



Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Мехатроніки та інжинірингу

**Кафедра: Сервісної інженерії та технології
матеріалів в машинобудуванні імені О.І. Сідашенка.**

**А. К. Автухов, О. Д. Мартиненко, О. В. Тіхонов,
В.А. Бантковський**

**СЕРВІСНА ІНЖЕНЕРІЯ.
ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС В АПВ ТА РЕМОНТ МАШИН**

**Курс лекцій
для підготовки бакалаврів
за спеціальністю
208 «Агроінженерія»
(3 кредити)**

**Харків
2022**

Міністерство освіти і науки України
ДЕЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Мехатроніки та інжинірингу

Кафедра: Сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені
О.І. Сідашенка.

А. К. Автухов, О. Д. Мартиненко, О. В. Тіхонов,
В.А. Бантковський

**СЕРВІСНА ІНЖЕНЕРІЯ.
ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС В АПВ ТА РЕМОНТ МАШИН**

Курс лекцій
для підготовки бакалаврів
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»
(3 кредити)

Харків
2022

УДК 631.

Рекомендовано до видання
кафедрою Сервісної інженерії та
технології матеріалів в машинобудуванні імені О.І. Сідашенка
Державного біотехнологічного університету,
протокол № 12 від 10 квітня 2022 року

Автухов А. К., Мартиненко О. Д., Тіхонов О. В., Бантковський В. А./ Сервісна інженерія. Технічний сервіс в АПВ та ремонт машин [Електронний ресурс]: курс лекцій для підготовки бакалаврів за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (3 кредити). – Х.: ДБТУ, 2022. – 135с. -1 електрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

Курс лекцій з дисципліни «Сервісна інженерія. Технічний сервіс в АПВ та ремонт машин» складений відповідно до програми навчальної дисципліни.

В електронному носії курсу лекцій з дисципліни «Сервісна інженерія. Технічний сервіс в АПВ та ремонт машин» висвітлені теоретичні аспекти функціонування в ринковій економіці сервісної інженерії, технічного сервісу і ремонту машин та обладнання агропромислового виробництва, розглянуто сучасні методи відновлення посадок та спряжень деталей агропромислового виробництва. Проаналізовані технологічні методи та процеси відновлення поверхонь деталей різного призначення.

Курс лекцій призначено для здобувачів освіти кваліфікаційного рівня «Бакалавр» за спеціальністю – 208 «Агроінженерія» закладів вищої освіти, аспірантів, викладачів, наукових і практичних працівників.

УДК 631.

Рецензенти:

С.О. Лузан, доктор техн. наук, проф., зав. каф. «Зварювання», НТУ «ХПІ»;

О.В. Козаченко, доктор техн. наук, проф., проф. каф. «Сільськогосподарські машини», ДБТУ;

© А.К. Автухов,
О.Д. Мартиненко,
О.В. Тіхонов,

В.А. Бантковський., 2022

© Державний біотехнологічний університет, 2022

ЛЕКЦІЯ 1. СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РЕМОНТНО-ОБСЛУГОВУЮЧОЇ БАЗИ С.-Г. ТЕХНІКИ. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ РЕМОНТУ МАШИН.

Тема 1. Вступ. Завдання дисципліни. Стан та перспективи розвитку ремонтно-обслуговуючої бази сільськогосподарської техніки

У будь-якої машини, незалежно від того, працює вона, простоє чи транспортується, змінюються фізико-механічні і геометричні параметри деталей. Одночасно знижуються техніко-економічні показники конструкції в цілому і настає момент, коли подальша її експлуатація неможлива або стає економічно недоцільною. Тому у процесі експлуатації машина потребує технічного обслуговування, з метою підтримання її роботоздатності, а також ремонту, для відновлення справності, коли експлуатація стає неможливою.

Проте, коли машина (або інша техніка) вийшла з ладу, то це ще не означає, що всі деталі та спряження втратили свої якості, оскільки деталі виготовлені з матеріалів із різними фізико-механічними властивостями і мають різну інтенсивність зношування; застосування системи допусків на розміри, похибка форми та шорсткість поверхонь, показники термічної обробки та інші параметри обумовлюють випадковість сприятливих та несприятливих поєднань цих параметрів у спряженнях і, як результат,— різні строки служби; неоднакова напруженість роботи деталей та вузлів; строки служби елементів окремих екземплярів машин мають значні розходження внаслідок різноманітних умов роботи.

Відомо, що при нормальній інтенсивності використання основні агрегати тракторів виробляють закладений конструкцією ресурс через 3-4 роки при розрахунковому строку служби 10 років і більше. Створювати ж техніку, яка не потребуватиме ремонту весь період експлуатації, економічно не виправдано, та і досягти цього у недалекому майбутньому неможливо.

Як показують дослідження та практика, з одного боку, ремонту сільськогосподарської техніки уникнути технічно неможливо, а з другого — він є економічно доцільний. Адже більшість зношених деталей має високу залишкову вартість: при їх відновленні витрачається у 20-30 разів менше металу і матеріалів, ніж при виготовленні нових. Наприклад, понад 90 % деталей, віднесених до категорії повністю непридатних до подальшої роботи, мають знос всього 0,1-0,3мм по діаметру, тобто втратили менше 0,5-0,1% маси, і після відновлення 65-75% їх загальної кількості практично можна використати вдруге.

Ефективне виконання усіх видів ремонтних робіт і технічного обслуговування сільськогосподарської техніки із застосуванням прогресивних технологій може бути забезпечене широко розвинутою системою наукових, виробничих та інших структур. Тому необхідно створювати та постійно удосконалювати ремонтно-обслуговуючу базу сільського господарства.

До 1929 р., коли сільськогосподарська техніка використовувалась у

сільськогосподарських кооперативах та на державних сільськогосподарських базах, її обслуговували від випадку до випадку, а ремонтували після закінчення сільськогосподарських робіт.

Після колективізації, коли масово утворилися колгоспи, ремонтно-обслуговуюча база розвивалась відповідно з насиченням сільського господарства технікою. Цьому сприяв у тридцятих роках розвиток автотракторного та сільськогосподарського машинобудування. Сільськогосподарські машини та знаряддя були зосереджені на машинотракторних станціях (МТС), які виконували основні механізовані сільськогосподарські роботи за договорами з колгоспами, а також технічне обслуговування і ремонт власної техніки у відповідності з розробленою планово-попереджувальною системою.

У роки Великої Вітчизняної війни ремонтно-обслуговуючу базу на Україні було сильно зруйновано. Із 1946 р. почався період її відновлення: будувались ремонтні майстерні МТС, які оснащувались необхідним технологічним обладнанням.

У 1958 р. сільськогосподарську техніку МТС передали колгоспам, яким довелося будувати майстерні для виконання нескладних ремонтних та обслуговуючих робіт, а МТС були перетворені в ремонтно-технічні станції.

