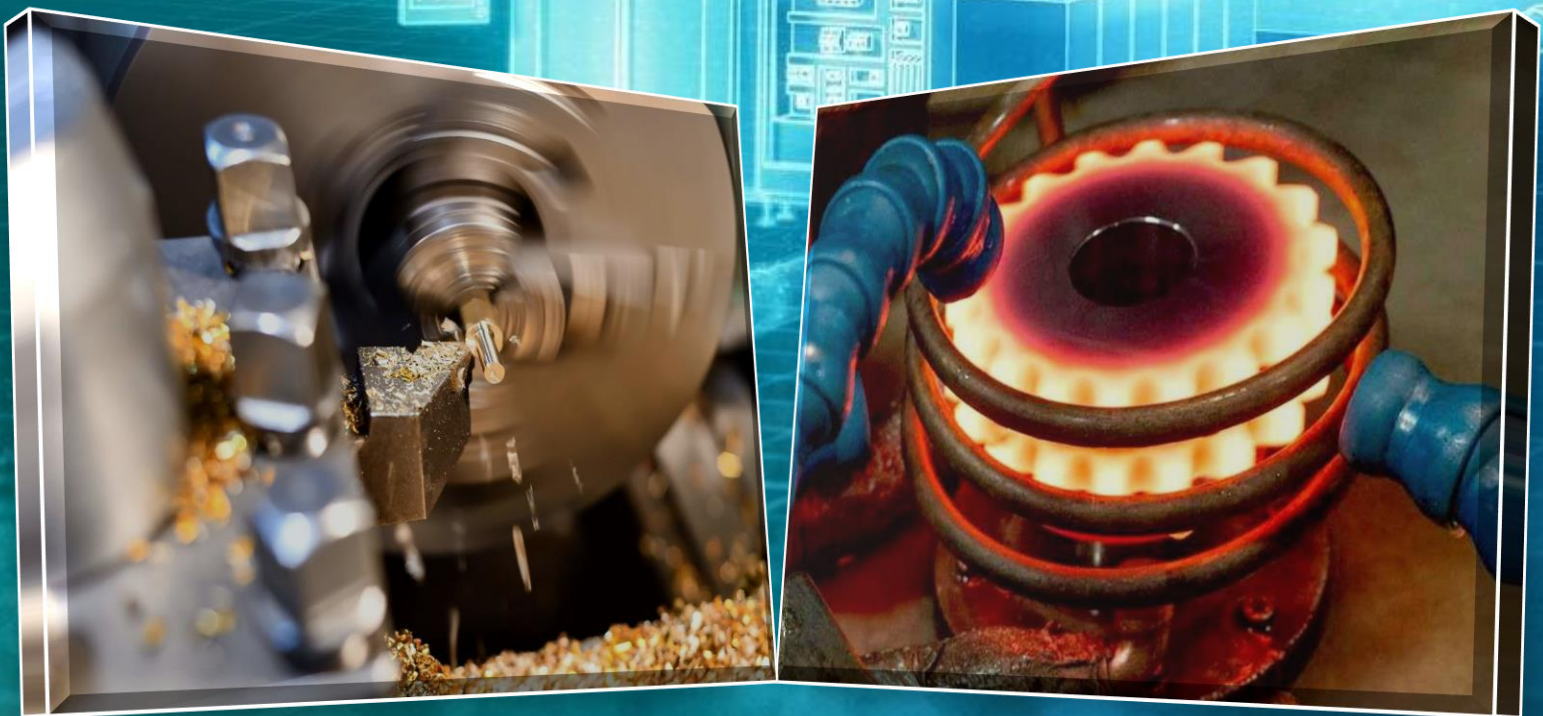
КАПІЦА М. І., КИСЛИЙ Д. М., ЗАМУЛА С. Ю.



ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Система технічного обслуговування і ремонту.
Загальні вимоги до відновлення деталей локомотивів

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК



ДНІПРО
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

М. І. Капіца, Д. М. Кислий, С. Ю. Замула

ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Система технічного обслуговування і ремонту.
Загальні вимоги до відновлення деталей локомотивів

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

ДНІПРО
2025

УДК 656.2:629.4.083/.084(075.8)
К 20

Авторський колектив:
Капіца М. І., Кислий Д. М., Замула С. Ю.

Рекомендовано Радою якості освітньої діяльності УДУНТ
Протокол № 2 від «21» жовтня 2025 р.

К 20 Капіца, М. І. Технологія ремонту тягового рухомого складу залізничного транспорту. Система технічного обслуговування і ремонту. Загальні вимоги до відновлення деталей локомотивів : навч. посіб. / М. І. Капіца, Д. М. Кислий, С. Ю. Замула ; за ред. д-ра. техн. наук М. І. Капіци ; Укр. держ. ун-т науки і технологій .– Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2025. – 136 с.

ISBN 978-617-8314-03-3 (PDF)

У навчальному посібнику викладено відомості про систему технічного обслуговування та ремонту тягового рухомого складу, розглянуто принципи ремонтних робіт та регулювання основних агрегатів та вузлів тягового рухомого складу, описано методику вибору методів їх ремонту. Наведено опис основних несправностей агрегатів і вузлів локомотивів та причини їх виникнення, а також методики підвищення працездатності вузлів та агрегатів локомотивів, правила їх ремонту та випробування.

Призначений для опанування навчальної дисципліни «Технологія ремонту тягового рухомого складу» зі спеціальності «Залізничний транспорт».

Іл. 56, табл. 10, бібліогр. 15 назв.

УДК 656.2:629.4.083/084(075.8)



Цей твір ліцензовано на умовах Ліцензії Creative Commons
[«Attribution-NonCommercial-ShareAlike» 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)
(«Із зазначенням авторства – Некомерційна – Поширення на тих самих умовах» 4.0 Міжнародна)

ISBN 978-617-8314-03-3 (PDF)
DOI 10.15802/978-617-8314-03-3

© Капіца М. І., Кислий Д. М., Замула С. Ю., 2025
© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2025

UDC 656.2:629.4.083/084(075.8)

K 20

Writing Team:

Kapitsa M. I., Kyslyy D. M., Zamula S. Yu.

Recommended by the Council for the Quality of Educational Activities
of the USUST

Protocol No. 2 of October 21, 2025

K 20 Kapitsa M. I. Technology of repair of traction rolling stock of railway transport. System of technical maintenance and repair. General requirements for restoration of locomotive parts: manual / M. I. Kapitsa, D. M. Kyslyi, S. Yu. Zamula ; ed. by Dr. Tech. Sciences, Prof. M. I. Kapitsa ; Ukrainian State University of Science and Technology. – Electronic edition. – Dnipro : USUST, 2025. – 136 p.

ISBN 978-617-8314-03-3 (PDF)

The manual provides information on the system of technical maintenance and repair of traction rolling stock, considers the principles of repair work and adjustment of the main units and assemblies of traction rolling stock, describes the methodology for choosing methods for their repair. A description of the main malfunctions of locomotive units and assemblies and the causes of their occurrence is given, as well as methods for improving the performance of locomotive units and assemblies, rules for their repair and testing.

Intended for mastering the academic discipline "Technology of repair of traction rolling stock" in the specialty "Railway transport".

Ill. 56, tab. 10, bibliogr. 15 titles.

UDC 656.2:629.4.083/084(075.8)



This work is licensed under Creative Commons License

[«Attribution-NonCommercial-ShareAlike» 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВІВ.....	7
1.1. Основні терміни та визначення	7
1.2. Нинішня система технічного обслуговування та ремонту локомотивів.....	10
1.3. Планово-попереджувальна система обслуговування і ремонту локомотивів.....	11
1.4. Характеристика оглядів і ремонтів локомотивів.....	12
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА ПОКАЗНИКИ ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЛОКОМОТИВІВ ТА РОЗРАХУНОК МІЖРЕМОНТНИХ ПЕРІОДІВ	16
2.1. Оцінка надійності тепловоза та його складальних одиниць вибірковим методом.....	16
2.2. Оцінка надійності тепловоза та його складальних одиниць методами й засобами технічної (безрозбірної) діагностики.....	17
2.3. Методики розрахунку міжремонтних періодів локомотивів	20
РОЗДІЛ 3. НАДХОДЖЕННЯ ЛОКОМОТИВА В РЕМОНТ ТА ЙОГО РОЗБИРАННЯ. ДОКУМЕНТАЦІЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ПІД ЧАС РЕМОНТУ	26
3.1. Методи організації та загальна структура ремонту	26
3.2. Нормативно-технічна документація, що використовується під час ремонту локомотивів.....	28
3.3. Розбирання тепловоза та його складальних одиниць	30
3.4. Технологія розбирання складальних одиниць	32
3.5. Початок ремонту тепловоза: порядок операцій.....	34
РОЗДІЛ 4. МЕХАНІЧНІ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ДЕТАЛЕЙ	38
4.1. Механічні методи очищення.....	39
4.2. Фізико-хімічні методи очищення	45
РОЗДІЛ 5. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ ЛОКОМОТИВІВ.....	59
5.1. Класифікація пошкоджень деталей та їхні характерні зношення.....	59
5.2. Види та причини зношень за характером впливу.....	61
5.3. Класифікація видів зношення в машинах	64
РОЗДІЛ 6. КОНТРОЛЬ СТАНУ ТА МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНІЧНИХ ЧАСТИН УСТАТКУВАННЯ.....	67
6.1. Контактний метод вимірювання.....	67
6.2. Лабораторні та дослідницькі методи вимірювання зношення.....	67
6.3. Методи неруйнівного контролю	70
РОЗДІЛ 7. СПОСОБИ РЕМОНТУ І ВІДНОВЛЕННЯ СПРАЦЬОВАНИХ ДЕТАЛЕЙ І СПРЯЖЕНЬ.....	80

7.1. Методи ремонту. Система допусків і градацій.....	80
7.2. Методи відновлення деталей локомотивів.....	81
7.3. Відновлення деталей полімерними матеріалами.....	95
РОЗДІЛ 8. ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СУЧАСНИМИ МЕТАЛОПОЛІМЕРАМИ ТА ЕЛАСТОМЕРАМИ	99
8.1. Етапи та методи відновлення деталей з використанням металополімерів.....	99
8.2. Ремонт валів.....	101
8.3. Відновлення різьбових з'єднань металополімерами.....	106
8.4. Ремонт трубопроводів металополімерами	107
8.5. Відновлення внутрішніх циліндричних поверхонь металополімерами	107
8.6. Замуровування тріщин металополімерами	109
8.7. Відновлення деталей складної форми	111
РОЗДІЛ 9. ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ	114
9.1. Методи поверхневого зміцнення.....	114
9.2. Методи та види об'ємного зміцнення.....	120
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	122
ДОДАТОК А. Довідкова інформація про встановлені міжремонтні терміни та чинні норми простоїв на технічному обслуговуванні та ремонтах.....	123
ДОДАТОК Б. Довідкова інформація про встановлені вимоги щодо застосування технічних мийних засобів у локомотивних і моторвагонних депо.....	127
ДОДАТОК В. Довідкова інформація про марки та типи сучасних металополімерів провідних компаній	130

СКОРОЧЕННЯ

АЛСН – автоматична локомотивна сигналізація
РТМ – реле тиску мастила
МОП – моторно-осьовий підшипник
АБ – акумуляторна батарея
РУЗ – резерв Укрзалізниці
ДР – деповський ремонт
ДСТУ – Державні стандарти України
ЗР – заводський ремонт
КР-1(2) – капітальний ремонт відповідного виду
КРП – капітальний ремонт з продовженням ресурсу
ПАР – поверхнево-активні речовини
ДВЗ – двигун внутрішнього згорання
ПР-1(2,3) – поточний ремонт відповідного виду
ПТЕ – Правила технічної експлуатації залізниць України
ПТО – пункт технічного обслуговування
РЕЗ – розчинні емульгуючі засоби
ТМЗ – технічні мийні засоби
ТО-1(2,3...) – технічне обслуговування відповідного обсягу
ТОіР – технічне обслуговування і ремонт
ТРС – тяговий рухомий склад
УГП – уніфікована гідравлічна передача

ВСТУП

У посібнику наведено відомості з ремонту тягового рухомого складу і технічні дані їхніх основних вузлів і деталей. Коротко описано матеріали, що застосовуються під час ремонту обладнання, а також хіміко-термічні методи відновлення й ремонту деталей.

Метою освоєння навчальної дисципліни «Технологія ремонту локомотивів» є вивчення студентами причин виникнення підвищеного зношення й дефектів вузлів і агрегатів локомотивів, методики їх визначення, найбільш економічно вигідних методів відновлення та ремонту, а також регулювання агрегатів і апаратів.

Цей посібник узгоджується з робочою програмою дисципліни та сприяє досягненню результатів навчання, за якими студенти навчаються:

- відтворювати термінологію з системи технічного обслуговування та ремонту локомотивів;
- обирати методи та визначати показники надійності локомотивів, розраховувати міжремонтні періоди;
- оцінювати надійність тепловоза та його складальних одиниць різними методами;
- обирати раціональні методи організації та загальну структуру ремонту;
- обирати нормативно-технічну документацію, що використовується під час ремонту локомотивів;
- розробляти технологію розбирання складальних одиниць;
- класифікувати пошкодження деталей;
- класифікувати види зношення в машинах;
- проводити лабораторні та дослідницькі методи вимірювання зношення;
- використовувати методи неруйнівного контролю;
- розробляти методи відновлення деталей локомотивів;
- використовувати металополімери та еластомери під час відновлення деталей;
- використовувати методи поверхневого зміцнення деталей.

Під час укладання посібника було використано накази та правила, затверджені Укрзалізницею в галузі ремонту тепловозів, технологічні інструкції й матеріали інших підручників та книг.

РОЗДІЛ 1. СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВІВ

1.1. Основні терміни та визначення

Сукупність властивостей продукції, придатність, що обумовлює її, для задоволення певних потреб відповідно до її призначення, називається якістю продукції. Однією з властивостей цієї сукупності є надійність.

Надійність¹ – властивість об'єкта виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах, відповідно до заданих режимів і умов використання, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання й транспортування.

До *експлуатаційних показників* тепловоза відносять потужність, швидкість, силу тяги, витрати дизельного палива, масла та інші показники, обумовлені в нормативно-технічній документації.

Для тепловозів основна *задана функція* – виконання перевізної роботи із забезпеченням безпеки й дотриманням графіка руху поїздів.

Нормативно-технічна, експлуатаційна та ремонтна документація – це робочі креслення заводу-виробника, технічні умови на постачання, Правила технічної експлуатації Укрзалізниці (ПТЕ), інструкції з технічного обслуговування та ремонту, державні стандарти України (ДСТУ), інструкції зі зберігання й транспортування.

Надійність об'єкта (тепловоза, його складальних одиниць і деталей) зумовлюється його безвідмовністю, довговічністю, ремонтопридатністю і збережуваністю.

Безвідмовність – властивість об'єкта (тепловоза, його складальних одиниць, деталей) безперервно зберігати працездатність протягом певного часу або певного напрацювання.

Напрацювання – тривалість або обсяг роботи об'єкта. Для тепловоза, його складальних одиниць і деталей напрацювання найчастіше виражається в кілометрах пробігу (для магістрального тепловоза) і одиницях часу (маневрового тепловоза).

Працездатний стан (працездатність) – стан об'єкта, за якого він здатний виконувати задані функції, зберігаючи значення заданих параметрів у межах, встановлених нормативно-технічною документацією.

Довговічність – властивості об'єкта зберігати працездатність до настання граничного стану за встановленої системи технічного обслуговування і ремонту.

Граничний стан – стан об'єкта, за якого його подальша експлуатація повинна бути припинена. Ознаки (критерії) граничного стану встановлюються нормативно-технічною документацією.

¹ Основні терміни та визначення надійності наведені відповідно до ДСТУ 2860-94

Ремонтопридатність – властивість об'єкта, що полягає в пристосуванні до запобігання й виявлення причин виникнення його відмов, пошкоджень і усунення їх наслідків шляхом виконання ремонтів і технічного обслуговування.

Пошкодження – подія, що полягає в порушенні справності об'єкта. Пошкодження може бути істотним і спричиняти порушення працездатності (відмова) і неістотним, за якого працездатність об'єкта зберігається.

Відмова – подія, що полягає в порушенні працездатності складальної одиниці, внаслідок якої виконується відновлення або заміна складальної одиниці в період між плановими видами технічного обслуговування і ремонтів або в їх процесі, якщо це відновлення (заміна, регулювання) не входить в обсяг ремонту і якщо необхідний для їх виконання час або трудомісткість перевищують норми, встановлені для цієї складальної одиниці. Відмови можуть бути раптові, поступові, залежні й незалежні, конструкційні, експлуатаційні та ремонтні. До ремонтних відмов відносять відмови, що виникли в результаті порушень встановлених правил ремонту об'єкта в локомотивному депо або на спеціалізованому ремонтному підприємстві.

Справний стан (справність) – стан об'єкта, за якого він відповідає всім вимогам, встановленим нормативно-технічною документацією.

Несправний стан (несправність) – стан об'єкта, за якого він не відповідає хоч б одній з вимог, встановлених нормативно-технічною документацією. Поняття справність ширше, ніж працездатність. Працездатний тепловоз або працездатна складальна одиниця можуть вважатися несправними, проте їхні пошкодження при цьому не настільки істотні, щоб перешкоджати нормальному функціонуванню тепловоза або його складальної одиниці (наприклад, тріщина скла манометра, незначне підтікання масла в окремих з'єднаннях, вм'ятини на кузові тощо).

Об'єкт, який можна відремонтувати, – об'єкт, справність і працездатність якого в разі виникнення відмови або пошкодження підлягає відновленню.

Об'єкт, який неможливо відремонтувати, – об'єкт, справність і працездатність якого в разі виникнення відмови або пошкодження не підлягають відновленню (лампи розжарювання, елементи електроніки, щітки електричних машин, вісь колісної пари з тріщиною тощо).

Відновлюваний об'єкт – об'єкт, працездатність якого в разі виникнення відмови підлягає відновленню в конкретній ситуації.

Невідновний об'єкт – об'єкт, працездатність якого в разі виникнення відмови відновленню в конкретній ситуації не підлягає. Наприклад, заклинювання колісної пари тепловоза, що відбулося під час поїздки, усунути на перегоні неможливо. Тому в такій ситуації тепловоз буде невідновним об'єктом. Водночас усунення цієї відмови можливе в депо; у цьому випадку тепловоз – відновлюваний об'єкт.

Система технічного обслуговування і ремонту² тепловозів – сукупність взаємозв'язаних засобів, документації з технічного обслуговування і

² Терміни та визначення з технічного обслуговування й ремонту наведені відповідно до ДСТУ 9050:2020

ремонту та виконавців, необхідних для підтримання та відновлення якості тепловозів, що входять у цю систему.

Технічне обслуговування – комплекс операцій або операція з підтримання працездатності або справності об'єкта в процесі використання за призначенням, очікування, зберігання й транспортування.

Ремонт – комплекс операцій з відновлення справності чи працездатності локомотива, відновлення його ресурсу або його складальних частин. Цей комплекс операцій може складатися з розбирання, очищення, контролю стану, відновлення деталей, складання, регулювання, монтажу. Об'єкт можна ремонтувати заміною або відновленням окремих деталей і складальних одиниць.

Цикл технічного обслуговування (ремонтний цикл) – найменші інтервали часу, що повторюються, або напрацювання локомотива, протягом яких виконуються в певній послідовності відповідно до вимог нормативно-технічної документації всі встановлені види технічного обслуговування (ремонту).

Види технічного обслуговування (ТО) розрізняють за однією з ознак: етапом експлуатації (ТО під час використання, ТО під час зберігання, ТО під час очікування), періодичністю використання (ТО періодичне, ТО сезонне), регламентацією виконання (ТО регламентоване, ТО з періодичним контролем, ТО з безперервним контролем), організацією виконання (потокове ТО, централизоване ТО).

Вид ремонту визначають за однією з ознак: ступенем відновлення ресурсу (капітальний ремонт, поточний ремонт), збереженням приналежності ремонтної частини (знеособлений ремонт, незнеособлений ремонт), регламентацією виконання (регламентований ремонт, ремонт за технічним станом), організацією виконання (агрегатний ремонт, поточковий ремонт, ремонт експлуатаційною організацією).

Міжремонтний період – напрацювання між плановими видами технічного обслуговування або ремонту локомотивів.

Плановий ремонт – ремонт, передбачений вимогами нормативно-технічної документації.

Неплановий ремонт – ремонт, постановка на який здійснюється без попереднього призначення.

Поточний ремонт – ремонт, що виконується для забезпечення або відновлення працездатності тепловоза, що перебуває в стані заміни й(або) відновлення окремих частин.

Капітальний ремонт – ремонт, що виконується з метою повного відновлення або близького до повного відновлення ресурсу локомотива або його складальних одиниць із заміною або відновленням будь-яких із його частин, зокрема й базових.

Обсяг ремонту (обсяг обов'язкових робіт) – перелік операцій з огляду, відновлення або заміни складальних одиниць і деталей, що виконуються під час кожного окремого виду технічного обслуговування або ремонту.

Виробничий процес ремонту – сукупність дій людей і засобів виробництва, у результаті яких з несправного або непрацездатного об'єкта отримують

справний або працездатний з властивостями, передбаченими нормативно-технічною документацією.

Технологічний процес ремонту – закінчена частина виробничого процесу, у результаті виконання якої досягається зміна форми, розмірів, стану та властивостей об'єкта ремонту або послідовне з'єднання (роз'єднання) складників об'єкта відповідно до вимог нормативно-технічної документації. Виходячи із цього розрізняють технологічний процес розбирання й складання, відновлення деталей зварюванням або хромуванням, очищення тощо.

Технологічна операція – закінчена частина технологічного процесу, що виконується безперервно на одному робочому місці в процесі ремонту об'єкта одного найменування.

Деталь – виріб, виготовлений з одного за назвою й маркою матеріалу без застосування складальних операцій.

Складальна одиниця – виріб, складники якого сполучені між собою складальними операціями (згвинчуванням, зчленуванням, клепаанням, зварюванням, паянням, розвальцьовуванням, склеюванням та іншими).

Об'єкт ремонту – у цьому випадку локомотив або будь-яка його складальна одиниця чи деталь, що піддаються технічному обслуговуванню або ремонту.

1.2. Нинішня система технічного обслуговування та ремонту локомотивів

На сьогодні є декілька підходів для виконання видів технічного обслуговування та ремонту машин.

Регламентоване технічне обслуговування. Регламентований ремонт. За регламентованого порядку технічне обслуговування тепловоза або його плановий ремонт того чи іншого виду виконують в певному обсязі і в міжремонтний період, які встановлені нормативно-технічною документацією, незалежно від технічного стану тепловоза.

Така регламентація виконання технічного обслуговування й планового ремонту тепловозів набула широкого застосування на залізничному транспорті. Її недолік полягає в тому, що до моменту початку технічного обслуговування або планового ремонту не враховується технічний стан тепловоза. Це призводить до невиправданих витрат, особливо якщо обсяги обов'язкових робіт і міжремонтні періоди встановлені єдиними для тепловозів тієї чи іншої серії, що функціонують у різних умовах експлуатації.

Технічне обслуговування з періодичним контролем. За цієї регламентації технічний стан тепловоза контролюють відповідно до встановлених у нормативно-технічній документації обсягу і міжремонтного періоду, а обсяг операцій з підтримання справності та працездатності визначається технічним станом тепловоза в момент початку технічного обслуговування.

Технічне обслуговування з безперервним контролем. За такого порядку за технічним станом тепловоза стежать безперервно в процесі його

функціонування. Операції, необхідні для підтримання справності й працездатності тепловоза, виконують у міру потреби.

Ремонт за технічним станом. У цьому випадку технічний стан тепловоза за планового ремонту того чи іншого виду контролюють в певному обсязі й терміни, встановлені в нормативно-технічній документації, а обсяг ремонту й момент його початку визначають за технічним станом тепловоза.

Історично в Україні склалася планово-попереджувальна система технічного обслуговування і ремонту тепловозів, яка поступово в міру оновлення та модернізації локомотивів економічно обґрунтовано буде змінюватися в напрямку систем контролю технічного стану рухомого складу.

1.3. Планово-попереджувальна система обслуговування і ремонту локомотивів

Основні етапи розвитку планово-попереджувальної системи обслуговування і ремонту локомотивів. У розвитку планово-попереджувальної системи ТО і ПР тепловозів можна виокремити такі етапи: перший етап – 1931-1937 рр.; другий етап – 1945-1956 рр.; третій етап – з 1956 р. і до 1991р. та четвертий етап – з 1991 р. дотепер.

Перший етап характеризується відсутністю досвіду експлуатації тепловозів, низькою кваліфікацією обслуговуючого й ремонтного персоналу, поганим технологічним обладнанням, не пристосованістю баз ремонту паровозів до ремонту тепловозів. Жодної регламентації строків ремонту не було, тепловози працювали «на зношення». Ремонт здійснював персонал, який ремонтував паровози. У 1937 р. був введений перший перелік обсягу ремонтних робіт, який складався з ремонту 1-го обсягу, що виконувався після пробігу 40 тис. км; ремонту 2-го обсягу – 80 тис. км і середнього ремонту – 120 тис. км.

Другий етап відрізняється значним розвитком тепловозобудування й переведенням певних ділянок залізниць на дизельну тягу. Для підтримання справності й працездатності тепловозів було уведено місячний огляд, а для відновлення ресурсу – капітальний ремонт. У 1946 р. впроваджуються реостатні випробування тепловозів, у 1951 р. – контрольно-технічний огляд після пробігу 6 тис. км, у 1955 р. – підйомний ремонт. З 1955 р. остаточно сформувався перелік планових і середніх ремонтів тепловозів та остаточно оформилася планово-попереджувальна система технічного обслуговування і ремонту тепловозів.

Третій етап характеризується докорінною реконструкцією локомотивної тяги на залізницях, коригуванням ТО і ПР відповідно до конкретних умов експлуатації, впровадженням нових методів обслуговування локомотивів, використанням сучасних засобів ремонту і вдосконаленої документації з ТО і ПР. Виконання основних робіт під час технічного обслуговування було покладено не на локомотивні бригади, як це було раніше, а на ремонтний персонал депо. Замість існуючих середнього і капітального ремонтів був встановлений єдиний вид ремонту – заводський. У 1961 р. було запроваджено технічне обслуговування ТО-2, яке виконувалося раз на добу. Ці зміни надалі були покладені

в основу заходів щодо переведення магістральних тепловозів на обслуговування змінними локомотивними бригадами. Таким чином тепловози почали обслуговуватися локомотивними бригадами змінним способом замість прикріпленого, що різко знизило увагу бригад до технічного стану локомотивів. У 1964 р. впровадили великоагрегатний метод підйомного ремонту тепловозів, який передбачав заміну дизель-генератора, допоміжного обладнання, візків раніше відремонтованими. Цей метод дав змогу різко знизити простій локомотивів у ремонті. Надалі були встановлені норми міжремонтної роботи між оглядами й ремонтами для різних серій тепловозів.

У період дії 4-го етапу (починаючи з 1991 р. і дотепер) розширено обслуговування з урахуванням технічних обслуговувань ТО-4, ТО-5, ТО-6 та впроваджено умови виконання капітальних ремонтів з продовженням ресурсу (КРП) та модернізації існуючого рухомого складу, а також встановлено строки виконання ТО та ПР для рухомого складу, який експлуатується в понаднормативний термін служби.

Наступним кроком (у міру автоматизації систем діагностики та обліку виконуваних робіт окремих локомотивів та їхніх вузлів) очікується перехід на систему ремонтів із урахуванням фактично виконаної роботи окремими основними вузлами й фактичного стану агрегатів.

1.4. Характеристика оглядів і ремонтів локомотивів

Відповідно до наказу Укрзалізниці № 055 від 30.01.2019 та Додатка № 1 до Положення про планово-попереджувальну систему ремонту і технічного обслуговування тягового та моторвагонного рухомого складу Система планово-попереджувального ремонту та технічного обслуговування електровозів, тепловозів, електро- та дизель-поїздів (тягового рухомого складу (ТРС)) передбачає: технічне обслуговування ТО-1, ТО-2, ТО-3, ТО-4, ТО-5, ТО-6; поточні ремонти ПР-1, ПР-2, ПР-3; капітальні ремонти КР-1, КР-2, КРП.

Приклади встановлених міжремонтних термінів та чинних норм простой на технічному обслуговуванні та ремонтах наведено в дод. А (*Витяги з додатка № 1 до Положення про планово-попереджувальну систему ремонту і технічного обслуговування тягового та моторвагонного рухомого складу, яке затверджено наказом АТ «Укрзаліниця» від 30.01.2019 № 055 (пункт3), та Додатка № 2 до наказу Міністерства чорної металургії СРСР від 13.02.1986 р. № 310 «Періодичність технічного обслуговування і ремонту локомотивів».*)

1.4.1. Характеристика технічних обслуговувань і ремонтів локомотивів

Технічне обслуговування ТО-1, ТО-2, ТО-3, поточний ремонт ПР-1 виконують, щоб запобігти появі несправностей ТРС в ході експлуатації, для підтримання його в працездатному й належному санітарно-гігієнічному стані, забезпечення безпечної експлуатації, пожежної безпеки та безаварійної роботи,

а також заданого рівня комфортності пасажирських перевезень, що здійснюються дизель- та електропоїздами.

На ТО-1, ТО-2, ТО-3 і ПР-1 виконують: огляд, перевірку цілісності та надійності кріплення елементів обладнання локомотива, особливо тих, що впливають на безпеку руху; змащування рухомих деталей; перевірку та регулювання окремих вузлів обладнання (форсунок дизеля); очищення фільтрів і електричних апаратів; миття локомотива.

Метою виконання ТО-3 є підтримання працездатності, змащування, особливий контроль за ходовою частиною, гальмами, автоматичною локомотивною сигналізацією (АЛСН), швидкостемірами, радіозв'язком, санітарно-гігієнічним станом.

ПР-1 – виконують роботи в обсязі ТО-3 (огляд дизеля, змащування), знімають для ремонту деякі агрегати та пристрої (паливопрокачувальний насос, реле тиску мастила (РТМ)), визначають зазори на масло, а також контрольні реостатні випробування й регулювання тепловоза.

Поточний ремонт ПР-2 та ПР-3 виконують для забезпечення справності ТРС, відновлення основних експлуатаційних характеристик та забезпечення їхньої стабільності в міжремонтний період виконанням ревізії, ремонту, заміни груп деталей, вузлів та агрегатів, регулювання та випробувань, а також часткової модернізації.

На ПР-2, крім робіт, що передбачаються на ПР-1, виконують часткове розбирання дизеля з витягненням поршнів, знімають, ремонтують і регулюють деякі електроапарати, роблять ревізію буксових і моторно-осьових підшипників (МОП), оглядають і очищують електромашини і т. д., виконують реостатні випробування.

На ПР-3, крім робіт, передбачених ПР-2, виконують розбирання (або заміну) дизеля, викочують візки з розбиранням, обточуванням бандажів і звичайним свідченням колісних пар, ревізію тягових двигунів і їхній ремонт, ремонт і перезарядження акумуляторної батареї (АБ) тощо.

Технічне обслуговування ТО-4 здійснюють для обточування бандажів колісних пар (без викочування їх з-під локомотива або моторвагонного рухомого складу) з метою підтримання оптимальної величини прокату та товщини гребенів. Дозволяється об'єднувати обточування бандажів, плазмове загартування гребенів колісних пар і діагностування ТРС з виконанням технічного обслуговування ТО-2, ТО-3 та поточних ремонтів ПР-1, ПР-2.

У технічному обслуговуванні ТО-5 виокремлюють такі підгрупи:

ТО-5а – підготовка (консервація) ТРС для постановки в запас Укрзалізниці та резерв залізниці (далі – РУЗ);

ТО-5б – підготовка (консервація) ТРС до відправлення в недіючому стані на капітальні ремонти на заводи або до інших депо, у поточний ремонт до інших депо своєї чи інших залізниць, передачі на баланс інших депо або передислокації;

ТО-5в – підготовка (розконсервація) до експлуатації після побудування, ремонту на заводах або в інших депо після передислокації;

ТО-5_г – підготовка (розконсервація) до експлуатації перед видачею локомотивів із запасу Укрзалізниці або РУЗ. *ТО-5* враховується згідно з нормативами трудомісткості та тривалості, що затверджені залізницею окремо за видами призначення *ТО-5* і типами ТРС.

Технічне обслуговування ТО-6 передбачає виконання регламентних робіт з продовження терміну служби несучих конструкцій. Дозволяється об'єднувати *ТО-6* з виконанням технічного обслуговування *ТО-3* та поточних ремонтів *ПР-1*, *ПР-2*, *ПР-3*.

Капітальний ремонт КР-1 та поточний ремонт ПР-3У призначені для відновлення паспортних характеристик, часткового відновлення ресурсу заміною та ремонтом зношених несправних агрегатів ТРС, вузлів, деталей та їхньою модернізацією.

Капітальний ремонт КР-2 виконують для відновлення справності та повного ресурсу ТРС, його паспортних характеристик, модернізації агрегатів, вузлів та деталей, повної заміни кабельно-провідникової продукції та обладнання, що відпрацювало свій ресурс, на нові.

Загалом на КР виконують відновлення або заміну всіх зношених вузлів локомотива, повне розбирання дизеля, обточування колінчастого валу, наплавлення й обточування блока дизеля, ремонт рами локомотива, повне розбирання електричних машин і заміну проводів.

Капітальний ремонт з продовженням ресурсу (КРП) виконують для відновлення експлуатаційних характеристик, справності та повного ресурсу на період продовження строку служби понад встановлений після побудови, а також модернізації всіх агрегатів, вузлів і деталей, зокрема й базових, повної заміни кабельно-провідникової продукції та обладнання з виробленим моторесурсом відповідно до технічних умов.

1.4.2. Порядок виконання ТО і ремонтів

Технічне обслуговування та поточний ремонт ТРС мають певний порядок виконання (табл.1.1).

Технічне обслуговування *ТО-1* виконується локомотивними бригадами згідно з переліками робіт, розробленими на підставі типових положень та інструкцій, що затверджуються начальником служби локомотивного господарства залізниці.

Технічне обслуговування *ТО-2* поїзних, маневрових локомотивів та моторвагонного рухомого складу виконують у пунктах технічного обслуговування (ПТО), як правило, критих, оснащених оглядовими канавами (для ЕРС – естакадами) та укомплектованих висококваліфікованими слюсарями, які мають необхідне обладнання для заправлення ТРС водою, мастилом, паливом, піском, сушіння електричних машин гарячим повітрям, підігріву мастила для заправлення моторно-осьових підшипників, пристрої та інструменти, забезпечені технологічним запасом деталей та матеріалів.

Технічне обслуговування *ТО-3*, *ТО-4*, *ТО-5*, поточний ремонт *ПР-1* виконуються в депо комплексними спеціалізованими бригадами. Поточні ремонти *ПР-2*, *ПР-3* і *ТО-6* виконують в спеціалізованих депо залізниці, які

атестовані комісіями Укрзалізниці та мають необхідну ремонтну базу. Технічне обслуговування ТО-6 виконуються за участю спеціалізованих організацій.

Таблиця 1.1

Виконання видів технічного обслуговування і ремонту

Вид технічного обслуговування і ремонту	Виконавець робіт	Місце виконання
ТО-2 (магістральні тепловози)	Ремонтний персонал депо	Пункт технічного обслуговування
ТО-2 (маневрові тепловози)	Слюсарі ремонтної бригади та прикріплені локомотивні бригади	Станційні колії, пункти екіпірування і технічного обслуговування
ТО-3, ТО-4, ПР-1, ПР-2, ПР-3	Ремонтний персонал депо	Спеціалізовані стійла основних локомотивних депо
Технічне обслуговування ТО-6 КР-1, КР-2, КРП	Ліцензований персонал Ремонтний персонал заводу	Спеціалізовані організації, тепловозоремонтні заводи

Ремонт з усунення наслідків відмов тягового рухомого складу в міжремонтний період (неплановий ремонт) виконують спеціально виділені для цієї мети бригади слюсарів під керівництвом майстра.

Капітальний ремонт, зокрема з продовженням ресурсу (КРП), модернізація тягового рухомого складу і його обладнання виконуються на спеціалізованих заводах. За погодженням Головного управління локомотивного господарства в разі відповідності ремонтної бази модернізацію можуть виконувати атестовані локомотивні депо.

Контрольні завдання для самоперевірки

1. Які з показників надійності мають безпосереднє відношення до ремонту.
2. Як називається стан об'єкту, при якому він відповідає всім вимогам, встановленим нормативно-технічною документацією.
3. Як називається вид ремонту, що виконується для забезпечення або відновлення працездатності тепловоза, який полягає в заміні і (або) відновленні окремих частин

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА ПОКАЗНИКИ ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЛОКОМОТИВІВ ТА РОЗРАХУНОК МІЖРЕМОНТНИХ ПЕРІОДІВ

Надійність тепловозів у кожен період експлуатації з достатньою точністю можна оцінити ймовірно-статистичними методами та методами й засобами технічної (безрозбірної) діагностики. Аналізуючи надійність об'єкта цими методами, використовують достовірні дані про роботу тепловозів у конкретних умовах експлуатації з урахуванням впливу на них усього різноманіття експлуатаційних чинників.

2.1. Оцінка надійності тепловоза та його складальних одиниць вибіркоvim методом

Маючи у своєму розпорядженні конкретну інформацію про напруження певної кількості об'єктів і застосувавши для її обробки методи математичної статистики, зокрема вибіркоvim метод, можна отримати достовірну оцінку показників.

Для отримання інформації про напруження до відмов ведуть спостереження за експлуатацією генеральної сукупності об'єктів у однакових умовах. Такою сукупністю можуть бути, наприклад, магістральні тепловози однієї серії, що використовуються у вантажному русі на цій ділянці (полігоні), або їхні складальні одиниці (дизелі, тягові електродвигуни, колісні пари тощо).

Необхідно зауважити, що в більшості випадків спостереження здійснюють не за всією генеральною сукупністю, а за її частиною, тобто за вибіркою. При цьому вибірку формують так, щоб до неї увійшли об'єкти, технічний стан яких у середньому відповідав би пропорціям, що наявні в генеральній сукупності.

Для визначення обсягу вибірки, тобто мінімальної кількості об'єктів спостереження, коли закон розподілу випадкових величин не відомий, задаються потрібною величиною безвідмовної роботи протягом часу або пробігу й необхідною довірчою ймовірністю. Практичні прийоми розрахунку кількості об'єктів спостереження визначені ДСТУ 2860-94.

Для розрахунку ймовірнісних показників надійності окремі частини досліджуваного об'єкта (тепловоза, тягового електродвигуна, дизеля та ін.) розчленовують на групи – статистичні сукупності.

Зібраний дослідний матеріал щодо відмов за кожною досліджуваною групою зводять у варіаційний ряд розподілу випадкових величин. Кожен варіаційний ряд ділять на інтервали так, щоб щільність розподілу (кількість випадків відмов) у кожному інтервалі становила приблизно від 5 до 10. Потім переходять до визначення статистичних характеристик розподілу: середнє значення, дисперсія або середнє квадратичне. Для наочності щільності розподілу

зображують у вигляді гістограм. За виглядом гістограми для цього емпіричного ряду підбирають теоретичну криву розподілу. Завдання підбору полягає в тому, щоб з тієї чи іншої позиції теоретична крива найкращим чином відповідала даним емпіричного розподілу. Після цього встановлюють відповідність емпіричного розподілу теоретичному за допомогою критеріїв узгоджуваності Колмогорова або Пірсона. На підставі отриманого закону розподілу напрацювання на відмову розраховують ймовірнісні показники надійності.

Найбільш важливими показниками надійності тепловоза або його складальних одиниць, що належать до ремонтованих, є ймовірність безвідмовної роботи, середнє напрацювання на відмову, параметр потоку відмов, а у виробів, які відносять до неремонтованих, – ймовірність безвідмовної роботи та інтенсивність відмов.

Іншим не менш важливим показником надійності є ремонтпридатність, де важливу роль відіграють ймовірність відновлення в заданий час і середній час відновлення.

Комплексними показниками надійності тепловоза є коефіцієнти готовності й технічного використання. *Коефіцієнт готовності* характеризує ймовірність того, що тепловоз виявиться працездатним у довільний момент часу, окрім планованих періодів, протягом яких його використання за призначенням не передбачається. *Коефіцієнт технічного використання* – відношення сумарного часу перебування тепловоза в працездатному стані за деякий період експлуатації до суми цього часу й часу всіх простоїв, викликаних технічним обслуговуванням і ремонтом, включаючи непланові ремонти за цей самий період, без урахування часу простою в очікуванні технічного обслуговування і ремонту.

На значення коефіцієнтів готовності й технічного використання істотно впливає досконалість організації і технології ремонту тепловозів у локомотивному депо.

2.2. Оцінка надійності тепловоза та його складальних одиниць методами й засобами технічної (безрозбірної) діагностики

Статистичний метод оцінки близький до ймовірнісного за достатньо великої кількості й тривалості спостережень. Оскільки обробка й аналіз статистичних даних пов'язані з багатьма випадковими величинами, знайдені в результаті спостережень показники надійності будуть середніми, придатними тільки для конкретної генеральної сукупності тепловозів або їхніх складальних одиниць, експлуатованих у певних умовах. За середніми показниками важко розрізнити індивідуальні особливості окремого тепловоза, ступінь його надійності, ресурс його справної роботи тощо.

Статистичний метод дозволяє відповісти на питання, як служить ця деталь, але найчастіше неможливо встановити фізичну суть явища й пояснити, чому вона так служить.

У процесі експлуатації в тепловозі з тих чи інших причин виникають пошкодження й відмови різного характеру. Одні з них з'являються раптово (раптові відмови або пошкодження) і є результатом перенапруження матеріалу, тріщин, задирів тощо, інші зумовлені пошкодженням або відмовою взаємозв'язаних елементів устаткування (залежні відмови або пошкодження), треті виникають через поступову зміну одного або декількох заданих параметрів (поступові відмови або пошкодження).

Виникнення відмов у «незапланований» час призводить до непланових ремонтів, порушення ритму виробництва і, зрештою, до перевитрати експлуатаційних засобів.

Чи можна запобігти раптовим відмовам без розбирання тепловоза або його складальних одиниць? Як простежити за «назріванням» раптових відмов і перевести їх в окремих випадках в розряд поступових? Як впливають відмови окремих елементів устаткування на відмову сусідніх? І нарешті, чи можна у будь-який момент встановити ступінь надійності тепловоза або його складників? На всі ці питання з тією чи іншою мірою достовірності залежно від методів, засобів і глибини проникнення в процеси, що відбуваються в досліджуваному об'єкті, відповідає технічна діагностика.

Технічна діагностика – галузь знань, що досліджує технічний стан об'єктів діагностування і прояву технічних станів, розробляє методи їх визначення, а також принципи побудови й організацію використання систем діагностування.

Технічна діагностика допомагає розв'язати три типи завдань з визначення технічного стану об'єкта. До першого типу відносять *завдання діагнозу* – визначення технічного стану об'єкта, у якому він перебуває в конкретний момент часу. До другого типу належать *завдання прогнозу* – визначення стану об'єкта, у якому він опиниться в певний майбутній момент часу. Їхнє розв'язання необхідне для встановлення терміну служби або ресурсу об'єкта, періоду міжремонтної роботи. Нарешті, третій тип – це *завдання генезу* – визначення стану об'єкта, у якому він перебував у певний момент часу в минулому. Розв'язання цих завдань потрібне для виявлення причин виникнення пошкоджень, відмов або аварій.

Будь-який об'єкт, що піддається технічній діагностиці, можна описати як «чорний ящик», вміст якого (його структура, стан) нам невідомий, а відомі лише параметри входу та виходу. Вхідні стимули (дії) можуть застосовуватися або за заздалегідь розробленою програмою, або довільно під час функціонування об'єкта перевірки. Завдання полягає в умінні спостерігати реакції об'єкта на ці дії й ухвалювати рішення.

Встановлено такі види систем діагностування (ДСТУ 2389-94):

- за ступенем охоплення виробу – локальне та загальне;
- за характером взаємодії між об'єктом і засобами діагностування – функціональне й тестове;
- за засобами діагностування, що використовуються, – із застосуванням універсального та спеціалізованого, вбудованого й зовнішнього засобів діагностування;

– за ступенем автоматизації діагностування – автоматичне, автоматизоване й ручне.

За функціональних систем діагностування стан об'єкта перевіряють у робочих режимах (рис. 2.1, а). Дії, що надходять на входи об'єкта, задані його робочим алгоритмом³ функціонування. Вони називаються робочими. При цьому жодні дії на об'єкт з боку засобів діагностування не подаються. Допускається застосовувати режими, що імітують функціонування об'єктів діагностування, зокрема прискорені (форсовані) режими, що не спотворюють фізичну сторону об'єкта. Пристрої для імітації функціонування можуть бути як частиною об'єкта, так і частиною засобів діагностування. Такі системи вирішують як завдання перевірки правильності функціонування, так і завдання пошуку несправностей.

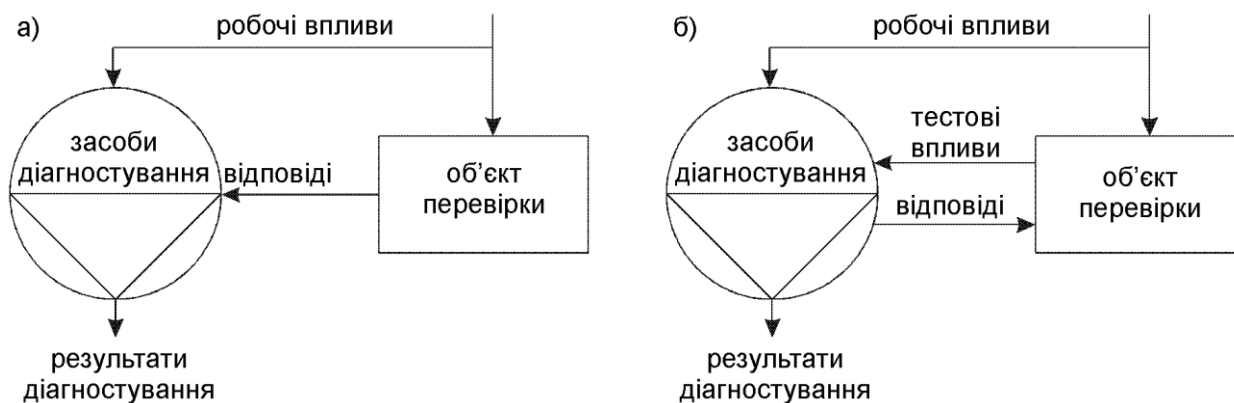


Рис. 2.1. Схеми систем технічного діагностування:

а – система функціонального діагностування; б – система тестового діагностування

За тестових систем діагностування стан об'єкта контролюється найчастіше, коли об'єкт не функціонує. Дії, що надходять на входи об'єкта (рис. 2.1, б), подаються від засобів діагностування. Такі дії називаються тестовими. Якщо тестове діагностування виконують у процесі функціонування об'єкта, то вживаються заходи, що виключають вплив тестових дій на правильність функціонування об'єкта. Тестовим діагностуванням розв'язують завдання перевірки справності, працездатності та пошуку несправностей. Відповіді можуть зніматися як з основних виходів об'єкта, тобто з виходів, необхідних для застосування об'єкта за призначенням, так і з додаткових виходів, зроблених з метою діагностування. Основні та додаткові виходи часто називають контрольними точками. Відповіді об'єкта (на робочі або тестові дії) в обох системах діагностування надходять на засоби діагностування. Засоби діагностування, які постійно пов'язані з об'єктом перевірки, називаються вбудованими; засоби, що періодично підключаються до об'єкта, – зовнішніми (приставними), а ті, що не мають безпосереднього зв'язку з об'єктом перевірки, – спеціалізованими.

Об'єкти перевірки можуть бути простими (такими, що мають лише два стани (норми і відмови)), і складними (такими, що мають велику кількість

³ Алгоритм – формальні приписи, які однозначно визначають зміст і послідовність операцій, що перетворюють сукупність початкових даних у шуканий результат – розв'язання задачі

проміжних станів). Для простих об'єктів реалізуються логічні алгоритми діагностування, для складних – імовірнісні. Частіше використовують змішані алгоритми з розділенням об'єкта на прості та складні елементи.

Працездатність тепловоза і його складових частин у процесі функціонування контролюють здебільшого традиційними засобами й методами на підставі алгоритмів, викладених у нормативно-технічній документації. Досвід застосування перевірної універсальної машини для автоматичної перевірки електричних кіл електровозів, машини централізованого контролю і управління «Дельта» на дизель-поїзді ДР-11, спектральний аналіз масла картера дизелів тепловозів на деяких залізницях дав позитивні результати для контролю технічного стану локомотивів у процесі функціонування.

2.3. Методики розрахунку міжремонтних періодів локомотивів

Як відомо, надійність тепловоза за інших рівних умов багато в чому залежить від того, з якими режимами навантажень і в яких умовах він експлуатується. Наприклад, колійні умови, що визначаються типом рейок, станом верхньої будови колії і профілем залізничного полотна (крутизною, ухилами і підйомами), мають помітний вплив на знос деталей екіпажної частини, вібрацію, режими ведення поїзда, циклічність завантаження механізмів тощо. Кліматичні умови, що характеризуються температурою, атмосферним тиском, вологістю й запиленістю навколишнього середовища, також впливають на працездатність тепловоза. Режим роботи (швидкість руху, циклічність зміни навантаження, частота й тривалість зупинок поїзда) багато в чому залежить від рівня організації руху поїздів, колійних і кліматичних умов, кваліфікації локомотивних бригад і відчутно впливає на працездатність тепловоза.

Щоб чіткіше продемонструвати вплив місцевих умов експлуатації на технічний стан тепловоза, простежимо за роботою двох тепловозів однієї серії з однаковим рухомим складом на ділянках однакової довжини, але з різними колійними, кліматичними й режимними умовами.

Припустимо, що перший тепловоз працює на двоколійній ділянці з відмінним станом колії, обладнаній автоблокуванням. Робота відбувається за помірної температури, технічно чистого повітря та нормального атмосферного тиску. Поїзд рухається ділянкою без зупинки майже весь час під уклон.

Другий тепловоз везе такий же рухомий склад, але одноколійною гірською ділянкою із затяжними підйомами, в умовах сильного зустрічного бічного вітру, різкого перепаду температури й атмосферного тиску. Під час руху доводиться часто подавати на рейки пісок, що, як відомо, збільшує не тільки зчеплення коліс тепловоза з рейками, але й зчеплення коліс вагонів, що сприяє збільшенню опору руху поїзда. У міру руху вгору збільшується розрідженість повітря. Маса повітря, що надходить у циліндри дизеля, стає недостатньою для згорання палива. Потужність дизеля знижується, а сам дизель перегрівается. Не в кращому положенні щодо перегріву опиняться й тягові електричні машини, оскільки вони перебуватимуть під великими струмовими навантаженнями, незважаючи на безперервну роботу охолоджувальних пристроїв. У цих

умовах усі елементи устаткування тепловоза працюватимуть у край напружено. Зношування деталей усіх механізмів, а також старіння ізоляції струмопровідних частин електричного устаткування відбуватиметься інтенсивніше. Навіть фільтри тепловоза швидше забруднюватимуться, оскільки через них пройде більше повітря, палива й масла. Очевидно, що на другій ділянці тепловоз як тягова машина використовується інтенсивніше, ніж на першій.

Як можна оцінити роботу, виконану тепловозом на першій і другій ділянках? Якщо оцінити її пробігом або кількістю перевезеного вантажу (кілометри, тонни, тонно-кілометри), то виявиться, що в обох випадках тепловоз перевіз один і той самий вантаж на однакову відстань. Мабуть, і за такими показниками, як час перебування тепловоза в експлуатації (особливо в разі поганої організації руху поїздів), загальна кількість обертів колінчастого вала дизеля, технічна швидкість поїзда, також не можна об'єктивно оцінити ступінь завантаження тепловоза. Недостатнім виявиться й такий показник, як кількість енергії, виробленої тяговим генератором (кВт·год), оскільки за умов холостої роботи дизеля (без навантаження) як під час руху з поїздом, так і на стоянках тяговий генератор не виробляє енергію. До того ж цей показник може бути застосований тільки для тепловозів з електричною передачею.

Залишається нерозглянутим ще один показник – витрата палива тепловозом. Почнемо з того, що ми розуміємо під поняттям робота. Як відомо, робота, виконана за того чи іншого процесу, є кількість енергії, що перетворилася в цьому процесі з однієї форми в іншу. У нашому випадку тепловоз, як будь-який локомотив, є перетворювачем енергії, яка міститься в паливі, у зовнішню роботу сили тяги, тобто в механічну роботу з пересування поїзда. Тому, не припускаючись істотної похибки, можна прийняти, що кількість витраченого палива прямо пропорційна виконаній тепловозом механічній роботі. Очевидно, витрата палива буде залежати за інших рівних умов від інтенсивності завантаження тепловоза в тих чи інших умовах експлуатації.

На рис. 2.2 наведено фактичні вимірювачі роботи тепловозів однієї й тієї самої серії, що використовуються у вантажному русі в чотирьох різних депо. Для можливості порівняння ці дані були взяті після витрачання кожним тепловозом 100 т дизельного палива. Як видно з рис. 2.2, після витрати однакової кількості енергії одні й ті самі тепловози, що працюють у різних експлуатаційних умовах, мають неоднакові показники. З цього можна зробити висновок, що найбільш об'єктивним показником інтенсивності завантаження тепловоза, що враховує все різноманіття експлуатаційних чинників, може бути витрата палива тепловозом на 1 км пробігу. Витрата палива залежить від серії тепловоза, маси рухомого складу, профілю та стану колії, швидкості руху, часу роботи дизеля на різних частотах обертання вала під навантаженням і вхолосту, сили й напрямку панівних вітрів, атмосферних опадів та інших кліматичних умов.

Витрата палива, віднесена до 1 км пробігу або 1 год роботи, називається *показником використання потужності тепловоза*. Він характеризує не тільки завантаження основної енергетичної установки тепловоза – дизеля, але й усіх його складників. Дійсно, чим більше завантажений дизель, тим напруженіше працюють усі елементи передачі, зокрема й колісні пари, тим довше

перебувають під великими струмовими навантаженнями струмопровідні частини електричних машин, апаратів, кабелів, тим більше часу працюють вентилятори охолоджувальних пристроїв. Від потужності, що знімається з дизеля, залежить також кількість повітря й палива, що пропускається фільтрами, а отже, і терміни їхньої заміни або очищення.

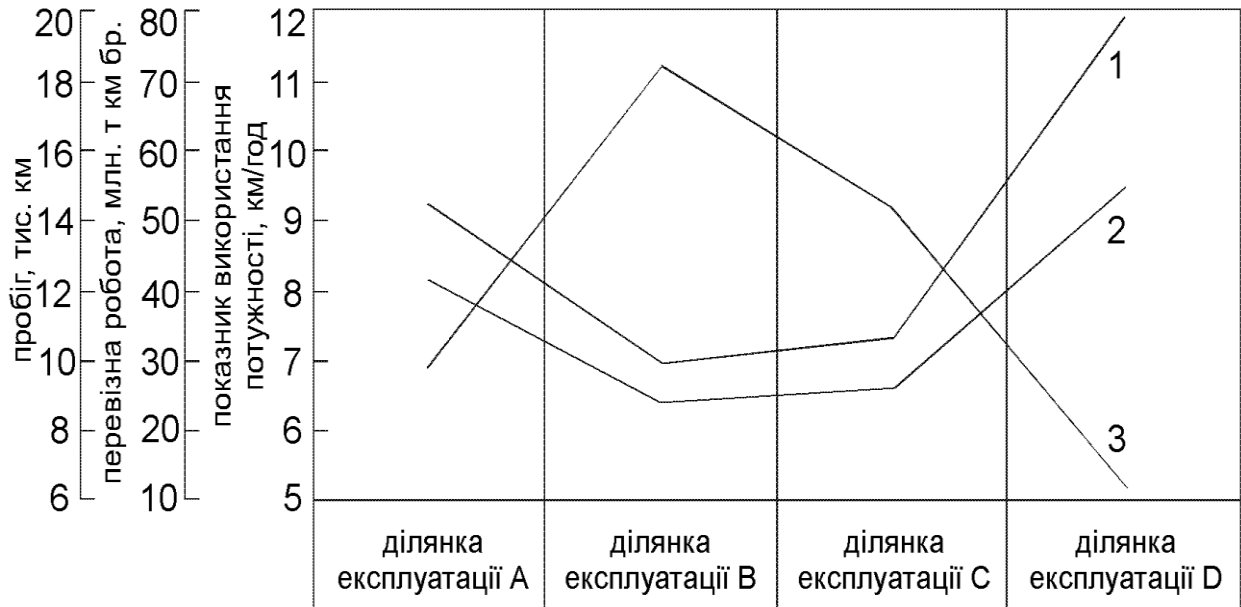


Рис. 2.2. Вимірювачі роботи тепловозів серії 2ТЕ10В:

1 – пробіг; 2 – перевізна робота; 3 – показник використання потужності

Аналіз показав, що інтенсивність зношування деталей найважливіших елементів устаткування тепловозів (окрім деталей ресорного підвішування щелепних візків) залежить за інших рівних умов від того, з якою інтенсивністю працює тепловоз.

Витрата палива за 1 км пробігу може слугувати також показником інтенсивності завантаження моторних вагонів дизельних поїздів, автомотрис, моторовозів, автодрезин. Показником використання потужності електровозів і моторних вагонів електросекцій може бути витрата електроенергії на 1 км пробігу.

Фактичний показник використання потужності тепловозів кожної серії (окремого тепловоза, тепловозів одного депо або однієї залізниці) для магістральних тепловозів визначають з такого виразу:

$$\phi = Q_{\text{ум}} e \cdot 10^{-4},$$

де $Q_{\text{ум}}$ – середня умовна маса поїзда брутто, т; e – витрата дизельного палива тепловозами цієї серії за визначений період на вимірювач, кг/10⁴ т·км брутто.

Середня умовна маса поїзда брутто, т

$$Q_{\text{ум}} = \frac{A}{L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5},$$

де A – виконана перевізна робота тепловозами цієї серії за визначений період, т·км; L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 – відповідно пробіг тепловозів в голові поїзда, у подвійній тязі, в одиночному проходженні, у підштовхуванні й умовний пробіг, виконаний тепловозами цієї серії за визначений період, км.

Для ділянок залізниці, де дизельна тяга вводиться вперше або одна серія тепловозів замінюється іншою, необхідні для визначення ϕ дані знаходять тяговими розрахунками.

Щоб обчислити можливий пробіг магістральних тепловозів з порожняком, в одиночному проходженні, у підштовхуванні й умовний пробіг під час роботи на конкретній ділянці, середню умовну масу поїзда приймають

$$Q_{\text{ум}} = (0,7 \div 0,9)Q,$$

де Q – маса поїзда, знайдена тяговими розрахунками.

Для маневрових тепловозів показник використання потужності

$$\phi' = \frac{E}{t_e},$$

де E – загальна витрата дизельного палива тепловозами цієї серії за певний період, кг; t_e – загальний час перебування тепловозів цієї серії в експлуатованому парку за цей період, год.

Якщо така серія тепловозів вперше застосовується для маневрової роботи, тимчасово до отримання фактичних даних E і t_e показник використання потужності приймається рівним

$$\phi' = (0,10 \div 0,20)G_{\text{год}},$$

де $G_{\text{год}}$ – годинна витрата палива дизелем тепловоза цієї серії під час роботи на номінальній потужності, кг/год.

Інтенсивність завантаження дизелів різних серій тепловозів порівнюється між собою за коефіцієнтом завантаження дизеля, який розраховується за формулами:

– для магістральних тепловозів

$$\nu = \frac{\nu_{\text{тех}} \phi}{G_{\text{год}}};$$

– для маневрових тепловозів

$$\nu' = \frac{\phi'}{G_{\text{год}}},$$

де $\nu_{\text{тех}}$ – технічна швидкість вантажних або пасажирських поїздів, які обслуговуються тепловозами цієї серії, за визначений період, км/год.

Фактичні показники використання потужності тепловозів різних серій за мережею залізниць і за окремими залізницями наведено на рис. 2.3. З рисунка видно, що інтенсивність завантаження тепловозів залежить від місцевих умов експлуатації.

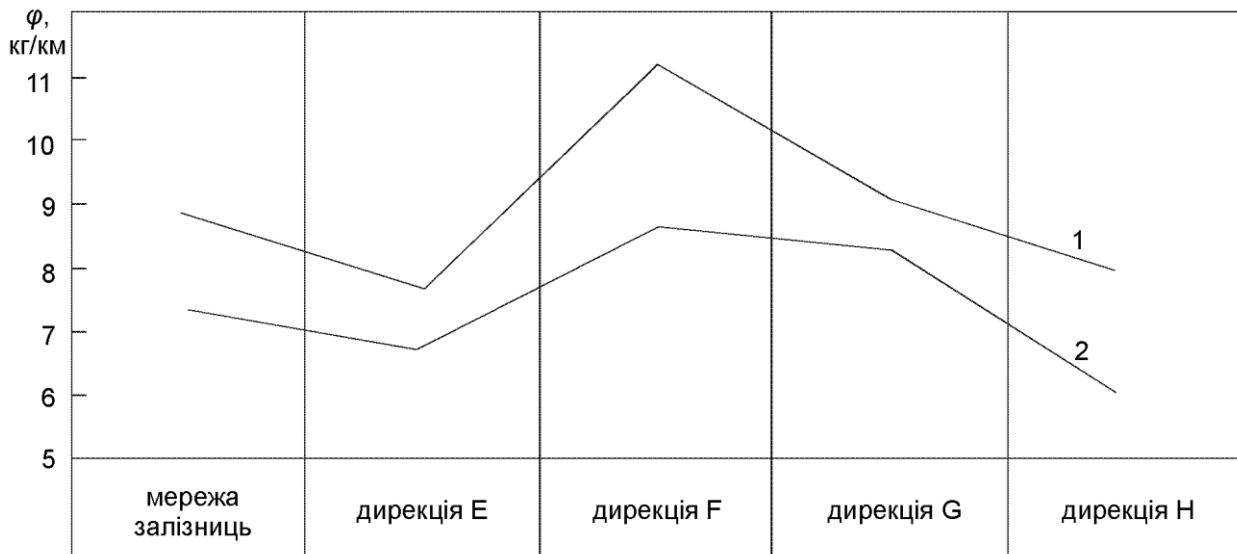


Рис 2.3. Показники використання потужності тепловозів:

1 – TE10B; 2 – M62

На Укрзалізниці (або промислового підприємстві) затверджуються середні норми періодів міжремонтної роботи тепловозів для всієї мережі залізниць (пром підприємства). Для тепловозів різних серій окремих залізниць і депо ці середні норми диференціюються залежно від показника використання потужності кожної серії тепловозів. Якщо цього не робити, то тепловози, що працюють на ділянках з несприятливими умовами експлуатації і з повним використанням потужності, підлягатимуть технічному обслуговуванню й ремонту в ті самі терміни, що й тепловози, що працюють на ділянках, де умови роботи легші, а виконана тепловозами механічна робота значно менша. Таке «зрівняння» привело б до невиправданих витрат грошових коштів, матеріалів і запасних частин.

Диференційовані норми періодів міжремонтної роботи тепловозів, виражені в кілометрах пробігу L_p (для магістральних) і в часі t_p (для маневрових), визначаються з таких виразів:

$$L_p = \frac{G_0}{\varphi}; \quad t_p = \frac{G'_0}{705\varphi'}; \quad t_p = \frac{G'_0}{23,5\varphi'},$$

де G'_0, G_0 – відповідно норма витрати дизельного палива між окремими видами технічного обслуговування або ремонту для магістральних і маневрових тепловозів цієї серії, кг; 705 і 23,5 – тривалість роботи маневрового тепловоза відповідно за місяць і за добу, год.

Як бачимо, за наявності норми витрати палива G'_0, G_0 легко диференціювати періоди міжремонтної роботи тепловозів за пробігом або часом роботи, тобто показниками, зручними для транспортників.

Норма витрати палива G'_0 та G_0 для кожної серії тепловоза визначається за формулами:

– для магістрального тепловоза

$$G_0 = \nu G_{\text{год}} \frac{L_{\text{рн}}}{\nu_{\text{тех}}};$$

– для маневрового тепловоза

$$G'_0 = \nu' G_{\text{год}} t_{\text{ен}},$$

де $L_{\text{рн}}$ і $t_{\text{ен}}$ – відповідно середня за мережею норма періоду міжремонтної роботи (в кілометрах і в годинах) магістральних і маневрових тепловозів, затверджена Укрзалізницею (див. дод. А).

Коефіцієнти завантаження дизелів залежно від ступеня надійності кожної серії тепловозів рекомендовано приймати: для магістральних тепловозів $\nu = 0,50 \dots 0,65$, а для маневрових $\nu' = 0,1 \dots 0,2$.

Таким чином, диференціація міжремонтних періодів дозволяє виконувати обсяг обов'язкових робіт через менший пробіг (час) для тих тепловозів, які працюють інтенсивніше, і через більший пробіг для тепловозів, що працюють з меншим навантаженням.

Контрольні завдання для самоперевірки

1. Який показник надійності тепловоза або його складальних одиниць є найбільш важливим та найбільш повно описує технічний стан.
2. Які показники надійності тепловоза відносяться до комплексних.
3. Як називаються засоби діагностування, які періодично підключаються до об'єкту перевірки.

РОЗДІЛ 3. НАДХОДЖЕННЯ ЛОКОМОТИВА В РЕМОНТ ТА ЙОГО РОЗБИРАННЯ. ДОКУМЕНТАЦІЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ПІД ЧАС РЕМОНТУ

3.1. Методи організації та загальна структура ремонту

Виробничі процеси на ремонтних заводах і в локомотивних депо визначаються видом ремонту, конструкцією об'єкта ремонту, типом, спеціалізацією й кооперуванням виробництва.

Раніше на заводах капітальний ремонт тепловозів робили зі знеособленням їхніх складальних одиниць (знеособлений ремонт), коли в процесі складання на раму тепловоза (несучий кузов) монтують не ті складові частини, які були зняті з нього під час розбирання, а інші, заздалегідь відремонтовані. Основні складальні одиниці тепловоза, такі як дизель-генератор, візки, тягові електродвигуни, редуктори, секції радіатора й ін., також ремонтувалися зі знеособленням складальних одиниць і деталей. Зараз рішення щодо знеособленого або незнеособленого ремонту складальних одиниць локомотивів приймається та оговорюється під час укладання договорів на ремонти.

Поточні ремонти ПР-2 і ПР-3 тепловозів у найбільш оснащених локомотивних депо виконують змішаним методом. Основні складальні одиниці тепловоза знеособлюють, але під час ремонту власне складальних одиниць у більшості випадків їхні деталі відновлюють і ставлять на колишні місця (знеособлений ремонт).

Обидва методи допускають організацію ремонту на потокових лініях, тобто забезпечують можливість ритмічної роботи підприємства, дають змогу більш раціонально використовувати його виробничі потужності, гарантуючи стабільність якості відремонтованих об'єктів і скорочуючи тривалість виробничого циклу ремонту.

Виробничий процес організовують відповідно до графіків, які розробляються на ритмічній основі. Вони враховують обсяги виробництва й встановлюють як послідовність виконання технологічних операцій, так і склад робочих бригад, їхню спеціалізацію, кількість ремонтних позицій.

Організація виробничого процесу базується на таких принципах:

- спеціалізація робочих місць, тобто закріплення за кожним із них певного набору робіт;
- пропорційність продуктивності, що означає пропорційну продуктивність усіх ланок виробництва за повного використання устаткування. У разі порушення цього принципу з'являються «вузькі місця»;
- максимальна паралельність та безперервність виконання різних елементів процесу та процесу загалом;
- ритмічна повторюваність основних елементів процесу та процесу загалом відповідно до встановленої програми та розрахункового такту випуску продукції. При цьому такт виробництва повинен бути кратним тривалості

робочої зміни для того, щоб кожен робітник на своєму робочому місці встиг завершити свою роботу;

- лінійний напрямок руху основних частин та деталей за позиціями та робочими місцями в процесі виробництва.

Основними методами організації тепловозремонтного виробництва є:

- відокремлення ремонтних робіт від монтажних, але узгоджене їхнє виконання;
- спеціалізація та кооперування виробництва;
- великоагрегатний метод ремонту;
- уніфікація технологічних процесів ремонту та виготовлення деталей.

Приймання тепловоза й складальних одиниць у ремонт. Усі питання, пов'язані з прийманням тепловоза й товарних складальних одиниць у заводський ремонт, регламентуються договорами, за основу яких приймаються вимоги «Положення про порядок подачі в ремонт і видачі з ремонту рухомого складу», затвердженого Наказом Міністерства транспорту України № 261 від 22.04.2002, а також відповідні правила або настанови з ремонту.

Передаючи тепловоз або товарну складальну одиницю на ремонтний завод, локомотивне депо пред'являє заводу таку документацію: технічні паспорти (формуляри) на тепловоз загалом і на його складові частини, заявку на роботи з модернізації, акт огляду пошкоджень й інші документи, що характеризують технічний стан складових частин тепловоза. На заводі зовнішнім оглядом установлюють комплектність тепловоза або товарних складальних одиниць, визначають наявність аварійних пошкоджень тощо.

Приймання кожного тепловоза або товарної складальної одиниці оформлюється відповідним актом. Тепловоз, що надходить у капітальний або поточний ремонт ПР-3, розекіпіровується, інструмент і допоміжний інвентар здають на зберігання.

Остаточний обсяг поточного ремонту того чи іншого виду за кожним тепловозом визначається з урахуванням переліку робіт, складеного майстром депо (або комісією), який оглядав локомотив. На тепловози, які відправляють на ремонт ПР-3 в інше депо, складають додатковий перелік робіт (понад обов'язковий), передбачений Правилами поточного ремонту й планом модернізації. Разом з локомотивом у пункт ремонту направляються технічні паспорти (формуляри) тепловоза та його складових частин.

Схема технологічного процесу ремонту складальної одиниці. Технологічний процес ремонту складальної одиниці можна зобразити у вигляді такої схеми (рис. 3.1).

Кожний технологічний процес складається з дрібніших технологічних процесів або є частиною більш складного. Для здійснення технологічного процесу складають схему, в якій надають характеристику усіх необхідних технологічних операцій. До технологічної схеми входять також схема взаємозв'язків та послідовність розташування обладнання, яке використовують у технологічному процесі.

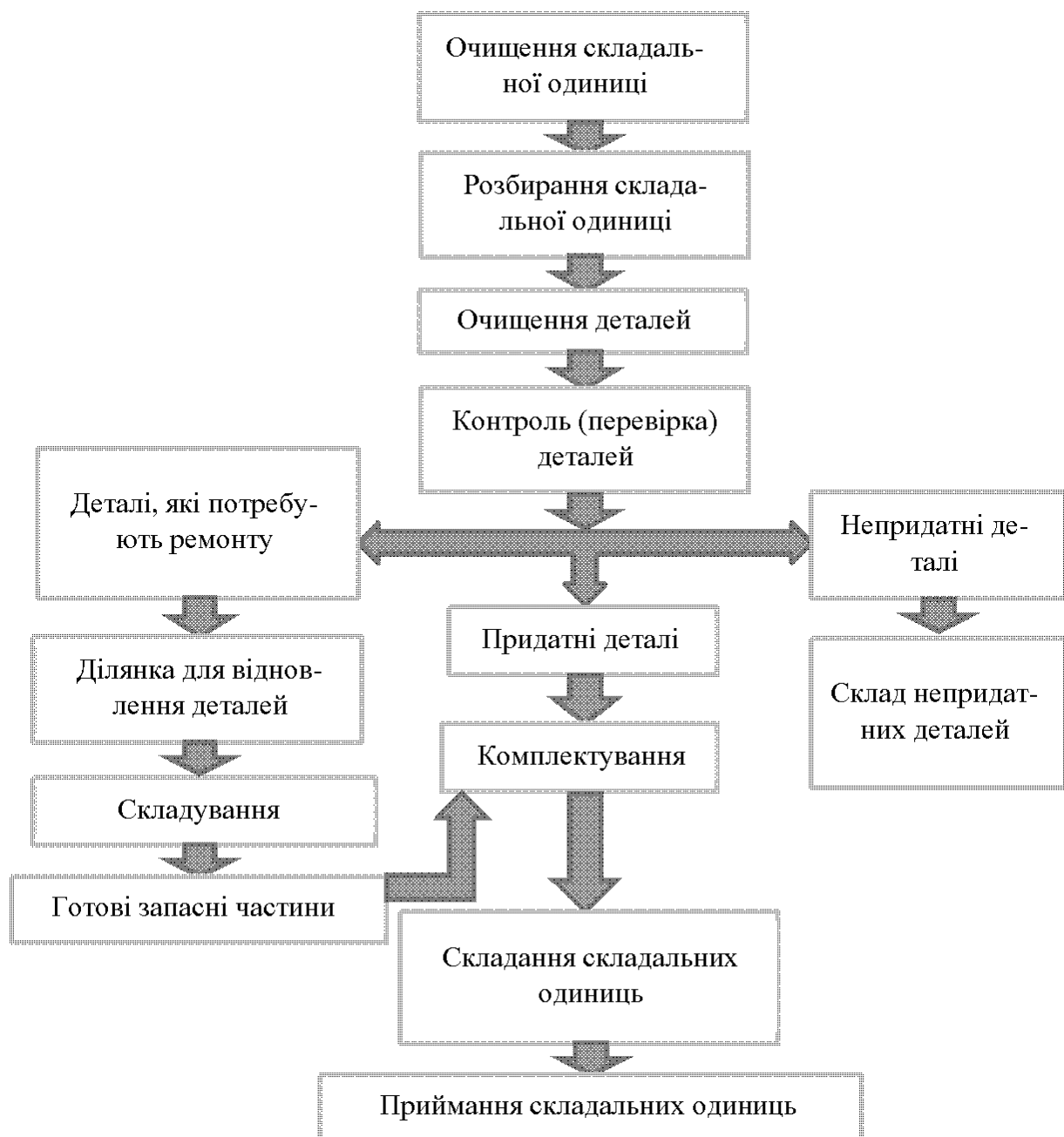


Рис. 3.1. Схема ремонту складальної одиниці

3.2. Нормативно-технічна документація, що використовується під час ремонту локомотивів

До нормативно-технічної, експлуатаційної та ремонтної документації відносять робочі креслення заводу-виробника, технічні умови на постачання, Правила технічної експлуатації Укрзалізниці (ПТЕ), інструкції та правила з технічного обслуговування й ремонту, ДСТУ, затверджені в установленому порядку, інструкції зі зберігання й транспортування.

До основної нормативно-технічної документації з технічного обслуговування й ремонту кожної серії тепловозів належать: інструкція з експлуатації, інструкція з технічного обслуговування, правила (настанови) з поточного

ремонту, правила капітального ремонту, технологічні інструкції з ремонту основних складальних одиниць.

Експлуатація, технічне обслуговування й ремонт устаткування загального призначення, таких як ударно-зчіпні пристрої, гальмівне устаткування, швидкостеміри, колісні пари, радіоапаратура, автоматична сигналізація і авто-стопи, засоби пожежогасіння, регламентуються окремими інструкціями й настановами, затвердженими наказом Укрзалізниці.

В *інструкції з експлуатації* встановлено порядок і правила підготовки об'єкта до роботи, правила його експлуатації (використання, транспортування, зберігання й технічного обслуговування), заходи безпеки для персоналу, що його обслуговує, методи виявлення й способи усунення можливих несправностей.

В *інструкції з технічного обслуговування* об'єкта наводять обсяг обов'язкових робіт з технічного обслуговування, терміни й порядок виконання цих робіт, параметри окремих складальних одиниць і деталей, що допускаються в експлуатації.

Правила (настанови) з ремонту регламентують загальні питання його організації і планування, обсяги обов'язкових робіт, що виконують за різних видів технічного обслуговування й ремонту, допустимі й граничні розміри, ознаки бракувань деталей і складальних одиниць, а також порядок і режими випробувань зібраних складальних одиниць і тепловоза загалом.

Технологічні інструкції з ремонту окремих складальних одиниць встановлюють порядок розбирання об'єкта, очищення, контролю стану, технологічні процеси відновлення пошкоджених деталей, вимоги зі складання, регулювання й випробування об'єкта ремонту. Технологічні інструкції розробляють відповідно до Правил ремонту.

Крім того, на кожен тепловоз загалом і основні (змінні) складальні одиниці (дизель, тяговий генератор, тягові електродвигуни, візки та ін.) ведеться технічний паспорт (формуляр), де фіксуються всі дані з технічного обслуговування й ремонту об'єкта, величини й характер зносу основних деталей. На кожен тепловоз ведеться книга ремонту, де фіксуються всі роботи, виконані в ході планових і непланових ремонтів, технічного обслуговування. Контроль стану деталей методами неруйнівного контролю фіксується в окремому журналі.

Основні керівні документи та порядок оформлення майстрами ремонтно-технічної документації з ремонту. Огляд і ремонт локомотивів виконують відповідно до Правил деповського і заводського ремонтів, де регламентований обсяг робіт для окремих видів ТО і ПР, норми допустимих розмірів і зазорів у спраженнях, з якими дозволяється випуск локомотивів з ремонтів. Крім того, у них наведено технічні вимоги й режими випробування деяких вузлів і локомотива загалом. Для деяких локомотивів (тепловози серій ТЕ10, 2ТЕ116 і ТЕМ2) замість правил вийшли сучасні настанови з ТО і ПР.

Порядок робіт під час ремонту локомотивів встановлюється нормами і графіками технологічного процесу у вигляді мережевих графіків і таблиць –

визначень робіт. Ремонт деталей і вузлів здійснюється за картами технологічного процесу.

Майстер комплексної бригади контролює наявність, комплектність і правильність попереднього оформлення ремонтно-технічної документації. До неї належать:

- технічний паспорт тепловоза (форма ТУ-9Т) в комплексі з паспортами на дизель, генератор, тягові електродвигуни, колісні пари, компресор, головні гальмівні резервуари та інші основні взаємозамінні агрегати;
- журнал технічного стану локомотива (форма ТУ-152) з обов'язковим записом машиніста про технічний стан тепловоза безпосередньо перед ремонтом;
- книга реєстрації ремонтів (форма ТУ-27)
- книга запису ремонту (форма ТУ-28) з попереднім записом виду ремонту, який запланований та понаднормований обсяг ремонту, зробленим старшим майстром;
- попередній опис стану локомотивів (форма ТУ-23) та акти перевірки технічного стану тепловоза (форма ТУ-25) у випадку прибуття тепловоза в депо.

3.3. Розбирання тепловоза та його складальних одиниць

Послідовність і порядок розбирання тепловоза або його складальних одиниць установлюються сітковим графіком і технологічними інструкціями. У разі поточного ремонту (плановий і неплановий) тепловоз розбирають частково, а в разі капітального ремонту всі його складальні одиниці розбирають повністю.

Трудомісткість розбірних і складальних робіт становить значну частину (приблизно 30-45 %) загальної трюдомісткості ремонту тепловоза. Ця цифра помітно зменшується, коли скорочується кількість приганняльних робіт, відповідає необхідності відновлення пошкоджених у процесі розбирання деталей, пошуку загублених кріплень, прокладок тощо. Тому правильна організація та якісне виконання процесів знімання й розбирання роблять досить помітний вплив на цільність деталей, тривалість, трюдомісткість і вартість ремонту тепловоза.

Яких же правил варто дотримуватися під час демонтажу або розбирання об'єкта ремонту? Насамперед кілька слів про інструмент. Він повинен бути по можливості механізованим і універсальним, зручним і безпечним у роботі, обов'язково справним, що забезпечує цільність деталей. Вибивачі бажано застосовувати з алюмінію, червоної міді або фібри. Значного підвищення продуктивності праці та якості розбірних робіт досягають за рахунок їхньої механізації, особливо це стосується тих робіт, які пов'язані з розбиранням різьбових і пресових з'єднань деталей за допомогою різних кантувачів, знімальних пристроїв тощо.

Технологічний процес зняття й розбирання будь-якого об'єкта ремонту за поточного ремонту складається з таких етапів: зовнішньої перевірки,

перевірки положення деталей у складальних одиницях, зняття й розбирання. У всіх випадках, коли це можливо, об'єкт ремонту до надходження на робоче місце очищають зовні, що створює сприятливі умови для подальшої роботи.

У разі капітального ремонту тепловоза дві перші перевірки в багатьох випадках не роблять, тому що більшість складальних одиниць відновлюють знеособленим ремонтом.

Маркування деталей. Клейма й мітки маркування, штифти та прокладки. У разі деповського ремонту складальні одиниці ремонтують без розбирання або з розбиранням. Для зручності виконання всіх операцій локомотив умовно розбивають на складальні одиниці, групи, з'єднання й деталі. Деталям і складальним одиницям присвоюють свої індекси й номери, що відповідають кресленню.

Більшість деталей в агрегатах тепловоза мають маркування, за яким визначають належність цієї деталі до об'єкта й місце розташування деталі в об'єкті.

Наприклад, для деталей дизеля прийнята така система:

- дизель – кожний має свій номер, наприклад «ДЗ»; «А»; «440Д» тощо;
- деталі верхнього колінчастого вала – «В»;
- деталі нижнього колінчастого вала – «Н»;
- деталі правої сторони дизеля – «П»;
- деталі лівої сторони дизеля – «Л»;
- верхні половинки деталей – «Г»;
- нижні половинки деталей – «Д».

Початок нумерації з боку відсіку управління.

Крім того, деталям та складальним одиницям присвоюються свої індекси та номери, згідно з кресленням. Наприклад: 1) позначення Д100-12-001 розшифровується як Д100 – дизель типу Д100, 12 – група масляного насоса, 001 – деталь – корпус; 2) на вклатці корінного підшипника колінчастого вала дизеля ставлять відмітку ВА8Г: ВА – дизель, 8-ма опора, Г – гора (верхній); на поршні V-подібного дизеля відмітка УР7п: дизель УР, 7 – номер циферблата, п – правий.

На деталях також бувають клейма (моторно-осьові підшипники, вкладки колінчастих валів та ін.) і мітки парування (підшипникові щити, моторно-осьові підшипники та ін.) у вигляді рисок, літер, за якими забезпечують правильне взаємне розташування деталей у вузли під час складання.

Відсутні або забиті мітки відновлюють.

Усі зняті в процесі розбирання регульовальні прокладки, штифти зберігають, щоб під час складання не робити зайвих операцій з центрування й регулювання.

Зовнішня перевірка деталей. Існує просте правило – зміна зовнішнього вигляду деталей порівняно з їхнім нормальним станом у складальній одиниці не буває безпричинною. Вона виникає в процесі функціонування тепловоза. Зовнішня перевірка дає змогу заздалегідь за окремими ознаками визначити

характер того чи іншого пошкодження, запобігти можливій відмові в роботі, орієнтовно встановити обсяг ремонту. Так, ослаблення вкладок підшипника колінчастого вала дизеля легко визначити за зсувом ліній з'єднання вкладок і корпусу підшипника, а зсув контрольної риски, нанесеної на бандаж й обід колісного центра, свідчить про ослаблення й оберти бандажа колісної пари. Слабко укріплену або погано ущільнену котушку на осерді полюса електричної машини визначають за слідами зсуву (натертості). Обвуглена ізоляція – ознака ослаблення контактного з'єднання. Скупчення пилю у вигляді жилки або невеликого валика на поверхні деталей (особливо на деталях екіпажної частини) указує на наявність тріщини або ослаблення деталі в посадці. Жилка в цьому випадку буде ніби окреслювати контур тріщини.

Перевірка положення деталей у складальних одиницях. Найбільш достовірні дані про величини зазорів і розбігів між третьюми деталями, про перекручування їхньої форми, деформації й зношення можна одержати лише тоді, коли виміри ведуться в робочому положенні деталей. Наприклад, зазор «на масло» у підшипниках колінчастого вала дизеля, у якірних і моторно-осьових підшипниках тягового електродвигуна, бічний зазор між зубами різних зубчастих передач або деталями шліцьового з'єднання найбільш точно можна визначити в складальній одиниці. Так, перекручування форми постелей підшипників колінчастого вала дизеля або моторно-осьових підшипників у остові тягового електродвигуна можна встановити лише в тому випадку, коли кришки підшипників нормально закріплені на своїх місцях. Деформацію циліндрової втулки дизеля можна виявити лише в разі розміщення її в блоці.

3.4. Технологія розбирання складальних одиниць

Основою підвищення продуктивності праці та її якості, а також поліпшення умов праці ремонтного персоналу є механізація важких, трудомістких, шкідливих і небезпечних робіт.

Розбирання тепловоза виконують на розбиральній або ремонтній позиції з демонтажем і переміщенням важких і громіздких складальних одиниць. Незважаючи на розмаїтість конструктивних елементів устаткування тепловозів, їхнє розбирання складається з невеликої кількості повторюваних операцій. До них насамперед варто віднести розбирання різьбових і пресових з'єднань, складальних одиниць із підшипниками кочення й ковзання, нерухливих конусних з'єднань. Для підвищення рівня механізації демонтажних операцій позиції оснащують пневматичними гайковертами. Для виконання підйомно-транспортних і спеціальних операцій залежно від виду ремонту цехи обладнують різними механізмами. У цеху технічного обслуговування ТО-3 і поточного ремонту ПР-1 встановлюють п'яти- або десятитонні крани для знімання складальних одиниць, скатопідйомник для одиничного викочування й зміни колісно-моторного блока, колісно-токальний станок типу КЖ-20 для обточування бандажів без викочування колісних пар.

У цеху поточних ремонтів ПР-2 і ПР-3 застосовують крани вантажопідйомністю 10 і 30/5 т. У разі поточного ремонту ПР-3 для піднімання тепловоза

(під час викочування й підкочування візків) встановлюють електрифіковані домкрати вантажопідйомністю 30 т. У всіх цехах застосовують електрокари й передавальні візки.

Для створення зручних і безпечних умов у цехах встановлюють технологічні бокові платформи й занижену підлогу, що розташовують з бічних сторін розбиральної (ремонтної) позиції. Така конструкція дає можливість працювати в різних умовах.

Розбирання складальних одиниць організовують на ділянках відповідних відділень цехів. Ділянки обладнують окремими механізованими або спеціалізованими робочими місцями, вбудованими в поточно-механізовані лінії. Ці місця оснащують механізованими інструментами з пневматичним або гідравлічним приводом; слюсарно-складальними пристроями (гідравлічними пневмогідравлічними, індукційними зйомниками) для розбирання з'єднань з гарантованими натягами; обладнанням для встановлення й повертання складальних одиниць в процесі розбирання (кантувачі, маніпулятори тощо).

Об'єкт ремонту «до гвинтика» не розбирають, якщо в цьому немає необхідності, особливо в разі поточного ремонту. Деталі нероз'ємних з'єднань (наприклад, клепаних) або роз'ємних з'єднань, але з нормальною посадкою деталей розбирають лише в разі потреби.

Часто буває так, що багато деталей виявляються придатними й можуть бути повторно використані, а об'єкт ремонту після складання встановлений на своє колишнє місце. Тому в процесі демонтажних робіт зняті деталі розміщують так, щоб після очищення й перевірки кожну деталь можна було легко знайти й помістити на колишнє місце.

За поточного ремонту в процесі зняття люків, кришок або великих деталей, установлених на герметичних прокладках, необхідно діяти обережно, щоб забезпечити їхню збереженість.

Розбираючи складальні одиниці, варто дотримуватися таких правил:

- перед розбиранням визначають положення деталей у складальних одиницях шляхом вимірювання граничних розмірів і зазорів; це, зі свого боку, дає змогу визначити необхідність їхньої подальшої заміни або відновлення. Наприклад: зазор «на масло» в підшипниках колінчастого вала, бічний зазор між зубцями шестерень тощо;

- на деталях перевіряють наявність клейм і міток; якщо цих знаків, тобто цифр, літер, рисок та інших, немає або вони переплутані, їх відразу ж наносять. Ця рекомендація особливо важлива для спарених деталей, знеособлювання яких за поточних видів ремонту не тільки призводить до втрати часу, але й негативно впливає на довговічність об'єкта;

- усі регульовальні та ущільнювальні прокладки й контрольні штифти зберігають неподалік;

- після зняття складальної одиниці порожнини, що відкриваються, закривають кришками або пробками, щоб запобігти потраплянню в них сторонніх предметів;

- після розбирання всі кріпильні деталі (болти, гайки), особливо базові (це деталі, що не розкомплектовуються), встановлюють вручну на свої місця

(шатунні болти, шпильки корінних підшипників тощо). Якщо це зробити не можливо, придатне кріплення розсортовують за розмірами й розміщують в комплектувальних кошиках або візках.

3.5. Початок ремонту тепловоза: порядок операцій

До надходження на розбірну позицію цеху тепловоз очищують в обмивально-продувальному стійлі (рис. 3.2). Устаткування цього стійла дозволяє робити очищення кузова й екіпажної частини, натирання поверхні кузова пастою, продування електричних машин, апаратів і секцій радіатора стисненим повітрям, сушіння тягових електродвигунів гарячим повітрям. Тепловоз заїжджає у стійло, живлячись від стороннього генератора на низькій напрузі. Очищення кузова (даху, боків) і екіпажної частини з боків, а також нанесення пасту й натирання кузова здійснюються пересувною порталною мийною машиною 1, а очищення екіпажної частини знизу – пересувним мийним візком 4. Мийні машина й візок пересуваються по рейках. Очищення ведеться чотирма капроновими щітками діаметром 500 мм кожна. Паста наноситься форсункою за допомогою стисненого повітря. Керування всім устаткуванням виконують з пульта. Час на повну обробку двосекційного тепловоза становить 170 хв.

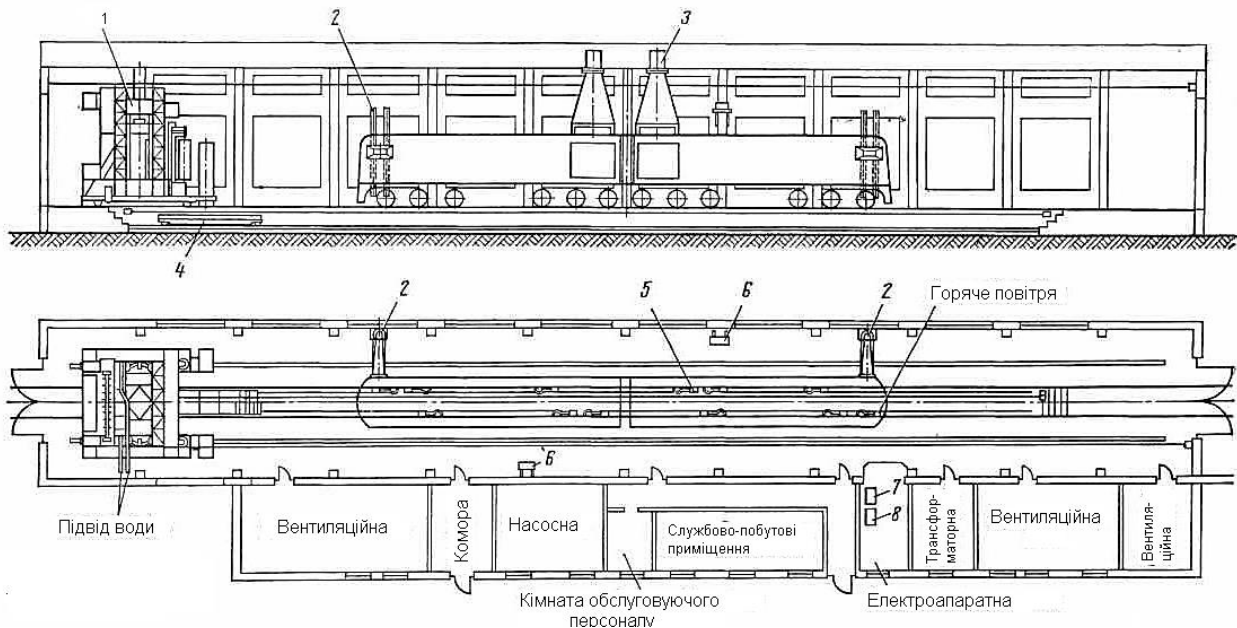


Рис. 3.2. Механізоване обмивально-продувальне стійло типу А550

Розбирання тепловоза. Тепловоз (рис. 3.3), що підлягає капітальному ремонту, після зовнішнього очищення подають на першу позицію потокової лінії. Розбирання ведуть послідовно-паралельним методом (рис. 3.4) із застосуванням кранів, домкратів, пневмоінструменту, гідравлічного та електроінструменту.

Щоб демонтувати знімну частину кузова тепловоза, видаляють люки й жалюзі кузова, шахти холодильника, знімають секції радіатора. Одночасно демонтують огороження агрегатів допоміжного устаткування, знімають мостини. Від'єднують і знімають трубопровід між дизелем і шахтою холодильника

й з дизеля, а так само паливо- і мастилопрокачувальні насоси з електродвигунами.

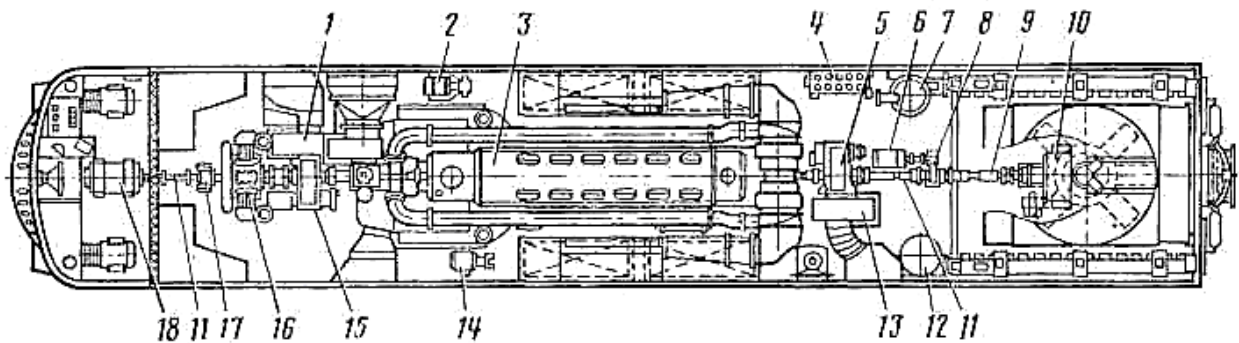


Рис. 3.3. Розміщення дизель-генератора та допоміжного обладнання на тепловозі серії 2ТЕ10Л:

1 – вентилятор охолодження тягових електродвигунів переднього візка; 2 – мастилопрокачувальний агрегат; 3 – дизель-генератор типу 10Д100; 4 – фільтр грубого очищення мастила; 5 – задній розподільний редуктор; 6 – синхронний підбуджувач; 7 – теплообмінник; 8 – редуктор привода синхронного підбуджувача; 9,11 – карданні вали; 10 – гідропривод вентилятора; 12 – фільтр тонкого очищення мастила; 13 – вентилятор охолодження тягових електродвигунів заднього візка; 14 – паливopідкачувальний агрегат; 15 – передній розподільний редуктор; 16 – компресор; 17 – проміжна опора; 18 – двомашинний агрегат

Після цього переходять до демонтажу агрегатів допоміжного устаткування: вентиляторів охолодження тягових електродвигунів, синхронного підбуджувача із приводним редуктором, задніх і переднього розподільних редукторів, двомашинного агрегату, компресора, карданних валів і проміжних опор.