У 1961 р. функції керівництва ремонтно-обслуговуючою базою від Міністерства сільського господарства були передані Всесоюзному об'єднанню «Союзсільгосптехніка», яке функціонувало на всіх адміністративно-територіальних рівнях (союз, республіка, область, район). У цей період був створений Державний союзний науково-дослідний технологічний інститут ремонту та експлуатації тракторів і сільськогосподарських машин (ГОСНИТИ), який розробив типову технологію ремонту тракторів і сільськогосподарських машин. В Україні функціонував філіал цього інституту.

До 1970 р. склалася певна система організації ремонту сільськогосподарської техніки, за якої капітальний ремонт машин та їх агрегатів, а також централізоване відновлення деталей здійснювали на спеціалізованих ремонтних підприємствах, а поточні ремонти та технічне обслуговування — у майстернях господарств (колгоспів і радгоспів).

У 1978 р. ВО «Союзсільгосптехніка» перетворилось у Державний комітет по виробничо-технічному забезпеченню сільського господарства (Держкомсільгосптехніка), а у 1979 р. з нього відокремилось управління по відновленню деталей «Ремдеталь» із науково-дослідними, проектно-технологічними та виробничими підрозділами.

Незважаючи на численні виробничо-структурні перетворення у сфері технічного обслуговування та ремонту техніки, до 80-х років високоефективної діяльності ремонтно-обслуговуючої бази забезпечити не вдалось. Міжремонтний ресурс тракторів складав 45-50% доремонтного, простої тракторів у ремонті досягали 30% календарного часу, дефіцит запасних частин практично не зменшувався, спеціалізовані підприємства здебільшого не забезпечували нормативної довговічності відновлених деталей.

Переорієнтація економічної політики України на введення ринкових

відносин і розвиток різних форм власності в усіх галузях народного господарства неминуче зумовили зміни і в структурі існуючої ремонтно-обслуговуючої бази, в її організації, управлінні, технології виробництва, ремонті і обслуговуванні сільськогосподарської техніки. Для суттєвого підвищення рівня її технічного обслуговування та ремонту виявилися необхідними, щонайменше дві умови: по-перше, технічне обслуговування і ремонт повинні розглядатись не як щось другорядне, а як невід'ємна частина, певна стадія процесу механізації сільськогосподарського виробництва, по-друге, взаємовідносини між виробником та споживачем сільськогосподарської техніки повинні будуватись на основі пріоритетності споживача.

Зарубіжний досвід у галузі обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки та відповідні досягнення вітчизняних виробничих й інших структур вказують на шляхи розвитку ремонтно-обслуговуючої бази сільського господарства в Україні у нових економічних умовах. Зокрема, йдеться про створення системи обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки за прямою участю заводів-виготівників (фірм-виготівників), тобто про технічний сервіс у широкому розумінні.

Треба зауважити, що досвід розвинутих країн у цих питаннях досить різноманітний, але принципово загальним є саме системний підхід. Система складається із трьох підсистем: виробництво сільськогосподарської техніки — технічний сервіс — користувач сільськогосподарською технікою. Взаємозв'язок між підсистемами як у цілому, так і всередині їх будується на економічній основі. Фірма-виготівник, як правило, бере на себе всю відповідальність за організацію технічного сервісу протягом усього періоду експлуатації техніки (фірмовий сервіс). Пріоритет за третьою підсистемою — користувач сільськогосподарською технікою.

Сервіс виконується за вимогою користувача і полягає у наданні послуг щодо придбання машин, знарядь, приладів безпосередньо силами виробника та посередників — технічних центрів.

Технічний сервіс як підсистема включає в себе багато структурних елементів: підприємства з технічного обслуговування і ремонту машин і обладнання, виробництва по відновленню деталей, служби забезпечення запасними частинами і матеріалами, інформаційна і рекламна служби, організація з підготовки кадрів тощо. Ефективне функціонування такої підсистеми забезпечує можливість безперебійної і економічної експлуатації сільськогосподарської техніки і обладнання.

Таким чином, взаємодія підсистем «виробництво — технічний сервіс — користувач» повинна розглядатись взаємопов'язано, як єдина система, в якій збій однієї з підсистем призводить до розрегулювання всієї системи. Така система з добре налагодженим зворотним зв'язком сприяє науково-технічному прогресу у всіх трьох підсистемах.

Взагалі іноземні фірми приділяють технічному обслуговуванню і ремонту раніше випущених машин не менше уваги, ніж виробництву нових. Про це свідчать швидкі темпи виготовлення засобів обслуговування і ремонту. У технологічних процесах ремонту агрегатів і машин, а також відновлення

деталей закладаються такі рішення, які забезпечують високу якість і надійність відремонтованої техніки, а ресурс відновлених деталей — не нижче нових.

Існуюча ремонтно-обслуговуюча база сільського господарства в Україні нині перебудовується для функціонування в умовах ринкової економіки та конкуренції у напрямку створення розглянутої вище єдиної системи: «виробництво — технічний сервіс — користувач».

З цією метою утворено концерн «Украгротехсервіс», який забезпечує сільськогосподарські підприємства деякою технікою та обладнанням для ремонтних підприємств. Ремонтні підприємства областей утворюють об'єднання по виробничо-технічному забезпеченню сільського господарства (обласні агротехнічні об'єднання). Ремонтно-технічні підприємства (РТП) набувають самостійності, налагоджують зв'язки із заводами-виготівниками, виконуючи функції посередників (дилерів). Утворюються приватні, кооперативні, акціонерні підприємства по обслуговуванню і ремонту сільськогосподарської техніки різні за видом, обсягом та складністю виконуваних робіт.

Матеріал подальших лекцій викладений відповідно до навчальної програми і сприятиме якісній підготовці інженерів-механіків з питань ремонту сільськогосподарської техніки.

Предмет і зміст ремонту машин і обладнання як наукової дисципліни

Процес якісної зміни предметів природи називається *технологічним процесом*. *Технологія* ж — це сукупність методів обробки, виготовлення, зміни стану, властивостей і форми сировини, матеріалу або напівфабрикату для одержання готової продукції.

Технологія ремонту машин тісно пов'язана з технологією машинобудування (у тому числі автотракторного і сільськогосподарського). Але якщо технологія машинобудування — це галузь науки, яка займається вивченням закономірностей, діючих у процесі виготовлення машин, то технологія ремонту — це галузь науки, яка займається вивченням закономірностей у процесі їх ремонту.

Технологію ремонту машин від технології їх виготовлення відрізняє ряд суттєвих особливостей, які дозволяють виділити її серед інших наук як самостійну.