Знімають дизель-генератор, електричну апаратуру, вимірювальні прилади й частину приладів гальмівного обладнання. Розбирають шахту холодильника, знімають колектори секцій, резервуар протипожежної установки, розширювальний бак, гідропривод і крильчатку вентилятора холодильника. Потім знімають інше підкузовне обладнання (фільтри, теплообмінник, паливopідігрівач, санвузол та ін.) і приступають до знімання складальних одиниць, що перебувають під рамою тепловоза (повітряні резервуари, паливний бак, привод швидкостеміра). Підготовлюють раму тепловоза до підйому: роз'єднують патрубки й кабелі від тягових електродвигунів, знімають захисні чохла бічних опор рами, повітряні трубопроводи й ін. Піднявши раму мостовим краном, переставляють її на другу позицію потокової лінії. На цій позиції знімають із рами складальні одиниці електричного й гальмівного обладнання, що залишилися, ударно-зчіпні пристрої.

Зняте устаткування, зокрема й візка тепловоза, відправляють у відповідні ремонтні цехи й на ділянки заводу, де їх надалі розбирають, очищують і перевіряють.

Розбирання дизеля. Для розбирання дизеля роз'єднують його з тяговим генератором. Тяговий генератор направляють для ремонту в електромашинний цех. Дизель розбирають на поворотному стенді в послідовності, показаній на рис. 3.5.



Рис. 3.4. Схема розбирання секції тепловоза серії 2TE10Л

Розбирання візка. Щоб розібрати візок, його встановлюють на розбірний майданчик, обладнаний підйомником, знімають з нього повітряні й піскові труби, буксові струнки, розпускають важільну передачу гальма й звільняють від скоб рами візка кабелі тягових електродвигунів. Тросом зачальюють раму візка. Включають електродвигун підйомника й піднімають (повертають навколо осі колісних пар) тягові електродвигуни приблизно на 17° так, щоб з носиків (припливів) їхніх остовів вийшли верхні обойми пружинних підвісок. У безщелепного візка, крім того, від'єднують від корпусу букс фрикційні гасники коливальних і буксові повідці від кронштейна рами візка. Після цих операцій краном знімають раму візка. Раму в зборі з деталями ресорного підвішування, важільною передачею й іншими, раніше знятими деталями очищують у мийній

машині. Потім розбирають ресорне підвішування, важільну передачу, знімають із рами візка опори рами тепловоза й інші деталі.



Рис. 3.5. Схема розбирання дизеля типу 10Д100

Методи очищення, дефектації та ремонту описані в наступних розділах.

Контрольні завдання для самоперевірки

1. На яких принципах базується організація виробничого процесу ремонту.
2. Які складові технологічного процесу ремонту.
3. Які види нормативно-технічної документації відносять до основних.
4. Наведіть правила розбирання складальної одиниці.

РОЗДІЛ 4. МЕХАНІЧНІ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

Брудний тепловоз або деталь мають не лише непривабливий вигляд, але й можуть призводити до серйозних проблем. Якщо забруднення не видалити, це може сприяти перегріву деталей та старінню матеріалів або викликати тріщини та прогари. Під шаром бруду важко помітити пошкодження, а робота із забрудненою деталлю знижує продуктивність праці та якість контролю.

Очисні роботи під час ремонту становлять 5-8 % від загальної трудомісткості робіт на локомотиві. Водночас їхній вплив на якість і ресурс відремонтованих об'єктів є значним. Поліпшення якості миття та очищення може збільшити ресурс об'єкта ремонту на 25-30 %, а продуктивність праці — на 15-20 %. Метою очищення є підвищення культури виробництва, поліпшення стану об'єкта ремонту та збільшення продуктивності робіт.

Процес очищення поділяється на кілька етапів: очищення об'єкта ремонту до розбирання та очищення окремих деталей. Основними забруднювачами є суміш мастила і бруду, асфальтосмолисті речовини, накип і корозія. Очищення може виконуватися механічними, фізико-хімічними та термічними методами.

Тепловоз і його частини під час експлуатації покриваються шаром пилу, який може бути сухим або просякнутим вологою й мастилом. На поверхнях, охолоджуваних водою, утворюється накип, а на ділянках, що омиваються мастилом, з'являються лакові та смолисті відклади, а також нагар. Металеві деталі не лише забруднюються, але й піддаються корозії та утворенню оксидних плівок.

Накип – тверді відклади, що утворюються внаслідок випадання солей із твердої води. Накип майже не розчиняється у воді, міцно пристає до поверхонь, які омиваються водою. Коефіцієнт теплопровідності накипу в 20-30 раз менший, ніж у металів.

Лакові відклади – вуглецеві речовини, які зовні нагадують лакові покриття. Вони утворюються на металевих поверхнях, які омиваються мастилом або паливом і працюють під невисокими температурами 80-150°C (на напрямних частинах поршнів, шатунів, внутрішніх поверхнях блока тощо).

Смолисті відклади (осад) – кремоподібні згустки, що складаються з продуктів фізико-хімічної зміни в часі палива й масла, змішаних з механічними домішками – продуктами зношення деталей і пилу. Осади відкладаються найчастіше на поверхнях, які омиваються мастилом: у картері дизеля, мастилопроводах, у каналах шатунів і колінчастих валів, на дні баків для мастила, фільтрах тощо.

Нагар – тверді вуглецеві речовини, що утворюються на поверхнях деталей, що піддаються впливу високих температур (понад 150 °C).

Нагар має низьку теплопровідність, сприяє перегріву деталей, утворенню термічних тріщин і прогарів, наприклад, на головках поршнів. Відкладення нагару на вікнах втулок циліндрів (дизель Д100) призводить до

погіршення продувки, зниження потужності, помітного зношення деталей циліндро-поршневої складальної одиниці.

За дією середовища на об'єкт ремонту всі методи очищення можна об'єднати в групи: механічні, фізико-хімічні, термічні й змішані. На рис. 4.1 наведено умовний поділ методів очищення деталей, які найчастіше застосовуються в ремонтній практиці.

Частки забруднення втримуються на деталях за рахунок або молекулярного притягання, або механічного зчеплення внаслідок шорсткості поверхні.

4.1. Механічні методи очищення

Механічні методи очищення базуються на впливі твердого тіла на об'єкт очищення для руйнування й зняття шару забруднення.

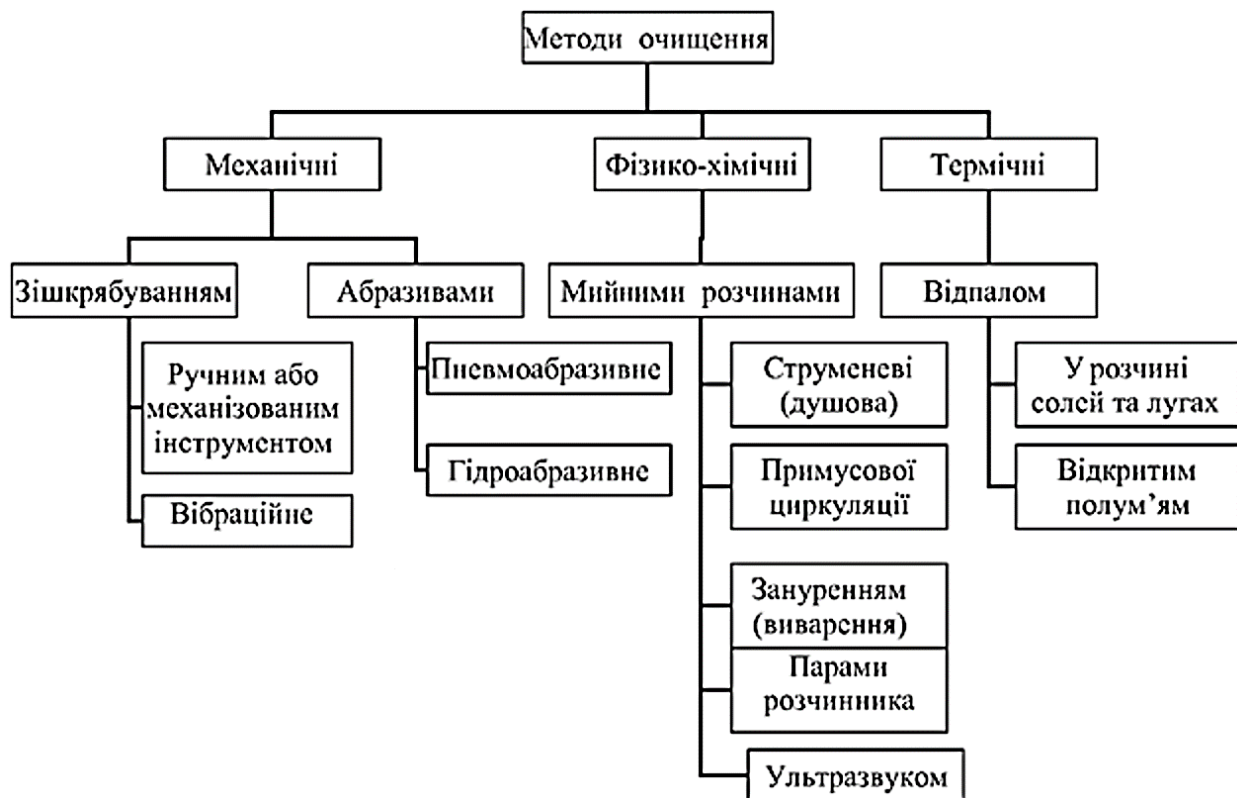


Рис. 4.1. Класифікація методів очищення деталей об'єкта ремонту

Здування пилу стиснутим повітрям. Цей спосіб застосовують лише в тому випадку, коли очищують поверхні, покриті сухим пилом, тобто коли забруднення погано зчеплене з поверхнею деталі. Тиск струменя повітря має бути в межах 0,25-0,35 МПа. Очищення виконують у спеціальних приміщеннях, обладнаних вентиляцією. Перед постановкою локомотива на ТО-3 і ПР його обладнання обдувають як усередині, так і зовні.

Очищення ручним механізованим інструментом. Цим методом видаляють із поверхонь деталей нагар, окисли, корозію, стару фарбу. Ручний інструмент (шкребок, шабер тощо) використовують для очищення забруднення важкодоступних місць і коли площа очищення невелика. Механізований

інструмент (дрель з ручним, пневматичним або електричним приводом, зі змінними круглими або торцевими щітками) частіше застосовують для очищення великих поверхонь і для прискорення процесу. Щітки виготовляють зі сталевих, латунних дротиків (діаметром 0,05-0,25 мм), волосяних і капронових ниток. Нерідко застосовують гумові торцеві головки, які легко деформуються, з укріпленою на них наждачною шкуркою. Чим менший діаметр щітки, тим більшою є допустима частота обертання. У процесі очищення металеві щітки притискають до поверхні деталей невеликим зусиллям, щоб не зігнути дротиків. Крім того, твердий і товстий дріт залишає на поверхні грубі подряпини. Щітки з гофрованого дроту більш пружні й служать довше.

Механізувати повністю цей спосіб можна шляхом застосування вібростенда.

Вібраційне очищення деталей. До цього методу найчастіше вдаються, коли виникає необхідність очищення великої кількості дрібних деталей: кріплень, пружин, шайб, планок та ін. Очищення ведеться в обертових контейнерах (барабанах) або в контейнерах зі складним коливальним рухом, у яких під час взаємного переміщення й тертя деталей з дотичних поверхонь видаляється забруднення.

Для прискорення процесу очищення в одних випадках у контейнер подається підігрітий мийний розчин, а в інших сам контейнер (барабан із дрібними отворами в бічних стінках) обертається у ванні з підігрітим розчином. Розчин сприяє розм'якшенню забруднення й знежиренню поверхонь, що очищаються. Іноді контейнер додатково завантажують гранульованими частками (порцеляновою крихтою, кісточками персиків, гранулами різних пластмас тощо). Як мийні можна використовувати лужні розчини, застосовувані в разі очищення зануренням і струменевим методом.

У мийній машині для очищення дрібних деталей (рис. 4.2) контейнер 2 тороїдного типу змонтований на верхній частині корпусу 7 на пружинах 4. Контейнер жорстко пов'язаний з дебалансним механізмом 5, а через гнучкий привід з електродвигуном 6.

Деталі завантажують через знімну кришку 1, а вивантажують через вікно 3. Після пуску електродвигуна дебалансний механізм надає контейнеру складних коливальних рухів. Підігрітий мийний розчин подається на деталі насосом 10, протікає через ґрати 11 на дно контейнера й знову зливається самотликом у бак. Тривалість очищення 8-10 хв. Амплітуда й частота коливань контейнера й активне переміщення деталей регулюються підбором вантажів дебалансного пристрою. Ступінь очищення деталей і продуктивність такої мийної машини високі.

Очищення абразивами. Суть очищення абразивами полягає в тому, що забруднену поверхню деталей, покриту нагаром, корозією, окислами, старою фарбою або тонкою, але стійкою плівкою, обробляють твердими або м'якими абразивами, які подаються струменем повітря або рідини. Частки абразиву, ударяючись об поверхню деталі, руйнують забруднений шар і видаляють його разом із брудом.

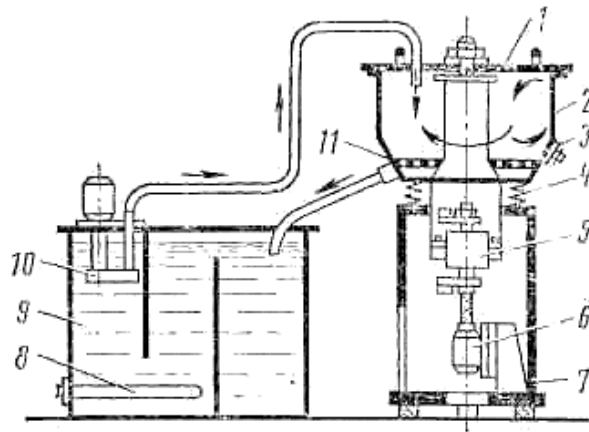


Рис. 4.2. Схема мийної машини для очищення дрібних деталей вібраційним методом:

1 – знімна кришка; 2 – контейнер; 3 – вікно розвантаження деталей; 4 – пружини; 5 – дебалансний механізм; 6 – електродвигун; 7 – корпус; 8 – нагрівальний елемент; 9 – бак для розчину; 10 – насос; 11 – ґрати

До твердих абразивів належать кварцовий пісок, порцелянова та металева крихта – частки вибіленого чавуну розміром 0,3-0,8 мм, що мають неправильну багатокутну форму.

Крихта або гранули різних пластмас, здрібнені кукурудзяні зерна, порошок окису алюмінію, кісточкова крихта (дроблена шкаралупа горіха, кісточок персика, абрикоса тощо) є м'якими абразивами. Їх використовують для очищення якорів, котушок електричних машин і апаратів від емалеподібної плівки сажі й бруду, що міцно пристала до поверхні ізоляції, а також для очищення деталей з легких металів від будь-яких забруднень.

Залежно від того у сухому чи мокрому вигляді подається абразив на поверхню очищення, очищення абразивами поділяють на пневмоабразивне та гідроабразивне.

Схема установки типу А231.05 для пневмоабразивного очищення деталей тепловозів м'якими абразивами (кісточковою крихтою) показана на рис. 4.3. Установка має три основні частини: камеру, циклонний фільтр із відстійником і вентилятор. Камера складається з робочої частини 1, бункера 8 і круглого обертового стола 9 для укладання деталей, що очищаються. Кісточкову крихту засипають у верхню частину бункера 8, звідки вона, минаючи клапан 7, величина відкриття якого регулюється ногою педаллю, надходить у нижню частину бункера й далі до змішувача 6. Стиснуте повітря, яке подається у змішувач, захоплює абразив і через сопло 10, яке вручну направляє робітник, із силою викидає його на поверхню очищення деталі. Відпрацьована крихта провалюється через ґрати в бункер для повторного використання.

Повітря, забруднене пилом кісточкової крихти й різних завислих часток (нагару, іржі, бруду), пройшовши циклонний фільтр 3, очищається й вентилятором 2 викидається в атмосферу. Затримані фільтром частки опускаються у відстійник 4 з водяною плівкою. За процесом очищення спостерігають через оглядове скло; камера освітлюється двома лампами. Тривалість очищення,

наприклад, поршня дизеля типу Д50 становить 1-3 хв, втулки циліндра 3-4 хв. Витрата крихти на кожну із цих деталей 0,2 – 0,3 кг.

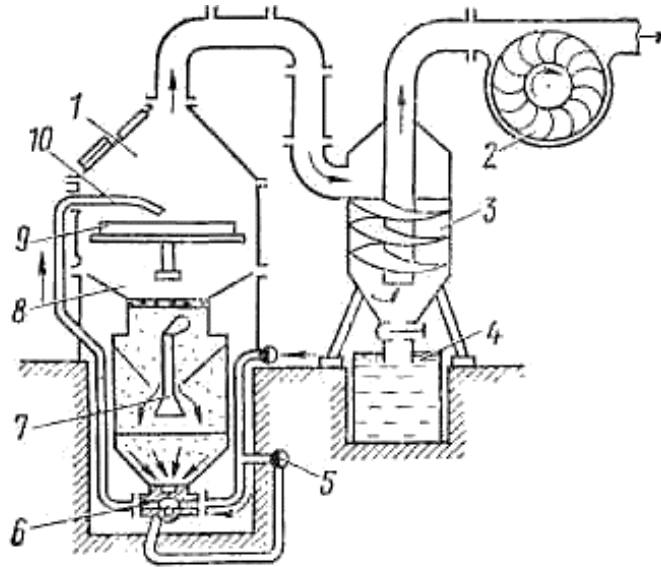


Рис. 4.3. Схема установки типу А231.05 для очищення деталей крістковою крихтою пневмоабразивним методом:

1 – робоча частина камери; 2 – вентилятор; 3 – циклонний фільтр; 4 – водяний відстійник; 5 – вентиль; 6 – змішувач; 7 – клапан; 8 – бункер; 9 – стіл; 10 – сопло

Деталі, покриті смолистими відкладами, попередньо обробляють одним з методів фізико-хімічного очищення. Для очищення тепловозних деталей пневмоабразивним методом металевою крихтою використовується установка типу А512, а для очищення кварцовим піском – установка типу П20-55.

Очищення деталей абразивами дуже ефективно. Проте за невмілого використання цього методу замість користі можна завдати шкоди, особливо в разі обробки деталей, покритих електричною ізоляцією. У разі очищення таких деталей великими абразивами з надмірно високим тиском повітря разом із плівкою бруду можна легко видалити й ізоляційний шар (рис. 4.4). Щоб цього не трапилося, необхідно заздалегідь дослідним шляхом підбирати розмір часток абразиву й тиск повітря.

Чим більша маса часток піску, їхня швидкість і вміст у струмені повітря, тим інтенсивнішим буде очищення. Усе це великою мірою залежить від діаметра вихідного отвору сопла. Загальним є дотримання такого правила: за більш високого тиску й швидкості повітря потрібно застосовувати абразивні частки меншого розміру. Наприклад, у разі очищення кукурудзяним борошном деталей, покритих електричною ізоляцією, тиск повітря може бути доведений до 0,6-0,65 МПа за діаметра отвору сопла 6 мм. Більші й важкі частки, такі як здрібнені кукурудзяні зерна й качани, краще очищають за тиску повітря 0,28-0,42 МПа й діаметра отвору сопла 16-25 мм. У разі очищення сталевих деталей піском тиск повітря підтримують у межах 0,25-0,40 МПа, а деталей з алюмінієвих сплавів – 0,10- 0,15 МПа.

У процесі очищення деталей сухими абразивами виділяється багато пилу. Тому пневмоабразивне очищення бажано вести в окремих, добре

вентилюваних приміщеннях. Щоб запобігти влученню абразивного пилю в легені й очі, робітник, що обслуговує установку, повинен мати респіратор і окуляри.

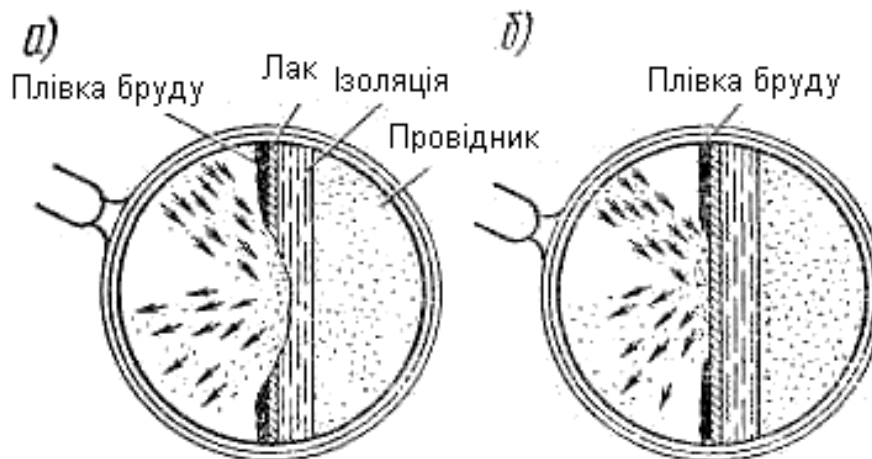


Рис. 4.4. Очищення деталей з електричною ізоляцією пневмоабразивним методом:

а – важким крупним абразивом; б – легким дрібним абразивом

При гідроабразивному очищенні суміш (абразив з водою) до сопла установки може подаватися видавлюванням стисненим повітрям, відцентровим або лопатевим насосом, шляхом ежектації за роздільної подачі повітря в суміші з піском і води.

В установці, що працює за принципом видавлювання абразивної суміші стисненим повітрям (рис. 4.5), змішувальний бак 10 заповнюється рідиною й абразивом у необхідних пропорціях. Змішувач 9, що приводиться в рух електродвигуном, підтримує абразиви у завислому стані. Абразивна суміш видавлюється зі змішувального бака до сопла 2 через шланг 3 повітрям, що надходить через кран 6 під тиском 0,50-0,60 МПа. Абразивна суміш із повітрям, що надходить до сопла через кран 5, із силою викидається на деталі, закріплені на обертовому столі 4. Абразивна суміш, що відробила, стікає в кінчну частину камери 16. Після використання всієї суміші подача повітря в змішувальний бак припиняється й за допомогою крана 7 бак з'єднується з атмосферою. Клапан 11 під дією стовпа рідини опускається, й абразивна суміш повертається в змішувальний бак. Клапан 11 може щільно притискатися до сидла поворотом рукояті 12.

Установка для гідроабразивного очищення, що працює за принципом роздільної подачі піску й води, показана на рис. 4.6. Основні елементи установки: двокамерний піскоструминний апарат зі змішувачами, акумулятор води й сопла. Тиск повітря в камерах піску й в акумуляторі води підтримується в межах 0,40-0,50 МПа.

Пісок з нижньої камери 5 під тиском повітря надходить у змішувач 3, де він підхоплюється повітрям і по гумовому шлангу надходить до центрального каналу сопла 2. Одночасно до сопла під тиском підводиться вода. На виході із сопла струмені змішуються. Утворена суміш води й піску із силою подається

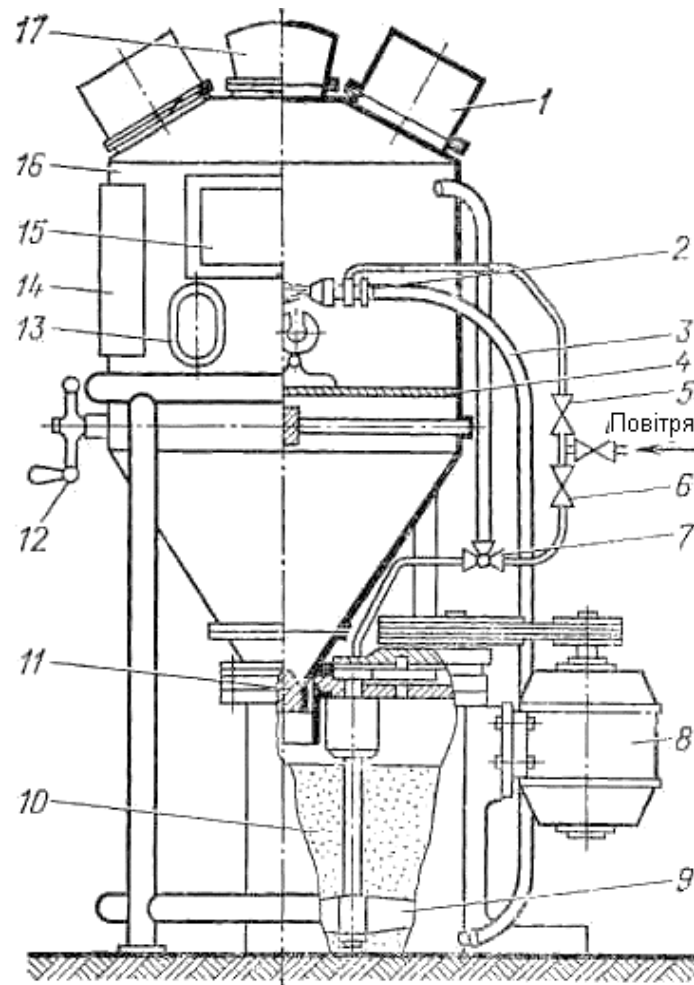


Рис. 4.5. Установка для гидроабразивного очищення, яка працює за принципом видавлювання абразивної суміші повітрям:

1 – рефлектор; 2 – сопло; 3 – шланг; 4 – стіл; 5, 6, 7 – крани; 8 – електродвигун; 9 – змішувач; 10 – змішувальний бак; 11 – клапан; 12 – рукоять; 13 – лаз; 14 – двері; 15 – оглядне вікно; 16 – камера; 17 – патрубок витяжної вентиляції

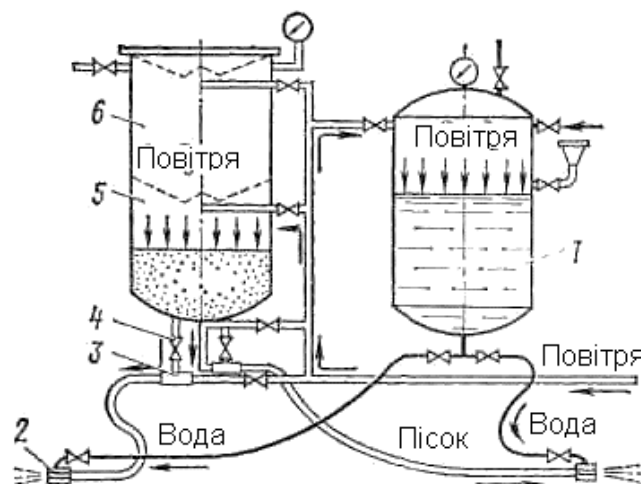


Рис. 4.6. Схема установки для гидроабразивного очищення, яка працює за принципом роздільної подачі піску та води:

1 – акумулятор води; 2 – сопло; 3 – змішувач; 4 – вентиль; 5, 6 – камери для піску

на поверхню очищення. Перекривши кран 4, можна поверхні, піддані очищенню, промити водою й продути стисненим повітрям. У воду додають антикорозійні присадки – нітрит натрію 0,3-0,4%, емульсон 0,5-1 % або інгібітори. Як абразив застосовують кварцовий пісок.

Недоліки абразивного очищення:

- очищенню піддаються лише ті поверхні, які потрапляють в зону дії струменя;
- у разі неправильного вибору режимів очищення може статися пошкодження поверхні (не можна очищати кісточною крихтою поршні дизеля, покриті лудою або антифрикційним полімерним покриттям);
- складність обладнання;
- великі витрати праці на установках з ручним керуванням сопла;
- необхідність промивання деталей після сухого очищення.

4.2. Фізико-хімічні методи очищення

Очищення фізико-хімічними методами базується на використанні різних рідинних середовищ (неорганічних і органічних) і паст. Рідкі очисні середовища можуть бути лужними, кислими й нейтральними, а за складом – одно- і багатокомпонентними. З органічних нейтральних рідин найчастіше застосовується вода. Оскільки вода не розчиняє багато видів забруднень (нафтопродукти, нагар, накип, фарбу, окисли металів та ін.), її застосовують тільки у зовнішній мийці тепловозів для змивання сухого або зволоженого пилу.

Органічні нейтральні розчинники (освітлювальний гас, бензин, бензол, уайт-спірит, трихлоретилен, чотирихлористий вуглець та ін.) використовують для видалення лакових і смолистих відкладів, а також забруднень, які не змиваються лугами, або там, де не можна застосовувати луги через їхню агресивність.

Донедавна основним засобом очищення були *водні розчини* каустичної і кальцинованої соди (лужні), а також соляної, сірчаної та фосфорної кислот (кислотні).

Кислотними мийними розчинами користуються для зняття з поверхні деталей накипу й корозії, іржі й окислів. У водяні розчини соляних, сірчаних, азотних, ортофосфорної кислот додають інгібітори, тобто речовини, що гальмують корозійний процес.

Лужні мийні розчини застосовують для видалення забруднень масла і бруду та асфальтосмолистих відкладів.

Очищення деталей каустичною й кальцинованою содою має певні недоліки: невисоку мийну здатність, швидке виснаження розчину, погане утримання відмитих забруднень, які повторно осідають на очищеній поверхні. Розчин каустику через високу концентрацію руйнує кольорові метали, викликає опіки й подразнення дихальних шляхів у персоналу. Після промивання цими розчинами потрібна додаткова витрата води на ополіскування деталей.

Сьогодні в практиці очищення деталей все ширше використовують *технічні мийні засоби (ТМЗ)* на основі отриманих з нафти синтетичних

поверхнево-активних речовин (ПАР). Їх застосовують у вигляді 0,5-2,0 % водних розчинів, які не токсичні, не горючі, не агресивні стосовно кольорових металів, не викликають опіків і мають тривалий термін служби. Технічні мийні засоби з інгібуючим ефектом знижують темпи корозії сталі порівняно з жорсткою водою за температури 20 °С майже в 20 разів, а за температури 70 °С – у 15 разів, чавуну – у 10 і 8 разів, алюмінію – у середньому в 10 разів. ТМЗ ефективні для видалення масляних, жирових і асфальто-смолистих забруднень, вони підвищують енергоємність процесів очищення, зменшують витрату мийних засобів, спрощують технологію очищення. Лужні мийні розчини містять звичайно такі компоненти: руйнівні (луги, солі), піноутворювальні й поверхнево-активні речовини (ОП-7, ОП-10, рідке скло, сульфонал та ін.), емульгатори (силікат натрію, мило), антиокислювачі (нітрит натрію, хромпик). Рецептатура деяких найбільш вживаних синтетичних мийних засобів лужного типу наведена в табл. 4.1. Випускаються вони у вигляді порошків.

Таблиця 4.1

Рецептура синтетичних мийних засобів лужного типу

Компонент	Марки й склад мийних засобів, %					
	МЛ-51	МЛ-52	МС-6	МС-8	Лабомід-101	Лабомід-203
Сода кальцинована	44	50	40	38	50	50
Триполіфосфат натрію	34,5	30	25	25	30	30
Метасилікат натрію	—	—	29	29	16,5	10
Рідке скло	20	10	—	—	—	—
Зволожувач ДБ	1,5	8,5	—	—	—	—
Сульфонал	—	1,8	—	—	—	—
Синтанол ДС-10	—	—	6	—	3,5	8
Синтамід-5	—	—	—	8	—	—
Алкілсульфати	—	—	—	—	—	2

Однак є й деякі недоліки у використанні ТМС. Це необхідність забезпечення високотемпературного режиму обробки, що тягне за собою значне тепло- та енергоспоживання й виділення шкідливих випарів. Крім цього, не всі емульсії можна скидати в каналізацію без їхнього очищення.

Для видалення асфальтосмолистих відкладів і нагару ефективніше використовувати *розчинні емульгуючі засоби (РЕЗ)*. Їх ефективність в 5-15 разів вища, ніж ТМЗ за температури 50-60°С, вони пожежобезпечні, але токсичні.

Технологічний процес фізико-хімічного очищення складається із трьох операцій: сортування деталей, очищення, ополіскування й сушіння.

Сортування деталей перед очищенням ведеться за такими ознаками: за розміром і формою, характером забруднення, шорсткістю поверхні, матеріалом, з якого виготовлені деталі, матеріалом покриття (електрична ізоляція, полуда, полімери, фарба).

Деталі з вуглецевих сталей і чавуну практично майже не піддаються руйнуванню в лужних розчинах будь-якої концентрації, тоді як кислоти без інгібіторних домішок викликають їхнє руйнування – травлення. Сильно руйнуються в лужних розчинах хромовані деталі. Деталі з алюмінієвих і цинкових сплавів не можна очищати ні в лужних (каустична сода), ні в кислих розчинах.

Очищення деталей у водяних розчинах складається з таких етапів. Під дією розчину, нагрітого до 80-90 °С, шар забруднення змочується й розм'якшується. Мастильна плівка, розширюючись, руйнується, на поверхні деталі утворюються дрібні краплі мастила із грязьовими частками. Однак сила зчеплення мастила й металу продовжує втримувати ці краплі на поверхні деталі. Для зниження сили зчеплення до складу розчину вводять емульгатори, а щоб прискорити відрив крапель, розчин змушують примусово переміщатися на поверхні очищення. Емульгатори покривають краплі мастила із забрудненими частками особливою плівкою, що послабляє силу зчеплення мастила з металом, і сприяють формуванню дрібних крапельок мастила в розчині, тобто емульсії. Присутність у розчині емульгаторів, а також хромпіку або жирового змащення захищає деталі від корозії.

Ополіскування деталей водою необхідно для видалення з поверхні деталей слідів лугів або кислот, для запобігання подальшій корозії металу, а також шкідливому впливу на шкіру рук. Якщо ополіскування ведеться холодною водою, деталь після цього сушать, а якщо гарячою водою, то процес сушіння не потрібний.

Циркуляція або збурювання розчину на поверхні очищення досягається обертанням невеликих пропелерів, переміщенням деталей у розчині, обприскуванням, прокачуванням розчину через виріб і, нарешті, створенням швидких коливань розчину механічними вібраторами або ультразвуком.

Залежно від того, яким методом досягається переміщення розчину на поверхні очищення деталі, фізико-хімічне очищення умовно підрозділяється на такі види:

- струменеве;
- зануренням;
- примусовою циркуляцією розчину;
- парами розчинника;
- ультразвуком.

Приклад практичного застосування ТМЗ та ПАР наведено в дод. Б.

4.2.1. Струменевий метод очищення

За струменевого методу хімічна дія розчину посилюється динамічним впливом його струменя.

Тиск, під яким мийні розчини подаються на поверхню очищення, змінюється в різних мийних машинах від 0,1 МПа до 3,5 МПа. Діаметри вихідних отворів насадок звичайно приймаються від 2 мм до 8 мм, а відношення довжини отвору насадки до його діаметра – від 0,5 до 4.

Мийні машини для струменевого очищення прийнято ділити на камерні (одно-, дво- і багатоканерні) і конвеєрні. Душові системи, тобто трубопроводи з вкрученими в них соплами, у мийних машинах можуть бути нерухомими, коли в процесі очищення переміщуються деталі, і рухомими, коли переміщується душова система, а деталі залишаються нерухомими.

Мийна камера одноканерної тупикової мийної машини моделі ММД-13Б з нерухомою душовою системою призначена для очищення великогабаритних деталей тепловозів довжиною до 8,9 м, шириною до 3 м і висотою до 1,4 м (рис. 4.7).

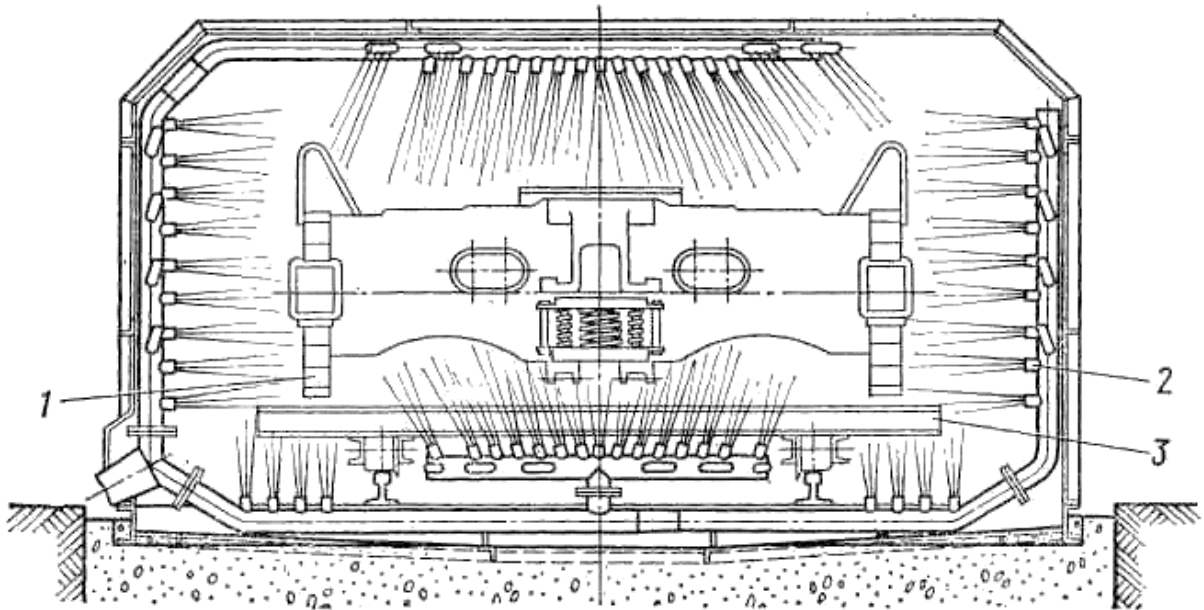


Рис. 4.7. Мийна камера одноканерної тупикової мийної машини типу ММД-13Б для очищення великогабаритних деталей струменевим методом

Мийна машина, крім камери із системою примусової вентиляції для відсмоктування пароповітряної суміші й сушіння деталей, має два баки (для розчину й води) місткістю 6 м^3 кожний з паровим підігрівачем, а також душову систему 2 і трубопроводи. Великогабаритні деталі 7, що підлягають очищенню, укладають безпосередньо на візок 3, а дрібні на той самий візок, але в сітчастих кошиках. Мийна камера з одного торця має глуху стіну, а з іншого двері, через які завантажений деталями візок механізмом пересування вкочується в мийну камеру. Після зачинення дверей включається одночасно душова система й механізм пересування візка. Візок протягом усього процесу очищення робить зворотно-поступальний рух усередині мийної камери зі швидкістю $0,78 \text{ м/хв}$. Хід візка $3,9 \text{ м}$. Очищення гарячим розчином триває $15\text{--}25 \text{ хв}$, а потім протягом 7 хв деталі обполіскують гарячою водою. Напір струменів розчину й води душової системи з 290 сопел діаметром 5 мм на виході досягає $0,1\text{--}0,12 \text{ МПа}$.

Роздільний злив розчину й води забезпечується перекидним зливальним лотком, розміщеним на підлозі мийної камери. Після ополіскування душову систему відключають і візок зупиняють. Для прискорення процесу сушіння деталей відкривають бічні двері. Розчин розігрівається паровим змішувачем, а

вода – насиченою парою. Витрата води на ополіскування 0,4 м³/год. Розчин пропускають через фільтр і зливають у відстійник, а потім використовують повторно. Нормальна температура розчину 80-85° С підтримується автоматично.

Камерна мийна машина типу А328 для очищення дрібних тепловозних деталей лужними розчинами або органічними розчинниками показана на рис. 4.8.

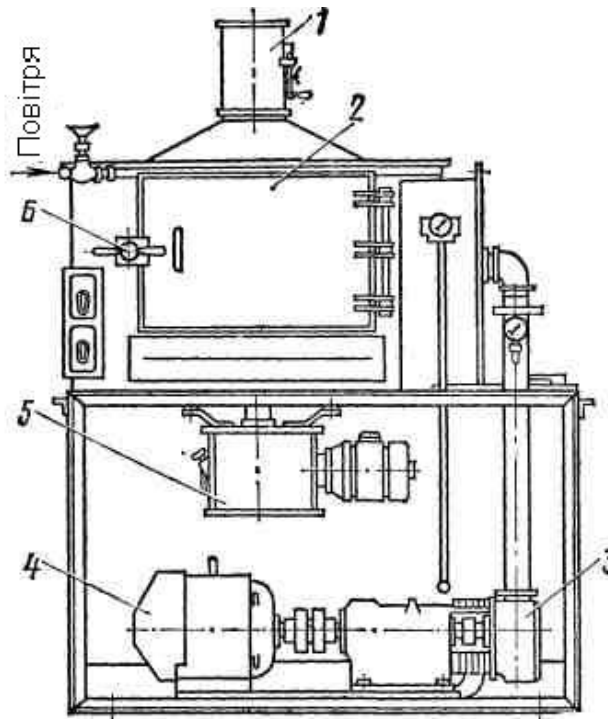


Рис. 4.8. Камерна мийна машина типу А328 для очищення дрібних деталей струменевим методом

Її основними елементами є мийна камера 2 з патрубком 1 витяжної вентиляції й нерухомою душовою системою, бак для розчину з паровим змієвиком і барботером, які служать для розігріву розчину. Якщо як мийну рідину застосовують освітлювальний гас, через змієвик пропускають холодну воду для його охолодження. Усередині камери змонтований круглий стіл діаметром 900 мм, що з'єднаний через редуктор 5 з електродвигуном. Тиск рідини в душовій системі створюється насосом 3, що приводиться в дію електродвигуном 4. Завантажують камеру через двері 6. Деталі на столі розміщують на деякій відстані одна від одної й обтягають сіткою, щоб утримати на столі. Двері щільно зачиняють і включають послідовно привод стола й душову систему (21 сопло з отворами діаметром 2 мм). Стіл робить складний обертовий рух ($0,067 \text{ c}^{-1}$). Після 10-15 хв очищення припиняють подачу розчину й, не вмикаючи привод стола, відкривають вентиль для обдування деталей стисненим повітрям, що подається по трубці з отворами. Висушені деталі витягають із камери.

Для підвищення ефективності очищення миття деталей у деяких випадках здійснюють пульсуючими струменями, тобто почерговими ударами струменя. У цих випадках руйнівний вплив струменя значно підсилюється.

Рекомендовані для використання лужні розчини й режими очищення наведено в табл. 4.2. За відсутності готових препаратів користуються такою сумішшю: кальцинована сода – 40-50 %, тринатрійфосфат або триполіфосфат натрію 20-25 %, рідке скло й метасилікат натрію – 20-25 % і поверхнево-активні речовини – 3-6 %.

Таблиця 4.2

Мийні розчини й режими очищення

Метод очищення	Засоби для видалення забруднень	Концентрація в мийному розчині, г/л	Робоча температура розчину, °С	Тривалість очищення, хв	Звичайні забруднення	Відклади	
						лакові	смолисті
Струминний	МЛ-51 ^{*1}	10-20	80-85	10-15	+		+
	Лабомід-101	10-20	70-85	15-30	+	+	+
	МС-8 ^{*2}	10-20	75-85	10-25	+		+
Зануренням	МЛ-52	10-20	70-85	5-10	+		+
	Лабомід-203	20-30	80-100	3-5	+	+	+
	МС-8	10-20	75-85	10-25	+		+
	АМ-15 ^{*3}	100%	20-40	20-50			
Примусовою циркуляцією	МЛ-51	10-20	80-85	15-45			
	Лабомід-101	10-20	70-85	20-50			+
	МС-8	10-20	75-85	15-45			+
	Інгібована кислота ^{*4}	50-200	60-75	15-30			+

Примітка: ^{*1} – нагар; ^{*2} – нагар, корозія, окисли; ^{*3} – корозія, окисли; ^{*4} – накип

Мийні агрегати високого тиску забезпечують:

- механізацію процесу очищення деталей за мінімальних питомих витрат енергії і води;
- безступеневе регулювання тиску;
- можливість застосування холодної, гарячої води і пароводяної суміші;
- дотримання екологічних вимог;
- простоту в обслуговуванні й експлуатації.

Для очищення використовують мийні агрегати, що випускаються фірмами «Кліннет», «Керхер» або аналоги.

Хоча струменевий метод очищення дуже ефективний, дає змогу застосовувати мийні розчини меншої концентрації, і їх можна використовувати багаторазово, однак він має й недоліки;

- значна витрата електроенергії для створення тиску й перекачування мийного розчину;

- недостатнє надходження мийного розчину у важкодоступні місця деталей (внутрішні порожнини, кармани, заглиблення тощо);
- неможливість використання розчинів із критичними концентраціями ПАР через їхнє сильне піноутворення;
- більші втрати тепла струменями.

4.2.2. Очищення зануренням

Цим способом очищають громіздкі деталі з внутрішніми порожнинами, покритими накипом або корозією. Об'єкт ремонту при цьому методі очищення занурюють у ванну з гарячим мийним розчином, який циркулює біля поверхонь, які очищаються, за допомогою лопатевих мішалок або гребних гвинтів. Застосування із цією метою пари або повітря не рекомендується, оскільки вони лише збовтують осад забруднень у ванні й підсилюють піноутворення, не створюючи потрібної турбулентності навколо деталей. Крім того, повітря охолоджує нагрітий розчин і окисляє компоненти, що входять до його складу.

Ванни для очищення громіздких частин тепловозів, а також дрібних деталей, що завантажуються в сітчастих кошиках, мають два відділення (рис. 4.9) – для виварювання й ополіскування. Одне заповнюється мийним розчином, що підігрівається паровим змієвиком, а інше – проточною гарячою водою.