Основна особливість технології ремонту машин полягає в тому, що вихідним об'єктом під час ремонту є не сировина, матеріали і напівфабрикати, як під час виготовлення, а складові частини самих машин, які змінилися у період їх використання і у зв'язку з цим вичерпали свій ресурс або мають деякий його запас. Ремонтне виробництво має справу з повністю або частково зношеними і несправними деталями машин. У зв'язку з цим наука про технологію ремонту машин повинна ґрунтуватися на точному уявленні про стан машин та їх складові частини, які надходять у ремонт. Технологія ремонту машин має й такі особливості, як наявність у технологічному процесі розбирально-мийних і контрольних операцій, а також операцій по відновленню

початкових властивостей несправних деталей. У процесі складання використовують не тільки нові деталі, але й деталі частково зношені (придатні без ремонту) і відновлені.

Отже, предмет наукової дисципліни « Ремонт машин та обладнання» — це способи впливу на несправні складові частини машин відповідних знарядь виробництва з метою реалізації (використання) їх залишкової довговічності і відновлення справності машин при найменших затратах праці та коштів.

Виходячи з визначення предмету, головними завданнями технології ремонту машин як науки є вивчення: закономірностей зміни стану елементів машин у процесі експлуатації і впливу їх на залишкову довговічність; закономірностей виконання — технологічних процесів під час ремонту машин і виявлення параметрів, діючи на які можна підвищити якість і ефективність ремонту.

Науково обґрунтоване рішення завдань базується на відповідних наукових дослідженнях, до яких відносяться:

Дослідження процесів, що викликають втрату роботоздатності складальних одиниць машин (агрегат, вузол, механізм, з'єднання, деталь), і факторів, які впливають на підвищення їх інтенсивності. Практичним результатом досліджень є розробка способів зниження інтенсивності дії шкідливих процесів, тобто розробка способів підвищення надійності машин.

Дослідження загальних закономірностей зношування деталей за часом з метою оцінки показників надійності машин і обладнання і розробка на їх основі конструкторсько-технологічних заходів, спрямованих на підвищення надійності машин.

Теоретичне і експериментальне обґрунтування параметрів, які характеризують технічний стан зношених деталей і можливість їх подальшого використання без ремонту або необхідність ремонту.

До таких параметрів відносяться розміри, похибки форми і взаємного розміщення робочих поверхонь, зазори у спряженнях тощо. На основі результатів досліджень розробляються технічні вимоги на контроль деталей під час ремонту. Вони також використовуються як вихідні дані для розрахунку потреби у запасних частинах, визначення номенклатури і обсягів відновлення деталей.

Дослідження, пов'язані з удосконаленням технологічних процесів, які застосовуються під час ремонту деталей і машин..

Технологія ремонту машин відноситься до прикладних наук, об'єктом яких є машини, верстати, обладнання, механізми та інші технічні пристрої. Вона спирається на положення теорії тертя, мащення, зношування, старіння і надійності машин.

Завдяки таким вченим, як В. В. Єфремов, В. І. Казарцев, Б. І. Костецький, І. В. Крагельський, І. С. Левитський, В. В. Селіванов, І. Є. Ульман та ін., багато питань з технології, а також організації ремонту машин одержали теоретичні обґрунтування. Це дало можливість вирішити практичні проблеми в галузі технології і організації ремонтного виробництва.

Тема 2 Теоретичні основи ремонту машин. Теоретичні основи тертя та зношування.

Зміна технічного стану машин і виникнення дефектів деталей

При конструюванні і виробництві машин закладаються певні експлуатаційні показники, які забезпечують виконання машиною заданих функцій, тобто задаються функціональні, а також інші її якісні властивості, які оцінюються відповідними параметрами. До функціональних параметрів можна віднести, наприклад, тягове зусилля трактора, потужність двигуна, питому витрату палива; для сільськогосподарських машин — глибину оранки, рівномірність висіву тощо.

У процесі експлуатації машини на її елементи (спряження і деталі) діють шкідливі явища і руйнівні процеси, які призводять до погіршення функціональних властивостей, змінюючи їх технічний стан. Рівень технічного стану машини характеризує її здатність (або нездатність) виконувати задані функції і оцінюється співставленням фактичних значень параметрів із заданими у технічній документації.

Руйнівні процеси пов'язані з робочим процесом, який виконує машина, зовнішнім середовищем, природою матеріалу тощо.

До основних видів руйнівних процесів можна віднести: тертя і зношування деталей, пластичне деформування, явище втомлюваності, корозію.

Під час роботи машини мають місце шкідливі явища і процеси, які створюють напружені режими функціонування окремих складових її частин, особливо двигуна. Наприклад, відкладання накипу і нагару, а також вібрація сприяють підвищенню інтенсивності руйнівних процесів, які погіршують технічний стан деталей.

Крім того, деталям машин властиве старіння — самостійний перехід матеріалу з нестабільного стану у стабільний. Воно пов'язане з переміщенням атомів у металі, тобто зі зміною кристалічної структури матеріалу. У випадку старіння має місце деформація деталей, особливо відчутна для великогабаритних, складних за конструкцією і відповідальних деталей. Ось чому при виробництві машин такі деталі, як блок циліндрів двигуна і корпуси агрегатів трансмісії, піддають попередньому (до обробки) природному (на повітрі) або штучному (прискореному за рахунок підвищення температурних умов) старінню з тим, щоб після механічної обробки не було деформацій, які викликають похибки в геометрії оброблених поверхонь.

Старіння полімерів є процесом деструкції, тобто розпаду макромолекул під впливом різних факторів (температури, світла). Внаслідок старіння деталі з полімерних матеріалів втрачають свої фізико-механічні властивості, головним чином еластичність, внаслідок чого не можуть виконувати своїх службових функцій.

Складний та багатофакторний процес фізичного старіння машин та іншої сільськогосподарської техніки — неминучий і об'єктивний, безперервний і природний, хоча інтенсивність його виявлення у значній мірі залежить від якості самих машин, їх технічного обслуговування в процесі експлуатації,

якості ремонту, тобто пов'язана зі сферою виробництва, експлуатації і ремонту (див. додаток) .

Діючи на деталь, руйнівні процеси змінюють її розміри, форму та фізико-механічні властивості, утворюють різні дефекти, призводять до несправності вузлів, агрегатів і машин (рис. 1.1).

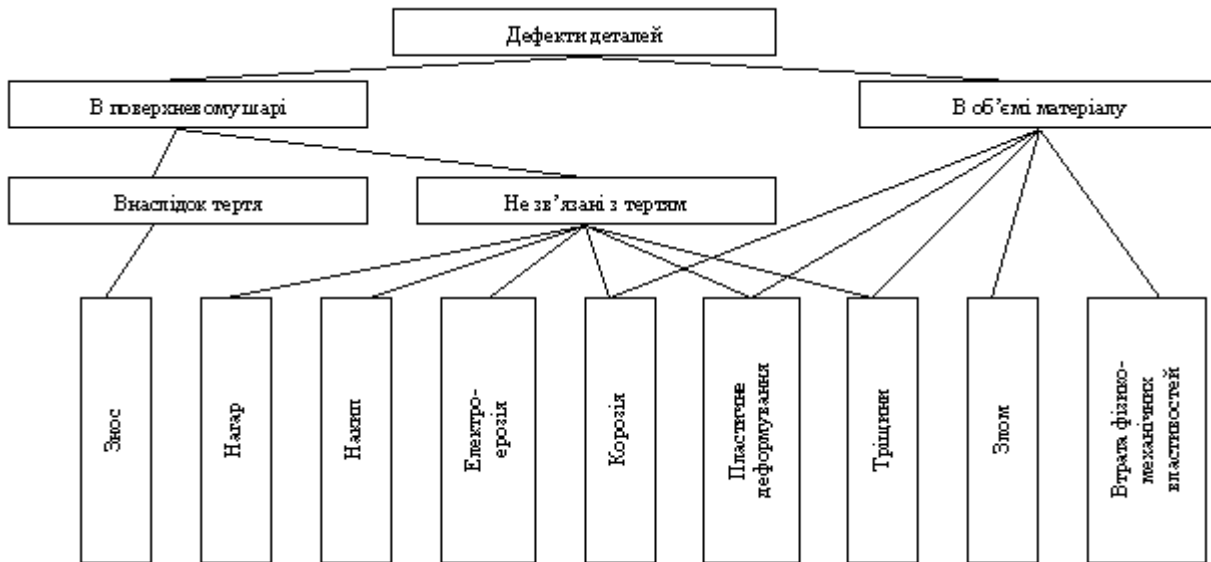


Рис.1.1. Класифікація дефектів деталей машин

Основи науки про тертя і зношування

Зовнішнє тертя (тертя) — це опір відносному переміщенню, який виникає між двома тілами у зонах контакту їх поверхонь.

За наявністю відносного руху розрізняють *тертя спокою* і *тертя руху*, а за характером відносного руху — *тертя ковзання*, *тертя кочення* і *тертя кочення з проковзуванням*.

Сила тертя — це сила опору відносному переміщенню одного тіла по поверхні іншого під дією зовнішньої сили, тангенціально спрямованої до загальної межі між цими тілами.

Найбільшою є така сила тертя спокою, перевищення якої призводить до переміщення одного тіла по поверхні іншого.

Коефіцієнтом тертя є відношення сили тертя до нормальної сили, яка притискає тіла одне до одного.

Коефіцієнт зчеплення — це відношення найбільшої сили тертя спокою до нормальної сили, яка притискає тіла одне до одного.

Зношування — це процес відокремлення матеріалу з поверхні тертя твердого тіла і (або) збільшення його залишкової деформації під час тертя, яка проявляється у поступовій зміні форми і (або) розмірів тіла.

Знос — результат зношування, який визначається у встановлених одиницях (довжини, об'єму, маси тощо).

Швидкість зношування — це відношення величини зносу до інтервалу часу, протягом якого відбувалося зношування.

Інтенсивність зношування — це відношення величини зносу до шляху тертя, на якому відбувалося зношування.

Стійкість проти зношування — властивість матеріалу протидіяти зношуванню в певних умовах тертя, яка оцінюється величиною оберненої швидкості зношування або інтенсивності зношування.

Тертя — невід'ємний процес, який супроводжує роботу кожного механізму, обладнання, машини. У підшипниках, поршневих системах, зубчастих передачах та інших спряжених парах тертя призводить до зношування поверхонь і значних енергетичних втрат. За деякими оцінками до 1/3 світових енергетичних ресурсів витрачається на подолання тертя. Більше 80 % машин втрачають свої функціональні властивості внаслідок тертя в рухомих з'єднаннях.

Тертя і зношування — дві сторони одного явища, обумовленого взаємодією двох контактуючих тіл під час їх руху одне відносно одного. Тертя включає в себе силову характеристику цього явища (сила і коефіцієнт тертя), зношування, пов'язане з руйнуванням поверхонь тертя.

Наука про тертя пройшла довгий шлях свого розвитку і формування. Перші відомі дослідження для вивчення тертя були поставлені Леонардо да Вінчі у 1508 р. Він же відкрив закон, що сила тертя пропорційна навантаженню:

$$F=fN, \quad (1.1)$$

де f — коефіцієнт тертя, який дорівнює 0,25.

Майже через 200 років (у 1699 р.) французький фізик Амонтон своїми дослідженнями підтвердив закон Леонардо да Вінчі, встановивши, що коефіцієнт тертя не залежить від розміру поверхні, а величина його становить 0,3.

У ранніх роботах переважали чисто механічні уявлення про тертя. В основу вивчення тертя була покладена механічна взаємодія елементарних нерівностей тертьових поверхонь. При цьому розглядалися шорсткі поверхні твердих і абсолютно жорстких тіл.

З розвитком науки про будову речовини була висунута гіпотеза і розвивались ідеї про молекулярні сили взаємодії. Відповідно до цієї гіпотези вважалось, що тертя обумовлене подоланням сил молекулярного зчеплення, яке виникає між твердими тілами. А сила тертя збільшується зі зменшенням шорсткості, оскільки у випадку тіснішого наближення поверхонь збільшується молекулярне зчеплення між ними.

У 1778 р. Ш. Кулон запропонував формулу, яка характеризує подвійну природу тертя:

$$F=A + \mu N, \quad (1.2)$$

де A — характеристика зчеплюваності двох тіл, яка не залежить від навантаження; μ — коефіцієнт пропорційності.

Але в інженерній практиці продовжували застосовувати закон Леонардо да Вінчі — Амонтона. У міру нагромадження знань про тертя цей закон все більше втрачав силу, оскільки з'ясувалось, що коефіцієнт тертя визначається не

тільки природою матеріалів, але й такими факторами, як шорсткість, розмір поверхні, стан поверхневих плівок тощо.

Думка про вплив на тертя сил молекулярної дії висловлювалась багатьма вченими. Найглибше теоретичне обґрунтування ця гіпотеза знайшла в роботах Б. В. Дерягіна (1934 р.).

Але між молекулярною і механічною теоріями тертя збільшувались протиріччя. Механічна теорія не могла пояснити, чому із зменшенням нерівності поверхні коефіцієнт тертя підвищувався, або чому у міру перебування двох свіжосколотих поверхонь кристалів на повітрі коефіцієнт тертя їх різко падає. Молекулярна теорія не могла пояснити залежність сили тертя від швидкості ковзання тощо.

Подальші дослідження призвели до комбінованих молекулярно-механічних теорій тертя. Найбільше поширилась молекулярно-механічна теорія тертя, побудована на основі певної, раніше заданої моделі контактуючих поверхонь твердих тіл, розроблена І. В. Крагельським (1949 р.).

В основу зовнішнього тертя двох тіл покладено взаємодію поверхневих зв'язків, їх роботу і руйнування, які призводять до зношування поверхонь.