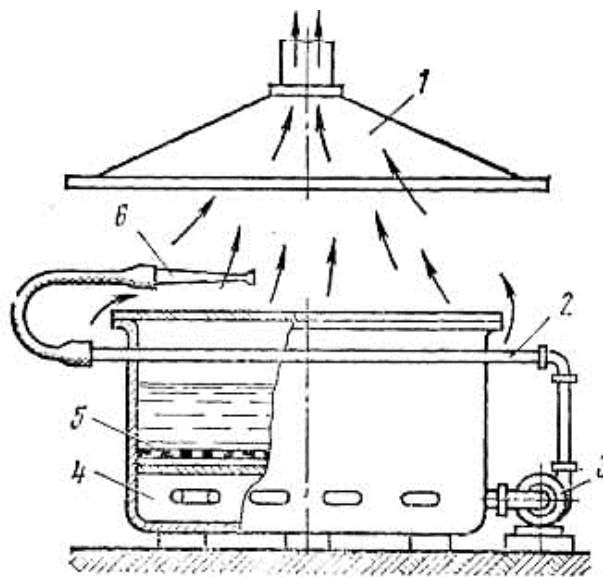


Рис. 4.9. Ванна для очищення деталей методом занурення:

1 – парасоль відсмоктувальної вентиляції; 2 – трубопровід; 3 – насос; 4 – пристрій для нагрівання розчину; 5 – ґрати; 6 – наконечник

Потік гарячої води створюється насосом. Для видалення пари, що піднімається з поверхні розчину або води, над ванною є зонт, з'єднаний з витяжною вентиляцією. Щоб запобігти збовтуванню мийного розчину під час опускання деталей у ванну, передбачені ґрати 5, які підтримують деталі, які промиваються, на певній відстані від дна, достатній для нагромадження відстою. Відстій зливається з нижньої частини ванни. Великі відклади забруднення, що

залишилися на поверхні деталей, видаляють струменем розчину, що подається насосом через гумовий шланг і наконечник 6. Після очищення в розчині протягом 15-25 хв деталі розмішують в іншій ванні з гарячою водою для ополіскування. Для підвищення ефективності ополіскування гаряча вода у ванні збо-втується повітрям.

Рекомендовані мийні розчини й режими очищення наведені в табл. 4.2. Для очищення паливної апаратури й фільтрів від лакових смолистих відкладів методом занурення застосовують препарат АМ-15, який нагрівають до 20-40° С. Нижче 20° С погіршується якість очищення, за температури більше 40° С процес очищення прискорюється, але при цьому збільшується випаровування препарату. Склад препарату АМ-15: ксилол нафтовий технічний – 70-76 %, алізаринове масло – 28-22 %, оксиетиловані спирти ОС – 20%.

Описаний метод позбавлений недоліків струменевого методу очищення деталей. Застосування розчинів з високою концентрацією ПАР дає змогу прискорити процес і підвищити якість очищення, особливо громіздких частин складної форми, таких як блок і рама дизеля, рама візка, остов тягових електродвигунів тощо, що мають багато карманів, заглиблень та інших важкодоступних місць.

Перевагами методу занурення є гарна якість очищення внутрішніх порожнин та висока швидкість очищення. Недолік – швидке забруднення розчину, а отже, необхідність частого його заміни або фільтрації.

Очищення зануренням можна підсилити за допомогою ультразвуку.

4.2.3. Очищення примусовою циркуляцією розчину

Метод очищення примусовою циркуляцією розчину полягає в прокачуванні мийного розчину насосом через внутрішню порожнину об'єкта ремонту. Тому цей метод застосовують здебільшого для очищення внутрішніх порожнин секцій радіатора, теплообмінників, кришок циліндрів дизеля, корпусу турбокомпресора та інших деталей. Останнім часом цей метод почали використовувати для очищення порожнин складальних одиниць, охолоджуваних водою, без знімання їх з тепловоза.

Очищення секцій радіатора тепловоза здійснюють на установці, схема якої показана на рис. 4.10. Розчин для очищення внутрішніх поверхонь трубок і воду для зовнішнього миття заливають у баки 3 і 4. Розчин нагрівають теплообмінником 7, а воду – парою, що виходить із отворів барботера 6. У середині камери зміцнюють шість секцій і через них прокачують розчин (див. табл. 4.2) спочатку в одному, а потім у протилежному напрямку. Після очищення розчином секції промивають, прокачуючи через них гарячу воду. Зовнішню поверхню секцій обмивають гарячою водою (80-90° С), при цьому двері камери мають бути зачинені й включений вентилятор відсмоктування пари. Загальна кількість сопел з отворами 2 мм для зовнішньої мийки 1320 шт. Напір води на виході із сопел 0,1 МПа.

Умовно про якість очищення внутрішніх поверхонь об'єктів ремонту, недоступних оптико-візуальному контролю, судять за часом протікання певної кількості води через очищену порожнину (внутрішню порожнину секцій

радіатора, водяну порожнину теплообмінника тощо) або за різницею обсягів води шляхом заповнення порожнини об'єкта до й після очищення (охолоджуваної порожнини циліндрової кришки, мастильної порожнини теплообмінника та ін.).

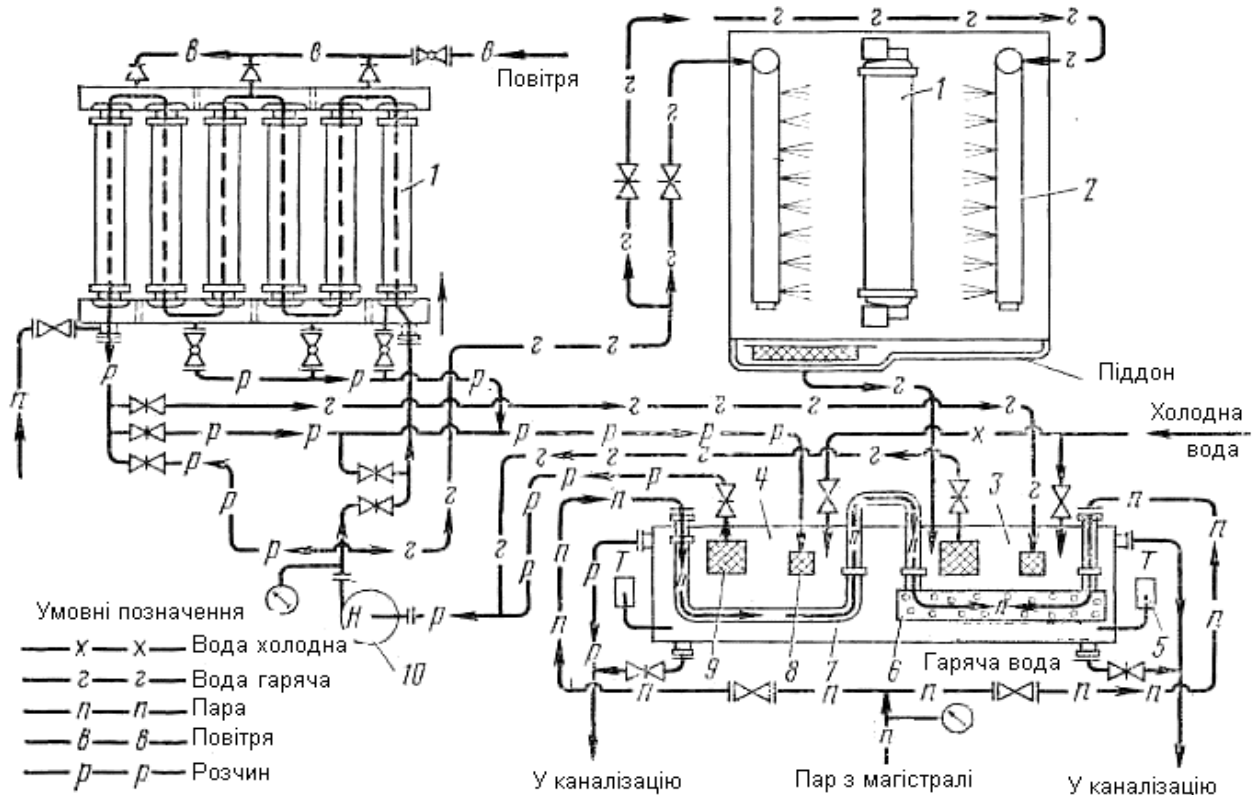


Рис. 4.10. Схема пристрою для очищення внутрішніх і зовнішніх поверхонь секцій радіатора холодильника тепловоза:

1 – секції радіатора; 2 – душова система; 3 – бак для гарячої води; 4 – бак для розчину; 5 – термометр дистанційний; 6 – барбатер; 7 – теплообмінник; 8 – фільтр на зливному трубопроводі; 9 – фільтр на всмоктувальному трубопроводі; 10 – насос, $Q = 120 \text{ м}^3/\text{год}$

4.2.4. Очищення парами розчинника

Сутність цього методу така: у парову хмару досить сильного розчинника поміщають у підвішеному стані холодну деталь, що швидко покривається конденсатом розчинника; розчинник, стікаючи з поверхні деталі, несе із собою частки бруду. Процес триває доти, поки деталь не нагріється до температури пару. У більшості випадків цього часу виявляється цілком достатньо для очищення, тому що процес відбувається досить інтенсивно. Найчастіше цей метод застосовують для видалення міцно присталої плівки бруду з поверхні деталей з електричною ізоляцією, наприклад якорів і котушок полюсів електричних машин та інших масивних деталей.

Установка для очищення деталей парами розчинника (рис. 4.11) складається з мийної камери 12 із примусовою вентиляцією, пристрою для очищення забрудненого розчинника 6 і напірної магістралі 1. У нижній частині камери змонтований паровий змійовик 10 для нагрівання розчинника. Верхня частина

камери відкрита, її горловина оточена змійовиком 2 для циркуляції холодної води.

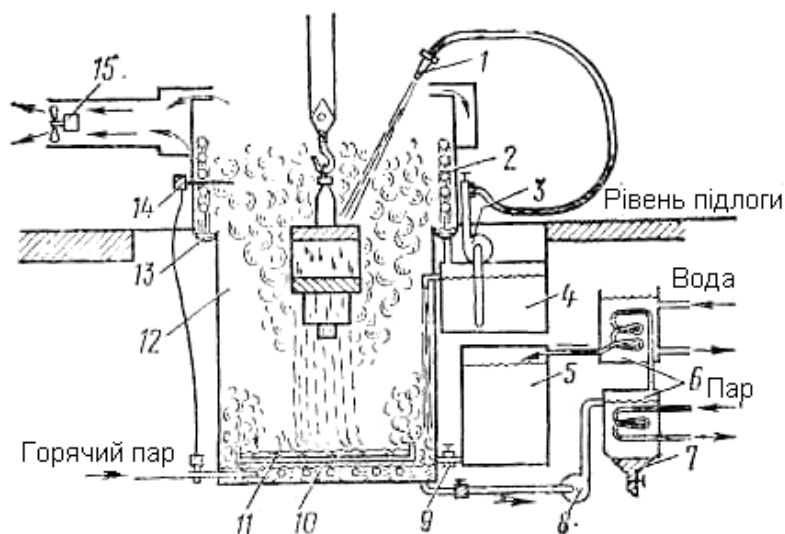


Рис. 4.11. Схема пристрою для очищення деталей парами розчинника:

1 – напірна магістраль; 2, 10 – охолоджувальний та паровий змійовик; 3, 8 – насоси; 4 – відстійник; 5 – запасний бак; 6 – очисний пристрій; 7 – вивід для спуску відстою; 9 – вентиль; 11 – ванна з розчинником; 12 – мийна камера; 13 – лоток; 14 – термостат, що керує процесом нагрівання; 15 – вентилятор

Установка працює в такий спосіб: включаються нижній (паровий) змійовик 10, потім вентиляція й верхній (охолоджувальний) змійовик 2. Пар, що утвориться при кипінні розчинника, спрямовується нагору. Досягши холодного простору камери, тобто зони верхнього змійовика 2, починає конденсуватися й у вигляді крапель падати донизу. Конденсат, що утвориться на поверхні труб верхнього змійовика, стікає в лоток 13 і далі у відстійник 4. Частина пару, що не встигла перетворитися в конденсат, відсмоктується вентилятором 15. Коли в камеру з гарячими випарами розміщують у підвішеному стані холодну деталь, наприклад якір, то його поверхня відразу покривається конденсатом, який, стікаючи, захоплює із собою частки забруднення. Більші відклади бруду, що залишилися на поверхні деталі, видаляють струменем чистого розчинника, що подається насосом 3 через гумовий шланг і наконечник. Забруднений розчинник відсмоктується з ванни насосом 8, пропускається через очисний пристрій 6 і накопичується в запасному баку 5.

Як розчинник застосовують трихлоретилен і перхлоретилен, температура кипіння яких відповідно 87°C і 121°C . Бажано застосовувати розчини, що мають температуру кипіння вище, ніж у води. У цьому випадку відпадає необхідність сушіння ізоляції якорів і котушок після їхнього очищення.

Під час роботи на такій установці, по-перше, строго контролюють температуру нагрівання розчину. За надмірного нагрівання розчину може відбутися його розкладання й утворення небезпечних хімічних сполук. По-друге, час витримки деталей у камері повинне бути не більшим за час, необхідний для розчинення бруду. Особливо це стосується деталей з електричною ізоляцією, виготовлених на основі різних кремнієвих сполук. Ці сполуки в разі

тривалого перебування в парах розчинника можуть самі почати розчинятися, тобто разом із брудом непомітно може бути знята й ізоляційна лакова плівка.

Час витримки деталі, яка очищується в камері, встановлюється дослідним шляхом.

Перевагами цього методу є швидкість і ефективність очищення завжди чистим розчинником, відсутність необхідності сушіння в печі якорів, котушок та інших деталей з електричною ізоляцією. Розглянутий метод очищення досить перспективний.

4.2.6. Термічні методи очищення

Термічні методи очищення базуються на видаленні забруднення нагріванням його до температури, при якій воно або згорає, або втрачає механічну міцність і відділяється від поверхні деталі. У ремонтній практиці найчастіше застосовують термічне очищення відкритим вогнем або зануренням у розплавлені розчини солей і лугів.

Так, відкритим вогнем, киснево-ацетиленовим або газовим полум'ям очищають від смолистих відкладів і нагару глушник шуму випуску, випускні колектори й патрубки дизеля. У розчинах солей і лугів очищають деталі від видалення нагару й накипу.

Установка для такого очищення (рис. 4.12) складається із чотирьох ванн. Ванна 7 (з нержавіючої сталі) заповнюється розчином, що складається з каустичної соди 65 %, азотнокислого натрію 30 % і кухонної солі 5 %. Температура розчину 380–420 °С. У цій ванні деталі із чорних металів витримують 5–15 хв, а з алюмінієвих сплавів 3–5 хв, потім їх виймають, охолоджують на повітрі до 120–150 °С і занурюють у сітчастому кошику 5 у ванну 2 для прополіскування водою. Для нейтралізації залишків лугу деталі занурюють у ванну 3, заповнену 50 %-вим розчином інгібованої соляної кислоти для деталей із чорних металів або водним розчином фосфорної кислоти (85 г/л) і хромового ангідриду (125 г/л) – для деталей з алюмінієвих сплавів.

Остаточно деталі із чорних металів промивають у ванні 4 з гарячим водним розчином кальцинованої соди (3–5 г/л) і тринатрійфосфату (1,5–2 г/л), а деталі з алюмінієвих сплавів – у чистій гарячій воді. Очищення й знежирення деталей у розчинах солей і лугів відбувається добре й досить швидко.

Однак цьому методу властиві й недоліки:

- очищення впливає на властивості металу,
- розчин швидко забруднюється,
- не можна очищати деталі складної форми й тонкостінні через можливість їхньої деформації,
- процес очищення складний, потребує ручної праці, малопродуктивний.

4.2.7. Ультразвукові методи очищення

За цього способу біля поверхонь деталей, що очищаються, створюється інтенсивне коливання розчину за рахунок ударних хвиль, які виникають під час пропущення через розчин ультразвуку.

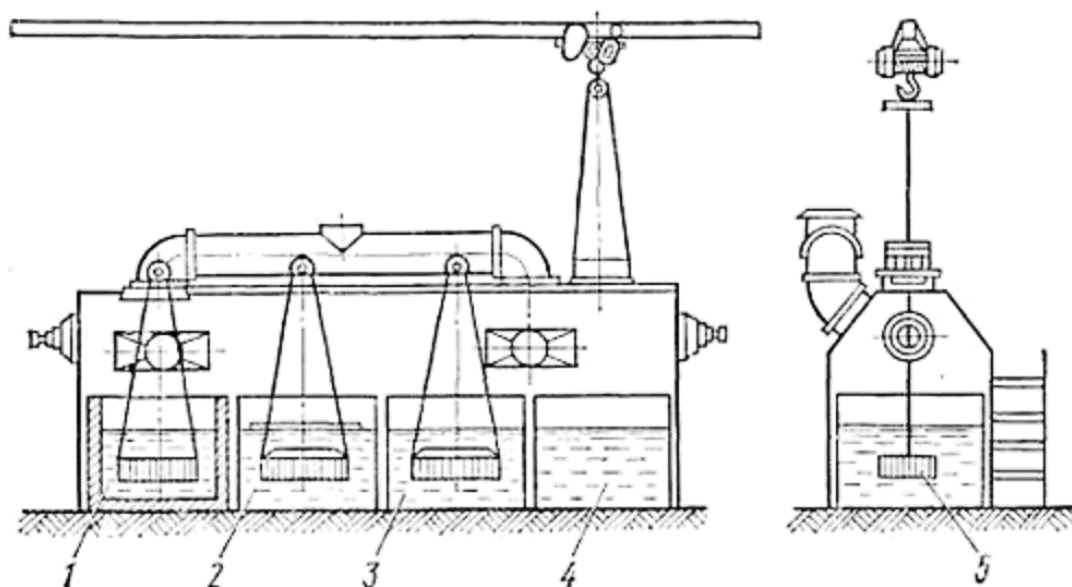


Рис. 4.12. Схема пристрою для очищення деталей термічним методом (у розчині солей та лугах)

Під час розподілення ультразвуку в рідині виникає змінний звуковий тиск, амплітуда якого досягає кількох мегапаскалів. Під дією цього тиску рідина змінно відчуває стиснення й розтягнення. Розтягувальні зусилля в області розрідження хвилі призводять до утворення в рідині розривів, тобто найдрібніших пухирців, заповнених газом і паром. Ці бульбашки називають кавітаційними, а саме явище – ультразвуковою кавітацією. Наступна за розрідженням фаза стиснення призводить здебільшого до закриття бульбашок. При цьому виникає ударна хвиля, що розвиває великий тиск. Якщо на її шляху виникає перешкода, то вона прагне її зруйнувати. Оскільки кавітаційних пухирців багато й руйнування їх відбувається десятки тисяч разів за секунду, кавітація може зробити значні руйнування. Комплексне використання ультразвукового очищення й сучасних ТМЗ дає змогу добре очищувати деталі за відносно низьких температур ($45\text{--}65^{\circ}\text{C}$) та багатократно використовуючи водний розчин.

За допомогою ультразвукового очищення можна очистити деталі, що мають мікроскопічні порожнини й канали, промивати які традиційною технологією практично неможливо. До таких вузлів можна віднести форсунки й паливні насоси дизеля, сітчасті й щільні фільтри, колінчасті й розподільні вали та ін.

Цей спосіб є найефективнішим у підготовці до дефектоскопії. Він видаляє окисну плівку, нагар, корозію, жирові відклади, металевий і неметалевий пил. Ультразвук варто застосовувати в тих випадках, коли необхідно виявити дуже дрібні дефекти довжиною 2-3 мм і менше з шириною розкриття до 1 мм.

Деталі, що підлягають очищенню, занурюють у ванну 3 (рис. 4.13) з мийним розчином. Під дією ультразвуку в розчині утворюються ділянки стиснення й розрідження, що поширюються за напрямком ультразвукових хвиль. У зоні розрідження, на межі між поверхнею деталі й рідиною, утвориться порожнина С (рис. 4.14), куди під дією місцевого тиску з пор Ж капілярів М виштовхуються розчин і забруднення.

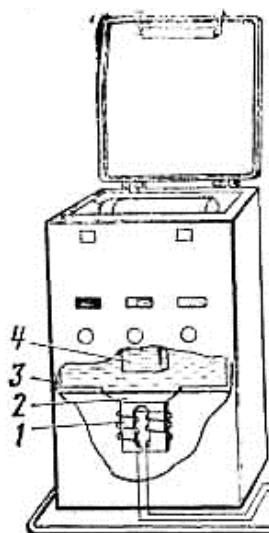


Рис. 4.13. Установка для очищення деталей ультразвуком:

1 – магнітострикційний перетворювач; 2 – мембрана перетворювача; 3 – ванна з мийним розчином; 4 – деталь, що очищується

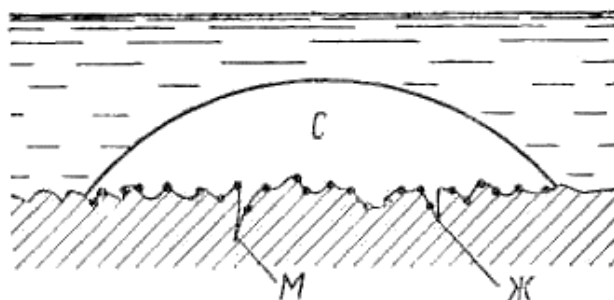


Рис. 4.14. Схема виникнення порожнини в розчині під дією ультразвукових хвиль

Через напівперіод коливань у тому самому місці утвориться ділянка стиску, у результаті пухирець закривається, відбувається гідравлічний удар, здатний створювати великий миттєвий місцевий тиск, що набагато перевищує вихідний, викликаний поширенням ультразвукових коливань (утворення порожнин у рідині й дія, надавана ними на тих ділянках середовища, де вони виникають, одержали назву кавітації). Це явище супроводжується характерним шумом. Завдяки великій частоті ультразвукових коливань ці процеси повторюються до 20 000 разів за секунду. Під дією розчину й гідравлічних ударів жирова плівка на поверхні деталі руйнується, забруднення перетворюються в емульсію й відводяться разом з розчином. Швидкість і якість ультразвукового очищення залежать від хімічної активності й температури розчину, а також питомої потужності ультразвуку.

Переваги ультразвукового очищення деталей: більш висока якість порівняно з іншими методами очищення, значно менша тривалість процесу; очищення можна легко механізувати.

Контрольні завдання для самоперевірки

1. Перерахуйте основні види забруднень деталей.

2. Назвіть основні методи очищення деталей об'єкта ремонту.
3. Які методи використовуються для очищення деталей з електричною ізоляцією.
4. На які види поділяється фізико-хімічне очищення.
5. Які переваги й недоліки термічних методів очищення.

РОЗДІЛ 5. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ ЛОКОМОТИВІВ

5.1. Класифікація пошкоджень деталей та їхні характерні зношення

Об'єкти ремонту після очищення підлягають контролю для порівняння їхнього фактичного стану з вимогами чинної нормативно-технічної документації. У результаті контролю встановлюється придатність деталей до подальшої роботи, можливість їхнього відновлення або необхідність бракування.

Існують три різновиди розмірів та інших технічних характеристик деталей: номінальні, допустимі й граничні.

Номінальними вважаються розмір й інші технічні характеристики деталі, що відповідають робочим кресленням на виготовлення нової деталі й слугують початком відліку відхилень.

Допустимими називаються розміри, пошкодження й інші технічні характеристики деталі, за яких вона може бути знову використана на тепловозі й буде задовільно працювати протягом майбутнього міжремонтного періоду.

Граничними вважаються розміри, пошкодження й інші технічні характеристики деталей, за наявності яких деталі бракують або відновлюють.

На ескізах розміри позначаються в трьох графах:

Н	Д	Г
---	---	---

Фактичний стан деталей характеризується наявністю тих чи інших пошкоджень, причинами виникнення яких можуть бути різні фактори експлуатаційного, виробничого, конструкційного або аварійного характеру.

Пошкодження експлуатаційного характеру виникають, як правило, у результаті зношення деталей або порушень вимог технічного обслуговування тепловоза. Пошкодження виробничого характеру – результат порушень, допущених у процесі виготовлення тепловоза або під час його ремонту. Пошкодження конструкційного характеру виникають внаслідок помилок, допущених конструкторами під час проєктування тепловоза (неточності з вибором розмірів, допусками на сполучені деталі, матеріалом, методами термообробки деталей тощо). Пошкодження аварійного характеру є наслідком несвоєчасного виявлення дефектів виготовлення або порушення технології ремонту, результатом втоми металу деталей, які працюють зі знакозмінним або циклічним навантаженням (колінчасті вали, осі колісних пар, вали якорів тягових електродвигунів та ін.), ненормального зношення, а також грубого порушення навантажувальних режимів роботи устаткування й зіткнення рухомого складу.

Допустимі й граничні розміри й інші технічні характеристики деталей встановлюються нормативно-технічною документацією. Вона визначає зміст технічних умов щодо контролю та відновлення деталей устаткування й рекомендує відомості певної форми. Ці відомості після заповнення є не тільки документами обліку й звітності, але й технічними документами, що дають змогу

після їхньої статистичної обробки визначати коефіцієнти заміни K_3 і ремонту K_p деталей (індекси прямим)

$$K_3 = \frac{n}{N} \cdot 100,$$

де n – кількість непридатних (забракованих) деталей у партії; N – загальна кількість деталей цього найменування в партії.

$$K_p = \frac{m}{N} \cdot 100,$$

де m – кількість деталей, що підлягають ремонту.

Ці коефіцієнти використовують надалі для розробки технологічної документації, визначення норм витрати матеріалів і запасних частин, а також є вихідними даними, наприклад, для проєктування ремонтних підприємств і заводів з виготовлення запасних частин. Практичну цінність коефіцієнти заміни й ремонту деталей будуть мати лише в тому випадку, якщо вони визначаються шляхом вивчення пошкоджень великих партій тепловозів, що надійшли в капітальний і поточний ремонт.

Вивчення й аналіз експлуатаційних інформативних матеріалів (відомостей, статистичних даних щодо відмов тепловозів під час прямування й за випадками непланових ремонтів) дали змогу виявити найбільш істотні пошкодження основних складальних одиниць механічних частин устаткування тепловозів.

Дизель. Блок – деформація постелей підшипників і отворів під циліндрові втулки, тріщини у зварних швах, тріщини поблизу постелей підшипників;

- колінчасті вали та їхні підшипники – зношення шийок, зношення й пошкодження антифрикційного шару вкладишів, тріщини валів;

- циліндри, поршні й шатуни – зношення циліндрових втулок, поршнів і їхніх кілець, тріщини в головках поршнів і втулок;

- вертикальна передача – зношення деталей шліцьових з'єднань, злам торсіонного вала й пружин, ослаблення деталей у посадці, пошкодження підшипників кочення;

- повітрянагрівачі – зношення, ослаблення деталей у посадці, тріщини торсіонного вала, зношення деталей підшипників ковзання й кочення, заклинювання ротора турбокомпресора;

- паливні насоси й форсунки – зношення прецизійних пар, зношення запірного конуса голки й корпуси розпилювача;

- кулачкові вали та їхній привід – зношення кулачків і шийок валів, зношення й поломка зубів зубчастих коліс;

- насоси мастила, палива, води і їхні приводи – зношення й ослаблення деталей підшипників кочення, зношення зубів зубчастих коліс, зношення й ослаблення деталей підшипників ковзання.

Допоміжне устаткування. Редуктори та їхні приводи – зношення й ослаблення деталей підшипників кочення в посадці, зношення зубів зубчастих коліс, обрив болтів кріплення редукторів, тріщини насосного й турбінного коліс, пошкодження сполучних ланок;

- вентилятори – зношення деталей шліцьових з'єднань, тріщини лопаток коліс, пошкодження підшипників кочення;

- секції радіатора – забруднення внутрішніх поверхонь трубок, тріщини трубок і пошкодження паяних швів.

Екіпажна частина. Колісні пари й букси – зношення, тріщини й ослаблення в посадці бандажів, зношення зубів зубчастого колеса, зношення листів букс, пошкодження підшипників кочення й гумометалевих деталей, тріщини в осях;

- рама візка – тріщини, зношення листів буксових прорізів;
- ресорне підвішування візка – зношення й ослаблення в посадці деталей шарнірних з'єднань (втулок, валиків, балансірів), тріщини підвісок ресор, злам циліндричних пружин, злам листів листових ресор;

- важільна передача гальма – зношення деталей різьбових і шарнірних з'єднань.

Таким чином, найбільш характерними пошкодженнями деталей і складальних одиниць механічних частин устаткування тепловозів, що трапляються під час експлуатації, є зношення деталей, ослаблення деталей у посадці, деформація, тріщини й забруднення.

Для зниження зношень поверхонь тертя необхідно: не допускати тривалої роботи ДВЗ на мінімальних обертах колінчастого вала; своєчасно і якісно очищувати мастило, паливо й повітря від продуктів зношення та абразивних частинок; вводити в мастило антиокисники; виконувати після ремонту якісну обкатку вузла; підвищувати твердість поверхонь тертя; вводити в мастило модифікатори тертя.

5.2. Види та причини зношень за характером впливу

5.2.1. Пошкодження за характером зношення

Багато пошкоджень тепловозних деталей припадає на зношення або поєднання його з іншими пошкодженнями.

Процес руйнування й відділення матеріалу з поверхні твердого тіла й (або) нагромадження його залишкової деформації під час тертя, що проявляється в поступовій зміні розмірів і (або) форми тіла, називається *зношенням*. Значення зношення може виражатися в одиницях довжини, об'єму, маси й ін.

Процес зношення поверхневих деталей дуже складний, він залежить від великої кількості факторів, що по-різному поєднуються в умовах експлуатації тепловозів. До них можна віднести твердість і якість поверхонь деталей, питомий тиск на поверхнях тертя, умови змащення тертьових поверхонь, структуру матеріалу деталей, швидкість переміщення однієї поверхні відносно іншої, форму й розмір зазора між поверхнями деталей, які стикаються в процесі тертя.

Види тертя. Види тертя підрозділяються таким чином: за наявністю відносного руху – на тертя спокою й тертя руху; за характером відносного руху – на тертя ковзання й тертя кочення; за наявністю мастильного матеріалу – на тертя без мастильного матеріалу й тертя з мастильним матеріалом.

Тертя спокою – це тертя двох тіл під час мікропереміщення до переходу до відносного руху, а *тертя руху* – тертя двох тіл, що перебувають у відносному русі.

Тертя ковзання – тертя руху, за якого швидкості тіл у точці торкання різні за величиною й (або) напрямком.

Тертя кочення характеризується тертям руху двох твердих тіл, за якого їхні швидкості в точках торкання однакові за величиною й напрямком.

Як показали дослідження, основними видами відмов локомотивів є передчасне зношення, що викликається тертям сполучених поверхонь. За рівнем мастила тертя ділиться на сухе, граничне й рідинне.

У разі *сухого тертя* мастило повністю відсутнє. Тертя супроводжується підвищеними температурами, внаслідок чого може відбуватися пластична деформація поверхневих шарів металу, що пришвидшує їхній знос. В умовах сухого тертя працюють сполучення з нерухомими посадками, муфти зчеплення, фрикційні гасники коливань та інші деталі. Коефіцієнт тертя при цьому становить 0,1-0,8.

Граничне тертя виникає в присутності дуже тонкого масляного шару, товщина якого становить 0,1 мм. При цьому важливим є утримання найтоншої плівки мастила на поверхні тертя, що досягається її в'язкістю і маслянистістю. Граничне тертя є нестійким і легко може переходити в сухе тертя. Коефіцієнт тертя становить 0,01-0,05.

В умовах *рідинного тертя* (гідродинамічного) поверхні деталей повністю розділені шаром мастила (рис. 5.1), внаслідок чого знос виявляється дуже малим, тому що коефіцієнт тертя становить 0,001-0,008. Відповідно до гідродинамічної теорії мастила найменша товщина шару h визначається за формулою

$$h = \frac{d^2 \cdot n \cdot \eta}{18,36 \cdot P \cdot C \cdot S},$$

де d – діаметр вала, м; n – кількість обертів, хв^{-1} ; η – в'язкість мастила, кгс/см^2 ; P – питоме навантаження, кгс/см^2 ; C – коефіцієнт, який визначає відношення між діаметром і довжиною підшипника; S – зазор між шийкою і підшипником, м.

$$C = \frac{(d + l)}{l}.$$

Мінімальна товщина масляного шару повинна відповідати відношенню $S/4$. Величини n , η і P є змінними. Тому найбільш небезпечні умови для

рідинного тертя створюються в разі зменшення відношення n/P , тобто коли знижується частота обертання й збільшується навантаження.

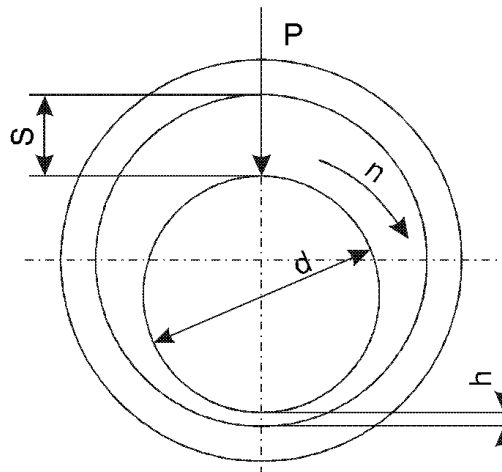


Рис. 5.1. Схема створення рідинного тертя

Зношення спряжень, розрахованих на рідинне тертя, відбувається переважно в момент запуску машини, у разі перевантаження й застосування мастила невідповідного сорту.

Зношення захоплюванням виникає за відсутності змащення й захисної плівки окислів, у разі тертя з малими швидкостями (до 1,0 м/с для сталі) і питомими тисками, що перевищують межу текучості металу. Знос супроводжується високим коефіцієнтом тертя й утворенням металевих зв'язків і є найбільш руйнівним з усіх видів. Він виникає у втулках і поршнях ДВЗ, шийках колісних пар, моторно-осьових підшипниках і на поверхнях інших деталей локомотива.

5.2.2. Пошкодження механічного характеру

Пошкодження механічного характеру виникають найчастіше в результаті прикладання знакозмінних або ударних навантажень, порушення порядку закріплення деталей, їхнього недопустимого скручування. До пошкоджень цієї групи можна віднести тріщини, деформацію, вм'ятини, відколи, пробоїни.

Тріщини з'являються здебільшого в зонах високих механічних і теплових навантажень і в зонах концентрації напружень, наприклад, у підматочинних частинах осі колісної пари й у галтелях шийок колінчастого вала. Термічні тріщини (сітка розпалу) на поверхні головки поршня дизеля Д100 і тріщини в перших трьох канавках викликаються газовою корозією й температурною деформацією. Тріщини в циліндровій кришці дизеля з'являються через її перегрів, різке охолодження або в результаті деформації кришки, викликані порушенням порядку кріплення.

Деформація деталей, наприклад овальність постелей корінних підшипників колінчастого вала дизеля, короблення плоских деталей, вигин різних валів виникають у результаті ударних навантажень, надмірного нагрівання, порушення порядку закріплення або регулювання взаємного положення деталей тощо. Більша частина пошкоджень механічного характеру припадає на тріщини, деформацію й короблення деталей.

Вм'ятини, відколи й пробоїни виникають через сильні й концентровані удари об деталь, часто спостерігаються на площинах деталей, на поверхнях литих тонкостінних корпусних деталей, лапах корпусів редукторів тощо.

5.2.3. Пошкодження хіміко-теплого характеру

До пошкоджень хіміко-теплого характеру можна віднести короблення, оплавлення й прогар, раковини.

Короблення, прогари й оплавлення деталей відбуваються найчастіше від температурних перевантажень або недостатнього охолодження. Наприклад, пригоряння кілець у канавках поршнів дизеля веде до перегріву й оплавлення головок; утворення товстого шару нагару в охолоджувальній порожнині поршнів дизеля призводить до появи термічних тріщин і прогару головок; відкладення накипу в порожнині кришки циліндра є причиною її перегріву й короблення.

Раковини на деталях виникають внаслідок місцевого перегріву або хімічної (газової) корозії. Так, у разі поганого прилягання випускних клапанів до кришки циліндра газу прориваються в зазор між тарілкою клапана й кришкою, у результаті на притертих поверхнях вигорає метал і з'являються раковини.

Теплове зношення викликається дією теплоти, що виникає в результаті тертя деталей за великих швидкостей і питомих тисків. Тепло, що утворюється, не встигає відводитися вглиб металу, нагріває його й призводить в одних випадках до своєрідної термічної обробки, в інших – до розм'якшення поверхні й змінання. Цей вид зносу проявляється на кулачках розподільних валів, тарілках штовхачів, на робочих поверхнях циліндрових втулок двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ).

5.3. Класифікація видів зношення в машинах

Зношення в машинах можна поділити на такі групи:

- механічне;
- корозійно-механічне;
- внаслідок дії електричного струму (рис. 5.2).

Механічне зношення відбувається в результаті механічних впливів, а корозійно-механічне – у результаті механічного впливу, що супроводжується хімічною і (або) електричною взаємодією матеріалу із середовищем.

Абразивне зношення матеріалу відбувається внаслідок різальної або дряпальної дії на нього твердих часток, які перебувають у вільному або закріпленому стані. Абразивному зношенню піддаються переважно деталі екіпажної частини теплового (шийки колісних пар), щітки й колектори електричних машин, деталі паливної апаратури дизеля (плунжерні пари), циліндрові втулки, підшипники колінчастого вала та інші з'єднання.

Гідроабразивне й газоабразивне зношення виникають у результаті впливу твердих часток, які зависли в рідині (газі) й переміщуються відносно зношуваного тіла. Гідроабразивному зношенню піддаються тертьові деталі

дизеля, компресора (деталі складальних одиниць із підшипниками ковзання, циліндро-поршневої групи, паливної апаратури й ін.).

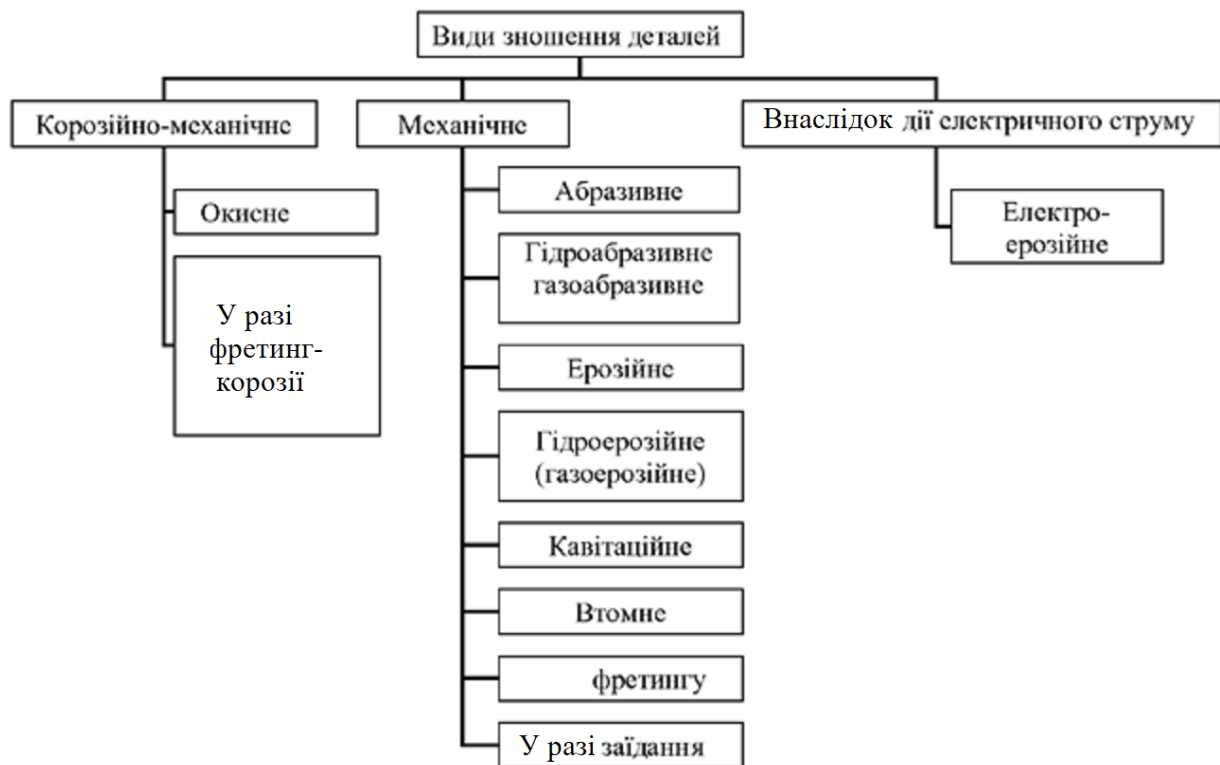


Рис. 5.2. Класифікація видів зношення деталей

Корозійне зношення ділиться на два види: хімічне та електрохімічне.

Хімічне корозійне зношення відбувається під впливом сухих газів або діелектриків (смола, гас, паливо). У результаті утворюються сполуки металу, що мають низьку механічну міцність. До цього зношення схильні: випускні клапани газорозподільного механізму ДВЗ, поршні, кришки циліндрових втулок, випускні колектори ДВЗ та інші з'єднання. *Електрохімічна корозія* виникає в разі з'єднання металу з електролітами (розчини кислот, солей і лугів). Утворені мікрогальванічні з'єднання, у яких роль анода виконують зерна чистого металу, і призводять до руйнування поверхонь. До такого зношення схильні блоки ДВЗ, підшипники ковзання, система охолодження ДВЗ.

Кавітаційне зношення – гідроабразивне зношення, яке виникає внаслідок руху твердого тіла відносно рідини, за якого пухирці газу лопаються поблизу поверхні, що створює місцеве підвищення тиску або температури.

Кавітаційному зношенню піддаються вкладиші підшипників колінчастих валів дизелів з антифрикційним шаром з бабіту, поверхні охолодження циліндрових втулок, корпус водяного насоса й ін.

Ерозійне зношення виникає внаслідок механічного впливу потоку рідини(гідроерозійне) й (або) газу(газоерозійне).

Втомне зношення відбувається за повторного деформування мікрообсягів матеріалу поверхневого шару. Воно спостерігається як за тертя кочення, так і за тертя ковзання. Втомне зношення найчастіше спостерігається в деталях підшипників кочення й зубчастих передачах, підшипників ковзання, зокрема в підшипників колінчастих валів дизелів.

Зношення в разі заїдання відбувається в результаті схоплювання, глибинного виривання матеріалу, переносу його з однієї поверхні тертя на іншу й впливу виниклих нерівностей на сполучену поверхню. Цей вид зношення спостерігається між деталями циліндро-поршневої складальної одиниці дизелів, деталями складальних одиниць із підшипниками ковзання й ін.

Зношення в разі фретингу – механічне зношення дотичних тіл за малих коливальних переміщень (вібрації).

Окисне зношення – хімічна реакція, що відбувається внаслідок впливу на матеріал кисню або іншого окисного середовища. Окисному зношенню піддаються деталі екіпажної частини тепловоза, частини кузова й ін.

Зношення в разі фретинг-корозії – це зношення дотичних тіл за малих коливальних переміщень, викликане одночасним впливом корозійного середовища й тертя (корозії при терті).

Осподібне зношення виникає під час тертя кочення в шарикових і роликових підшипниках і в зубах шестерень. Причина зносу – зосередження великого навантаження на дуже малих площах, що призводить до граничних контактних напружень. Ці умови викликають пластичні деформації в тонких шарах металу з подальшим насиченням їх киснем, тобто утворенням оксидів металів.

Окисне зношення викликається мікропластичними деформаціями в тонких шарах металу з подальшою дифузією кисню. Оксиди заліза, що утворюються FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 мають підвищену крихкість, що призводить у подальшій роботі до викришування металу. Цей вид зношення проявляється на шийках колінчастих валів, циліндрових втулок і пальцях поршнів ДВЗ.

Електроерозійне зношення – ерозійне зношення поверхні в результаті впливу розрядів при проходженні електричного струму. Цьому виду зношення піддаються робочі поверхні контакт-деталей контактних з'єднань електричних машин і апаратів.

Контрольні завдання для самоперевірки

1. Які типи розмірів використовують в ремонтній практиці.
2. Яким розміром визначається технічний стан деталі, що відповідає вимогам заводу-виробника.
3. Як називаються розміри, пошкодження й інші технічні характеристики деталі, при яких вона може бути знову використана на тепловозі й буде задовільно працювати протягом майбутнього міжремонтного періоду.
4. Якими трьома показниками характеризується нормальне зношення.

РОЗДІЛ 6. КОНТРОЛЬ СТАНУ ТА МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНІЧНИХ ЧАСТИН УСТАТКУВАННЯ

Існують різноманітні методи вимірювання зношення деталей, серед яких найбільш поширеними є безпосередній вимір і непрямий вимір.

За безпосереднього виміру розмір або відхилення від нього знаходять за показниками приладу, що контактує з вимірюваною деталлю.

За непрямого виміру шукану величину знаходять шляхом перерахунку результату виміру іншої величини, пов'язаної із шуканою певною залежністю.

Також зношення деталей можна визначити профілографуванням, методами вирізаних лунок, негативних відбитків, радіометричним і інтегральним методами. Визначення зношення деталей радіометричним і інтегральним методами виконується без розбирання об'єкта; у всіх інших випадках об'єкт розбирають частково або повністю.

6.1. Контактний метод вимірювання

Контактний метод виміру (метод мікрометражу) у ремонтній практиці застосовують для визначення величини й характеру зношення, деформації, вигину й короблення деталей, а також для контролю орієнтованого положення деталей у складальних одиницях (зазору, розбігу, перпендикулярності, паралельності тощо). При цьому найчастіше застосовують мікрометри, індикатори, штангенциркулі, індикаторні й мікрометричні нутроміри, глибиноміри, штангензубоміри, щупи, вимірювальні й перевірні лінійки, калібри, шаблони й кутники. Вибираючи контактний вимірювальний інструмент, зручно користуватися номограмами (рис. 6.1), де по горизонталі вказаний обумовлений розмір деталі (діаметр вала або отвору), а по вертикалі – допуски на виготовлення й точність інструмента. Відсутність постійної бази виміру, похибки, що виникають від нестабільності температури деталі й приладу, є недоліками контактного методу.

6.2. Лабораторні та дослідницькі методи вимірювання зношення

Метод профілографування базується на зіставленні профілів поверхні однієї й тієї самої деталі, знятих профілографом до й після зношення. За базу виміру приймається незношена частина поверхні або дно штучної бази (поглиблення), створеної на поверхні тертя. Цей метод застосовують у практиці дослідницьких робіт. Він обмежується формою, розмірами й місцем розташування досліджуваних поверхонь.