Внаслідок хвилястості і шорсткості поверхонь площа фактичного їх контакту завжди становить невелику частку (1,0—0,01 %) номінальної площі контакту і складається з множини плям, які називаються фрикційними зв'язками (рис.1.2).

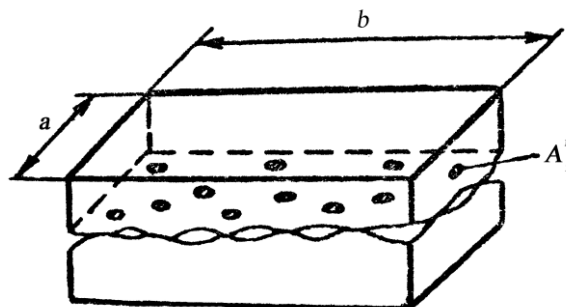


Рисунок 1.2. Номінальна (A_0) і реальна (A_2) площі контакту

$$A_0 = ab \gg A_r = \sum_{i=1}^n A_r^i \quad A, \text{ де } n \text{ — кількість контактів}$$

Ці фрикційні зв'язки при відносному переміщенні поверхонь безперервно виникають і, проіснувавши деякий час, зникають, оскільки у контакт вступають то одні, то інші виступи. Так повторюється багато разів. За моделлю І. В. Крагельського, існує п'ять видів порушення фрикційних зв'язків, які супроводжуються певними явищами і процесами залежно від сил молекулярної (адгезійної) взаємодії і глибини впровадження (деформації), рис. 1.3:

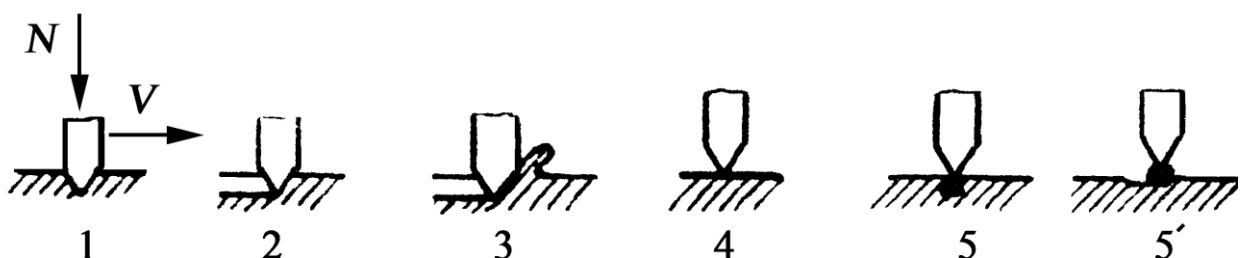


Рисунок 1.3. Основні види порушення функційних зв'язків

1. Пружне деформування матеріалу виступами контртіла — мав місце, коли діюче навантаження і адгезія не призводять до виникнення в зоні контакту напружень, які перевищують межу текучості. Руйнування матеріалу (знос) можливе лише в результаті фрикційної втомлюваності (кількість циклів до руйнування близько 10^8). За цього виду фрикційних зв'язків можуть виникати відшарування (наприклад, у підшипниках кочення), викришування (наприклад, у зубчастих передачах).

2. Пластичне відтиснення матеріалу — якщо контактні напруги досягають межі текучості, але матеріал обтікає занурені виступи контртіла. Даний вид порушення фрикційних зв'язків викликає явище дряпання — утворення заглиблень на поверхні тертя у напрямку ковзання. Знос у цьому випадку буде результатом багато-циклової фрикційної втомлюваності (кількість циклів не більше 10^4).

3. Мікрорізання — якщо контактні напруги або деформація досягають руйнуючих значень (порушується режим обтікання виступів деформованим матеріалом). Руйнування в цьому випадку відбувається при перших же актах взаємодії.

4. Адгезійне порушення фрикційного зв'язку — схоплювання плівок, які покривають поверхні твердих тіл, та їх руйнування. Це явище не призводить безпосередньо до руйнування, але впливає на величину діючих на контакті напружень і деформацій.

Досить важливим фактором при терті є різниця між міцністю адгезійного зв'язку і міцністю шарів, розміщених нижче. Якщо зв'язок слабкий порівняно із шарами, які лежать нижче, то має місце позитивний градієнт механічних властивостей на глибині шару, тобто:

$$d\tau/dz > 0, \quad (1.3)$$

де τ — опір на зсув; z — глибина, яка відраховується від місця торкання. У випадку позитивного градієнта має місце зовнішнє тертя. Якщо ,

$$d\tau/dz < 0, \quad (1.4)$$

то виникає внутрішнє тертя.

5. *Когезійне відривання* — виникає при явищі схоплювання, тобто місцевого з'єднання двох твердих тіл внаслідок дії молекулярних сил, якщо міцність фрикційного зв'язку вище міцності шарів матеріалу, які лежать нижче. У цьому випадку можливе заїдання (внаслідок схоплювання, відривання і переносу матеріалу з одної поверхні на іншу) і утворення задирок. Зношування відбувається (як і в третьому випадку) після перших же актів взаємодії.

Вид порушення фрикційного зв'язку характеризується відношеннями:

$$h/r, \quad (1.5)$$

де h — глибина заглиблення нерівності; R — її радіус;
та

$$\tau/\sigma_T, \quad (1.6)$$

де τ — опір на зсув на цій нерівності; σ_T — межа текучості матеріалу.

Однією з найважливіших характеристик процесу зношування є питома

інтенсивність лінійного зносу, що показує, яка кількість матеріалу в середньому зношується з одиниці фактичної площі дотикання на одиниці фактичного шляху тертя. У загальному вигляді ця характеристика визначається з рівняння:

$$i = \frac{k}{n} \sqrt{\frac{h}{R}}, \quad (1.7)$$

а питома інтенсивність зносу пов'язана з інтенсивністю зносу I таким співвідношенням:

$$I = i \frac{A_r}{A_a}, \quad (1.8)$$

де k — коефіцієнт, який залежить від мікрогеометрії поверхні тертя; n — число циклів, яке призводить до руйнування; A_r — фактична площа контакту; A_a — номінальна площа контакту.

Питома інтенсивність зносу чутлива до виду порушення фрикційного зв'язку: у випадку пружного контакту $I=10^{-6}$ — 10^{-7} , пластичного— 10^{-3} — 10^{-4} , мікрорізання— 10^{-2} — 10^{-1} .

Реалізація того або іншого порушення фрикційних зв'язків головним чином залежить від цілого ряду факторів (навантаження, шорсткості, температури, об'ємних і поверхневих властивостей матеріалу, зовнішнього середовища тощо).

На основі адгезійно-деформаційної технології розроблені деякі методи розрахунку для вирішення окремих задач тертя і зношування.

Теорія фрикційних зв'язків дала можливість розглянути механізми процесів і явищ, які виникають в умовах тертя контактуючих поверхонь. Було відзначено і те, що ці процеси ускладнюються під впливом різних зовнішніх факторів.