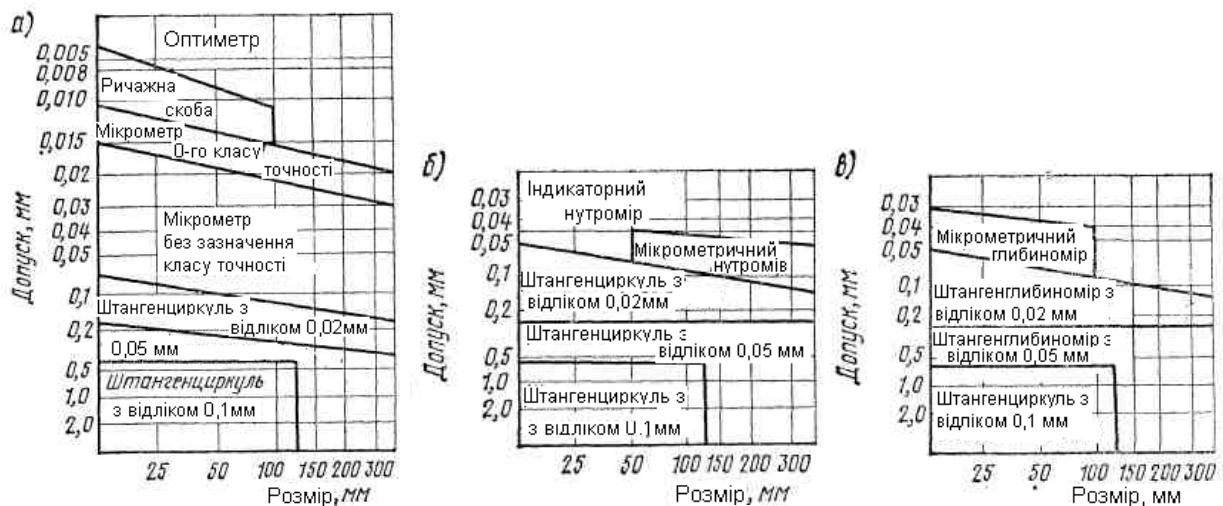


Рис. 6.1. Номограми для вибору контактного вимірювального інструменту:

а – для валів; б – для отворів; в – для заглиблень

Суть **методу вирізаних лунок** полягає в тому, що на поверхні тертя деталі робляться поглиблення – лунки, що мають у перерізі геометрично правильну, заздалегідь відому форму (рис. 6.2). Різниця в глибині лунки до й після зношення відповідає лінійній величині зношення цієї частини поверхні. Метод вирізаних лунок найчастіше застосовують у дослідницьких роботах, коли необхідно швидко встановити величину й характер зношення тієї чи іншої деталі, наприклад, втулок циліндрів, шийок колінчастих валів та ін.

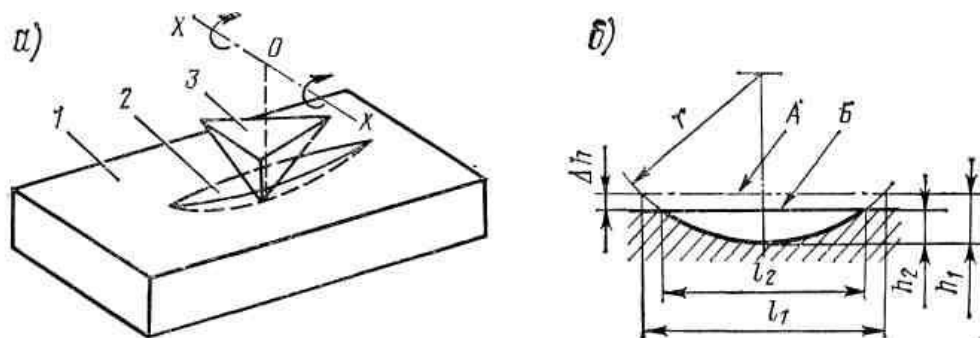


Рис. 6.2. Схема до вимірювання зношення деталей методом вирізаних лунок:

А – поверхня деталі до зношення; Б – поверхня деталі після зношення; а – встановлення різця; б – лунка; 1 – деталь; 2 – лунка; 3 – алмазний різець

Лінійне зношення циліндричної поверхні деталі, якщо лунка розташована перпендикулярно до утвореного циліндра, визначають за формулою

$$\Delta h = h_1 - h_2 = 0,125(l_1^2 - l_2^2) \left(\frac{1}{r} \pm \frac{1}{R} \right),$$

де h_1 , h_2 – глибина лунки до й після певного етапу зношення; r – радіус обертання вершини алмазного різця; R – радіус кривизни поверхні тертя в місці нанесення лунки. Знак «+» для опуклої, знак «-» для увігнутої поверхні; l_1 , l_2 – довжина лунки відповідно до й після певного етапу зношення.

Лінійне зношення плоскої поверхні деталі в місці нанесення лунки знаходять із виразу

$$\Delta h = h_1 - h_2 = 0,125(l_1^2 - l_2^2) \frac{1}{r}.$$

У разі нанесення лунки по утворюючій циліндричній (вздовж утвореної циліндричної?) поверхні тертя h і Δh визначають за формулою для плоскої поверхні.

Метод негативних відбитків є різновидом попереднього методу. З поверхні, яку досліджують, силовим впливом на пластичний матеріал знімається відбиток до й після зношення. За базу вимірювання приймається дно штучного поглиблення, зробленого на поверхні зношення.

Радіометричний метод, або метод мічених атомів, базується на використанні здатності радіоактивних ізотопів до випромінювання. Деталь (або дві сполучені деталі), зношення якої хочуть вивчити, піддають опроміненню радіоактивними ізотопами. У процесі роботи ця деталь омивається мастилом, що несе продукти зношення разом з ізотопами. Випромінювана ізотопами енергія фіксується лічильниками елементарних частинок, змонтованими на мастилопроводах випробуваного об'єкта. За зміною інтенсивності випромінювання роблять висновок про режим зношення деталі як у якісному, так і в кількісному відношенні.

Радіоактивні ізотопи (сурми, вольфраму, кобальту) закладають у зроблені в деталі отвори, уводять у розплавлений метал (якщо ізотопи утворюють із металами твердий розчин) або наносять на окремі ділянки електролітичним методом, дифузією або опроміненням. Цей метод має високу чутливість і дає змогу визначити зношення окремо взятої деталі або сполучених пар без розбирання об'єкта. Застосовується головним чином для дослідницьких цілей. До недоліків методу варто віднести складність процесу опромінення деталей, необхідність застосування складної апаратури й вживання особливих заходів з охорони праці.

Інтегральні методи визначення зношення деталей базуються на знаходженні сумарного зношення шляхом зважування деталі до й після зношення, визначення концентрації різних продуктів зношення в мастилі або на порівняльній оцінці так званих службових властивостей деталей або тертьової пари.

Метод зважування застосовують для визначення зношення зразків у ході лабораторних досліджень. Деталь зважують до й після зношення. Величину втрати маси найчастіше приймають за характеристику зношення деталі. Визначити цим методом лінійне зношення, особливо коли воно нерівномірне, практично неможливо. Не можна застосовувати цей метод і для визначення зношення громіздких деталей, а також деталей, виготовлених з пористих матеріалів (через заповнення пор мастилом) і матеріалів, схильних до пластичної деформації.

Метод визначення зношення деталей за ступенем забруднення мастила продуктами зношення. Цей метод зводиться до того, що від мастила через

певні проміжки відбирають проби. Кожна проба спалюється й у золі, що залишилася, хімічним, полярографічним або спектральним аналізом визначають вміст різних металів – заліза, міді, свинцю та інших. Цим методом можна дати лише загальну оцінку швидкості зношення різних тертьових пар машини, але не можна встановити лінійну величину й характер зношення окремих деталей або з'єднань. При цьому можливі похибки через те, що великі частки продуктів зношення осідають на дні резервуарів і в трубопроводах і можуть не потрапити в мастило, що відбирається для аналізу проби. Тому цей метод застосовують здебільшого для контролю стану деталей під час нормальної експлуатації, для визначення ненормального (аварійного) зношення деталей як один з методів технічної діагностики й у тих випадках, коли необхідна порівняльна оцінка впливу різних факторів (мастил, палива, матеріалів тощо) на зношеність деталей без розбирання досліджуваного об'єкта.

Метод визначення зношення за порівняльною оцінкою службових властивостей. Найчастіше за критерій «службових властивостей» приймають характер зміни тиску або витрати робочого тіла (повітря, палива, мастила). Наприклад, про сумарне зношення деталей циліндро-поршневої складальної одиниці дизеля судять за зменшенням тиску стиснення (компресії) у циліндрі або за збільшенням витрат мастила «на вигар» в експлуатації; про сумарне зношення деталей плунжерної пари паливного насоса дизеля – за величиною витoku палива між плунжером і його гільзою; про сумарне зношення отворів розпилювача форсунки – за витратою просоченого через отвори повітря або палива.

Із приладів, що базуються на залежності між зазором (прохідним перетином) і зміною витрати повітря, найбільшого поширення набули *ротаметри* – пневматичні мікрометри, що володіють високою точністю виміру.

6.3. Методи неруйнівного контролю

Існує кілька видів неруйнівного контролю, кожний з яких містить кілька методів. У ремонтній практиці застосовують такі з них: візуально-оптичний, магнітопорошковий, кольоровий і люмінесцентний, відбитого випромінювання, рідинний і газовий, вихрострумовий.

6.3.1. Візуально-оптичний метод

Як і всі оптичні методи, цей метод базується на одержанні первинної інформації про об'єкт ремонту в результаті візуального спостереження або за допомогою оптичних приладів. Цей метод простий, потребує малої витрати часу, порівняно недорогий.

Об'єкт досліджується візуально або за допомогою світлочутливих приладів: луп, мікроскопів, лінзових або волоконних ендоскопів, перископічних дефектоскопів тощо.

Більшість ендоскопів має трубчастий циліндричний корпус, у якому розміщені освітлювальна апаратура й оптична система. Ендоскопи бувають лінзові (тверді) і волоконні (гнучкі). У гнучких ендоскопах світло й зображення передаються через світловоди, тобто по каналах для передачі світла, що має

розміри, які в багато разів перевищують довжину хвилі світла. Деякі світловоди являють собою прозорі діелектричні стрижні або нитки (волокна), з'єднані в джгути (снопи).

У конструкції кожного гнучкого ендоскопа є регулярний джгут волокон для передачі зображення (з діаметром волокон 12-17 мкм або більше) і освітлювальний джгут нерегулярного укладання. Джерелом світла служить освітлювач, виконаний у вигляді окремого блоку з потужними лампами. За допомогою рукояті, розташованої біля окуляра, об'єктивна частина ендоскопа може гнутися в одній площині на кут $\pm 120^\circ$. Роздільна здатність (чутливість) джгутів довжиною понад 1 м приблизно $12-15 \text{ мм}^{-1}$, коротких – майже 20 мм^{-1} . Максимальна роздільна здатність довгих світловодів з тонких волокон не перевищує $40-45 \text{ мм}^{-1}$.

З допомогою ендоскопів можна оглядати деталі й поверхні складальних одиниць, сховані прилеглими деталями й недоступні прямому спостереженню, перевіряти стан внутрішніх поверхонь різних закритих складальних одиниць, наприклад камери згоряння циліндра дизеля, порожнин різних редукторів, турбокомпресора тощо.

Особливу увагу під час контролю звертають на поверхні, розташовані в зонах високих теплових і механічних навантажень, а також у зонах концентрації напружень.

6.3.2. Магнітопорошковий метод

Магнітопорошковий метод неруйнівного контролю – один з методів, що належить до магнітного виду контролю. Він базується на реєстрації магнітних полів розсіювання над пошкодженнями з використанням як індикатора феромагнітного порошку або магнітної суспензії. Суть методу така. Контрольовану деталь намагнічують, а потім на її поверхню наносять феромагнітний порошок – індикатор. Якщо пошкодження поверхневе або розташоване досить близько до поверхні, то там, де воно є, виникає індикаторний слід із часточок феромагнітного порошку. При цьому вони ніби окреслюють контур пошкодження, тобто показують його місцезнаходження, форму й довжину.

Існують два методи намагнічування деталей: полюсне й безполюсне (циркулярне). За першого методу деталь намагнічують електромагнітом або соленоїдом (намагнічувальна котушка), при цьому в деталі виникають поздовжні силові лінії (рис. 6.3, а). За безполюсного методу суцільна деталь намагнічується включенням її в коло струму, а порожня – за допомогою масивного провідника, що поміщається усередину деталі й включений в коло джерела живлення (рис. 6.3, б). У цьому випадку в деталі виникають поперечні магнітні силові лінії.

Найбільшого поширення на ремонтних підприємствах набули дефектоскопи змінного струму круглі типу ДГЕ-М, сідлоподібні типу ДГС-М і настільні типу ДГН (рис. 6.4). Усі вони є соленоїдними приладами й призначені для виявлення поперечних тріщин у деталях. Загальним для цих дефектоскопів є те, що контроль ведеться за діючого магнітного поля, тобто з увімкненим дефектоскопом.

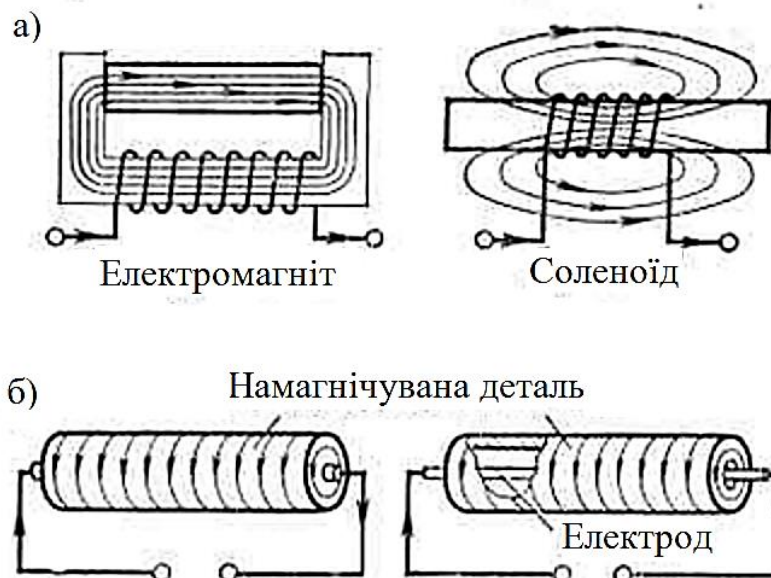


Рис. 6.3. Схема намагнічування деталей:

а – полюсного; б – без полюсного

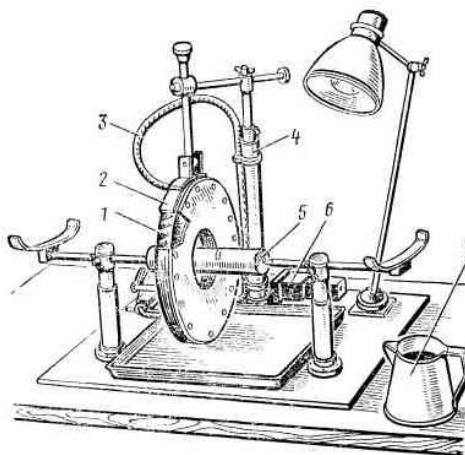


Рис. 6.4. Магнітний дефектоскоп типу ДГН-1Б:

1 – намагнічувальна котушка; 2 – корпус; 3 – трижильний кабель; 4 – стояк; 5 – еталон; 6 – понижувальний трансформатор; 7 – посудина з магнітною сумішшю

Справність дефектоскопа і якість індикатора перевіряють на еталоні - сталевому валику, частині бандажа тощо із тріщинами або зачеканеною штучною вставкою.

Технологічний процес контролю деталей магнітним дефектоскопом складається з таких операцій: підготовки дефектоскопа й контрольованої деталі, намагнічування деталі і її контроль, розмагнічування деталі. У дефектоскопа за допомогою мегомметра перевіряють стан ізоляції струмопровідних частин і надійність заземлення його металевих частин. Поверхні деталі, що піддаються контролю, ретельно очищають.

Увімкнутий у мережу дефектоскоп розташовують на контрольованій деталі таким чином, щоб забезпечити поздовжнє намагнічування, особливо місць, найбільш схильних до утворення тріщин (галтелей, кутів прямокутних рамок, шпонкових гнізд, отворів тощо).

На контрольовані поверхні насипають сухий порошок або поливають їх суспензією, тобто суспензією цього порошку в рідині (мінеральних мастилах, гасі, дизельному паливі). У випадку скупчення порошку на якій-небудь ділянці у вигляді характерної жилки (індикаторний слід), що вказує на наявність тріщини, це місце обтирають і знову перевіряють. Пошкоджене місце окреслюють крейдою.

Для розмагнічування, не вимикаючи дефектоскоп, деталь поступово віддаляють від приладу (або прилад від деталі) на відстань не менше ніж 1-1,5 м. Після цього дефектоскоп вимикають. Повністю розмагнічена деталь не повинна притягати пластину щупа. Розмагнічування деталей є необхідним процесом, тому що намагнічені деталі тривалий час можуть притягувати до себе феромагнітні частки, які особливо небезпечні для деталей складальних одиниць із підшипниками кочення й ковзання.

Як індикатор використовують феромагнітні порошки, отримані або термічним розкладанням пентокарбонату заліза, або розпиленням заліза електричною дугою в гасі, а також порошки з окалини заліза, відходів сталі, з фериту. Найбільшого застосування набув чорний магнітний порошок. Для збільшення контрастності зображення застосовують порошки жовтого, червоного і яскраво-жовтого кольорів.

Магнітопорошковий метод дуже ефективний для виявлення поверхневих пошкоджень. Контроль деталей цим методом надійний, недорогий і наочний.

До недоліків методу варто віднести труднощі, що виникають під час розмагнічування великих деталей (колінчастих валів, блоків), недоступність безпосереднього контролю деталей у складальних одиницях без їхнього розбирання, а також неможливість контролю деталей з кольорових металів і сталей аустенітного класу.

6.3.3. Кольоровий (хроматичний, капілярний) метод

Цей метод полягає в реєстрації контрасту кольорового індикаторного сліду на фоні поверхні контрольованого об'єкта ремонту у видимому випромінюванні.

Капілярний метод неруйнівного контролю базується на капілярному проникненні всередину дефекту індикаторної рідини (пенетранта) і призначений для виявлення дефектів, що мають вихід на поверхню об'єкта контролю. Цей метод придатний для виявлення несутільностей з поперечними розміром 0,1-500 мкм, зокрема наскрізних, на поверхні чорних і кольорових металів, сплавів, кераміки, скла тощо. Широко застосовується для контролю цілісності зварного шва.

Пенетрант наносять на очищену поверхню об'єкта контролю. Завдяки особливим якостям, які забезпечуються підбором певних фізичних властивостей пенетранта (поверхневий натяг, в'язкість, щільність), він під дією капілярних сил проникає в найдрібніші дефекти, що мають вихід на поверхню об'єкта контролю.

Проявник, що наноситься на поверхню об'єкта контролю через деякий час після обережного вилучення пенетранта з поверхні, розчиняє барвник, що

перебуває всередині дефекту, і за рахунок дифузії «витагує» пенетрант, що залишився в дефекті, на поверхню об'єкта контролю.

Наявні дефекти видно досить контрастно. Індикаторні сліди у вигляді червоних ліній вказують на тріщини або розшарування, окремі точки — на пори.

Технологічний процес контролю деталей кольоровим методом складається з таких операцій: підготовки контрольованої деталі, змочування індикаторною рідиною, очищення поверхні від індикаторної рідини, нанесення фарби-проявника, перевірки контрольованої поверхні.

Поверхню деталі, що підлягає контролю, очищають і знежирюють (ацетоном, розчинниками 645, 646, 647 і ін.) і сушать 15-20 хв на повітрі. Потім деталь занурюють в індикаторну рідину або рясно змочують нею контрольовану поверхню (рис. 6.5). За 10-15 хв, коли рідина проникне глибоко в тріщини й пори, залишки індикаторної рідини з поверхні деталі видаляють мастильно-гасовою сумішшю (70 % трансформаторного мастила й 30 % гасу за об'ємом). Індикаторну рідину змивають, не очікуючи її висихання. Тривалість контакту суміші з поверхнею деталі не повинна перевищувати 4-5 хв. Суміш видаляють із деталі ганчіркою. Після цього контрольовану поверхню деталі рівномірно, уникаючи патьоків і «прозорих» місць, покривають тонким шаром фарби-проявника.

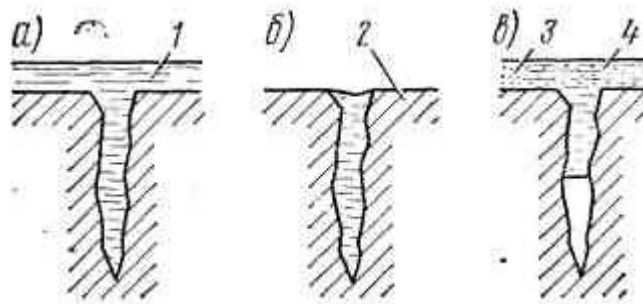


Рис. 6.5. Контроль деталей кольоровим або люмінесцентним методом:

а – порожнина тріщини, заповнена індикаторною рідиною; б – рідина видалена з поверхні деталі; в – нанесено проявник, тріщина виявлена; 1- індикаторна рідина; 2 – деталь; 3 – проявник; 4 – індикаторний малюнок тріщини

За кілька хвилин на поверхні деталі, що має тріщину, пори тощо, з'являється індикаторний слід, що копіює пошкодження. Відбувається це завдяки тому, що індикаторна рідина із тріщини під дією капілярних сил витягається в мікропори проявника, що діє як промокальний папір.

Промисловість випускає комплекти в балонах для кольорової дефектоскопії. Як індикаторна рідина може служити також суміш, приготована з 80 % гасу, 20 % скипидару й 15 г фарби «Судан IV» на 1 л суміші. Застосовують також суміш з 75 % гасу, 20 % трансформаторного мастила й 5 % атраценового мастила. У разі використання індикаторних рідин, приготованих на гасі, як проявник застосовують сухий мікропористий порошок селікагеля або водяний розчин крейди або каоліну (на 1 л води 600-700 г каоліну або 300-400 г порошку крейди).

Кольоровий метод неруйнівного контролю застосовують для виявлення тріщин, пор тощо в металевих, пластмасових деталях і деталях із твердих сплавів. Цей метод наочний, простий і недорогий. Він дозволяє контролювати деталі в складальних одиницях без їхнього розбирання, має гарну роздільну здатність, особливо за кімнатної температури.

Для контролю деталей кольоровим методом найчастіше під час ремонту застосовують переносний дефектоскоп ДМК-4, виконаний у вигляді валізи розміром 430x250x200 мм із гніздами й секціями. У цій валізі, крім портативного дефектоскопа, розміщені пристрої для контролю. Дефектоскоп дає змогу контролювати складальні одиниці у важкодоступних місцях.

6.3.4. Люмінесцентний метод

Цей метод полягає у реєстрації контрасту люмінесцентними видимим випромінюванням сліду на фоні поверхні контрольованого об'єкта ремонту в довгохвильовому ультрафіолетовому випромінюванні.

Технологічний процес контролю деталей люмінесцентним методом майже не відрізняється від кольорового методу. Так само використовують індикаторні рідини, але до їхнього складу вводять люмінофори - речовини, які світяться власним світлом під впливом ультрафіолетових променів.

На залізничному транспорті частіше застосовують три суміші індикаторних рідин:

- норіол Б – 35 %;
- гас 64,5 %, бензин 10 %, емульгатор (ОП - 10, ОП - 7, або ОП - 4) 0,5 %;
- норіол А – 15 % і гас – 85 %;
- трансформаторне мастило – 50 %, гас – 50 % з додаванням на 1 л суміші 5 г технічного антрацену.

За люмінесцентного методу контролю використовують переносний дефектоскоп КД-31Л, призначений для локального контролю деталей під час ремонту й технічного обслуговування. Дефектоскоп являє собою ультрафіолетовий опромінювач, з'єднаний кабелем з пускорегулювальним апаратом і розміщений у пакувальній валізі розміром 340×130×230 мм.

6.3.5. Метод відбитого випромінювання (ехо-метод)

Метод базується на реєстрації хвиль, полів або потоку елементарних часток, відбитих від пошкодження або поверхні розподілу двох середовищ.

Під час ремонту тепловозів контроль ехо-методом здійснюють ультразвуковими дефектоскопами УЗД-64 (рис. 6.6), УД2-70. Імпульсний генератор 4 через однакові проміжки часу посиляє короткі електричні імпульси на п'єзоелектричну пластину передавального індикатора 6, що перетворює ці імпульси в ультразвукові й спрямовує в контрольований об'єкт 7. Одночасно починає працювати генератор розгорнення 2. За відсутності пошкодження ультразвукові коливання відбиваються від протилежної поверхні (дна) об'єкта й сприймаються тією самою пластиною прийомного індикатора 5, де вони знову перетворюються в електричні імпульси, які надходять у підсилювач 3, а потім на

вертикально-відхильні пластини електронно-променевої трубки 1. На її екрані при цьому виникає так званий донний сигнал. За наявності в об'єкті пошкодження частина коливань спочатку відіб'ється від нього (ехо-сигнал), а інша частина відіб'ється від протилежної сторони об'єкта (донний сигнал). Внаслідок цього на екрані дефектоскопа ліворуч донного сигналу виникне ехо-сигнал від пошкодження.

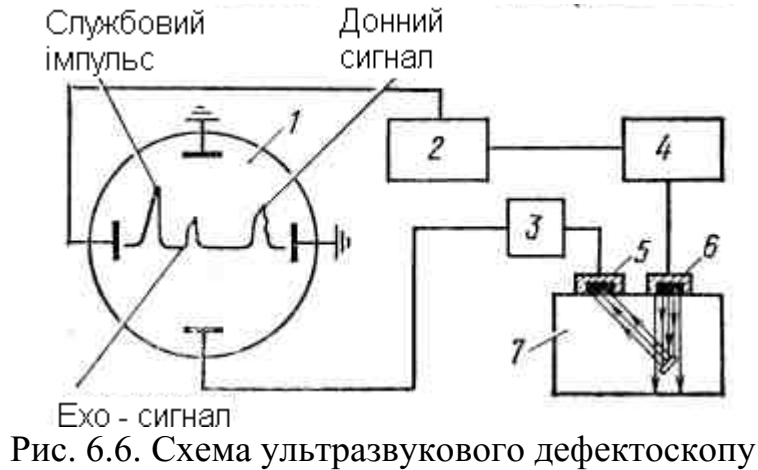


Рис. 6.6. Схема ультразвукового дефектоскопу

Для виготовлення індикаторів застосовують керамічні пластини титана барію, поверхні яких покривають тонким шаром срібла.

Технологічний процес ультразвукового контролю складається з таких операцій: вимірювання опору ізоляції струмопровідних частин і перевірки надійності заземлення металевих частин дефектоскопа, увімкнення й налагодження дефектоскопа, підготовки до контролю й контроль об'єкта. Розглянемо цей процес на прикладі контролю поршня дизеля марки Д100. Поршень, особливо його перші три канавки під кільця, ретельно очищають. Щоб уникнути повітряного прошарку між індикатором і поршнем і тим самим створити кращі умови для проникнення коливань у метал, поверхню канавок, що перевіряються, рясно змащують мастилом. Поршень бічною поверхнею укладають на ролики, що дозволяють вільно його обертати навколо осі. Після увімкнення й налагодження дефектоскопа до нього приєднують індикатор, ніжки якого вставляють у канавку поршня (рис. 6.7). Індикатор щільно притискають до поверхні поршня й починають його повільно повертати на роликах. За наявності пошкодження сигнали на екрані дефектоскопа сильно зменшаться по висоті або зовсім зникнуть. Повертаючи поршень і спостерігаючи за екраном дефектоскопа, відзначають розміри й місце розташування пошкодження. Початок пошкодженого місця визначають за зниженням висоти сигналів, а кінець — за її збільшенням.

До переваг методу відбитого випромінювання (ехо-методу) варто віднести можливість виявлення глибинних пошкоджень як в окремих деталях, так і в деталях, що перебувають у складальних одиницях, незалежно від матеріалу, з якого вони виготовлені. Наприклад, можна виявити пошкодження в

підматочинній частини осі зібраної колісної пари, на шийках колінчастого вала, не знятого з дизеля, у болтах кріплення полюсів зібраного тягового електродвигуна, визначити, чи немає пропуску газів з камери згоряння циліндрів дизеля марки Д100 (через адаптери) у водяну порожнину циліндрових втулок тощо.

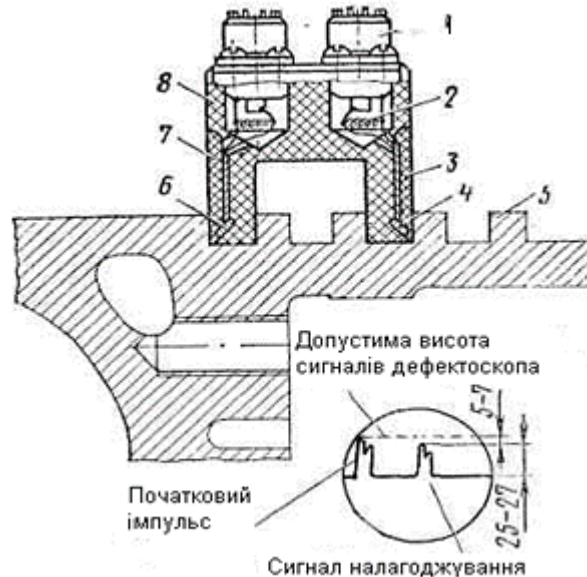


Рис. 6.7. Індикатор до ультразвукового дефектоскопа для знаходження тріщин і крихкостей у пазах поршня:

1 – штепсельний рознім; 2 – індукційна котушка; 3,7 – демпфери; 4,6 – п'єзоелектричні пластини; 5 – поршень; 8 – корпус

Недоліки цього методу: необхідність виготовлення «свого» індикатора для перевірки кожного типу об'єкта з урахуванням його форми, розмірів, матеріалу. Наприклад, тільки для контролю шийок колінчастого вала дизеля марки Д100 потрібно мати п'ять різних індикаторів. Крім того, потрібні попереднє ретельне очищення контрольованої частини об'єкта, знання особливостей роботи апаратури й навички під час розшифрування пошкоджень.

У ремонтній практиці застосовують ще один дуже давній метод неруйнівного контролю, що також можна віднести до акустичного виду. *Це метод обстукування деталі молотком.* У цьому випадку наявність тріщин (наприклад, у бандажів колісних пар) або надійність кріплення деталей визначається за тональністю звуку. Цей метод не є надійним, тому що частота звукових коливань залежить від виду з'єднання деталей, характеру й сили удару й, звичайно, від досвіду виконавця.

6.3.6. Рідинний і газовий методи контролю

Ці методи базуються на реєстрації індикаторних рідин і газів, що проникають через наскрізні пошкодження контрольованого об'єкта.

У разі застосування цих методів контролю порожнину об'єкта, який перевіряється, заповнюють індикаторною рідиною або газом під певним тиском.

Про наявність пошкоджень (тріщин, раковин, непроварів, розгерметизації з'єднання тощо) судять: у рідинному методі – за «потінням», течєю, зміною тиску; у газовому методі – за утворенням пухирців газу на поверхні об'єкта, покритого мильним розчином, або коли об'єкт занурений у рідину.

Ефективність контролю цими методами підвищується, якщо для перевірки використовується індикатор (рідина, газ), *нагрітий до робочої температури*, тобто температури, за якої об'єкт працює в експлуатації. Наприклад, контроль водяних секцій радіатора холодильника, блоку, циліндрових кришок і втулок дизеля ведеться водою, нагрітою до 60–70 °С. Застосування гарячого індикатора підвищує якість контролю. Пояснюється це тим, що, нагріваючись, індикаторна рідина стає менш в'язкою, крім того, швидше розм'якшуються забруднення, що закупорюють пори й тріщини.

Обпресування звичайно ведеться тиском, що перевищує робочий, протягом 3–5 хв. Якщо перевіряється об'єкт, який не має порожнини для циркуляції робочої рідини, тиск обпресування доводять до 0,1 МПа або такі порожнини контролюють наливом рідини. Як індикатор під час ремонту використовують воду, гас, дизельне паливо, стиснене повітря.

Недолік розглянутих методів полягає в тому, що не можна виявити некрізьмі пошкодження, а також пошкодження, щільно закупорені забрудненнями.

6.3.7. Вихрострумний метод

Цей метод базується на взаємодії власного електромагнітного поля котушки з електромагнітним полем вихрових струмів, що наводяться цією котушкою в контрольованому об'єкті. Коли до металевих об'єкта контролю підноситься котушка (датчик), якою протікає змінний струм, у поверхневих шарах об'єкта наводяться вихрові струми. Магнітне поле (вторинне) цих струмів спрямовано назустріч полю котушки збудження. Характер поширення вихрових струмів змінюється за наявності в металі пошкоджень або неоднорідності. При цьому змінюються симетрія, амплітуда й фаза вторинного магнітного поля. Це поле взаємодіє з полем збудження, утворюючи результуюче поле, що і несе в собі інформацію про характер пошкодження. Наявність в об'єкті контролю пошкоджень виявляють за зміною амплітуди й фази струму в котушці збудження або прийомній котушці. Часто для цього використовують ту саму котушку-перетворювач (рис. 6.8).

Для відшукування тріщин пор та інших пошкоджень в об'єктах ремонту, виготовлених з металевих матеріалів, використовують електромагнітні дефектоскопи типів ВД-1ГА, ППД-2М, ВДЦ-2М з накладними датчиками (раніше останній дефектоскоп мав назву ПЕИТ-2, тобто портативний електромагнітний шукач тріщин). Електромагнітний дефектоскоп ВД-1ГА одержує живлення від мережі 24 або 36 В змінного струму з частотою 50 Гц, має чотири типи змінних датчиків (діаметр котушки датчика 1,5 мм), робоча частота 3000 кГц, індикатор стрілочний й звуковий, маса приладу 3 кг. Розміри тріщин, які надійно виявляються: довжина 1,5 мм, глибина 0,2 мм.

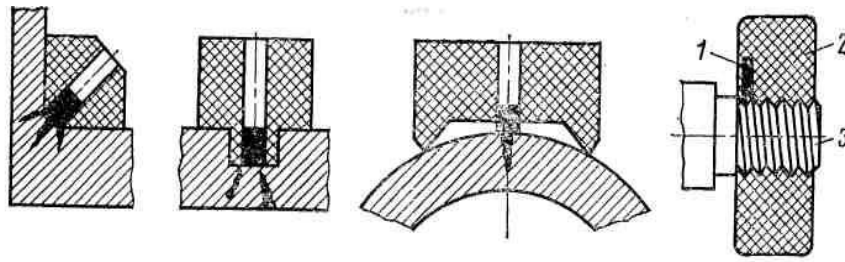


Рис.6.8. Положення різних накладок датчиків під час контролю деталей вихрострумовим методом:

1- датчик; 2 – накладка датчика; 3 – деталь

Технологічний процес контролю електромагнітним дефектоскопом складається з підготовки об'єкта контролю, налаштування дефектоскопа й перевірки поверхні досліджуваного об'єкта ремонту.

Електромагнітний метод контролю здебільшого придатний для виявлення поверхневих і розташованих поблизу до поверхні пошкоджень. Чутливість (або роздільна здатність) методу значно залежить від місця розташування й походження пошкодження. Виявляються тільки ті пошкодження, які істотно змінюють траєкторію вихрових струмів. Найбільш ефективно ідентифікуються тріщини втомного й термічного характеру на поверхні металу як в окремих деталях, так і деталей, що перебувають у складальних одиницях. У ході ремонту тепловозів електромагнітні дефектоскопи з набором накладних датчиків можуть використовуватися для виявлення тріщин у канавках поршнів дизеля марки Д100, шийках колінчастих валів, у болтах або шпильках кріплення кришок шатунних і корінних підшипників колінчастого вала тощо.

Контрольні завдання для самоперевірки

1. Вкажіть переваги визначення технічного стану деталей контактним інструментом.
2. Наведіть методів визначення технічного стану деталей, які відносяться до інтегральних.
3. Назвіть два найсуттєвіших недоліки магнітної дефектоскопії.
4. Вкажіть, який із трьох всплесків на екрані осцилографа при ультразвуковій дефектоскопії вказує на наявність тріщини в деталі.

РОЗДІЛ 7. СПОСОБИ РЕМОНТУ І ВІДНОВЛЕННЯ СПРАЦЬОВАНИХ ДЕТАЛЕЙ І СПРЯЖЕНЬ

7.1. Методи ремонту. Система допусків і градацій

Сучасна система ремонту передбачає використання таких методів, як агрегатний, поточний і поточно-конвеєрний, спеціалізацію за типами (серіями) тепловозів, концентрацію окремих видів ремонту у великих, оснащених спеціальним обладнанням цехах.

7.1.1. Методи ремонту локомотивів

Агрегатний метод ремонту полягає в заміні окремих складальних одиниць тепловоза на раніше відремонтовані. Найбільшого поширення цей метод набув у поточному ремонті ПР-3. Відремонтовані та перевірені складальні одиниці (дизель, візки, тягові електродвигуни та інші електричні машини, вузли холодильника) встановлюють замість раніше знятих. Агрегатний метод дозволяє знизити в 2-3 рази простій тепловоза в ремонті, збільшити продуктивність праці та якість ремонту.

Поточний метод є більш прогресивним і передбачає організацію ремонту таким чином, що всі розбиральні й складальні операції виконують у суворій послідовності на спеціально обладнаних механізованих позиціях. Для поточного ремонту в локомотивних депо створені поточні лінії ремонту агрегатів.

Ще продуктивнішим є *поточно-конвеєрний метод* ремонту, коли окремі поточні лінії об'єднані в єдиний комплекс та їхня робота підпорядковується єдиному ритму, який визначається ритмом складальної поточної лінії. Ритм – це проміжок часу між двома випусками з ремонту тепловозів або агрегатів, які були в одній черзі. Ритми бувають добові, 16-, 12- і 8-годинні. Застосування поточно-конвеєрного методу ремонту тепловозів з примусовим 8-мигодинним ритмом дає змогу вдвічі збільшити продуктивність тепловозоскладального цеху.

7.1.2. Система допусків і посадок, ремонтні градації

Для всіх видів ремонту застосовують систему допусків і градацій на розміри окремих деталей і агрегатів. У системі допусків і посадок для деталей різних класів точності залежно від розмірів встановлені граничні (верхні та нижні) відхилення від номінального розміру. Наприклад, діаметр отвору позначений $\varnothing 10A_3$. Для знаходження відхилення від номінального діаметра 10 мм необхідно за таблицею «Поля допусків і посадок відхилень отворів» спеціальних довідників у рядку від 6 мм до 10 мм і в колонці A_3 знайти значення цих відхилень у мікронах. Ця система дає змогу здійснювати складання деталей в складальні одиниці без індивідуальної підгонки, на основі їх взаємозамінності.

У ході ремонту, крім того, використовують також ремонтні допуски та градації. Ремонтні допуски на розміри деталей, зазори в їх спряженнях встановлюють з метою використання частково зношених деталей. Їх значення різні для різних видів ремонту тепловоза; вони збільшуються від капітального до поточного виду ремонту та їх вказують для основних деталей в правилах ремонту, інструкціях.

Для окремих відповідальних дорогих деталей, крім допусків, є градації розмірів, тобто спряжена деталь повинна мати однаковий градаційний розмір. Наприклад, для діаметра шийки колінчастого вала дизелів типу Д100 встановлені сім градаційних розмірів. Ступінь градації дорівнює 0,5 мм. Стільки ж градацій за товщиною мають вкладиші підшипників колінчастого вала зі ступенем 0,25 мм. Під час складання градаційні розміри (за номером градації) шийки вала і вкладиша повинні збігатися. Тоді будуть витримані встановлені зазори в підшипниках.

7.2. Методи відновлення деталей локомотивів

7.2.1. Способи усунення дефектів

Пошкодження в механічних частинах устаткування тепловоза виникають звичайно в з'єднаннях. Причинами більшості з них є зношення й ослаблення посадки й лише менша частина пошкоджень викликається механічним і хіміко-тепловим впливом. Тому перед ремонтним персоналом найчастіше виникає питання, як відновити первісну посадку (натяг, зазор, прилягання тощо) у з'єднаннях тих чи інших деталей, тобто як повернути початкові розміри, геометричну форму й поверхневі властивості деталям класу «вал» (шийки валів, пальців, валиків, цапф) або класу «отвір» (отвори циліндрів і втулок, гнізда підшипників та ін.). Ці деталі, як правило, зношуються нерівномірно, деформуються, стають овальними, на тертьових і контактних поверхнях з'являються риски, задири, наклеп, раковини й інші дефекти. Рідше доводиться вирішувати питання, пов'язані з відновленням цілісності деталей, тобто усуненням тріщин, відколів, раковин тощо.

Відновити первісну посадку деталей з'єднання, працездатність якого порушена зношенням, ослабленням посадки або деформацією деталей, можна двома шляхами:

- зміною номінального (первісного) розміру деталі з одночасним одержанням нормальної геометричної форми. Така зміна здійснюється, як правило, слюсарно-механічною обробкою пошкоджених поверхонь. При цьому відновлюється тільки посадкова або контактна поверхня;
- відновленням номінальних розмірів і форми деталі.

У переважній більшості випадків деталі з пошкодженнями зношеного характеру відновлюють нарощуванням тим чи іншим методом, а потім піддають (де це потрібно) механічній, тепловій або хіміко-термічній обробці. У цьому випадку відновлюється як нормальна посадка, так і номінальний розмір деталей. Що ж стосується усунення пошкоджень аварійного характеру й пошкоджень, викликаних механічним або хіміко-тепловим впливом, то неможна

рекомендувати які-небудь загальні шляхи їхнього усунення, тому що в цьому випадку пошкодження можуть бути досить різноманітними.

Усунення дефектів обробкою деталей під ремонтний розмір і додатковими ремонтними деталями.

Спосіб ремонтних розмірів полягає в тому, що одну зі зношених деталей з'єднання, зазвичай дорожчу або складнішу, піддають механічній обробці до встановленого розміру, а іншу деталь замінюють відновленою або новою, виготовленою також під ремонтний розмір.

Величину нормалізованого ремонтного розміру встановлюють залежно від величини й характеру зносу поверхні, а також від припуску на механічну обробку. Припуск – це шар матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки з метою досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні.

Спосіб додаткових ремонтних деталей ґрунтується на використанні заздалегідь заготовлених ремонтних деталей, які встановлюють на спеціально підготовлені поверхні або якими повністю замінюють зношену частину деталі.

У першому випадку додаткові деталі мають форму гільзи, кільця, втулки, диска, пластини тощо, а в другому – форму видаленої частини деталі.

Усунення дефектів тиском. Цей спосіб ґрунтується на використанні пластичних властивостей матеріалу деталей, що відновлюються, і застосовується в трьох випадках: для відновлення розмірів зношених поверхонь; для відновлення форми деформування деталей; для відновлення втомної міцності та жорсткості деталей.

У процесі усунення дефектів цим способом необхідне дотримання таких вимог:

- збереження розмірів і форми всіх невідновлюваних поверхонь деталі,
- отримання механічних властивостей, які були б не нижчими, ніж у нових деталей,
- забезпечення мінімального обсягу робіт з механічної та термічної обробки деталі.

Усунення дефекту зварюванням і наплавленням. Зварюванням називається процес отримання нерознімного з'єднання металевих виробів місцевим сплавленням або пластичною деформацією. Наплавлення є різновидом зварювання й полягає в нанесенні на поверхню деталі шару розплавленого металу, призначеного для відновлення розмірів деталі або для підвищення її зносостійкості з подальшою обробкою. Необхідно зауважити, що такий спосіб усунення дефектів є найбільш поширеним у авторемонтному виробництві. Широке застосування цього способу пояснюється можливістю відновлювати деталі, виготовлені з різних металів, які мають найрізноманітніші дефекти.

Усунення дефектів напиленням. Сутність цього способу полягає в розплавленні металу й розпиленні його стисненим повітрям на дрібні частинки, які, рухаючись із великою швидкістю, потрапляють на заздалегідь підготовлену до обробки поверхню деталі, утворюючи на ній металеве покриття. Напилення застосовують для відновлення деталей зі зношеними плоскими, зовнішніми та внутрішніми циліндричними поверхнями, закладення тріщин на корпусних деталях, підвищення корозійної стійкості, жароміцності тощо.

Характерні дефекти та способи їх усунення

Вид дефекту	Сутність усунення дефекту	Спосіб усунення
Знос деталей	Відновлення геометричної форми та розміру: а) з нанесенням шару металу або іншого матеріалу на зношену поверхню; б) без нанесення металу або інших матеріалів на зношену поверхню (відновлення первісної форми і шорсткості)	Зварювання (наплавлення) плавленням, зварювання тиском, напилювання, металізація, електроконтактне приварювання металевого шару, електролітичні металопокриття, нанесення полімерів, термодифузійне цинкування, постановка проміжних (додаткових ремонтних) деталей. Обробка тиском, термічні методи обробки деталей. Слюсарно-механічна обробка, електричні способи обробки
Втрата властивостей матеріалу деталі	Відновлення фізико-механічних властивостей матеріалу деталі	Термічна, термомеханічна, електромеханічна, електроіскрова, хіміко-термічна, зміцнювальні обробки, поверхнево-пластичне деформування, ультразвукова обробка
Відкладення (наноси) на деталях	Очищення деталей	Механічна, хімічна, термічна, електрохімічна, ультразвукова та інші види обробки
Деформації та руйнування деталей	Відновлення геометричної форми. Відновлення первісної щільності та міцності	Механічне правлення, правлення з використанням наклепу і деформацій, що виникають під час нагрівання та охолодження. Заварювання тріщин і пробоїн, паяння, закладення клеями і замазками, встановлення накладок, вставок

Усунення дефектів гальванічним і хімічним нарощуванням металу. Сутність відновлення деталей гальванічними покриттями полягає в електролітичному осадженні металу на попередньо підготовлену поверхню під час проходження струму через електроліт, тобто під час електролізу. Найпоширенішими видами нарощування є хромування, заливання, міднення і цинкування.

Характерною особливістю цих способів є відсутність нагрівання деталі та структурних змін її металу, що вигідно відрізняє їх від інших способів усунення дефектів.

Усунення дефектів електроіскровою обробкою. Цей спосіб застосовується на авторемонтних заводах для легування та нарощування зношених поверхонь деталей. Під час електроіскрового способу нарощування (зміцнення) використовується явище електричної ерозії (руйнування) і перенесення металу інструмента (анода) на деталь, що відновлюється (катод), під час проходження іскрових розрядів у газовому середовищі.

Усунення дефектів із використанням синтетичних матеріалів. Цей спосіб застосовують для відновлення розмірів у нерухомих посадках, а також для усунення тріщин і пробоїн.

Усунення дефектів пайкою. Цей спосіб застосовується для відновлення деталей, що мають механічні пошкодження. Пайкою називається процес з'єднання нагрітих частин металу, що залишаються у твердому стані, шляхом введення в зазор між ними розплавленого припою. Розплавлений припій змочує поверхні, що з'єднуються, а після охолодження твердне й скріплює ці поверхні.

З огляду на те що кожному класу деталей притаманний деякий набір конструктивних параметрів і певний вид умов роботи, можливо орієнтовно встановити характерні дефекти деталей кожного класу. Нині ремонтні підприємства мають у своєму розпорядженні досить велику кількість перевірених практикою способів відновлення деталей, що дають змогу повернути працездатність зношених і пошкоджених деталей, які ми коротко охарактеризували вище.

Для можливості вибору найбільш ефективного методу відновлення деталей нижче розповідається про сутність, позитивні й негативні сторони методів відновлення пошкоджених деталей, що застосовуються в сучасній практиці ремонту механічних частин устаткування тепловозів.

7.2.2. Відновлення деталей методами слюсарно-механічної обробки

Слюсарно-механічна обробка складається зі слюсарних робіт (розмітки, рубання, виправлення, гнуття, різання, обпилювання, свердління, зенкерування й розгортання отворів, нарізання різі, шабрування, притирання й доведення, клепання) і механічної обробки. Слюсарні роботи, які виконуються за допомогою ручного або механізованого слюсарного інструменту, звичайно доповнюють верстатну механічну обробку.

Шабрування. Шабрування – ручна або механізована обробка поверхонь шабером. Поверхню шийки вала або іншої технологічної деталі, по якій ведуть шабрування, покривають тонким шаром фарби (ультрамарин синій). Для одержання відбитка оброблюваної деталі накладають на поверхню технологічної деталі або, навпаки, технологічну деталь розміщують в отвір оброблюваної деталі й кілька разів повертають (або пересувають). Шабруванню піддають ті місця, де добре видні відбитки фарби. Цей процес повторюють доти, поки

дрібні відбитки фарби будуть рівномірно розподілені на оброблюваній поверхні. Для поверхонь середньої точності на площі 25×25 мм кількість плям повинна бути 10-15, вище середньої точності – 15-20 і високої точності – 20-25. Кількість плям зручно підраховувати накладенням целулоїдного шаблона з нанесеною на ньому сіткою (25×25 мм).

У ході ремонту тепловозів до шабрування звичайно вдаються під час припасування вкладишів моторно-осьових підшипників до шийок осі колісної пари й постелей остову тягового електродвигуна: для усунення дрібних пошкоджень бабітового шару вкладишів підшипників колінчастого й кулачкового валів; виведення незначної овальності втулки верхньої головки шатуна дизеля й інших нерознімних підшипників ковзання. Нерідко шабруванням користуються для припасування плоских стикових поверхонь і особливо площин громіздких деталей. Пояснюється це тим, що їхня верстатна обробка є ускладненою через установлення й вивірення на верстаті. Недолік розглянутого методу обробки – низька продуктивність і висока вартість.

Розгортання. Обробку розгортками застосовують здебільшого для остаточної обробки отворів втулок нерознімних підшипників ковзання після їхнього запресовування в корпусну деталь або для усунення овальності отворів втулок, що зносилися. За одночасного розгортання отворів двох підшипників для досягнення їхньої співвісності, наприклад отворів втулок, встановлених у кришці й корпусі масляного насоса дизеля типу Д50, застосовують регульовані розгортки з напрямною частиною або розгортки відповідної довжини.

Обробка регульованою розгорткою ведеться вручну або на свердлильному верстаті двома або трьома розгортками, що відрізняються одна від одної діаметрами. Так, для обробки отвору втулки верхньої головки шатуна дизеля типу Д100 використовують розгортки діаметрами 82,12; 82,14 і 82,16 мм.

Необхідність застосування розгортання, так само як і шабрування, викликана тим, що верстатна обробка отвору втулок нерознімних підшипників ковзання після їхнього запресовування в корпусну деталь утруднена через складність установлення деталей на верстаті або відсутність відповідного устаткування тощо.

Встановлення гужонів. Установленням гужонів (різбових ввертишів) усувають тріщини в невідповідальних (ненавантажених) частинах деталей, наприклад у стінках охолоджувальної порожнини блоку в корпусах редукторів і повітрянагрівачів та ін., тобто там, де тріщини не можна усувати зварюванням, пайкою або пастоподібними клейовими сумішами з технологічних причин. Спочатку, щоб запобігти подальшому поширенню тріщини, по її видимих кінцях свердлять наскрізні отвори 1 і 2 (рис. 7.1, а). В отворах нарізають різь і вкручують гужони, а їхні кінці, які виступають, зрізують урівень з поверхнею деталі. Потім між цими гужонами вздовж усієї тріщини фрезою або зубилом роблять паз А глибиною 1,5–2 мм і шириною, трохи більшою за діаметр гужона (рис. 7.1, б).

Свердлять отвори 3 і 5 (рис. 7.1, в), нарізають у них різьбу (рис. 7.1, в), вкручують гужони, а їхні кінці, які виступають, зрізають, залишаючи приблизно 5 мм (рис. 7.1, г), і розчekanюють до заповнення паза (рис. 7.1, д). Після чого свердлять отвори 4 і 6 (див. рис. 7.1, е) і знову повторюють процес, поки

тріщина не буде заповнена гужонами, що перекривають один одного. Розчekanений шов зачищають з поверхнею деталі й паяють припоєм. Якість виконаної роботи перевіряють обпресуванням.

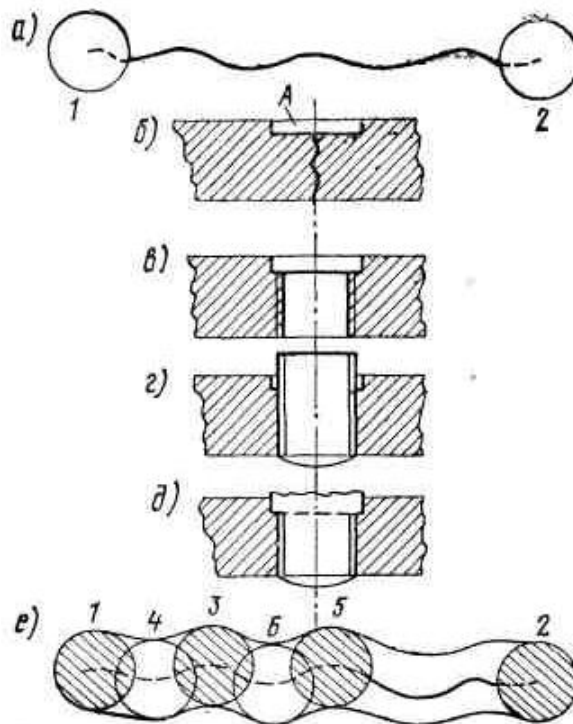


Рис. 7.1. Схема відновлення деталі з тріщиною встановленням штифтів (гужонів)

Під час встановлення гужонів рекомендується дотримуватися таких умов: щоб не допустити розширення тріщини й послаблення раніше встановлених гужонів, кожний наступний отвір, починаючи від отвору 3, повинен перекривати попередній з розчekanеним гужоном на $1/2$ діаметра; гужон виготовляють із прутка червоної міді діаметром 5-10 мм; різь у гужона роблять трохи більшу, ніж в отворі для того, щоб він вкручувався з деяким зусиллям. Діаметр гужона не повинен перевищувати товщину деталі поблизу тріщини. Перед вкручуванням гужона різьбові частини отвору й гужона покривають клейовими сумішами, переважно анаеробним клеєм.

Розглянутий спосіб простий, проте трудомісткий. Застосовується здебільшого під час поточного ремонту тепловозів.

Механічна обробка. Верстатна обробка деталей, що мають нерівномірне зношення, деформацію або інші пошкодження, а також деталей, підданих нарощуванню (наплавленню, хромуванню, металізації тощо), має деякі особливості порівняно з механічною обробкою під час виготовлення нових деталей.

За верстатної обробки деталей системи «вал» або «отвір» з нерівномірним зношенням доводиться знімати шар металу, нерівномірний по товщині, що може призвести до порушення необхідної твердості системи «верстат – інструмент – деталь». Поверхні деталей, відремонтовані наплавленням, у деяких випадках мають нерівномірну структуру й твердість, що викликає зміну умов

різання, у результаті чого можливі порушення необхідної точності й шорсткості обробленої поверхні.

Обробка деталей, підданих жолобленню, вигину або деформації, часто утруднюється через втрату встановлювальних баз, які були використані під час виготовлення нових деталей. У цих випадках орієнтуються на незношені поверхні, виправляють базові поверхні або застосовують комбіновану установку деталей по центровому отвору, що зберігся, і одній з менш зношених робочих поверхонь. Встановлювальні бази особливо потрібні в разі малих припусків на обробку після хромування, під час обробки деталей під ремонтний розмір і обробки поверхонь, що мають високу твердість після цементації, загартування тощо. У кожному разі перед механічною обробкою ремонтну деталь перевіряють на правильність положення її незношених і посадкових поверхонь.

7.2.3. Обробка під ремонтний розмір

Ремонтні розміри діляться на пригоночні й категорійні. *Пригоночними* називаються ремонтні розміри деталі, встановлені з урахуванням припуску на пригонку деталі «по місцю». Під пригоночні розміри виготовляють головним чином запасні частини, такі як кришки корінних підшипників колінчастих валів дизелів, кришки й вкладиші моторно-осьових підшипників тягових електродвигунів, поршні серводвигуна й букси регуляторів частоти обертання та ін.

Запасну деталь із пригоночними розмірами приточують або підганяють «по місцю» деталі, що спаровується з нею. Саме місце з'єднання у разі потреби попередньо обробляють для усунення можливих пошкоджень

Категорійними називають ремонтні остаточні розміри деталі, встановлені для певної категорії ремонту. Під категорійні ремонтні розміри можуть оброблятися нові деталі, що використовуються як запасні частини, і деталі ремонтного фонду.

Механічну обробку деталей класу «вал» або «отвір» ремонтного фонду під категорійні ремонтні розміри ведуть таким чином, щоб положення геометричної осі вала або отвору залишилося колишнім, незмінним. Для вала категорійний ремонтний розмір завжди менший за номінальний розмір, а для отвору – більший за номінальний. Одна деталь може мати декілька категорійних ремонтних розмірів. Різниця двох найближчих розмірів називається ремонтним інтервалом β . Його знаходять із виразу

$$\beta = 2(\delta + x),$$

де δ – максимальне однобічне зношення, мм; x – максимальний припуск на обробку, мм.

Кількість категорійних ремонтних розмірів

— для вала

$$n = \frac{d_H - d_{\min}}{\beta};$$

– для отвору

$$n = \frac{d_{\max} - d_H}{\beta},$$

де d_H – номінальний діаметр шийки або отвору, мм; $d_{\max}$; $d_{\min}$ – відповідно максимальний та мінімальний діаметри вала та отвору, мм.

Величина d залежить від міцності деталі, глибини цементаційного або загартованого шару. Так, мінімальний діаметр шийки колінчастого вала дизеля обмежується запасом міцності шийки.

Категорійний ремонтний розмір діаметра вала або отвору знаходять із виразу

$$d_p = d_H \pm 2(\delta + x).$$

Знак мінус ставиться в разі обчислення категорійного ремонтного розміру отвору (рис. 7.2, б). Деталь під категорійний ремонтний розмір обробляють, як правило, наприкінці технологічного процесу, після термічних, зварювальних, слюсарних та інших операцій. Цим вдається уникнути можливих деформацій або пошкоджень в остаточно оброблених деталях. У практиці ремонту тепловозів під категорійні ремонтні розміри обробляють складні, дорогі деталі, такі як шийки колінчастих валів дизеля й компресора, втулки циліндрів дизеля й циліндри компресора, постелі корінних підшипників колінчастого вала в блоці (картері) дизеля або моторно-осьових підшипників у остові тягового електродвигуна. Крім того, обробка під категорійні ремонтні розміри широко використовується для відновлення деталей різьбові з'єднання. Категорійні ремонтні розміри деталей наводяться в Правилах ремонту тепловозів (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

Категорійні ремонтні розміри шийок колінчастих валів дизеля типу 2Д100 і вкладишів підшипників

Деталь	Номінальний розмір, мм	Категорія й розмір				
		1	2	3	4	5
Колінчастий вал:						
– шийки корінні	203,88 _{-0,03}	203,38	202,88	202,38	201,88	201,38
– шийки шатунні	171,88 _{-0,03}	171,38	170,88	170,38	169,88	169,38
Вкладиші підшипників:						
– корінні	19 _{-0,02}	19,25	19,50	19,75	20	20,25
– шатунні	9,5 _{-0,02}	9,75	10	10,25	10,50	10,75

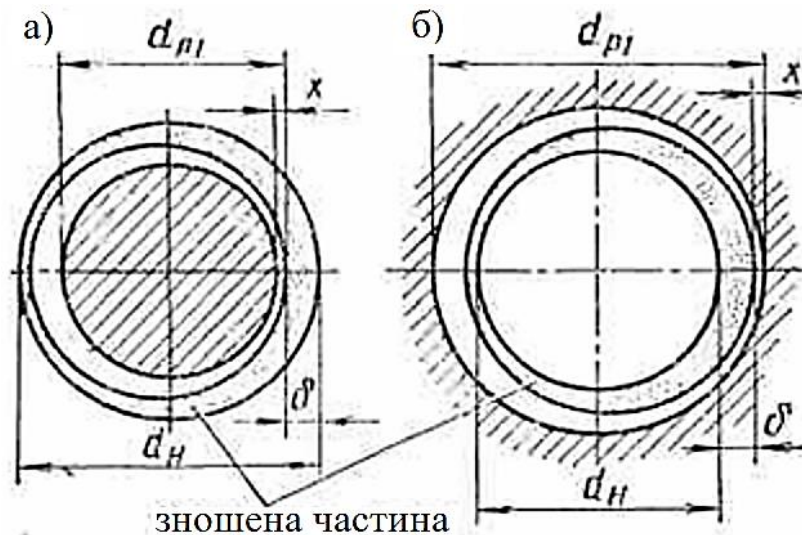


Рис. 7.2. Визначення категорійних ремонтних розмірів деталей системи «вал» (а) і «отвір» (б)

Різниця в розмірах окремо корінних або окремо шатунних шийок одного колінчастого вала після обробки під категорійні ремонтні розміри допускається не більш, ніж на одну категорію.

У сполучених деталях з категорійними розмірами зберігаються клас точності й посадки, передбачені в робочих кресленнях.

Перевагами обробки деталей під категорійні ремонтні розміри є простота й дешевизна. Без значних витрат продовжується термін служби складних дорогих частин. До недоліків цього методу варто віднести порушення взаємозамінності деталей, що зберігається лише в межах однієї категорії, необхідність заміни або ремонту спряженої деталі, що призводить до зберігання великої кількості «заморожених» однойменних деталей різних розмірів. Наприклад, до кожного категорійного розміру втулки циліндра потрібно мати поршень і поршневі кільця «своїх» розмірів.

7.2.4. Встановлення додаткової (нової) деталі

Розглянутий спосіб застосовують, коли деталь має значні пошкодження, громіздка або нетехнологічна в ремонті. У цьому випадку пошкоджену частину вала або отвору піддають механічній обробці, а потім запресовують на шийку вала або в отвір тонку втулку, після чого робочу поверхню втулки обробляють під номінальний розмір. У такий спосіб відновлюють кінцеві шийки колінчастого вала дизеля або компресора, вала якоря тягового генератора, гніздо роликового підшипника в корпусі вертикальної передачі дизеля типу Д100, крильчатку водяного насоса тощо. Якщо в отвір деталі цілу втулку встановити не можна, то ставлять напіввтулки, які потім зміцнюють зварюванням, шурупами, приклеюють або фіксують яким-небудь іншим способом. Так діють під час відновлення гнізд підшипників кочення в механізмі, що має рознімний корпус, наприклад, гнізда підшипників у корпусі гідромеханічного редуктора

тепловоза серії ТЕЗ, гнізда під лабіринти в турбоповітродувки, отвори в блоці дизеля.

До розглянутого методу нерідко вдаються для відновлення пошкоджених різбових отворів, особливо в деталях, виготовлених з легких сплавів.

Хоча спосіб додаткових (нових) деталей і дає змогу відновлювати сильно зношені шийки валів і отвору (різбові й гладкі) під номінальний розмір, не потребує нагрівання відновлюваної деталі й, отже, не викликає порушення її термообробки, однак його застосування часто обмежується конструкцією деталі і її міцністю.

Різновидом описаного методу є відновлення шляхом заміни пошкодженої частини деталі, тобто коли різбовий або шліцьовий кінець вала зрізують і замість нього приварюють новий кінець, що потім обробляють за ремонтним кресленням.

7.2.5. Відновлення деталей пластичним деформуванням

Цей спосіб базується на використанні пластичності металів, тобто їхньої здатності під дією зовнішньої сили змінювати свою геометричну форму без руйнування. Відновлення форми й розмірів, головним чином втулок і порожніх валиків, пальців, досягається за рахунок перерозподілу металу самої деталі в напрямку до її зношених поверхонь.

Розрізняють два види пластичного деформування: холодне й гаряче. Перше відбувається за рахунок прикладання значних зовнішніх сил, супроводжується внутрішньо кристалічними зрушеннями металу та його ущільненням. Цей вид найчастіше застосовують під час ремонту деталей з кольорових металів. Другий вид деформування досягається попереднім підігрівом деталі до кувальних температур. У цьому випадку відбуваються міжкристалічні зрушення металу, потрібна менша зовнішня сила, поверхневого зміцнення металу не відбувається, зменшується небезпека появи тріщин.

Найбільшого поширення серед процесів відновлення деталей пластичним деформуванням набули осадження, роздавання, обтиснення й виправлення.

Осадження характеризується розбіжністю напрямку зовнішньої сили P з напрямком деформації δ (рис. 7.3, *a*). Її застосовують для збільшення діаметрів коротких валиків, пальців та інших деталей або для зменшення розмірів отворів втулок за рахунок зменшення їхньої висоти.

Остаточний отвір втулки обробляють розгортанням або розточенням на верстаті. У разі відновлення осадженням сильно навантажених втулок (наприклад, втулки верхньої головки шатуна) допускається зменшення номінальної висоти не більше ніж 5 %, в інших випадках зменшення може досягати 15 % висоти.

Роздавання характеризується збігом напрямку сили P і деформації δ (див. рис. 7.3, *б*). Роздавання застосовується для збільшення зовнішнього діаметра порожніх деталей (пальці, втулки, осі тощо).

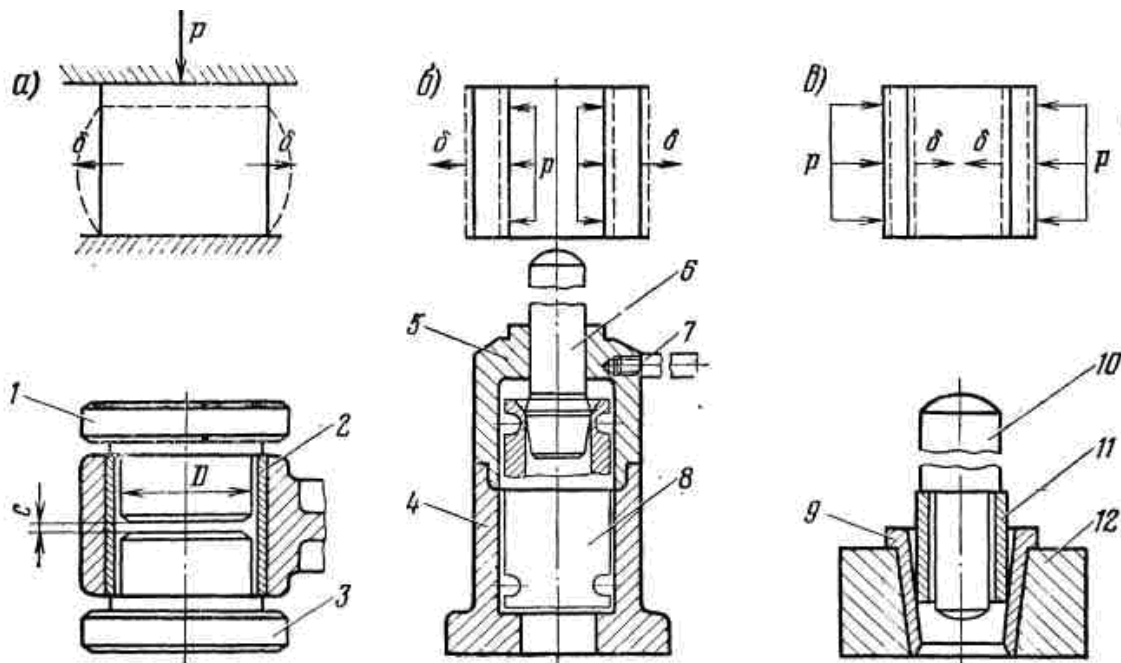


Рис. 7.3. Відновлення деталей пластичним деформуванням:
а – осадження; *б* – роздавання; *в* – обтиснення; 1,3 – виправлення; 2,11 – втулки; 4,5 – нижня та верхня частини кондуктора; 6 – прошивка; 7 – ручка; 8 – поршневий палець; 9 – кондуктор; 10 – штовхач; 12 – матриця

Як приклад нижче розглянемо процес відновлення поршневого пальця дизеля типу Д100 холодним роздаванням. Процес складається з таких операцій: сортування, випал, роздавання, термічна й механічна обробка.

Сортування пальців дозволяє уникнути непродуктивних витрат з їхньої цементації. Під час сортування встановлюють, піддавалися пальці роздаванню раніше чи ні. Якщо цей процес виконують уперше, то після нього можна зробити верстатну обробку, зберігши достатній для працездатності пальця цементований шар. Допускається зняття шару цементації товщиною до 0,35 мм. Пальці, що роздаються вдруге, як правило, цементують. Крім того, сортування пальців за групами з різницею в діаметрах отворів 0,2 мм виконують для підбирання оправлень. Випал (високий відпуск) робиться для додавання матеріалу пальця необхідної пластичності. Суть цього процесу полягає в нагріванні, витримці та охолодженні. Нагрівання й витримка за 880-890°C протягом 0,5-1 год, охолодження до температури навколишнього середовища.

Роздавання ведеться прошивками 6 (діаметрами 47,2; 47,4 і 47,6 мм), що пропускаються крізь отвір пальця (див. рис. 7.3, б). Допуск на механічну обробку 0,20 мм.

Якщо зберігся старий цементований шар, то палець піддають тільки загартуванню (нагрівання й витримка 0,5-1 год за температури 760-800°C, охолодження в мастилі до кімнатної температури). Для зняття внутрішніх напружень роблять низькотемпературний випал: нагрівання до 180-200 °C з подальшим охолодженням на повітрі. Палець нагрівають у соляній ванні, в електричній печі або на високочастотній установці. Механічна обробка складається зі шліфування й полірування до розмірів і шорсткості, передбачених

ремонтним кресленням. Крім того, перевіряють твердість робочої поверхні й наявність тріщин.

Обтиснення деталей характеризується збігом напрямків сили P і деформації δ , при цьому в порожніх деталях у процесі обтиснення зменшуються як зовнішній, так і внутрішній діаметри (див. рис. 7.3, *в*). Обтиснення застосовують, коли потрібно відновити нормальну посадку по внутрішньому діаметру різних втулок з кольорових металів. Зменшення зовнішнього діаметра втулки в результаті обтиснення компенсується одним зі методів нарощування.

Для прикладу нижче неведемо схему технологічного процесу відновлення обтисненням бронзової втулки верхньої головки шатуна дизеля Д100. Після видалення з головки шатуна втулок (сталеві разом із бронзовою) їх роз'єднують. Бронзові втулки, що підлягають відновленню, сортують на дві групи: зі зношенням до 0,3 мм і зі зношенням понад 0,3 мм. Втулки першої групи пропускають через матрицю діаметром 93,6 мм, а втулки другої групи – через матрицю діаметром 93,1 мм, потім нарощують зовнішній діаметр втулок (металізацією, омідненням або клейовими сумішами) до необхідних розмірів. Після з'єднання сталеві втулки із бронзовою їх запресовують у головку шатуна. Внутрішній діаметр бронзової втулки остаточно обробляють розгорненням під номінальний розмір.

Методи відновлення деталей осадженням, роздаванням і обтисненням прості. Вони дають можливість заощаджувати кольорові метали й високоякісні сталі. Застосування цих методів обмежується наявністю в деталях необхідного запасу металу.

Виправлення сталевих валів. Виправлення, як і інші методи обробки деталей пластичним деформуванням, ведуть без нагрівання (холодне виправлення) і з нагріванням (термічне виправлення) за рахунок укорочування волокон опуклої сторони вала або подовження стислих волокон увігнутої сторони.

Холодне виправлення роблять статичним навантаженням (під пресом або за допомогою пристроїв) і механічним наклепом. У разі виправлення статичним навантаженням деталь витримують під пресом протягом тривалого часу або виконують подвійне виправлення, що полягає в первісному перегині деталі з подальшим виправленням у протилежний бік і, нарешті, після виправлення роблять стабілізацію.

Найкращий результат отримують в останньому випадку. Справа в тому, що холодне виправлення статичним навантаженням нестабільне через небезпеку зворотної дії, зниження втомної міцності й несучої здатності деталі. Небезпека зворотної дії викликається появою залишкових напружень, які з часом, сумуючись із напруженнями, що виникають під дією робочих навантажень, можуть викликати повторну деформацію й скривлення деталі. Втомна міцність деталей погіршується за рахунок появи в їхніх поверхневих шарах місць з напруженнями розтягу.

Для підвищення стабільності холодного виправлення й несучої здатності деталі рекомендується після її виправлення робити теплову обробку у вигляді стабілізувального відпуску: нагрівання деталі в нейтральному або відновлювальному середовищі до 400-450 °С і витримка за цієї температури протягом 0,5-1 год (залежно від розміру деталі). Термічно оброблені деталі,

температура відпуску яких менша ніж 500°C , нагрівають після виправлення до $200-250^{\circ}\text{C}$ й трохи збільшують час витримки.

Виправлення механічним наклепом здійснюють ударами ручного або пневматичного молотка з кулястим бойком по поверхні деталі (рис. 7.4). Цей спосіб успішно застосовують для виправлення невеликих сталевих колінчастих валів та інших валів складної форми. Наприклад, залежно від напрямку прогину колінчастого вала наклепують відповідні поверхні його щік праворуч і ліворуч осі шатунної шийки. Тривалість виправлення й глибина наклепу (деформації щіки) залежать від сили й кількості ударів за одиницю часу, конструкції бойка й матеріалу вала. По одному й тому самому місцю роблять не більше трьох-чотирьох ударів. Якість виправлення контролюють виміром биття вала. Правильно виконане виправлення характеризується стабільністю в часі, високою точністю (до $0,02\text{ мм}$), збереженням втомної міцності матеріалу за рахунок виникнення місцевих напружень стиску в поверхневому шарі деталі. При цьому практично не відбувається концентрації залишкових розтягувальних напружень у небезпечних перерізах вала.

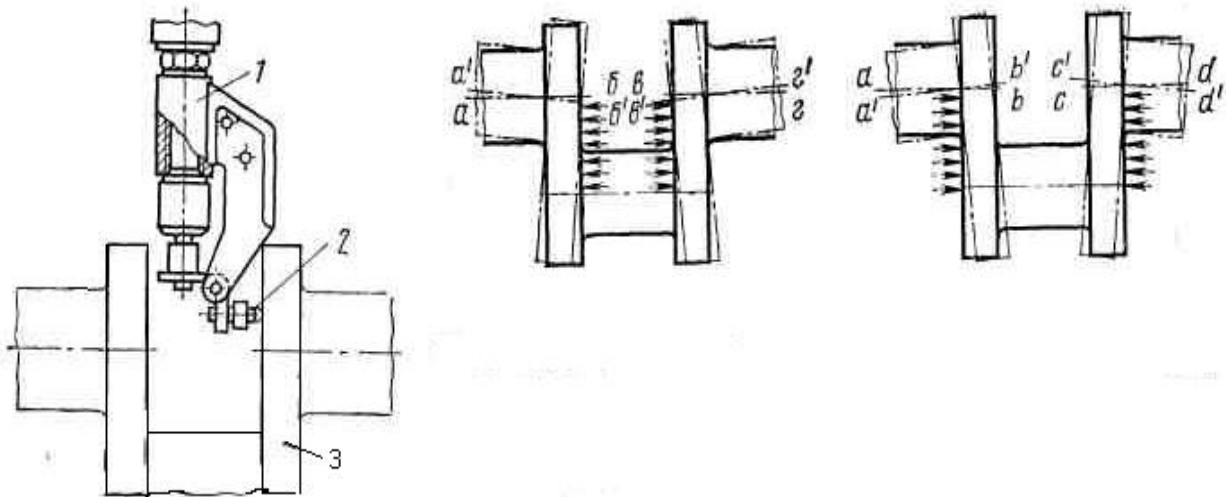


Рис.7.4. Виправлення сталевого колінчастого вала методом механічного наклепу:

1 – пневматичний молот; 2 – бойок; 3 – колінчастий вал; a', b', v', z' – положення осей корінних шийок до виправлення; a, b, v, z – положення осей корінних шийок після виправлення

Термічне виправлення вала ведеться шляхом швидкого місцевого нагрівання опуклої частини шийки (або її частини) вала до $400-600^{\circ}\text{C}$. При цьому стислі волокна (з увігнутої, холодної сторони шийки), що перебувають під напруженням, спочатку будуть перешкоджати подальшому розширенню нагрітих волокон, а коли їхня температура перевищить границю текучості, стислі волокна почнуть випрямляти вал. Нагрівання ведуть швидко, не менше ніж двома газовими пальниками.

Зона нагрівання не повинна перевищувати однієї п'ятої довжини окружності шийки й повинна перебувати строго в площині максимального прогину. Тривалість нагрівання залежить від кількості пальників і потужності полум'я. Як під час нагрівання, так і під час охолодження неприпустимі протяги й

примусове охолодження. Цикл нагрівання–охолодження повторюють до усунення прогину. Після кожного циклу контролюють биття вала. Для прискорення процесу до початку нагрівання шийки вала між його щокми закладають металевий брусок або щокми розтискають домкратом. Виправлення колінчастих валів механічним карбуванням і термічним методом можна вести й без демонтажу вала з дизеля.

Вібраційне накочування – накочування з вібрацією інструмента в дотичному напрямку до поверхні деформованого матеріалу. Вібраційне накочування – один з найбільш перспективних методів обробки деталей пластичним деформуванням, що дозволяє підвищити довговічність деталей при порівняно невеликих витратах. Сутність методу така.

Поверхню відновлюваної деталі після загострення або шліфування обробляють по гвинтовій лінії коливною кулею (рис. 7.5, *а*) або алмазним накопечником. При відносному переміщенні інструмента й деталі на її поверхні видавлюються канавки глибиною в декілька мікрон, що істотно відрізняються за формою й мікрорельєфом від поверхонь (тієї самої висоти), які утворюються під час різання (рис. 7.5, *б*). Канавки не мають загострених країв, внаслідок чого площі контактів поверхонь сполучених деталей досить великі. Змінюючи співвідношення швидкостей руху деталі й інструмента, можна одержати необхідний мікрорельєф, тобто сітку канавок різної форми й розташування.

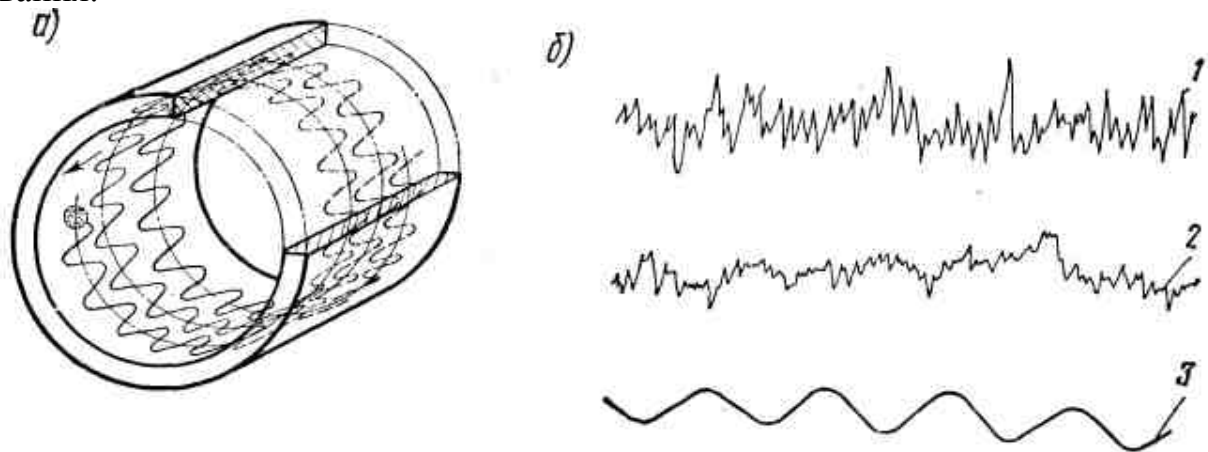


Рис. 7.5. Вібраційне накочування поверхонь деталей:

а – схема просування деталі й інструмента (шару); б – форми поверхонь, однакових по висоті, при різноманітних методах обробки поверхонь; 1 – проточуванні; 2 – шліфуванні; 3 – вібраційному накочуванні

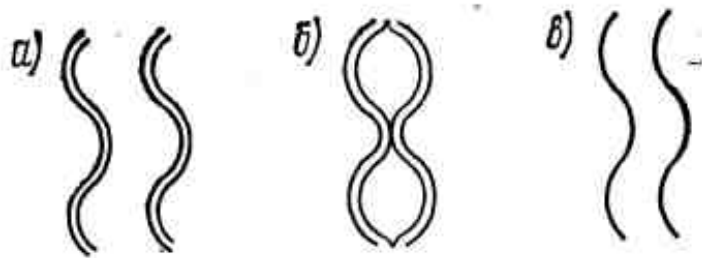


Рис.7.6. Види канавок (мікрорельєфів) на поверхні деталей, отриманих вібраційним накочуванням

Вибір малюнка мікрорельєфу залежно від умов роботи деталі встановлюється експериментальним шляхом. Наприклад, канавки, що забезпечують найбільшу зносостійкість (рис. 7.6, а), наносять на робочу поверхню втулки циліндра дизеля; канавки, що створюють гарну опірність схоплюванню (рис. 7.6, б), наносять на поверхню валиків ресорного підвішування візків, а канавки, що забезпечують герметичність ущільнювальних пар (рис. 7.6, в), – на шийки валів складальних одиниць із різними сальниковими ущільненнями. Канавки слугують кишнями, що втримують змащення в умовах тертя без мастильного матеріалу або за його недостатності, крім того, є пастками, що затримують продукти зношення, що також сприяє зменшенню зношення.

7.3. Відновлення деталей полімерними матеріалами

Відновлення деталей пластмасами простий, економічний і досить надійний спосіб. Таким чином під час ремонту можна нарощувати поверхні для створення натягу в з'єднанні, зашпаровувати тріщини й пробоїни, склеювати деталі, вирівнювати поверхні, надійно закривати пори в будь-яких деталях, навіть у важкодоступних місцях. Клейові суміші й пластмаси в певних випадках замінюють зварювання й пайку, хромування й осталення, а іноді є єдиним можливими засобами відновлення деталей.

Застосовувані для ремонту пластмаси можна розділити на дві групи. До першої відносять термореактивні (реактопласти), тобто пластмаси, які тверднуть і втрачають свої пластичні властивості під час нагрівання. Застосовують їх у вигляді різних композицій (у рідкому або пастоподібному стані) для нарощування, склеювання, закладення тріщин і пробоїв. Композиції виготовляють переважно на основі епоксидних смол ЕД-20 і ЕД-16. У другу групу входять термопластичні пластмаси (термопласти), які в ході нагрівання не тверднуть і зберігають свої пластичні властивості. Використовують їх для нарощування й виготовлення різних деталей. До них належать поліаміди, наприклад полікапролактам (капрон) П68, АК-7, капролон В, фторопласт Ф-4, поліетилен та ін.

Для ремонту тепловозів найбільшого поширення набули клеї, наведені в табл. 7.3, і пасти на основі епоксидних смол (табл. 7.4).

Крім клеїв, наведених в табл. 7.3, останнім часом у ході ремонту почали застосовувати високоміцні швидкотвердні анаеробні клеї, які зберігають в'язкотекучий стан протягом тривалого часу на відкритому повітрі й тверднуть за відсутності повітря. Анаеробні клеї можуть застосовуватися як для нарощування й склеювання, так і для стопоріння деталей різьбових з'єднань.

Нарощування деталей рідким клейовим розчином виконують за такою технологічною схемою: підготовка поверхні деталі, нанесення шару клею і його термообробка (сушіння). Підготовка поверхні деталі необхідна для створення кращих умов зчеплення із плівкою клею. До цих умов насамперед належать шорсткість поверхні та її чистота.

Шорсткість нарощуваних поверхонь деталей створюється штучно обробкою їх наждачною шкуркою, металевим абразивом, дробом, грубозернистим шліфувальним каменем, зачищенням драчевим напилком або металевою щіткою, електроерозійним обробленням. Очищення й знежирення ведуть

Таблиця 7.3

Технологічні характеристики клеїв, застосовуваних під час ремонту тепловозів

Марка клею	Кількість шарів, які наносяться в ході склеювання	Витримка перед термообробкою, хв	Режим термообробки		Тиск обтиснення під час склеювання, МПа	Матеріали виробів, які склеюються
			температура нагрівання, °С	час витримки, год		
БФ-2	2	30	120-130	2-3	0,3-2	Метал, кераміка
БФ-4	2-3	30-40	140-160	1-2	0,5-1	Гетинакс, текстоліт
Бф-Б	2	40	60-80	1	-	Тканини, шкіра, повсть
МПФ-1, плівка	1	-	155 ±5	1	0,05-0,3	Алюміній і його сплави, поліамідні плівки, склотекстоліт
ВР - 10Т	2	60	180±5	2	0,05-0,5	Метал, металеві матеріали
88Н	2	10-15	20-25	24	0,1-0,15	Гума, метал, пластик
88НП	2	25±10	20-25	24	0,1-0,15	Метал, деревина, шкіра, повсть
Лейконат	1	-	140±5	0, 5-1	0,25-0,5	Метал, гума
ФР-12*	1	-	25 ±10	24	0,25-0,5	Деревина, фанера, деревопластик
ПЕД-Б*	1	-	25±10	24	0,15-0,2	Поролон, полістирол, метал
ГЕН-150(В)*	2	20-30	120-145	0, 5-0,7	0,5-1	Метал
Примітка: *клеї готують на місці використання						

Таблиці 7.4

Пастоподібні клейові суміші на основі епоксидних смол

Компонент	Суміш у вагових частинах				
	№ 1	№2	№ 3	№ 4	№ 5
Епоксидна смола ЕД-16	100	100	100	100	100
Затверджувач поліетилен-поліамін або гексометилендіамін	10	10	10	10	10
Наповнювач:					
– чавунний порошок	150	-	-	-	-
– окис заліза	-	150	-	-	-
– графіт	-	-	-	50	-
– мелена слюда	20	20	-	-	-
– алюмінієва пудра	-	-	20	-	90
– етрол	-	-	-	-	90
Пластифікатор: дибутилфталат	15-20	15-20	15-20	15-20	15-20
Матеріал деталі	Чавун	Сталь	Алюміній	Чавун	Пластмаса

ацетоном, уайт-спіритом, бензином Б-1, Б-70. Якість знежирення перевіряють за змоченістю поверхні деталі водою.

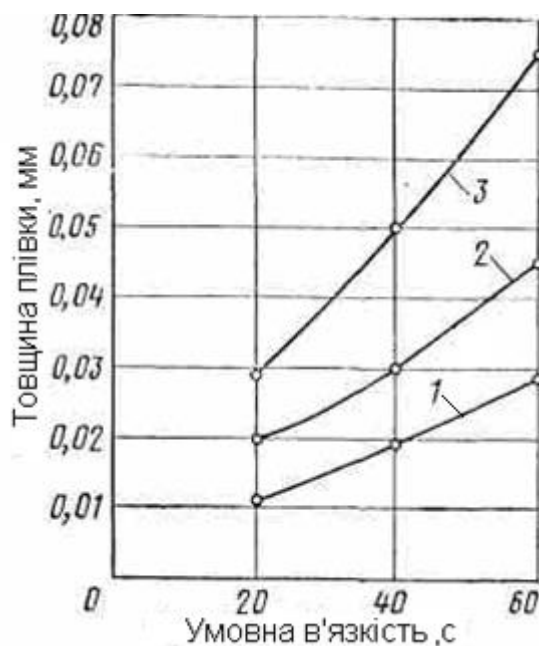


Рис. 7.7. Залежність товщини шару клею ГЕН-150(В), нанесеного вручну, від його умовної в'язкості:

1 – один шар; 2 – два шари; 3 – три шари

Клей на поверхні деталей наносять вручну або механізованим методом. У першому випадку використовують волосяну щіточку. Після нанесення шару клею деталі витримують певний час (див. табл. 7.3) за кімнатної температури або 3-5 хв у печі за температури 60-65°C, щоб дати можливість вивітритися легким фракціям клею.

Потім наносять наступний шар. Товщина плівки залежить від кількості нанесених шарів і умовної в'язкості клейового розчину. Для клею ГЕН-150 (В) така залежність наведена на рис. 7.7. Поверхні великих деталей доцільніше покривати клейовими розчинами механізованим методом: внутрішні поверхні різних втулок і кілець відцентровим методом, а зовнішні поверхні втулок і шийок валів – шляхом напилювання звичайними розпилювачами (типу фарборозпилювача).

Термообробка нарощеного шару клею прискорює твердіння й поліпшує його міцнісні властивості. Нагрівання звичайно ведеться в електричній печі. Після нанесення останнього шару клею й витримки за кімнатної температури деталь розміщують у сушильну шафу й нагрівають до необхідної температури (див. табл. 7.3) (крім підшипників кочення і їхніх кілець, які нагрівають до 100-120 °С).

Швидкість підвищення температури в печі 2-3°C за хвилину. Якщо швидкість більша, відбувається бурхливе виділення легких фракцій клею й поверхня плівки робиться зморшкуватою. Деталь витримують у вказаних температурах (див. табл. 7.3), а потім охолоджують до кімнатної температури.

Перевага нарощування деталей рідким клейовим розчином: простота технологічного процесу й устаткування; можливість нанесення плівки

товщиною від 0,001 до 0,10 мм; не потрібна механічна обробка покриття; структура нарощуваного металу не змінюється; невисока температура термообробки.

Нарощування поверхонь деталей пастоподібними клейовими пастами аналогічно нарощуванню рідкими клейовими розчинами.

Склеювання деталей рідким клейовим розчином відрізняється від нарощування клейовими розчином тим, що термообробка клейового шва виконується не після нанесення клейового шару на поверхні деталей, а після з'єднання деталей між собою. Досвід показав, що міцність клейового з'єднання деталей залежить головним чином від якості підготовки поверхонь, що склеюються, товщини клейового шару (зі зменшенням його товщини міцність шва підвищується), від площі прилягання двох деталей і режиму термообробки в період затвердіння клейового шва. Збільшення площі прилягання поверхонь, що склеюються, досягається створенням шорсткості й обтисненням деталей у пристроях (рис. 7.8). Тиск обтиснення залежить від матеріалу й гнучкості деталей. Склеєні деталі рекомендується піддавати експлуатаційним навантаженням не раніше, ніж через 20-30 год після термообробки й охолодження. Протягом цього часу підвищується міцність клейового шва.

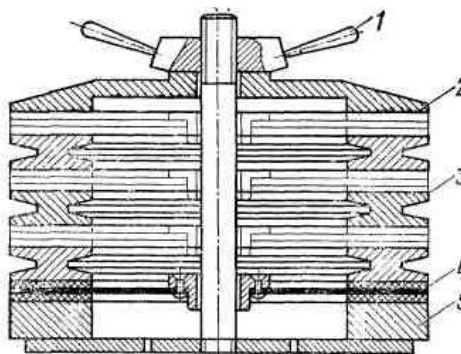


Рис. 7.8. Пристрій для обтиснення дисків зчеплення з фрикційними накладками під час склеювання:

1 – ручка; 2,3 – притиски; 4 – диск зчеплення; 5 – основа

Переваги з'єднання деталей клейовими розчинами: можна з'єднувати один з одним різні матеріали (див. табл. 7.3); можливість одержання з'єднань, стійких до впливу нафтопродуктів, вібростійких; відсутність внутрішніх напружень у клейовому шві. Процес ведеться за температури не більше ніж 180 °С.

До недоліків клейового з'єднання варто віднести низьку теплостійкість, недостатньо високу міцність.

Контрольні завдання для самоперевірки

1. Назвіть методи ремонту локомотивів.
2. Вкажіть основні аспекти системи допусків і посадок, ремонтних градацій.
3. Назвіть типи відновлення деталей методами слюсарно-механічної обробки.
4. Вкажіть види відновлення деталей пластичним деформуванням.

РОЗДІЛ 8. ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СУЧАСНИМИ МЕТАЛОПОЛІМЕРАМИ ТА ЕЛАСТОМЕРАМИ

Останнім часом у ході відновлювальних робіт (зазвичай ТО-3 та ПР-1) почали використовувати різні види металополімерів. На промислову основу їх виробництво поставлено в США, Німеччині, Швейцарії та інших країнах.

Серед різноманітних типів металополімерів широкого поширення набули Бельзона, Дурметал, Діамант, Локтайт, Честер, ЛЕО, Thortex. Застосування цих систем сприяє підвищенню якості ремонтів, значній економії часу, зниженню витрат порівняно з традиційними методами ремонтних робіт. Довідкову інформацію про марки та типи сучасних металополімерів провідних компаній наведена в дод. В.

8.1. Етапи та методи відновлення деталей з використанням металополімерів

Технологія ремонту та відновлення різних деталей з використанням металополімерів передбачає такі етапи:

- попередня підготовка ремонтованої поверхні;
- нанесення металополімеру;
- тверднення металополімеру (зазвичай впродовж ночі);
- остаточна механічна обробка (у разі потреби).

Тривалість типових ремонтів (відновлення посадкових місць під підшипники в корпусах, на валу, відновлення ущільнювальних кілець робочих коліс насосів тощо) без урахування часу твердіння становить від 2-3 годин до декількох днів (зокрема, у разі відновлення й нанесення захисних покриттів на робочі колеса насосів тощо).

Для можливості практичного використання наведеного матеріалу розглянемо конкретно технологію робіт за кожним з вищевказаних етапів.

Етап перший. Підготовка поверхні:

– Ремонтowana поверхня зачищається до металевого блиску, видаляються залишки бруду, мастила, іржі, гальванічних покриттів. На випалених керамічних виробах усувається верхній глянцевиий шар, на деталях з поверхневим гартуванням зачищається поверхня до «сирого» металу.

– На ремонтovanій поверхні створюються шорсткість (наждачним папером, піскоструменевою обробкою, шліфмашинкою тощо).

– Наявні тріщини засвердлюють біля вершин і по довжині (через 30-40 мм) і оброблюють.

– Оскільки мінімальна допустима товщина шару металополімеру має бути не менше ніж 0,5-1,0 мм, тому, коли розмір зносу деталей менше цієї величини, необхідно здійснити попереднє вибирання ремонтованих поверхонь на глибину, яка забезпечить мінімальну товщину шару металополімеру після нанесення й механічної обробки. При цьому не слід робити плавних переходів

металополімеру до поверхні металу деталі (рис. 8.1).

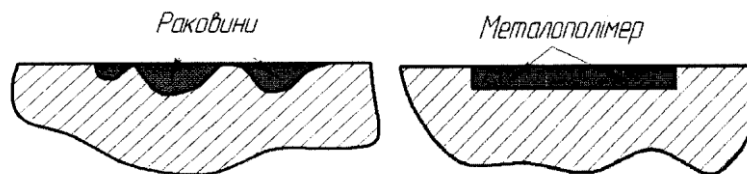


Рис. 8.1. Схема нанесення металополімеру

- Підготовлена поверхня знежирюється ацетоном, спирт-ацетоною сумішшю, розчинником.
- Після знежирення ремонтвана поверхня старанно просушується.
- Підготовлена поверхня має бути більшою за дефектну ділянку на 30-40 мм за периметром.

Етап другий. Нанесення металополімеру:

- Змішують шпателем компоненти на жорсткій знежиреній пластині з металу, фторопласту, картону (й інших матеріалів) протягом 1,5-2,0 хвилин до утворення однорідної маси. Об'єм технологічної дози змішуваного матеріалу визначається життєздатністю композицій і складністю ремонту (простотою і швидкістю нанесення приготованої дози).