Але необхідно звернути увагу ще на одну обставину. Тонкі поверхневі шари матеріалу, які беруть участь у процесі тертя, не є застиглими структурами. Вони змінюються, пристосовуються, чутливо реагують на умови, в яких опинились. Само тертя часто виступає в ролі стимулятора цих змін і перетворень.

Під впливом сил тертя відбувається складна сукупність процесів, яка змінює властивості вихідного матеріалу.

Особливості тертя і зношування в значній мірі визначаються первісною будовою поверхневих шарів, їх структурою і міцністю зв'язків з основними металом. На рис. 1.4 наведена принципова схема будови поверхневого шару металу. Над ювенільною, тобто фізично чистою поверхнею, яка складається тільки з атомів або молекул даного матеріалу і вільна від будь-яких продуктів впливу зовнішнього середовища, знаходяться шари окислів, які відрізняються своїми властивостями від основного металу. На поверхні окисного шару залежно від умов можуть знаходитись адсорбовані плівки газів, води або органічних речовин. У випадку тертя з мащенням на поверхні знаходяться головним чином орієнтовані полярно-активні вуглеводи, які входять до складу масла.

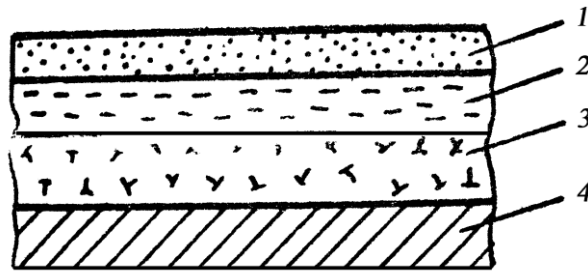


Рисунок 1.4. Схема будови поверхневого шару металу:

1 — адсорбовані плівки газів, води або органічних речовин; 2 — змащувальна рідина; 3 — шар окислів; 4 — ювенільна поверхня тіла

Якщо розглядати тертя ювенільних поверхонь як один з граничних випадків, то другим граничним випадком буде гідродинамічний режим мащення, коли поверхні поділені макроплівкою масла, яке має об'ємні властивості. Між цими граничними випадками знаходиться досить широкий клас тертя.

Особливістю граничних шарів є те, що їх властивості відмінні від об'ємних властивостей мащення і значною мірою визначаються дією поля твердого тіла. Наприклад, плівка рідини на поверхні одержує квазикристалічну властивість, що виявляється в анізотропності, в одержанні властивостей пружності тощо.

У поверхневих шарах під час тертя виникають різні явища, які суттєво впливають на процес зношування. Наприклад, на твердих поверхнях під впливом мастильного середовища, яке містить полярні компоненти, може відбуватись розпушення (глибиною близько 0,1 мкм), викликане адсорбцією активних молекул з мастильного середовища на утворених при деформації ювенільних поверхнях. При терті таке явище адсорбційного зниження міцності поверхневого шару (ефект Ребіндера) може призвести до його пом'якшення і зниження межі текучості, що впливає на знос і коефіцієнт тертя.

Металофізики Л. С. Палаткін і І. М. Любарський, вивчаючи кінетику дифузійних і фазових перетворень у локальних мікрооб'ємах при терті двох твердих тіл, доказали, що в результаті мікро-дифузійних процесів відбувається перерозподіл складу твердих тіл; у мікрооб'ємах спостерігається флуктуація температури, причому може бути досягнута температура фазових перетворень. Увесь цей комплекс процесів призводить у ряді випадків до виникнення на поверхні тертя тонкого аустенізованого шару, який характеризується високою роботоздатністю під час значних деформацій і забезпечує підвищену стійкість проти зношування.

Для вирішення ряду теоретичних питань і розробки окремих практичних методів керування тертям у машинах Б. І. Костецьким застосована теорія дислокацій.

Таким чином, сучасна наука про тертя — це гранична галузь знань. Її зміст — це синтез фізики, хімії, термодинаміки, матеріалознавства, металознавства, металофізики та інших наук.

Враховуючи, з одного боку, складність керування процесом тертя для

технічного прогресу і, з другого боку, пов'язані з тертям значні енергетичні втрати і матеріальні витрати, у 60-ті роки в Англії, а потім у ФРН та інших західних країнах наука про тертя, знос і мащення набула самостійної назви — трибологія (від грецького *tribos* — тертя).

Міждисциплінарний характер трибології потребує кооперації спеціалістів відповідних областей науки і техніки й використання системного підходу, що повинно сприяти вирішенню складних задач у напрямку створення загальної теорії, необхідних класифікацій і розробок методик для інженерних розрахунків на знос.

Зараз розроблено проект ДСТ України «Тертя, зношування і мащення. Терміни і визначення». Комплекс термінів і визначень, які ввійшли в проект, являють собою систему взаємопов'язаних понять і класифікацій, які отримали загальне визнання на міжнародному рівні. На відміну від ГОСТ 27674—88 «Тертя, зношення і мащення. Терміни і визначення» проект містить системні поняття, які використовуються в стандартах європейських держав. В Україні спеціалістами розроблений і в 1992 р. вийшов другим виданням «Словник-довідник з тертя, зносу і мащення деталей машин», куди також увійшли системні поняття.

Трибологія — наука про явища і закономірності тертя, зношування і мащення та взаємодії двох тіл при їх переміщенні.

Триботехніка — сукупність знань про методи і засоби, які використовуються у практичних додатках трибології.

Трибометрія — розділ триботехніки, який відноситься до виміру і (або) визначення характеристик тертя і зношування.

Трибосистема — сукупність усіх трибоелементів, які беруть участь у терті і зношуванні, їх властивостей і зв'язків, параметрів, діючих на трибоелементи ззовні, а" також характеристик тертя і зношування.

Елемент трибосистеми (трибоелемент) — контактуючі тіла, мастильний матеріал і навколишнє середовище, які безпосередньо беруть участь у процесі тертя.

Структура трибосистеми — це елементи трибосистеми, їх властивості і зв'язки між ними, що виникають у процесі тертя.

З позиції системного підходу при розгляді фізичної системи як об'єкту досліджень всі фактори (змінні), які характеризують систему або мають до неї яке-небудь відношення, поділяють на три групи: вхідні — характеризують зовнішні дії на вході системи;

стану — внутрішні (проміжні) фактори, сукупність яких повністю характеризує властивість системи;

вихідні — передбачають ті реакції на зовнішні дії і ті стани системи, які являють інтерес як результат досліджень або рішень інженерних задач.

Сама система у загальному вигляді є «чорним ящиком» — умовна назва системи, в якій зовнішньому спостерігачеві доступні лише вхідні та вихідні величини, а внутрішня будова її і процеси, що в ній протікають, невідомі (сховані).