- Підготовлену дозу металополімеру наносять шпателем (вузьким, широким, профільним, металевим, поліетиленовим, жорстким, м'яким – залежно від технології ремонту, профілю й площі відновлюваної поверхні) тонким шаром. При цьому потрібно дуже старанно втирати полімер (особливо в перший шар), не залишаючи пустот. Нанесення наступних шарів не потребує твердіння попереднього шару.

- Під час нанесення покриття з товстим шаром використовують армування металополімеру допоміжними матеріалами (склотканиною, металевою сіткою, армованими штифтами тощо).

Армування склотканиною запобігає розтріскуванню в разі сильної вібрації і деформування шару металополімеру, а також є ефективним засобом під час ремонту трубопроводів. Металополімер наноситься першим на поверхню, а за ним – склотканина, зверху якої також наноситься шар металополімеру. Може бути декілька накладок склотканини.

Використання металевих сіток і листів аналогічне використанню склотканини лише з тією різницею, що поверхня металевої латки чи биндажу готується таким самим чином, як і сама ремонтвана поверхня. Крім того, латку профілюють за поверхнею заздалегідь.

Етап третій. Тверднення:

- Твердіння повинно відбуватися за температури не нижче ніж 5 °С (оптимальна температура приблизно 20 °С).
- Для прискорення процесу твердіння допускається прогрівати нанесений шар металополімеру (наприклад, за допомогою промислових фенів) після набирання ним певної твердості, щоб запобігти розтіканню під час нагрівання.
- Тверднучи, металополімери не усаджуються, що зберігає їх постійний об'єм.

Етап четвертий. Механічна обробка:

– Під час обробки металополімерів рекомендується використовувати твердосплавний інструмент, а в окремих випадках інструмент з алмазними насадками, адже звичайний інструмент швидко зношується. Інші ж види металополімерів не потребують спеціального інструменту.

Рекомендовані режими обробки металополімерів:

- | | |
|-----------------------------------|---------|
| – швидкість різання, м/хв | 60-120 |
| – максимальна глибина різання, мм | 0,5-1,0 |
| – максимальна подача, мм/об | 0,1-0,2 |

Зберігання металополімерів. Металополімери ЛЕО можуть зберігатися за кімнатної температури (у щільно закритій тарі) протягом багатьох років, що зберігає їхні властивості. У випадках зберігання за низьких температур можливе загущення базису, яке усувається його нагріванням до 80-100 °С на 0,5-1,0 год.

Використання металополімерів Beilzona, Thortex, ЛЕО та інших сучасних засобів ремонту ґрунтується практично на одних і тих самих методах. Зокрема, розглянемо методи ремонту валів (відновлення посадкових місць, шпоноківих з'єднань, різьби), різьбових з'єднань, трубопроводів, внутрішніх циліндричних поверхонь, замурування тріщин, протікань, відновлення поверхні й форми деталей з використанням армованих штифтів і склотканини, уклеювання насадок, відновлення деталей за допомогою шаблонів, відновлення напрямних поверхонь.

8.2. Ремонт валів

8.2.1. Відновлення поверхні вала шляхом нанесення металополімерів і механічної обробки покрить

У разі зношування посадкових місць під підшипники ці ділянки вала проточуються (рис. 8.2, а) до діаметра d_1 , мм:

$$d_1 = d_{\text{ном}} - (1,5 \div 2,0),$$

де $d_{\text{ном}}$ – номінальний діаметр, до якого відновлюється ділянка вала.

На проточеній ділянці вала діаметром d_1 нарізується різьба чи проточуються канавки з внутрішнім діаметром $d_{\text{вн}}$ (рис. 8.2, б):

$$d_{\text{вн}} = d_1 - (1,0 \div 1,5).$$

Після знежирення поверхні, що оброблюється, на неї наносять шар металополімеру шпателем, з урахуванням раніше вказаних вимог до нанесення покрить.

Проточка відновлювальної ділянки до номінального діаметра $d_{\text{ном}}$ здійснюється на токарних верстатах за таких режимів:

- | | |
|--------------------------------|---------|
| – швидкість різання V , м/хв | 60-120; |
|--------------------------------|---------|

- глибина різання t , мм, не більше 0,5-1,0;
- подача S , мм/об, не більше 0,1-0,2.

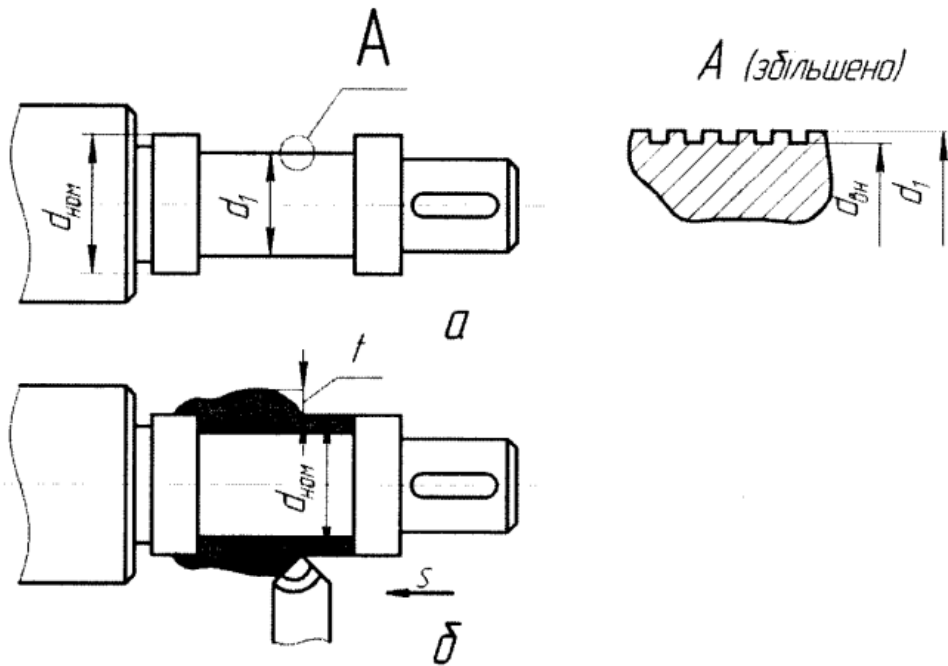


Рис. 8.2. Схема проточення ділянки вала

8.2.2. Відновлення ділянок різьби на валу металополімерами

Бувають випадки руйнування різьби по всій довжині чи на окремих ділянках. Частіше трапляються руйнування на окремих ділянках (рис. 8.3)



Рис. 8.3. Схема руйнування різьби на окремих ділянках

Як і в попередньому випадку, ділянка вала зі зруйнованою різьбою піддається проточуванню (рис.8.4, а) до діаметра d_1 , мм:

$$d_1 = d_{\text{вн}} - (1,5 \div 2,0),$$

а проточування канавок чи довільної різьби (згідно з наведеними вище рекомендаціями) до діаметра d_2 , мм:

$$d_2 = d_1 - (1,0 - 1,5).$$

Після очищення й знежирення ремонтуваної поверхні наноситься шар полімеру (рис. 8.4, б), а потім після його твердіння нарізають різьбу (рис. 8.4, в), яка розпочинається з ділянки, на якій зберіглася різьба.

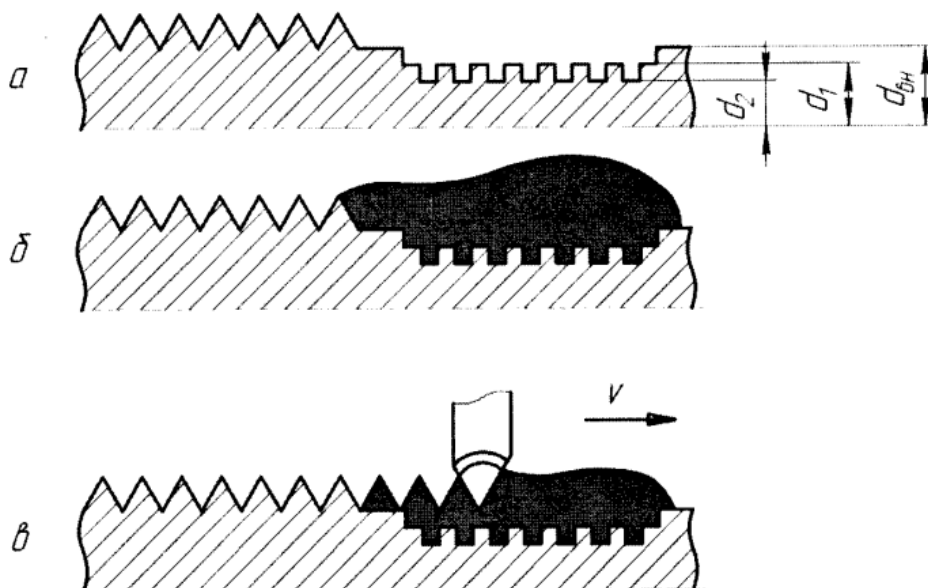


Рис. 8.4. Схема нарізання різьби після твердіння полімеру

8.2.3. Відновлення посадкових місць під підшипники методом вклеювання

Суть цього методу полягає в тому, що процес відновлення посадкового місця поєднується зі складальною операцією вузла підшипника, внаслідок чого створюється нерухоме з'єднання підшипника і вала (корпусу підшипника), яке значно міцніше, ніж у разі посадки з натягом, що більш надійно захищає кільця підшипника від повороту, усуває при цьому знос і забезпечує надійнішу роботу вузла. При цьому вклеювання, на відміну від посадок з натягом, не приводить до появи напружень і деформацій кілець підшипника, що також сприяє більш комфортній його роботі.

Для розбирання відновленого таким чином підшипникового вузла потрібно нагріти шар металополімеру до температури понад 300 °С або випалити його, наприклад, за допомогою газового пальника.

Залежно від величини й характеру зношування розрізняють такі методи відновлення вклеюванням:

- відновлення посадкових місць з незначним (до 0,25-0,30 мм за діаметром) рівномірним зносом (без попередньої механічної обробки відновлюваної поверхні);
- відновлення посадкових місць з незначним (до 0,1-0,15 мм за діаметром) зносом;
- відновлення посадкових місць зі значним (вище ніж 0,5-1,0 мм за діаметром) і нерівномірним зносом.

Метод відновлення посадкових місць з незначним рівномірним зносом. Роботи з відновлення поверхонь виконують у такій послідовності:

- підготовка поверхні згідно із загальними рекомендаціями (очищення від бруду, мастила тощо, надання шорсткості, знежирювання);
- протирання і знежирювання посадкової поверхні підшипника;
- контрольне складання (підшипник повинен установлюватися на

посадкове місце достатньо легко, без значних зусиль);

- захист сепаратора підшипника клейкою стрічкою чи ізострічкою від потрапляння в нього металополімеру при уклеюванні (за можливості краще використати для захисту антиадгезив Thortex, який наноситься на ділянки, що не підлягають покриттю металополімером);

- підготовка необхідної дози металополімеру;

- нанесення на посадкове місце вала (корпусу) необхідного шару (або декількох шарів) металополімеру й старанне зволоження відновлювальної поверхні;

- промазування (зволоження) тонким шаром металополімеру посадкового місця підшипника;

- установа підшипника на вал (у корпус) зі старанним притискуванням його до обмежувальних буртиків, втулок, стопорних кілець;

- усунення залишків металополімеру, очищення ацетоном незахищених місць на валу (у корпусі) у разі випадкового потрапляння на них металополімеру, зняття захисту;

- витримка часу на полімеризацію металополімеру (згідно з інструкцією).

Центрування підшипників відносно вала (корпусу) в процесі вклеювання забезпечується як частками наповнювача металополімеру, що потрапляють у зазор, так і додатковими способами, наприклад, попереднім кернуванням відновлюваної поверхні (зазвичай достатньо накернити поверхню, що є опорною при уклеюванні), центруванням відносно інших деталей і т. д.

Метод відновлення посадкових місць з незначним зносом. У разі відновлювання посадкових місць з величиною зносу менше ніж 0,1-0,15 мм за діаметром (величина зазору співмірна з розмірами частинок наповнювача) необхідно проводити попереднє розточування посадкового місця на величину 0,5-1,0 мм з нарізуванням «рваної різьби» чи канавок. Для забезпечення під час уклеювання центрування підшипників розточування виконують, залишаючи пояски по краях посадкового місця і по його довжині (рис. 8.5). Загальна ширина поясків не повинна перевищувати 50 % всієї поверхні склеювання

$$d_{\text{ном}} - d_1 = 0,1 \div 0,15 \text{ мм};$$

$$d_1 - d_2 = 0,5 \div 1,0 \text{ мм}.$$

Метод відновлення посадкових місць зі значним і нерівномірним зносом. У разі відновлення вклеюванням посадкових місць зі значним і нерівномірним зносом особливе значення має центрування й забезпечення співвісності підшипника й вала (корпусу підшипника).

Розв'язуються ці питання одним із таких способів:

- На зношуваній поверхні вздовж твірних ліній устанавлюють металеві прокладки різної товщини (приблизно на 0,05-0,08 мм менше зносу в цьому місці) у вигляді вузьких металевих смужок, які довші за місця зносу. Вільні кінці цих смужок кріпляться клейкою стрічкою, ниткою та іншим способом

поряд з місцем уклеювання (бажано на ділянці вала з меншим діаметром). Здійснюється установлення підшипника, який повинен знаходити на посадкове місце достатньо легко й без значних зусиль. Після цього на місце зносу наноситься металополімер (місця під прокладками також промазуються). Установлюють підшипник і після полімеризації металополімеру кінці прокладок, що виступають, зрізуються.

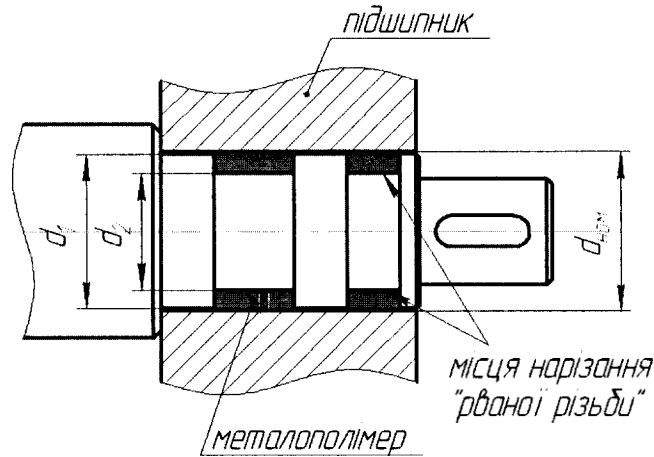


Рис. 8.5. Схема розточування посадкового місця

— За допомогою зварювання на місце зносу за діаметром наносять невеликі точкові (для запобігання перегріву вала) напливи у вигляді кілець з подальшим проточуванням до номінального посадкового діаметра підшипника. Після контрольної установки підшипника здійснюється його вклеювання за вищеописаними методами.

— На зношуваних поверхнях роблять проточування для установлення двох чи більше центрувальних розрізних кілець, які закріплюються в підготовлених канавках зварюванням чи уклеюванням металополімером. Установлені кільця проточують до посадкового номінального діаметра підшипника.

Можуть використовуватися й інші методи центрування.

8.2.4. Відновлення посадкових місць зі шпонковими пазами на валу металополімерами

Роботу здійснюють у такій послідовності:

— Проточують посадкове місце до діаметра d_1 , мм:

$$d_1 = d_{\text{ном}} - (1,5 \div 2,0),$$

де $d_{\text{ном}}$ — номінальний діаметр, до якого відновлюється ділянка вала.

Проточування здійснюють одночасно з нарізанням «рваної різьби» чи кільцевих канавок (у цих місцях обробка не робиться) для забезпечення надійності й захисту покриття від ударів під час подальшого складання вузла.

— Після очищення і знежирення наносять металополімер. При цьому можуть застосовуватися два способи.

Перший спосіб. У шпонковий паз вставляють шпонку для захисту від потрапляння в нього металополімеру. Відразу після нанесення металополімеру

на ремонтвану поверхню вала (не чекаючи його полімеризації) шпонка забирається. Після твердіння металополімеру здійснюють токарну обробку посадкового місця до номінального діаметра. Для остаточного відновлення шпонкового паза й усунення можливих сколів металополімеру, що можуть з'явитися під час обробки паза, а також для підвищення надійності роботи шпонкового з'єднання шпонки уклеюють в шпонковий паз за допомогою металополімеру, видавлені залишки якого видаляють.

Другий спосіб. Металополімер наносять не тільки на підготовлену проточену поверхню, але й повністю забивають ним шпонковий паз. Після твердіння металополімеру й проточування посадкового місця до номінального діаметра фрезерується новий шпонковий паз, зміщений на 90° чи 180° відносно старого паза.

8.3. Відновлення різьбових з'єднань металополімерами

На практиці можуть траплятись випадки ремонту різних і нерознімних різьбових з'єднань. У першому випадку на місці зруйнованої різьби свердлють отвір (рис. 8.6, а) діаметром d_0 , мм :

$$d_0 = d_{31} + (1,5 - 2,0),$$

де d_{31} – зовнішній діаметр різьби в отворі.

Після розсвердлювання отвору нарізується «рвана різьба» або канавки (рис. 8.6), зовнішній діаметр яких має становити, мм:

$$d_{32} = d_0 + (1,0 \div 1,5).$$

Формується ж різьба болтом, змазаним тонким шаром антиадгезиву (спеціальним чи будь-яким мастилом) (рис. 8.6, в).

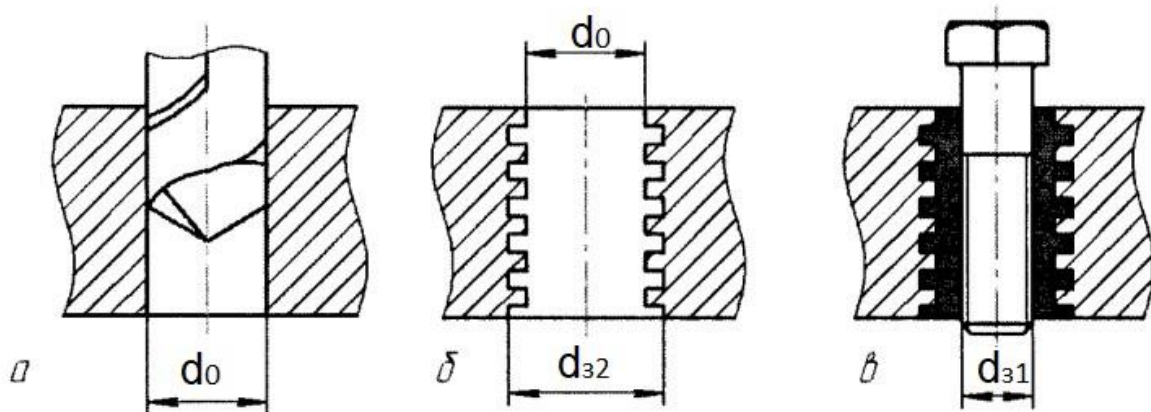


Рис. 8.6. Схема формування різьби

У другому випадку при збереженні основи витків у отворі болти чи шпильки очищають від бруду, знежирюють разом з отвором і уклеюють на місце металополімером.

8.4. Ремонт трубопроводів металополімерами

На практиці трапляються пошкодження трубопроводів у вигляді крізних свищів, тріщин і пробоїв, через які протікають рідини. Технології ремонту трубопроводів низького тиску із невеликими перерізами (умовними проходами) і трубопроводів високого тиску й великих діаметрів дещо відрізняються.

У разі ремонту першої групи трубопроводів їхню поверхню біля зони протікання висушують, зачищають, знежирюють і промазують металополімером. Зверху на шар полімеру накладають бандаж із склотканини, просочений металополімером, а поверх склотканини наносять шар металополімеру. Схема ремонту показана на рис. 8.7.

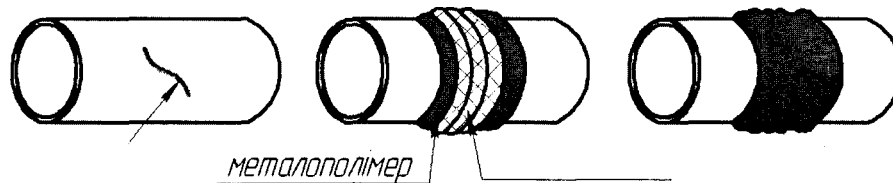


Рис. 8.7. Схема ремонту трубопровода за допомогою бандажа

У разі ремонту другої групи трубопроводів, після аналогічної підготовки, на нанесений шар металополімеру накладається металева латка, поверхня якої попередньо покрита металополімером. Для закріплення латки використовуються різьбове кріплення (уклеюються за допомогою того самого металополімеру) або хомут (рис. 8.8).

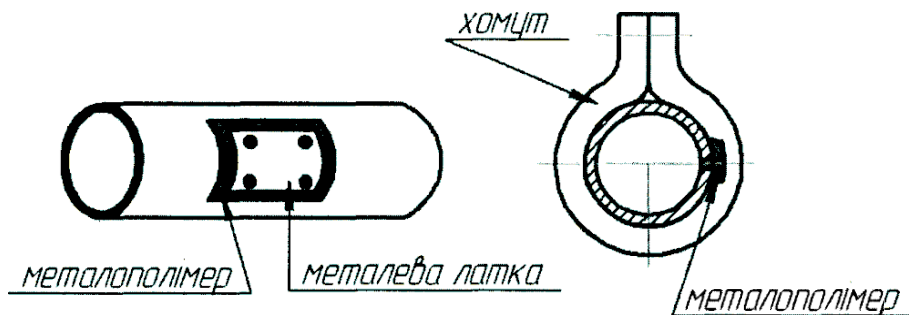


Рис. 8.8. Схема ремонту трубопровода за допомогою металевої латки

8.5. Відновлення внутрішніх циліндричних поверхонь металополімерами

Трапляються випадки зношування циліндричних поверхонь по всій довжині посадкового розміру (рис. 8.9, а) і зношування поверхонь зі збереженням прилеглих ділянок номінального розміру (рис. 8.9, б).

У першому та другому випадках на зношуваній поверхні виконуються розточки (рис. 8.10, а, б). У першому випадку зношувана поверхня розточується до діаметра, мм

$$d_1 = d_0 + (1,5 \div 2,5),$$

а канавки до діаметра

$$d_2 = d_1 + (1,0 \div 1,5).$$

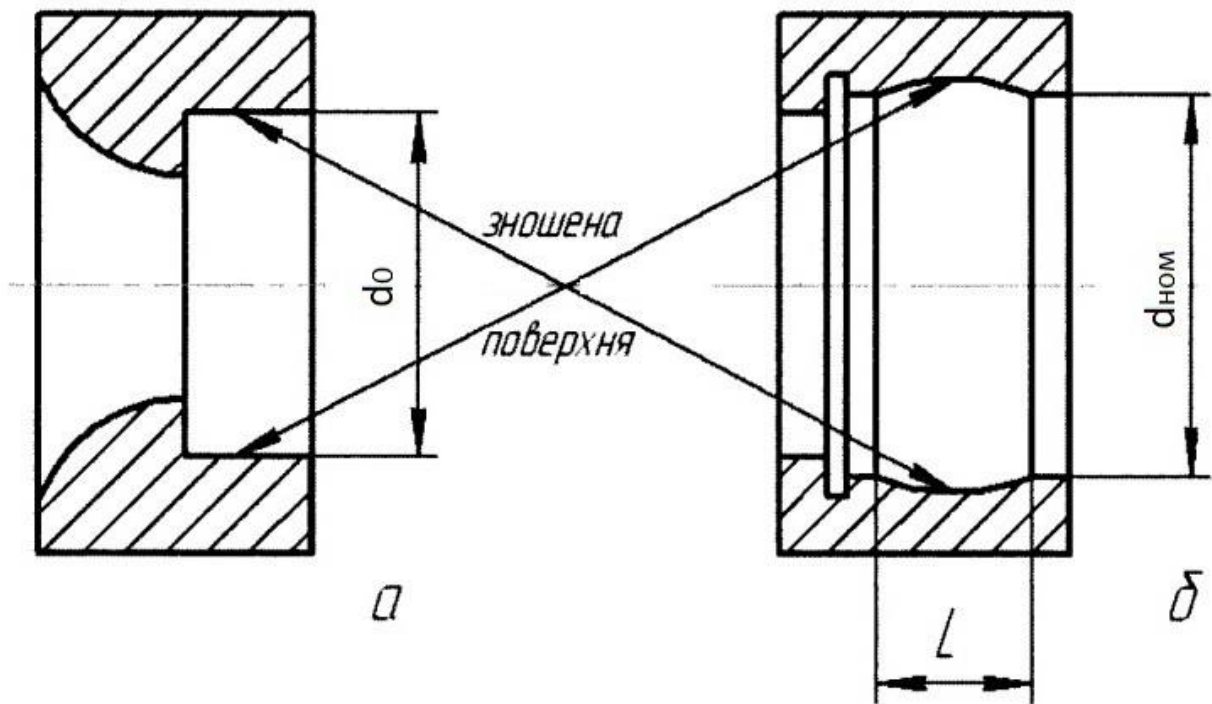


Рис. 8.9. Схема зношування циліндричних поверхонь

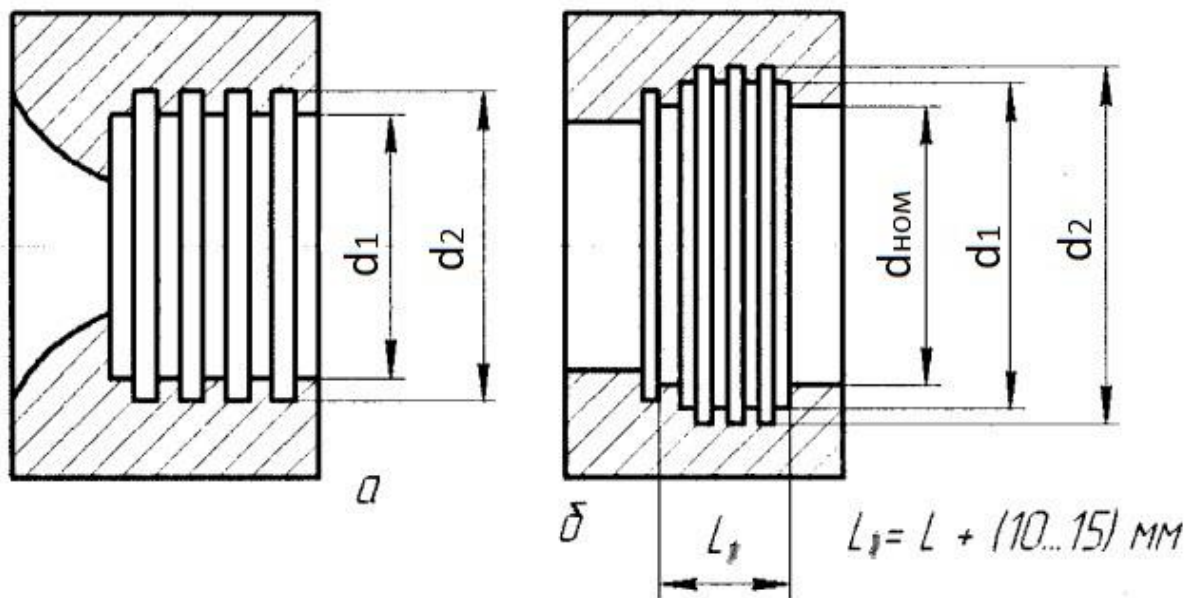


Рис. 8.10. Схема розточування

У другому випадку ті самі діаметри визначаються за формулами

$$d_1 = d_{\text{ном}} + (1,5 \div 2,0);$$

$$d_2 = d_1 + (1,0 \div 1,5).$$

Після розточування поверхні канавки очищують, знежирюють, захищають місця, що не підлягають покриттю антиадгезивом, наносять металополімер з достатнім запасом за товщиною й розточують до номінального розміру $d_{ном}$ (рис. 8.11, а, б).

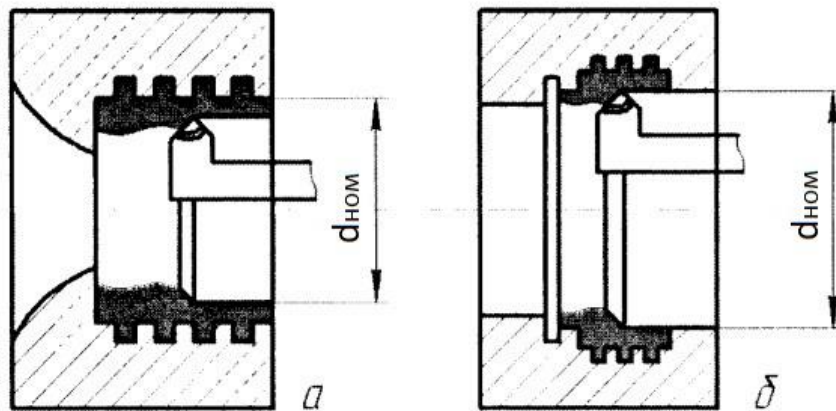


Рис. 8.11. Схема нанесення металополімеру

8.6. Замуровування тріщин металополімерами

Замуровування тріщин, протікань, зварних і клепаних швів у резервуарах (без тиску), баках та інших посудинах. При замуровуванні тріщин вкрай важливо визначити межі їх поширення. Для цього користуються декількома методами. За традиційного методу поверхня змащується гасом, який має надзвичайну проникність. Потім її протирають серветкою й після цього натирають крейдою. Тріщина проявить себе пожовтінням крейди. На обох кінцях тріщини свердлять отвори для запобігання її подальшому поширенню. Отвори рекомендується також свердлити і по всій довжині тріщини через 30...40 мм. Діаметр отворів має бути на 35 мм більше ширини тріщини, а для найтонших тріщин – не меншим ніж 5 мм. В отворах слід нарізати різьбу й вставити укріплювальні чопи у вигляді шпильок і гвинтів. Обов'язковими є розробка країв тріщин і зачищення суміжної поверхні. Після очищення й знежирення ремонтних поверхонь на металополімерах у різьбові отвори уклеюються болти (шпильки), верхні частини яких відрізають врівень з поверхнею деталі (у деяких випадках частини виступів болтів залишаються), а потім наноситься шар (чи декілька) металополімеру. Надійність замуровування підвищується, якщо металополімер буде армований склотканиною (рис. 8.12).

Замуровування тріщин у корпусних деталях металополімерами. У разі потреби шар полімеру разом з чопами (гвинтами, шпильками) відрізають врівень з відновлюваною поверхнею.

Розглянемо на прикладі ремонт корпусної деталі, у якій утворилася кризна тріщина (рис. 8.13, а).

Першим кроком ремонту є установлення меж поширення тріщини. Для цього поверхня очищується й знежирюється, а потім змащується гасом, через декілька хвилин протирається насухо й покривається крейдою. Тріщина

проявить себе жовтуватістю. Установивши розміри тріщини, на її кінцях і по довжині свердлять отвори через 30-40 мм (діаметр отворів, як відмічалось вище, залежить від ширини тріщини). Суміжні поверхні тріщини розробляються у вигляді трикутної канавки з кутом 60° - 90° (рис. 8.13, б). Далі поверхні зачищають до металевого блиску й знежирюють.

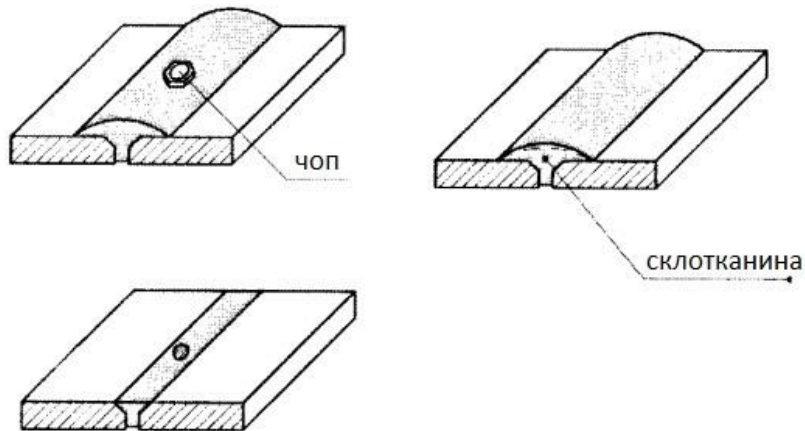


Рис. 8.12. Схема армування склотканиною

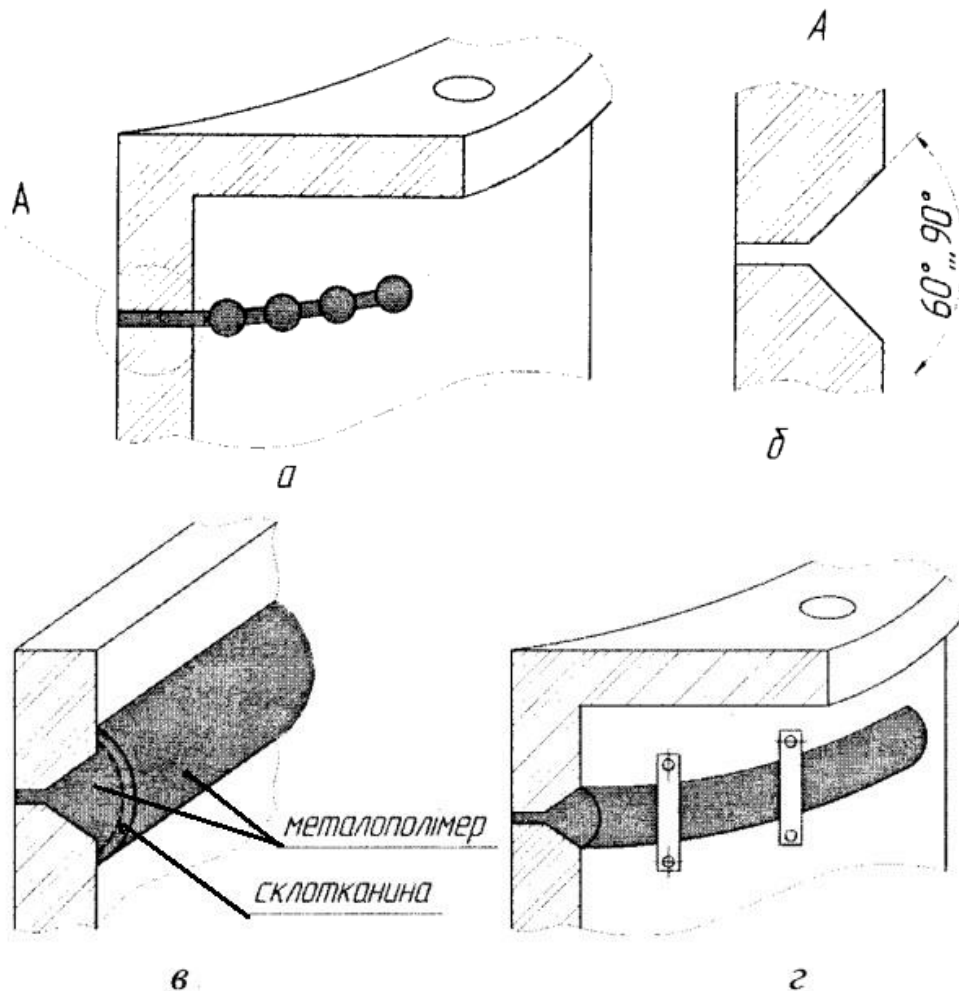


Рис. 8.13. Схема замурування тріщини металополімером

Замурування тріщини ведеться таким чином: в отвори уклеюються металополімером різьбові чопи (рис. 8.13, в). Зверху тріщини й на суміжну поверхню наноситься шар металополімеру, зміцнений склотканиною, яка захищає

нанесений шар полімеру від розтріскування при вібрації. При великих навантаженнях рекомендуються додатково установлювати металеві скоби (рис. 8.13, з), які мають перешкоджати розкриттю тріщини. Гвинти кріплення скобок саджають на металополімери.

8.7. Відновлення деталей складної форми

Відновлення деталей металополімерами за допомогою шаблонів. Показовим є відновлення опор підшипники, які складаються з корпусу й кришки, з'єднаних болтами (гвинтами) (рис. 8.14).

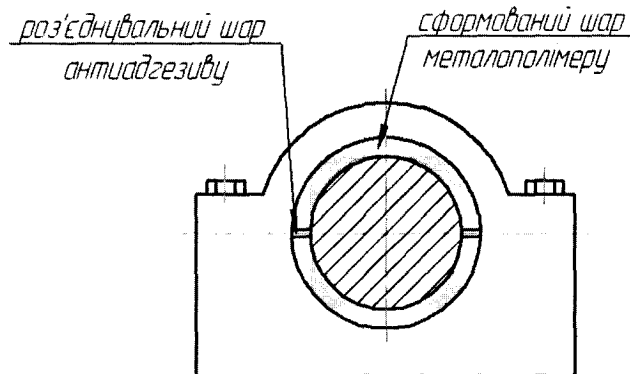


Рис. 8.14. Схема відновлення опори підшипника

Початковим етапом ремонту є розточування отвору під підшипник і нарізання канавок. Діаметр розточування отвору, мм

$$D_2 = D_1 + (1,5 \div 2,0),$$

а канавок

$$D_3 = D_2 + (1,0 \div 1,5),$$

де D_1 – діаметр посадкового отвору після зносу.

Підготовка поверхонь складається з очищення та знежирення. Окремо на поверхні отворів корпусу й кришки наносять шар металополімеру з гарантованим запасом (товщина не менше ніж $\delta = D_2 - D_1$).

На укладений шар полімеру корпусу установлюють вал-шаблон, попередньо покритий антиадгезивом. Поверхня вала має бути максимально гладенькою, відшліфованою. Антиадгезивом покривають й інші суміжні поверхні, які не підлягають покриттю. Зверху установлюють кришку, а з'єднувальні болти (гвинти) затягують максимально сильно, що забезпечує щільне прилягання кришки й корпусу. Вал-шаблон центрується або по крайніх, незношуваних сальникових «постілях», або іншим способом.

Розбирають деталь після твердіння протягом 24 годин. При цьому болти дещо послаблюють, вал-шаблон злегка зрушують з місця різким ударом у

торцеву частину, знімають кришку і шаблон, зачищають масляні канавки і усувають злом. Після цього складають відремонтовану деталь і роблять контрольний замір отриманого діаметра вала.

Відновлення металополімерами деталей складної форми зі значними пошкодженнями поверхонь. Як приклад розглянемо ремонт лопаті насоса, яка має значне пошкодження (рис. 8.15).



Рис. 8.15. Схема лопаті насоса з пошкодженням

Схема відновлення лопаті показана на рис. 8.15. Згідно зі схемою першим кроком ремонту є уклеювання за допомогою металополімеру армованих металевих штифтів у підготовлені отвори в бокових поверхнях лопаті (рис. 8.16, а).

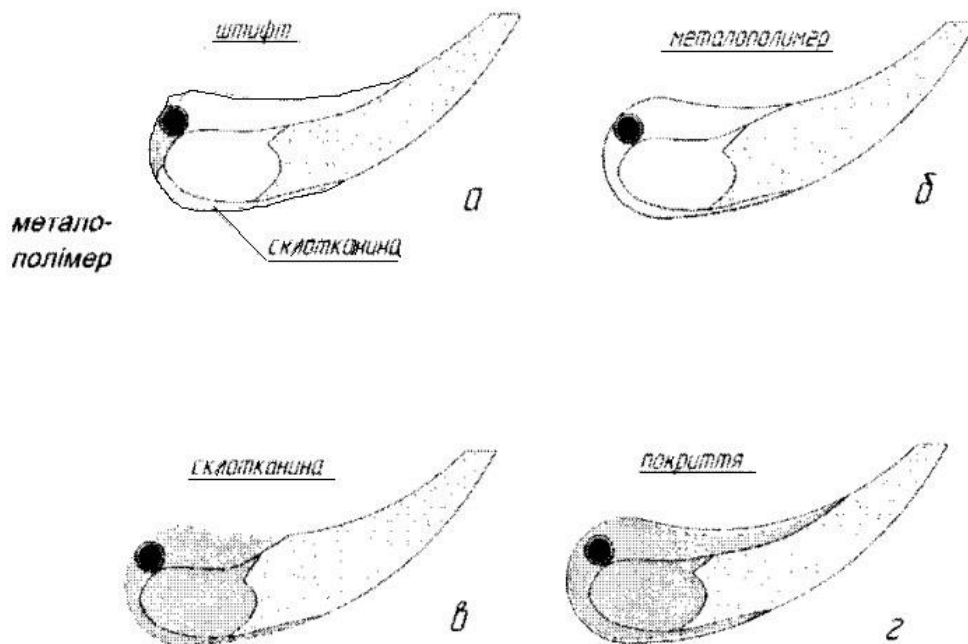


Рис. 8.16. Схема відновлення лопаті

Формування зовнішньої поверхні здійснюється склотканиною, просоченою металополімером. Один кінець склотканини обмотується навколо штифта, а другий приклеюється на лопать, просичену металополімером, з перекриттям площі дефекту (рис. 8.16, а). Після цього витримують час на тверднення.

Наступним кроком є наповнення порожнини дефекту металополімером (рис. 8.16, б).

Формування внутрішньої поверхні лопаті здійснюється також склотканиною, просоченою металополімером з перекриттям площі дефекту (рис. 8.16, в). Остаточним завершенням ремонту лопаті є нанесення зверху склотканини металополімеру антикавітаційно-ерозійного і антикорозійного покриття (рис. 8.16, з).

Під час покриття антикавітаційно-ерозійним шаром лопатей робочих коліс насосів чи подібних деталей, які не вимагають відновлення форми і геометричних розмірів деталей, рекомендовано захищати їхні пружки склотканиною, що має захищати покриття з металополімерів від розшарування при нанесенні ударів твердими предметами.

Контрольні завдання для самоперевірки

1. Які полімерні матеріали використовують при ремонті локомотивів.
2. Назвіть етапи та методи відновлення деталей з використанням металополімерів.
3. Поясніть відновлення деталей складної форми з використанням металополімерів.

РОЗДІЛ 9. ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

Усі методи зміцнення деталей машин поділяють на три групи:

- методи об'ємного зміцнення, коли зміцнення відбувається по усьому об'єму деталі;
- методи поверхневого зміцнення, коли зміцненню підлягає поверхневий, невеликий по глибині шар матеріалу;
- комбіновані методи, які поєднують об'ємне та поверхнєве зміцнення.

Вибираючи методи зміцнення, необхідно враховувати взаємодію конструкції деталі з особливостями технології зміцнювальних операцій. У цьому випадку реалізується своєрідний взаємозв'язок між технологією і конструкцією. Врахування цих багатосторонніх зв'язків доцільно розпочинати на ранніх етапах вибору основних конструкційних параметрів деталей.

Стосовно термічного зміцнення до таких параметрів відносять:

- експлуатаційні та технологічні властивості матеріалу;
- форму та габаритні розміри деталей;
- загальний просторовий розподіл маси;
- оформлення перехідних ділянок між елементами деталі, які мають різну жорсткість;
- наявність та вид концентраторів напружень;
- значення допусків на розміри та форму готових деталей.

Основним методом об'ємного зміцнення є термообробка. Термообробка – причина виникнення у металах внутрішніх напружень, які у взаємодії із зовнішніми навантаженнями визначають основні механічні властивості матеріалів та довговічність елементів машин і конструкцій.

Об'ємне термомеханічне зміцнення може відбуватися двома шляхами: термомеханічне зміцнення напівфабрикату на металургійному заводі з подальшим виготовленням деталей із зміцненої заготовки; термомеханічне зміцнення деталей у процесі їхнього виготовлення (кування, штампування) чи шляхом спеціальної термічної обробки на машинобудівному підприємстві.

Деталі, виготовлені з металевих порошків, не завжди мають необхідну довговічність. Тільки після об'ємного чи поверхневого зміцнення їхні фізико-механічні характеристики можуть досягнути значень монолітного металу аналогічного хімічного складу.

9.1. Методи поверхневого зміцнення

Ці методи можна поділити на такі види:

- пластичне деформування (наклеп) робочих поверхонь;
- хіміко-термічна обробка;
- поверхнєве загартування;
- наплавлення металу;
- напилювання металу;

- гальванічні покриття, лакофарбові покриття;
- пластмасові покриття;
- дифузійна металізація;
- електроіскрове, електродугове та лазерне зміцнення.

Пластичне деформування. Ця технологія спрямована на утворення в поверхневих шарах деталей пластично-деформованого шару (наклепу). Одночасно з наклепом у поверхневих шарах деталей виникають залишкові напруження стиснення. Причиною виникнення цих напружень є те, що поверхневі наклепані шари металу прагнуть зайняти більший об'єм через збільшення питомого об'єму металу. Однак ненаклепані шари чинять опір цьому процесу, внаслідок чого поверхневі шари набувають залишкових напружень стиснення.

Для пластичного деформування поверхневого шару деталей використовують такі способи:

- дробоструминний наклеп – здійснюється струменем сталевого чи чавунного дробу;
- обкатка роликками чи кульками (наклеп шляхом втискування в оброблювану поверхню ролика чи кульки, що по ній котиться);
- чеканка – здійснюється спеціальними бойками, які наносять численні удари;
- наклеп ротаційними зміцнювачами, які викликають впорядковані численні удари кульками чи роликками, які розміщені по периферії обертових дисків;
- гідроабразивний наклеп – здійснюється струменем рідини, що містить абразиви різної зернистості;
- алмазне вигладжування.

Хіміко-термічна обробка. В основі хіміко-термічної (термо-дифузійної) обробки поверхонь деталей лежить властивість поверхневого шару змінювати свої властивості при насиченні вуглецем, азотом, хромом та іншими елементами (цементация, азотування, сульфідкування, ціанування).

*Цементация*ю називається насичення поверхні сталевого виробу вуглецем. Після загартування такого виробу він стає твердим на поверхні й в'язким у осерді. Цементация піддають здебільшого деталі, які працюють на стирання й удар одночасно. Цементация придатна для маловуглецевих сталей. Є два види цементации: цементация твердим карбюризатором і газова цементация.

Азотування – це насичення поверхневого шару виробу азотом, щоб надати йому високої твердості, підвищити зносостійкість та опір агресивним середовищам. Азотують леговану сталь, що містить алюміній, титан, ванадій, вольфрам, молібден або хром. Такі елементи, взаємодіючи з азотом, утворюють тверді, стійкі в агресивних середовищах нітриди (TiN та ін.).

Ціанування – насичення поверхневого шару виробів одночасно вуглецем і азотом. Воно буває рідинне й газове, низькотемпературне (773-973 K), високотемпературне (1073-1123 K). Ціанування застосовують переважно для

обробки інструментів із швидкорізальної сталі, при цьому підвищується твердість і корозійна стійкість.

Дифузійна металізація – насичення поверхневого шару виробу різними металами. Найбільш поширені:

- алютування (насичення алюмінієм);
- хромування (насичення хромом);
- нікелювання (насичення нікелем);
- силіціювання (насичення кремнієм).

Дифузійну металізацію виконують для надання сталевим деталям жаростійких, антикорозійних властивостей та підвищення стійкості проти спрацювання, підвищення твердості.