З розвитком науки про тертя, зношування і мащення удосконалювались

наукові підходи, методи і засоби експериментальних досліджень. Широке застосування знайшла особлива форма експерименту, яка полягає у дослідженні об'єкту на його моделі: предметне (фізичне), предметно-математичне і математичне (знакове) моделювання. Застосування методів активного експерименту (планування експерименту) дозволило оцінити взаємозв'язок вхідних і вихідних параметрів, пов'язуючи їх через рівняння регресії, використовуючи апарат теорії імовірності і математичної статистики. Розроблені оригінальні методики проведення експериментів для безпосереднього вивчення внутрішніх факторів, які породжуються самим процесом зношування.

На рис. 1.5 наведена схема трибосистеми у вигляді «чорного ящика». На схемі відображені внутрішні фактори, які в тій або іншій мірі розкриті дослідниками.

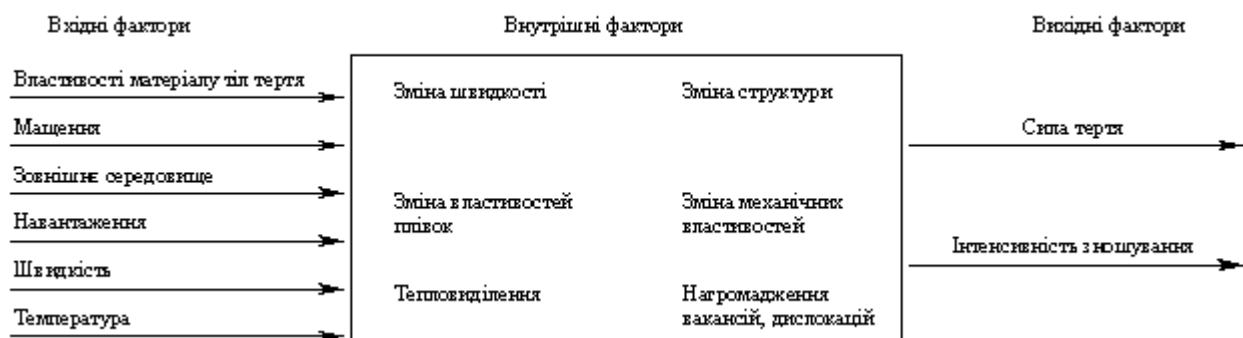


Рисунок 1.5. Схема трибосистеми

Властивості трибосистеми характеризують якість її функціонування.

Пристосованість трибосистеми — властивість трибосистеми при зовнішній дії змінювати і стійко самовиробляти свою структуру в енергетично вигідному напрямку.

Сумісність при терті — властивість матеріалів третювих тіл і мастильного матеріалу разом забезпечувати заданий рівень характеристик тертя і зношування.

Припрацювання — властивість матеріалів третювих тіл у процесі зношування змінювати геометрію поверхонь тертя і фізико-механічні властивості поверхневих шарів, що призводить до зменшення сили тертя і зносу.

Мастильна здатність — властивість мастильних матеріалів знижувати силу тертя і зносу.

Несуча здатність (стійкість до заїдання) — здатність трибосистеми функціонувати без заїдання при навантаженні. Характеризується максимальним значенням навантаження, перевищення якого призводить до заїдання.

Теплостійкість трибосистеми — властивість трибосистеми функціонувати без заїдання при розігріванні. Характеризується максимальним значенням температури, яка виникає в трибоелементі при підведенні тепла ззовні і (або) генерованого у процесі тертя, перевищення якої призводить до заїдання.

Усталене тертя і (або) зношування — стаціонарний стан трибосистеми, який характеризується динамічною рівновагою і саморегулюванням процесу в трибосистемі і проявляється в стійкості характеристик тертя і зношування.

Заїдання — нестаціонарний стан трибосистеми, який характеризується збільшенням сили тертя і пошкодженням тертьових поверхонь внаслідок адгезії і переносу матеріалу. Заїдання може завершуватись припиненням відносного руху.

Класифікація видів зношування

Незважаючи на значну кількість досліджень в області тертя і зношування матеріалів, до цього часу нема єдиної класифікації видів зношування. Найбільш поширені класифікації, запропоновані М. М. Хрущовим, Б. І. Костецьким, І. В. Крагельським, які в певній мірі узагальнені в стандартах. На рис. 1.6 наведена класифікація зношування, яка рекомендується ГОСТ 27674—88 з урахуванням проекту ДСТ України. Ознакою класифікації є вид зношування. Розглянемо характеристики процесів зношування, які відносяться до кожної ознаки.

Механічне зношування відбувається в результаті механічної дії при терті.

Абразивне зношування — це механічне зношування внаслідок різальної або дряпальної дії твердих тіл або частинок, яке є найпоширенішим видом зношування сільськогосподарської техніки.

Абразивне зношування може відбуватися у випадку тертя спряжених деталей і має місце під час руху тіла в абразивному середовищі.

Абразивні частинки можуть потрапляти на поверхні тертя ззовні (наприклад, з пилом ґрунтового походження, із забрудненим мастилом), знаходитися у металі тертьових деталей (тверді структурні складові) або утворюватися у процесі тертя (металічні продукти зношування).



Рисунок 1.6. Класифікація видів зношування

Рисунок 1.6. Класифікація видів зношування

В абразивному середовищі процес зношування характеризується мікрорізанням і багаторазовим пластичним деформуванням одних і тих же мікрооб'ємів металу, в результаті якого має місце втомлюване руйнування поверхневого шару.

У випадку абразивного зношування лінійний знос пропорційний питомому навантаженню і шляху тертя, значно залежить від твердості

матеріалу, а також твердості та розміру зерен абразиву. Але пряма пропорційність зносу і питомого навантаження справедлива лише за певних умов (закріпленій абразив). У загальному випадку знос пропорційний питомому навантаженню в ступені, більшому одиниці. Відповідно до цього і враховуючи, що при постійній швидкості тертя (ковзання) шлях тертя пропорційний часу зношування, рівняння зносу можна виразити такою залежністю:

$$U = p^n t, \quad (1.9)$$

де U — лінійний знос; c — коефіцієнт, який враховує швидкість тертя, властивості матеріалу деталі і абразивного соредовища; p — питомий тиск; t — час зношування; $n = 1—3$.

Вплив твердості поверхні тертя на відносну стійкість проти зношування металів та сплавів при абразивному зношуванні зображено на рис. 1.7. Технічно чисті метали в ненаклепаному стані і сталі у відпаленому стані розміщуються на одній прямій, тобто:

$$\varepsilon = bH_m, \quad (1.10)$$

де ε — відносна стійкість проти зношування; b — коефіцієнт пропорційності; H_m — твердість матеріалу, яка визначається вдавленням алмазної піраміди.