Поверхнєве загартування. В основі способів зміцнення поверхневим загартуванням лежить здатність матеріалів змінювати властивості поверхневого шару в процесі нагрівання. Якість загартування залежить від багатьох факторів: матеріалу, форми поверхні, умов роботи та ін. (рис. 9.1).

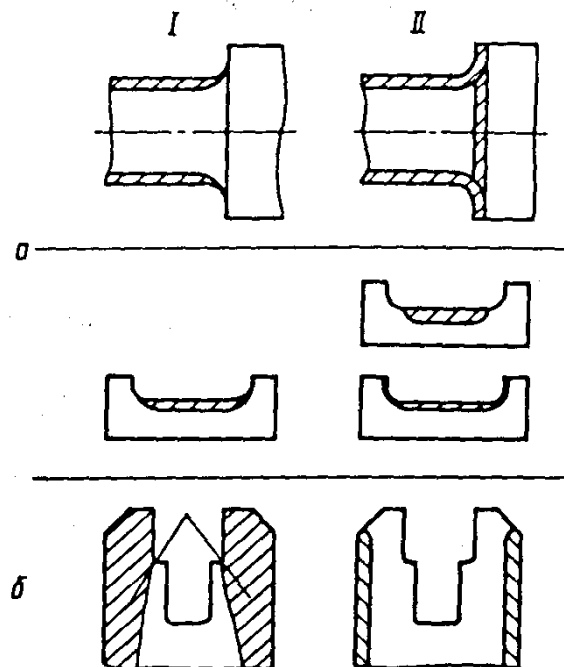


Рис. 9.1. Раціональний вибір поверхневого загартування:

I – нераціональний варіант; II – раціональний варіант

Усі способи поверхневого загартування можна розділити на дві групи: способи, що ґрунтуються на використанні зовнішніх джерел тепла (наприклад, поверхнєве загартування з нагріванням газовим полум'ям та електropечі), а також способи, що ґрунтуються на застосуванні внутрішніх джерел тепла (наприклад, загартування з нагріванням струмами високої частоти, контактний спосіб). Поверхнєве загартування застосовують для отримання твердого, стійкого проти спрацювання шару деталей, що виготовлені із середньо- та високовуглецевої сталі, а також із перлітних, ковких, сірих та високоміцних чавунів з вмістом вуглецю не менше ніж 0,4 %.

Поверхнєве загартування здійснюється нагріванням поверхневого шару деталей та швидким охолодженням до кімнатної температури, причому такими способами: одночасне, послідовне та неперервно-послідовне загартування. За першого способу одночасно загартовується вся поверхня однієї чи декількох деталей (гвинти, свердла, шестерні, колінчасті вали). У разі послідовного загартування по чергово нагрівають та загартовують окремі ділянки деталей (шестерні великого модуля, зубчасті колеса). За неперервно-послідовного способу індуктор чи деталь, що підлягає загартовуванню, переміщується зі швидкістю 2-6 мм/с (осі, гільзи робочих циліндрів двигунів, станини верстатів).

Поверхнєве загартування з нагріванням газовим полум'ям застосовується до деталей із середньовуглецевих та високовуглецевих сталей і чавунів (сірого, модифікованого, легованого, ковкого із вмістом вуглецю 0,40-0,85 %). Нагрівання відбувається полум'ям, що складається із суміші газів і кисню, інколи використовують гасо-киснєве полум'я. Для швидкого охолодження використовується вода кімнатної температури, підігріта емульсія та стиснуте повітря. Під час гартування нагріваються тільки окремі ділянки деталі, що підлягають зміцненню (зубці зубчастих коліс, ходові доріжки кранових коліс, шийки валів). Після такого виду загартування строк служби зубчастих коліс збільшується в 3,5-5 разів.

Для поверхневого загартування контактним нагріванням електричним струмом використовується змінний струм промислової частоти. За такого способу струм від знижувального однофазного трансформатора підводиться до оброблюваної поверхні за допомогою електрода-ролика. Ролик може вільно рухатися поверхнею. При проходженні струму в місці контакту виділяється тепло. Охолодження після загартування тонких деталей здійснюється за допомогою емульсії чи води, нагрітої до 25-60 °С, великогабаритні деталі не потребують штучного охолодження. За цього способу загартування залишається незагартованим поверхневий шар металу товщиною 0,05-0,2 мм, який видаляється під час шліфування.

Загартування з нагріванням струмами високої частоти (високочастотне загартування) – це поверхнєве загартування під час нагрівання металу індуктованим у ньому змінним струмом високої частоти. За такого способу високої твердості й нової структури набуває поверхневий шар, а осердя зберігає початкову твердість і структуру. Для високочастотного загартування використовують машинні та лампові генератори.

У результаті загартування нагріванням струмами високої частоти міцність сталей на втомлюваність зростає на 40-100 %. Стійкість проти спрацювання деталей після обробки струмами високої частоти значно вища, ніж у разі нагрівання в печі. Нагрівання струмами високої частоти показало, що в умовах окислювального спрацювання з невеликою швидкістю ковзання високочастотне загартування підвищує стійкість проти спрацювання майже удвічі. Цей тип загартування набув найбільшого поширення для обробки зубчастих коліс, а також для зміцнення внутрішніх поверхонь глибоких отворів.

Перевагою високочастотного загартування є те, що за його допомогою можна загартовувати шари товщиною від сотих часток міліметра до десяти

міліметрів. Цей метод найпродуктивніший порівняно з іншими методами загартовування, він може бути автоматизований та включений у поточну автоматизовану лінію. Крім того, цей метод дає змогу замінити леговані марки сталей на вуглецеві, що значно зменшує вартість деталей, а також не утворює окалини на поверхнях деталей. Завдяки цьому можна виключити з технологічного процесу дробоструменеві операції.

Існує ще *магнітне зміцнювання* – найбільш ефективно для різального інструменту. Дослідження показали, що після такої обробки свердла діаметром 6-23 мм мають на 60-148 % більшу довговічність.

Наплавлення металу. При *плазмовому наплавленні* виконується нагрівання деталі до розплавлення поверхневого шару плазмою. Охолодження здійснюється внаслідок відведення тепла всередину деталі. Під час охолодження на поверхні деталі утворюється шар дрібнозернистої структури. Цей метод застосовують для зміцнення деталей двигунів (зокрема, експериментального наплавлення колінчастих валів).

Наплавлення матеріалу. Наплавлення виконується шляхом розплавлення основного металу з нанесенням на його поверхню іншого металу (робочого шару). Найменша товщина наплавленого шару 0,25 мм, максимальна – технологічно не обмежена. Наплавлення застосовують як засіб, що підвищує стійкість поверхонь та інструменту проти різного роду спрацювань, дозволяє одержати на поверхні сплав з різними властивостями та замінити високолеговану сталь на звичайну вуглецеву чи низьколеговану. Газовим наплавленням зміцнюють деталі автомобілів, тракторів та інших машин.

Електрошлакове наплавлення ґрунтується на виділенні тепла в розплавленому флюсі під дією електричного струму. Процес наплавлення, як правило, відбувається одночасно з формуванням поверхні, що дозволяє скоротити припуск на обробку. Електрошлакове наплавлення доцільне в тих випадках, коли необхідно наплавити великий шар металу для великих партій деталей. Недоліком цього методу є значне зміцнення структури наплавленого металу. Перевагою електрошлакового наплавлення є сповільнене охолодження, що запобігає утворенню гарячих тріщин.

Вібруючо-дугове наплавлення застосовується для нанесення тонких шарів металу (0,3-1,5 мм) для відновлення спрацьованих зовнішніх поверхонь циліндричних деталей (поверхонь валів, осей, посадкових поверхонь під підшипники). За такого способу наплавлення металу відбувається в струмені рідини й полягає в періодичному приварюванні малих часток електродного доту до поверхні деталі). Матеріал наноситься шляхом перенесення з вібруючого електрода на деталь невеликими порціями, що досягається частими збуреннями дугових розрядів під час розмикання електричного кола.

Електроіскрове, електродугове зміцнення. Електроіскрове зміцнення являє собою одночасну дію ерозійного, термічного, термохімічного процесів та контактного перенесення матеріалу. Із поверхні деталі (катода) в момент проскакування іскри вириваються частинки матеріалу та одночасно відбувається інтенсивне перенесення матеріалу з анода (електрод) на катод. Під час проскакування іскри на невеликих ділянках поверхні деталі відбувається високотемпературне нагрівання й швидке охолодження. Охолодження

відбувається зі швидкістю 10000-100000 °C/с, а утворення іскри триває протягом 1/100 – 1/100000 частки секунди. Електроди виготовляють з твердих сплавів, що містять карбіди титану й вольфраму, ферохрому, хром-марганець, чистий алюміній, білий чавун, вуглеграфіт. Електроіскрове зміцнення виконують для деталей машин, що функціонують в абразивному середовищі (дорожні, будівельні та землерийні машини).

Зауважимо, що ще є **лазерне поверхнєве зміцнення**. Такий вид зміцнення є імпульсним лазерним легуванням з використанням спеціальних паст, що містять розмішені в гліцерині дрібнодисперсні порошки бору та твердих сплавів з додаванням фторидних активаторів. Лазерне випромінювання фокусується спеціальною лінзою, яка створює світлову пляму у формі еліпса з осями 7-15 мм та 2-5 мм. Лазерне зміцнення дозволяє обробити важкодоступні поверхні, виконати локальне зміцнення окремих частин деталей. Лазерне зміцнення збільшує стійкість проти спрацювання у два та більше разів.

Напилення матеріалу. Процес напилення металу (металізація) полягає в тому, що на поверхню деталі будь-якої форми наносять металеве покриття шляхом розпилення рідкого металу струменем стиснутого повітря. Зчеплення часток напилюваного матеріалу з поверхнею оброблюваної деталі має адгезійний характер. За структурою металізовані покриття завжди пористі.

Розрізняють такі види металізації залежно від джерела тепла: газове (газове полум'я), електричне (електрична дуга) та плазмове (завдяки високій температурі плазми).

Метод металізації є простим у застосуванні та не потребує великих затрат. Недоліки цього методу – крихкість нанесеного шару, не завжди достатня міцність зчеплення, зменшена довговічність деталей на втомлюваність та механічна міцність зразків із розпиленого металу порівняно з отриманими шляхом відливання.

Гальванічні покриття. Ці покриття поділяють на такі види:

- захисні покриття (цинкові, кадмієві, свинцеві, олов'яні, нікелеві);
- покриття сплавами: кадмій-цинк, олово-цинк, мідь-цинк, свинець-олово, цинк-нікель, мідь-олово, олово-нікель, золото-мідь;
- захисні плівки, одержані шляхом фосфатування та оксидування;
- декоративно-захисні покриття (нікелеві, хромові, кобальтові, срібні, золоті);
- покриття для підвищення стійкості проти спрацювання та поверхневої твердості (хромові, залізні, нікелеві);
- покриття для відновлення розмірів деталей (хромові, залізні, мідні).

Технологічний процес нанесення покриттів складається з таких операцій: підготовки поверхні до покриття, нанесення покриття, обробка поверхні після покриття.

Лакофарбові та пластмасові покриття. Лакофарбові покриття застосовують для захисту металів від корозії, дерева – від гниття.

Пластмасові покриття допомагають в захисті поверхонь деталей від агресивного середовища (наприклад, концентровані кислоти та окисники). Для нанесення пластмас використовують вихрове напилення та напилення за

допомогою газового полум'я. Процес нанесення пластмасових напилень аналогічний до технологічного процесу металізації напиленням. Напилювати пластмаси можна тільки на відкриті поверхні без гострих кутів, граней, раковин.

9.2. Методи та види об'ємного зміцнення

Основним методом об'ємного зміцнення є термообробка.

Термічна обробка полягає в зміні структури металів і сплавів через нагрівання, витримання та охолодження, відповідно до спеціального режиму, а отже, у зміні властивостей останніх. В основі термічної обробки сталей лежить перекристалізація аустеніту під час охолодження.

Розрізняють такі види термічної обробки:

- відпал;
- нормалізація;
- загартування;
- відпуск.

Відпал – термічна обробка, яка полягає в нагріванні металу до певних температур, витримці й подальшому дуже повільному охолодженні разом з піччю. Застосовують для поліпшення обробки металів різанням, зниження твердості, отримання зернистої структури, а також для зняття напружень, усуває частково (або повністю) будь-які неоднорідності, які були внесені в метал за попередніх операцій (механічна обробка, обробка тиском, лиття, зварювання), поліпшує структуру сталі.

Розрізняють такі види відпалу: рекристалізаційний, дифузійний, на зернистий перліт, ізотермічний, повний і неповний. Відпал підвищує пластичність, зменшує внутрішні напруження, знижує твердість сталей.

Нормалізація полягає в нагріванні металу до температури на 30-50°C вище критичної точки й подальшому охолодженні на повітрі. Призначення нормалізації різна залежно від складу сталі. Замість відпалу низьковуглецеві сталі піддають нормалізації. Для середньовуглецевих сталей нормалізацію застосовують замість загартовування й високого відпуску. Високівуглецеві сталі піддають нормалізації з метою усунення цементитної сітки. Нормалізацію з подальшим високим відпуском застосовують замість відпалу для виправлення структури легованих сталей. Нормалізація порівняно з відпалом більш економічна операція, тому що не потребує охолодження разом з піччю. Твердість і міцність сталі після нормалізації вищі, ніж після відпалу.

Загартуванням називають нагрівання до високої температури, витримку й швидке охолодження (у воді, мінеральній оліві та інших охолоджувачах). Є такі види загартування:

- в одному охолоджувачі;
- перервне;
- ступінчасте;
- ізотермічне;
- поверхнєве та ін.

Загартування сталей забезпечує підвищення твердості, виникнення внутрішніх напружень і зменшення пластичності. Твердість збільшується у зв'язку з виникненням таких структур: сорбіт, троостит, мартенсит. Практично загартуванню піддаються середньо- та високовуглецеві сталі.

Відпуск сталі є завершальною операцією термічної обробки, формує структуру, а отже, і властивості сталі. Відпуск полягає в нагріванні сталі до різних температур (залежно від виду відпуску, але завжди нижче критичної точки), витримці й охолодженні (зазвичай повільне охолодження на повітрі) з різними швидкостями.

Розрізняють три види відпуску:

- низький (нагрівання до температури 473 °K);
- середній (573-773 °K);
- високий (773-973 °K).

Після відпуску дещо зменшується твердість і внутрішні напруження, збільшується пластичність і в'язкість сталей. До цього приводить зміна структур після відпуску. Структура мартенситу сталі переходить відповідно в структуру трооститу і сорбіту. Чим вища температура відпуску, тим менша твердість відпущеної сталі і тим більша її пластичність та в'язкість.

Відпуск виконують переважно після загартування для зняття внутрішніх напружень. Низький відпуск застосовують під час виготовлення різального, вимірювального інструменту, цементованих деталей та ін.; середній – у виробництві ковальських штампів, пружин, ресор; високий – для багатьох деталей, що зазнають дії високих напружень (осі автомобілів, шатуни тощо).

Контроль відпуску здійснюється за кольорами, які з'являтимуться на поверхні деталі.

Контрольні завдання для самоперевірки

1. Назвіть основні методи поверхневого зміцнення.
2. Назвіть і поясніть види термічної обробки.
3. Поясніть терміни загартування, відпуск.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство. Організація ремонтного та екіпірувального господарства : підручник / Боднар Б. Є., Капіца М. І., Боднар Є. Б., Очкасов О. Б. ; за ред. д-ра техн. наук, проф. Б. Є. Боднара. Дніпро : Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2022. 220 с. DOI: <https://doi.org/10.15802/978-966-2596-24-3>
2. Положення про планово-попереджувальну систему ремонту і технічного обслуговування тягового та моторвагонного рухомого складу (електровозів, тепловозів, електро та дизель-поїздів) : Наказ Укрзалізниці № 429-Ц/ОД від 15.10.2015. Київ, 2015. 45 с.
3. Інструкція з формування, ремонту та утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниць України колії 1520 мм. ВНД 32.0.07.001-2001 (нова редакція) : Наказ Укрзалізниці № 023-ЦЗ від 03.02.2011. Київ : Міністерство Транспорту України, 2011. 152 с.
4. ЦТ-0165. Інструкція з технічного обслуговування та ремонту вузлів з підшипниками кочення локомотивів та моторвагонного рухомого складу : Наказ Укрзалізниці від 26.02.2008 № 096-Ц. Київ, 2008.
5. ЦТ-0204. Правила ремонту електричних машин електровозів і електропоїздів : Наказ Укрзалізниці від 28.07.2011 № 451-Ц. Київ, 2011.
6. ЦТ-0205. Правила ремонту електричних машин тепловозів та дизель-поїздів. Наказ Укрзалізниці від 28.07.2011 № 451-Ц. Київ, 2011. 88 с.
7. ЦТ-0116. Правила капітального ремонту КР-1, КР-2 тепловозів 2ТЭ116. Наказ Укрзалізниці від 10.10.2005 № 505-ЦЗ. Київ, 2005. 244 с.
8. Правила технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів 2ТЭ116. Наказ Укрзалізниці від 20.03.2013 №075-Ц/од. Київ : Міністерство інфраструктури України, 2013. 323 с.
9. ЦТ-0124. Правила капітальних ремонтів КР-1, КР-2 тепловозів серії ЧМЭЗ, ЧМЕЭТ, ЧМЭЗЕ. Наказ Укрзалізниці від 13.12.2005 № 691-ЦЗ. Київ, 2025.
10. ЦТ-0187. Правила технічного обслуговування та поточного ремонту тепловозів ЧМЭЗ, ЧМЭЗТ, ЧМЭЗЕ. Наказ Укрзалізниці від 24.06.2009 № 367-Ц. Київ, 2009.
11. ЦТ-0122. Правила капітальних ремонтів КР-1, КР-2 тепловозів ТЭП70. Наказ Укрзалізниці від 13.12.2005 № 689-ЦЗ. Київ, 2005.
12. ЦТ-0065. Правила технічного обслуговування та поточного ремонту тепловозів серії ТЭП70. Наказ Укрзалізниці від 27.02.2003 № 53-Ц. Київ, 2003.
13. ЦТ-0134. Правила капітального ремонту КР-1, КР-2 електровозів змінного струму ВЛ80в/і, ВЛ82м. Наказ Укрзалізниці від 16.03.2006 № 253-ЦЗ. Київ, 2006. 127 с.
14. ЦТ-0038. Правила технічного обслуговування та поточного ремонту електровозів змінного струму ВЛ60к, ВЛ60п, ВЛ80к, ВЛ80т, ВЛ82м. Наказ Укрзалізниці від 31.07.2012 № 271-Ц. Київ, 2012.
15. ЦТ-0227. Нормативний документ «Тяговий рухомий склад. Зварювання, наплавлення та напилення. Правила ремонту». Наказ Укрзалізниці від 17.06.2014 № 299-Ц/од. Київ, 2014. 410 с.

ДОДАТОК А

Довідкова інформація про встановлені міжремонтні терміни та чинні норми простоїв на технічному обслуговуванні та ремонтах

Таблиця А.1

Витяг з додатка № 1 до Положення про планово-попереджувальну систему ремонту й технічного обслуговування тягового та моторвагонного рухомого складу, яке затверджено наказом АТ «Укрзалізниця» від 30.01.2019 № 055 (пункт3)

ТЕПЛОВОЗИ

(магістральні вантажні, пасажирські, маневрові)

Вид та серія ТРС	Нормативний міжремонтний період						Примітка
	ТО	ПР				КР	
	ТО-3, тис. км	ПР-1, тис. км	ПР-2, тис. км	ПР-3, тис. км	КР-1, тис. км	КР-2, тис. км	
	діб	міс.	міс.	міс.	років	років	
Магістральні: вантажні та пасажирські							
2ТЕ10В/і	10/-	50/-	110/-	225/-	900/7	1800/13	Експлуатація понад нормативний термін служби
	11/-	50/-	150/-	300/-	990/7,5	1980/14	У межах нормативного терміну або після КРП
М62, 2М62	9/-	45/-	90/-	180/-	720/4,5	1440/9	Експлуатація понад нормативний термін
	10/-	50/-	95/-	195/-	780/5	1560/10	У межах нормативного терміну або після КРП
	13/-	65/-	130/-	260/-	1040/6	2100/12	Після виконання глибокої комплексної модернізації новим силовим обладнанням
2М62У	9/-	45/-	90/-	180/-	720/6,0	1440/12	Експлуатація понад нормативний термін
	9/-	45/-	90/-	180/-	780/6,5	1560/13	У межах нормативного терміну або після КРП
	13/-	65/-	130/-	260/-	1040/8	2100/15	Після виконання глибокої комплексної модернізації новим силовим обладнанням
2ТЕ116	10/-	50/-	150/-	300/-	900/8	1800/14	Експлуатація понад нормативний термін
	11/-	55/-	165/-	330/-	990/9	1980/15,5	У межах нормативного терміну або після КРП
ТЕП70	10/-	50/-	150/-	300/-	900/8	1800/14	Експлуатація понад нормативний термін служби
	11/-	55/-	165/-	330/-	990/9	1980/15,5	У межах нормативного терміну або після виконання КРП
ТЕП150	15/-	150	300	600	1250	2500/20	

Вид та серія ТРС	Нормативний міжремонтний період						Примітка
	ТО	ПР			КР		
	ТО-3, тис. км	ПР-1, тис. км	ПР-2, тис. км	ПР-3, тис. км	КР-1, тис. км	КР-2, тис. км	
	діб	міс.	міс.	міс.	років	років	
Маневрові з електропередачою							
ЧМЕЗ в/і	-/36	-/8,5	-	-/30	-/8,5	-/17	Експлуатація понад норма- тивний термін
ЧМЕЗ в/і	-/45	-/8,5	-	-/30	-/8,5	-/17	У межах нормативного тер- міну або після виконання КРП
ЧМЕЗ в/і	-/58	-/11	-	-/39	-/11	-/22	Після виконання глибокої комплексної модернізації новим силовим обладнан- ням
ЧМЕ2	-/15	-/4	-	-/16	-	-	-
ТУ2, ТУ7	-/15	-/2	-/8	-/16	-/5	-/10	-
ТЕМ 18	-/30	-/12	-/24	-/48	-/6	-12	
Маневрові з гідропередачою							
ТГМ23, ТГК2	-/10	-/2	-/8	-/16	-/5	-/10	-

МОДЕРНІЗОВАНІ ЛОКОМОТИВИ

Вид та серія ТРС	Нормативний міжремонтний період*					Примітка
	ТО		ПР	ДР	ЗР	
	ТО-2, год.	ТО-3, діб.	ПР, міс.	ДР, міс.	ЗР, рік	
Маневрові з електропередачою						
ЧМЕЗ в/і	144-168	45	9	54	18	Експлуатація в межах та понад нормативний термін служби

Примітка: 1. Маневровим тепловозам типу ЧМЕ2 до їх списання КР не виконується. Тепловози використовуються для виконання маневрової роботи на підприємствах залізничного транспорту.

2. Періодичність постановки магістральних локомотивів на ТО-3, що задіяні в маневровій та вивізній роботі, з метою раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів може бути збільшена на 30 % згідно з наказом начальника залізниці.

МОТОРВАГОННИЙ РУХОМИЙ СКЛАД (ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДИ)

Вид та серія МВРС	Нормативний міжремонтні періоди					
	ТО	ПР			КР	
	ТО-3,	ПР-1,	ПР-2,	ПР-3,	КР-1,	КР-2,
	<u>тис. км</u> діб	<u>тис. км</u> міс.	<u>тис. км</u> міс.	<u>тис. км</u> міс.	<u>тис. км</u> років	<u>тис. км</u> років
Д1	-/10	-/2	-	150/15	600/5	1200/10
ДР1	-/14	-/2	100/12	200/24	600/6	-/12
ДЕЛ-02	10/30	100/9	200/18	400/36	800/6	1600/12
Дизель-поїзди з локомотивом 2ТЕ116, 2М62	-/15	-/3	-	180/18	720/6	1440/12
Автомотриси	-/30	-/6	150/18	300/36	900/9	-
620М	-/30	-/6	180/12	360/24	1000/10	-/-
630М	30/800 мот. год.	150/4 тис. мот. год.	300/8 тис. мот. год.	600/16 тис. мот. год.	1200/32 тис. мот. год.	2400/64 тис. мот. год.
РА-2	-/30	-/6	150/18	300/36	600/6	1200/12
ДПКр-2	30/1 тис. мот. год.	150/2 тис. мот. год.	300/3,5 тис. мот. год.	600/7 тис. мот. год.	1200/14 тис. мот. год.	2400/28 тис. мот. год.

- Примітка:* 1. Дизель-поїздам ТО, ПР, КР виконувати при досягненні першим будь-якого з показників міжремонтних періодів.
2. При застосуванні для ТРС та МВРС встановлених норм необхідно мати на увазі такі умови:
- а) Для всіх типів тягового та моторвагонного рухомого складу, що експлуатуються в період гарантійного строку, діють норми періодичності ТО, ПР, вказані в технічних умовах на поставку.
 - б) У календарний строк міжремонтних періодів (доба, місяць, рік) включати тільки час перебування ТРС та МВРС в експлуатованому парку.
 - в) Для ТРС та МВРС виконувати ТО, ПР, КР при досягненні першим будь-якого з показників міжремонтних періодів.

**Середні по Укрзалізниці норми простоїв на технічному обслуговуванні
та поточному ремонті
(з урахуванням очікування та поетапного подовження терміну служби)**

ТЕПЛОВОЗИ

Вид ТО та ПР	Норма простою		
	Тепловози вантажні	Тепловози пасажирські *	Тепловози маневрові
ТО-3	16 год.	12 год.	12 год.
ПР-1	48 год.	36 год.	24 год.
ПР-2	8 діб	5 діб	4 діб
ПР-3	10 діб	6 діб	5 діб

Примітка: * – простій вказано в перерахунку на секцію локомотива

МОТОРВАГОННИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Вид ТО та ПР	Норма простою	
	електропоїзди	дизель-поїзди
ТО-3	4 год./поїзд	12 год.
ПР-1	12 год./поїзд	24 год.
ПР-2	2 доби/секцію	10 діб
ПР-3	8 діб/секцію	12 діб

ДОДАТОК Б

Довідкова інформація про встановлені вимоги щодо застосування технічних мийних засобів у локомотивних і моторвагонних депо

Додаток Б (рекомендований) до Інструкції з технічного обслуговування та ремонту вузлів з підшипниками кочення локомотивів та моторвагонного рухомого складу (ЦТ-0165), яка затверджена наказом Укрзалізниці від 26.02.2008 № 096-Ц.

Виписка з технологічної інструкції із застосування технічних мийних засобів у локомотивних і моторвагонних депо (№ТИ-690-1).

Б.1. Загальні положення

Б.1.1. Технічні мийні засоби (ТМЗ) являють собою суміш синтетичної поверхнево-активної речовини (ПАР) з неорганічними солями натрію або без них і випускаються промисловістю у вигляді сипких порошків білого або жовтуватого кольору, добре розчинних у воді, а також у вигляді рідин або паст.

Б.1.2. Розчини ТМЗ нетоксичні, пожежобезпечні, не викликають опіків шкіри і подразнень дихальних шляхів, мають високу мийну здатність і тривалий термін служби.

У таблиці Б.1 наведено ТМЗ, найбільш придатні для миття підшипників і їхніх вузлів.

Б.2. Приготування та використання мийного розчину

Б.2.1. Мийний розчин готують шляхом розчинення необхідної кількості ТМЗ у підігрійтій воді. Для приготування мийного розчину безпосередньо в баку мийної машини його заливають на дві третини водою, підігрівають її до температури від 50°C до 60°C, завантажують у бак розрахункову кількість ТМЗ і перемішують до повного розчинення препарату. Потім нагрівають розчин до робочої температури. Не варто засипати ТМЗ у холодну воду.

Б.2.2. Щоб уникнути сильного піноутворення, у перший період роботи струминні мийні машини необхідно заправляти ТМЗ у два-три прийоми з проміжком у кілька годин і заповнювати бак водою не повністю, залишаючи від 20 % до 30 % по висоті для піни. Через кілька годин роботи машини піноутворення різко знижується і бак заправляється ТМЗ до норми.

Б.2.3. Розчин ТМЗ використовують багаторазово з безперервним або періодичним чищенням відмитих забруднень. Термін служби розчину становить від одного до трьох місяців. Для продовження терміну служби розчину необхідно один два-рази на добу видаляти з бака відстояну оливу та осад.

Б.2.4. Для підтримування необхідної концентрації розчину необхідно через два-три дні роботи додавати від 1 кг до 3 кг ТМЗ на 1 м³ бака.

Б.2.5. Промиті деталі не вимагають ополіскування водою.

Таблиця Б.1

ТМЗ, що рекомендуються для очищення деталей підшипникових вузлів

Марка ТМЗ	Склад у відсотках					
	ПАР		Сода кальцинована	Тропилифосфат	Метасилікат	Інші компоненти
	Найменування	Відсоток				
Темп 100	Синтанол ДС-10 або ДТ-7 Оксифос або КД-6	1,5 0,5	26 -	45 -	10 -	Сульфат натрію до 100%
ХС-2М	Сульфанол	4	23	У	50	-
МС-18 (МС-15)	Синтамід 510 (Оксифос Б або КД-6)	8 6	34 42	26 24	32 28	- -
МС-6	Синтанол ДС-10	6	38-40	25	29	-
(МС-8) Лабомід 101	(Синтамід 5) Синтамід 5	8 3,5	- 50	- 30	- 16,5	- -
Елва	Суміш аніонних і неіоногенних ПАР (Синтанол ДС-10 або МЛМ10, волгонат, диспергатор НФ)	100	-	-	-	-
Лабомід	Суміш ПАР із лужними неорганічними шарами	100	-	-	-	-
НТС-1 Ту у 22966217.002-2000	Суміш на основі ефірів алконоламіна, карбонових кислот, корозійних інгібіторів, бісцида.	100	-	-	-	-

Під час промивання підшипників кочення для створення захисної масляної плівки в мийний розчин рекомендується додавати відпрацьоване водорозчинне мастило (наприклад, ЛЗ-ЦНИИ) або оливу.

Рекомендується застосовувати машини заглиблювального типу з різними типами збудження: МЯ4-1, ОТА-5288, ОТА-5300.

Б.2.6. Для ручного очищення деталей підшипникових вузлів можна застосовувати емульсійний мийний засіб (ЕМЗ), що готують на місці з води (50 %-70 %) і гасу (30 %-50 %), з додаванням ТМЗ «Елва» – 0,5 % (технологічна інструкція від 12.12.93 р. № ЦТВ-8/5).

Рекомендовані режими очищення наведені в таблиці Б.2.

Таблиця Б.2

Технологічні режими очищення

Види очищення	Концентрація ТМЗ, кг/м ³	Температура, °С	Робочий тиск, МПа	Тривалість, хв	Примітка
Очищення вузлів і деталей у струминній мийній машині	10-20	70-85	0,3-0,5	15-30	
Те саме у заглибній мийній машині	25-30	80-95	-	15-30	
Розконсервація деталей у заглибленій машині	15-20	80-90		5-10	
Ручне очищення: розчинами ТМЗ	20-25	40-50, не менше		-	Очищення ведуть щітками у ваннах або протирають обтиральним матеріалом
Розчином ЕМЗ	50-100, не менше	20, не менше			

Б.3. Техніка безпеки

Під час роботи з ТМЗ рекомендується змазувати руки захисним силіконовим кремом або пастою. За ручного очищення деталей потрібно користуватися гумовими рукавичками. Під час роботи із сухими ТМЗ потрібно не допускати попадання порошку на слизові оболонки. Рекомендується використовувати захисні окуляри, респіратор або марлеву пов'язку.

Не допускати утворення випарів ТМЗ у робочій зоні. Приміщення для приготування ТМЗ повинно мати вентиляцію.

ДОДАТОК В

Довідкова інформація про марки та типи сучасних металополімерів провідних компаній

В.1. Металополімери та еластomers Belzona

Металополімери Belzona є багатофункціональною системою для ремонтних і відновлювальних робіт, під час яких застосовується механічна обробка. При цьому використовуються декілька модифікацій цих металополімерів: 1111 (SUPERMETAL); 1121 (SUPER XL-METAL), 1131; 1221 (SUPER-METAL); 1251/5851 (HA-Metal / HA-Barrier), 1311 (CERAMIC R-METAL); 1321 (CERAMIC S-METAL), 1341 (SUPER METAL GLIDE), 1391, 1811/1812; 1821 (FLUID METAL).

Belzona 1111 являє собою двокомпонентний ремонтно-відновлювальний матеріал, створений на основі полімерної сталекераміки. Застосовується для ремонту й відновлення корпусів підшипників та втулок, відливків, деформованих фланців, резервуарів з протіканням, тріщин у гідравлічних системах, шпонкових канавок, станин, валів, зірваної різі та інше. Має дуже добру адгезію майже до всіх поверхонь (сталь, алюміній, мідь, латунь, бронза, скловолокно, бетон, неглазуровані кераміки та скло). Надійно пристає навіть до вологих і сирих поверхонь. Матеріал у вигляді пастоподібної суміші наносить на поверхню за один прийом тонким чи товстим шаром. Піддається, у разі потреби, механічній обробці будь-яким різальним інструментом. Затвердівши, має високу механічну міцність, стійкий до нагрівання, до дії широкого кола хімікатів, зокрема неорганічних кислот, вуглеводів, мінеральних мастил, окисників, спиртів, водних розчин та емульсій, не піддається корозії.

Belzona 1121 застосовують для ремонту деталей з різнорідних матеріалів, де можлива біметалічна корозія. Опір стисканню в середньому – 80 МПа, згину – 57,6 МПа.

Belzona 1331, зберігаючи основні властивості металополімерів Belzona, є найкращим полімеризувальним матеріалом за низьких температур.

Belzona 122J – це епоксидно-меркаптанова система, що дає максимальну міцність у мінімальний термін. Матеріал більш стійкий до нагрівання і дії вологи й має широкий спектр застосування.

Головне призначення Belzona 1251/5851 – ремонт і запобігання корозії під ізоляцією. Belzona 1311 створений для відновлення металевих поверхонь, пошкоджених ерозією і корозією. Він має абсолютну стійкість до абразивного зносу та корозійної дії. Belzona 1321 забезпечує надійний захист металевих поверхонь від корозії та ерозії. Belzona 1391 використовують для захисту поверхонь від ерозії і корозії у високотемпературних середовищах. Belzona 1341 створений спеціально для захисту від корозії й отримання гідравлічно рівних (гладеньких) поверхонь, має виняткову стійкість до кавітації. Суттєво зношувані чи піддані пітингу поверхні обладнання, що контактують з водою, відновлюють до початкових контурів за допомогою Belzona 1111, а вже потім покриваються Belzona 1341.

Belzona 1811/1812 застосовують для ремонту обладнання, що зазнає абразивної дії. Зокрема, використовують для ремонту циклонів, бункерів, форсунок, центрифуг, робочих коліс насосів та інших елементів. Температурний діапазон функціонування від -400°C до 150°C .

Belzona 1821 застосовують для ремонту обладнання, що працює в умовах високої абразивності, а також як покриття для протиковзного ефекту гальмівних роликів і шківів. Може використовуватись і в інших випадках, де необхідно підвищити сили тертя і забезпечити надійність захоплення. Зчеплення, наприклад, для сталі становить 21,0 МПа.

До еластомерів Belzona належать Belzona 2100, Belzona 2200, Belzona 2311.

Belzona 2100 призначається для ремонту й відновлення гумових деталей (гумові прокладки, конвеєрні стрічки, гумові покриття (футерівка) різноманітних об'єктів). Belzona 2200 – багатоцільовий еластомер, використовується для ремонту конвеєрних стрічок і гумових труб, для герметизації швів, відливання клапанів та інше. Belzona 2311 застосовують для швидкого ремонту еластичних матеріалів.

В.2. Металополімери й еластомери Thortex

Thortex являє собою двокомпонентну систему (База й Активатор) для ремонту металевих і гумових деталей. По суті ці матеріали є відновлювальними композиціями холодного твердіння, розробленими на основі новітніх технологій полімерних смол. Вони сумісні з усіма чорними і кольоровими металами, багатьма видами пластмас, гуми та іншими еластичними матеріалами.

Матеріали Thortex поділяються на ті, що придатні до механічної обробки (наприклад, різанням), і на ті, що не підлягають механічній обробці.

Першу групу матеріалів застосовують для відновлення шийок валів, шпонкових канавок, тріснутих блоків, картерів, корпусів підшипників, фланців, піддонів, пошкоджених штоків гідроциліндрів, з'єднання будь-яких металів і ПВХ. До них належать Metal-Tech EG, Metal-Tech RG, Metal-Tech SG, Metal-Tech FG. Реалізуються вони у вигляді паст, стрижнів та в рідкому вигляді.

Другу групу матеріалів застосовують для ремонту глибокої ерозії і крапкової корозії (EG) та захисту (FG), зокрема гідравлічних клапанів, засувок, гвинтів перемішувачів, посудин для води, напрямних апаратів і трубопроводів гідро- та пневмосистем, насосів, систем подавання пульпи та іншого обладнання. Сюди відносять Cerami-Tech EG, Cerami-Tech FG, Cerami-Flex EG, Cerami-Flex FG, Cerami-Tech CR, Cerami-Tech HG. Реалізуються у вигляді паст і в рідкому стані.

Для ремонту еластичних деталей і покриттів, а також захисту від зношування застосовують такі матеріали: Flexi-Tech 60 RG (система швидкого відновлення гуми і гумових компонентів) для ремонту конвеєрних стрічок, клапанів мембран, шлангів, покритих гумою роликів і колес, прокладок, шин колісних машин, гумових гусениць, ділянок зносу від тертя; Flexi-Tech 60 EG – матеріал є дещо міцнішим, і використовується в тих самих випадках, що й попередній; Flexi-Tech 60 FG застосовують для з'єднання конвеєрних стрічок на

скобах, поворотних заслінок, литих сальників, жолобів, шлангів та як міжшарового клею; Flexi-Tech 80 EG застосовують з такою самою метою, але він має міцніші фізичні властивості. Аналогічне призначення мають матеріали Flexi-Tech 80 FG і Flexi-Tech 80 BG.

Під час ремонту шпонкових канавок і шліцьових з'єднань для усунення прилипання до ділянок, які не підлягають нанесенню покриття, використовують антиадгезив Thortex. Перед нанесенням ремонтного матеріалу антиадгезив просихає протягом 25 хв. Встановлення шпонки й з'єднання шліцьового валу потрібно виконувати відразу після нанесення матеріалу, що дозволить прибрати його залишки й очистити поверхню, що не покрита матеріалом.

Для ремонту тріщин найбільше підходить матеріал Thortex Metal-Tech.

В.3. Металополімери «ЛЕО»

Металополімери «ЛЕО» – це різні (від паст і гелю до рідких композицій) двокомпонентні (базис і активатор) ремонтні композиції на основі спеціальних, модифікованих фізико-хімічним способом епоксидних смол з багатокомпонентним наповнювачем з металевих, керамічних і мінеральних часток, що надають їм необхідних фізико-технологічних властивостей. Серед цих властивостей: висока механічна міцність і адгезія до різних металів (чавуну, нержавіючої сталі, кольорових металів та інших), дерева, скла, бетону, кераміки, пластмас, які зберігаються при довгостроковій експлуатації у водяному, масляному, хімічно активному середовищі за високих температур (до 200 °С) і тисків (до 25 МПа); підвищена стійкість до корозійного, ерозійного та кавітаційного зносу, дії різних кислот і лугів.

Загалом металополімери «ЛЕО» – суміші «холодного» твердіння, після якого можуть піддаватися будь-якій обробці поряд з металами: точінню, фрезеруванню, струганню, свердленню, шліфуванню та ін.

Найбільш поширеними й ефективними видами відновлювальних робіт з використанням металополімерів «ЛЕО» під час ремонту обладнання є:

- відновлення зношуваних посадкових місць під підшипники на валу, у корпусах, стаканах і картерах;
- відновлення посадкових поверхонь ущільнювальних кілець, кришок;
- ремонт робочих коліс і напрямних апаратів насосів, відновлення форми й геометричних розмірів лопатей, забиття крізних отворів, кавітаційних, корозійних, ерозійних раковин, свищів, розмивів;
- відновлення ділянок різьби на валу та в корпусах;
- відновлення й герметизація різьбових і фланцевих з'єднань;
- відновлення зношуваних блоків циліндрів;
- закриття тріщини і проточок у корпусних деталях, що виникають внаслідок «розморожування», ударів, неякісного лиття тощо;
- відновлення шпонкових пазів і посадкових місць під напівмуфти на валу та інше.

Крім того, металополімери «ЛЕО» можуть використовуватися для відновлення й нанесення захисних антикавітаційно-ерозійних і антикорозійних покриттів (на робочі поверхні насосів, лопаті гребних гвинтів), закриття

протікань у магістральних трубопроводах води, пару, мастил, газів, хімічно активних речовин (кислот, лугів), усунення біметалічної корозії, ремонтів фундаментів і т. п.

Металополімери складаються з двох компонентів: компонент «А» (базис) і компонент «В» (активатор). Кожний компонент поділяється на різновиди за складом, кольором і станом.

Компонент «А» поділяється на такі типи: «ЛЕО–Сталь–Кераміка»; «ЛЕО-Кераміка»; «ЛЕО-Сталь»; «ЛЕО-Т»; «ЛЕО-антифрикційний».

Компонент «В» (активатор) виробляється у вигляді гелів і рідин. Гелі використовують для отримання композицій, які не течуть, з високими фізико-механічними характеристиками, що легко змішуються з «базисами» (це важливо в умовах проведення ремонтів за температур нижче 20 °С). Поділяються на такі різновиди: «червоний» – гель; «жовтий» – гель; «ЛЕО-Т»; «ЛЕО-антифрикційний-Г».

Рідини застосовують для створення композицій, які легко течуть, це корисно в умовах нанесення металополімерів на великі площі (приблизно 1,0 м²). Виготовляють у двох різновидах: «червоний» – рідкий; «жовтий» – рідкий.

У разі ремонту обладнання, яке експлуатується у водяному середовищі, перевага надається композиціям з активаторами «червоний» – гель і рідкий, «ЛЕО-Т».

Для отримання температуростійких композицій і композицій з більш тривалим часом твердіння (життєздатність композиції) застосовують активатори «жовтий»-гель і рідкий.

В.4. Ремонтні матеріали й технології «Локтайт» (компанія Henkel)

Найбільш досконалою технологією ремонту промислових редукторів є технологія з використанням полімерних матеріалів «Локтайт» компанії Henkel.

Для ремонту шпарин до 0,05 мм використовують клей зниженої в'язкості Loctite 290.

Для усунення дефектів від пошкодження застосовують епоксидну суміш з вмістом металу Loctite Hysol 3471.

Фіксатор Loctite 641 або Loctite 640 запобігає провертанню кілець підшипників, утворенню фреттинг-корозії та іржі (це може статися за наявності повітря в зазорах між підшипником і його гніздом). Ремонт і відновлення поверхонь гнізд підшипників, тобто відновлення деталей з'єднання, виконують сумішшю Loctite Hysol 3478 Superior Metal, Loctite 7063, Loctite 2701.

Для запобігання ослабленню та корозії кріпильних деталей редуктора, корозії і заїданню установних штифтів, забезпечення надійної герметизації зазорів між з'єднаннями корпусних деталей використовують різьбовий фіксатор середньої міцності Loctite 243 або різьбовий фіксатор підвищеної міцності Loctite 2701.

Щоб унеможливити пошкодження прокладки фланця редуктора, а також забезпечити точне регулювання зазорів у з'єднанні за рахунок герметизації

зазорів між пошкодженими поверхнями, застосовують герметик Loctite 518 або фланцевий герметик Loctite 128068.

Герметизацію різьбових з'єднань здійснюється різьбовими герметиками Loctite 577, 572 чи 561. Для запобігання течіям через зазори між корпусом редуктора й сальником та переміщенням сальників у гнізді (за рахунок заповнення повітряних зазорів) використовують моментальний клей Loctite 435 або Loctite 480 або фіксатор середньої міцності Loctite 243.

Для запобігання прокручуванню підшипників і під час ремонту зношуваних валів для відновлення з'єднань для зазорів до 0,05 мм використовують вал-втулковий фіксатор Loctite 603 (стійкий до дії мастил, має високу міцність) чи Loctite 641 (середня міцність, легке розбирання вузла), для зазорів до 0,25 мм – суміш Loctite 660 разом з активатором Loctite Hysol 3478 Superior Metal. Потім підшипник фіксується на відновленому валу з використанням клею Loctite 2701. Якщо для встановлення підшипника на вал використовують гарячу посадку, необхідно застосовувати вал-втулковий фіксатор Loctite 638.

Для усунення осьових задирів на циліндричних валах (які виникають під час демонтажу) і підвищення міцності з'єднань на зношуваних валах використовують втулковий фіксатор Loctite 603, а в разі глибоких задирів – метало-полімер Loctite Hysol 3478 Superior Metal.

Для підвищення надійності та міцності кріплення зубчастих колес на валу та ремонту зношуваних конусних посадок за незначного зносу вала зубчасте колесо наклеюють безпосередньо на вал за допомогою вал-втулкового фіксатора високої міцності Loctite 648. Відновлення зношеного валу виконується епоксидною сумішшю з вмістом кераміки Loctite Hysol 3478 Superior Metal і наклеюванням зубчастого колеса на вал за допомогою вал-втулкового фіксатора Loctite 638.

Фіксацію шпонок у шпонкових канавках валу на новому обладнанні, запобігання мікропереміщенням, що призводять до зносу, ремонт зношуваних шпонкових канавок виконують за допомогою різьбових фіксаторів середньої міцності Loctite R 243 чи Loctite Ф 248. Відновлення зношеного вала й вклеювання призматичної шпонки в шпонкову канавку здійснюють з використанням Loctite Metal (Loctite Hysol 3478 Superior Metal). Якщо шпонкова канавка зношена незначно (зазор 0,25 мм), то рекомендуються використовувати Loctite 660.

Ремонт нерухомих шліцьових з'єднань: якщо зазори в межах 25 мм нерухомі шліці склеюються за допомогою вал-втулкового фіксатора Loctite 660 і активатора Loctite 7649; якщо зазори понад 0,25 мм нерухомі шліці відновлюють з використанням керамонаповненого епоксидного матеріалу Loctite Hysol 3478 Superior Metal.

Для фіксації різьбових з'єднань муфт використовують різьбовий фіксатор середньої міцності Loctite OR 243 чи 248.

Перетворення шару іржі на зовнішніх поверхнях у міцне покриття та захист поверхонь від подальшої корозії виконують з використанням перетворювач іржі Loctite 7500, що являє собою суміш на водяній основі, яка висихає за кімнатної температури.

Навчальне видання

Капіца Михайло Іванович, Кислий Дмитро Миколайович,

Замула Сергій Юрійович

ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Система технічного обслуговування і ремонту.
Загальні вимоги до відновлення деталей локомотивів

Навчальний посібник

Електронне видання

Відповідальний редактор М. І. Капіца
Комп'ютерна верстка Д. М. Кислий
Дизайн обкладинки Д. М. Кислий

Формат 60х84 ¹/₁₆. Ум. друк. арк. 7,96. Обл.-вид. арк. 8,06.
Зам. № 138

Видавець: Український державний університет науки і технологій.
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, ауд. 263 (наукова бібліотека)
м. Дніпро, 49010.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