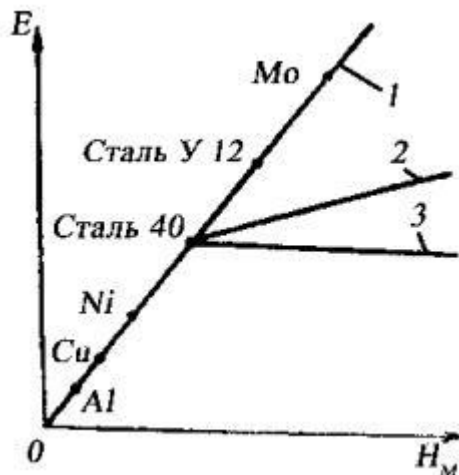


Рисунок 1.7. Вплив твердості металів і сплавів на їх відносну стійкість при абразивному зношуванні: 1 — чисті метали і сплави у відпаленому стані; 2 — термічно оброблена сталь; 3 — механічно наклепана вуглецева сталь

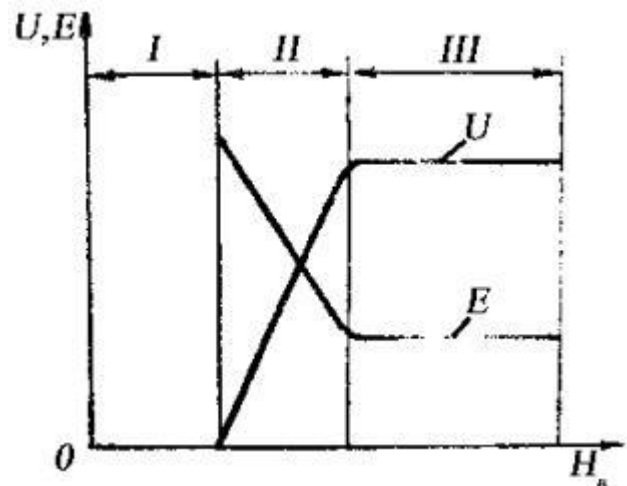


Рисунок 1.8. Характер залежності зносу та стійкості проти зносу матеріалу від твердості абразиву

Для термічно оброблених сталей:

$$\varepsilon = \varepsilon_B + b' (H_m - H_B), \quad (1.11)$$

де ε_B — відносна стійкість сталі проти зношування у відпаленому стані; b' — коефіцієнт, який залежить від хімічного складу сталей; H_B — твердість сталі у відпаленому стані.

Але відносна стійкість проти зношування термічно оброблених сталей

підвищується із збільшенням твердості повільніше, ніж у сталей у відпаленому стані ($b < b'$).

Відносна стійкість проти зношування механічно наклепаних металів і сталей при абразивному зношуванні практично не залежить від твердості. Таким чином, з точки зору відносної стійкості проти зношування важливо знати не тільки значення, але і походження твердості матеріалу.

Співвідношення між твердістю абразивних зерен H_a і твердістю матеріалу H_m ілюструє рис. 8, з якого видно, що в області I знос під впливом абразивних частинок не спостерігається, в області II, де твердість абразиву більша твердості матеріалу (але не більше як на 30 %), знос збільшується лінійно, а в області III, де твердість абразиву значно більша твердості матеріалу (на 30 - 60%), знос і відносна стійкість практично не залежать від твердості абразивних частинок.

Гідроабразивне і газоабразивне зношування — абразивне зношування в результаті дії твердих тіл або твердих частинок, які забираються відповідно потоком рідини (наприклад, зношування лопаток насоса, що подає воду, яка містить пісок) або газу.

При гідро- і газоабразивному зношуванні також діє механізм розглянутого вище абразивного зношування, але з меншою інтенсивністю внаслідок менших питомих навантажень на матеріал.

Гідроерозійне зношування — механічне зношування поверхні в результаті дії потоку рідини.

Газоерозійне зношування — механічне зношування поверхні в результаті дії потоку газу. Гідро- і газоерозійне зношування часто поєднуються з іншими видами зношування.

Кавітаційне зношування — механічне зношування під час руху рідини відносно твердого тіла, за якого бульбашки газу лопаються біля поверхні, що створює місцевий високий питомий тиск або високу температуру.

Кавітація виникає там, де порушується суцільність відносного потоку рідини, в результаті чого утворюються порожнини, заповнені повітрям або паром. Ці, так звані кавітаційні бульбашки, знаходячись біля поверхні металу, скорочуються з великою швидкістю і потім розриваються, що призводить до гідравлічного удару рідини по поверхні металу. При накладанні на поверхню металу великої кількості таких ударів утворюються каверни діаметром 0,2 - 1,5 мм, навколо яких з'являються напливи, що створюють враження видавлених кратерів. Таким чином, вид руйнування металу в чистій воді свідчить про те, що поверхня металу схильна до механічної дії. Допоміжне значення при кавітаційному зношуванні може мати і корозійний фактор, який знижує опір металу циклічним механічним діям.

Кавітаційному зношуванню піддаються гвинти і лопатки турбін. У двигунах внутрішнього згорання цей вид зношування спостерігається на поверхні гільз циліндрів (з боку сорочки), охолоджуваних потоком води.

Втомлюване зношування — механічне зношування в результаті втомлюваного руйнування при вторинному деформуванні мікро-об'ємів матеріалу поверхневого шару.

Зношування при фретингу — механічне зношування контактуючих тіл при малих коливальних відносних переміщеннях.

Адгезійне зношування відбувається у результаті локального з'єднання двох твердих тіл, що труться, і глибинного виривання матеріалу з їх поверхневих шарів.

Механічно-хімічне зношування є результатом механічної дії при терті, яке супроводжується хімічною і (або) електрохімічною взаємодією матеріалу із середовищем.

Окислювальне зношування — механічно-хімічне зношування, при якому переважає хімічна реакція матеріалу з киснем або окислюючим середовищем.

Кисень повітря, взаємодіючи з металом, утворює на ньому окисну плівку, яка значно впливає на процес тертя. У випадку тертя в умовах мащення метал окислюється киснем, розчиненим у маслі. Окисні плівки у місцях контактування поверхонь захищають метали від безпосереднього наближення до відстані, при якій можливе схоплювання. Нездатність самих окисних плівок до схоплювання обумовлена їх неметалічною природою.

Під час тертя окисні плівки поступово стираються або, відриваючись, видаляються мастилом. Потім окисні плівки утворюються знову. Таким чином, окисне зношування являє собою зношування безперервно відновлюваних окисних плівок.

Зношування при фретінг-корозії — це механічно-хімічне зношування поверхонь тіл при малих коливальних відносних їх переміщеннях.

Механізм зношування при фретінг-корозії являє собою зношування, яке викликають окисні плівки, що відокремлюються від поверхонь контактуючих деталей. Ці плівки діють як абразиви, які внаслідок малих відносних переміщень деталей затримуються в межах контакту. За іншою теорією відокремлюються частинки металу, які відразу ж окиснюються, перетворюючись в абразив.

Зношуванню при фретінг-корозії піддаються, наприклад, посадочні місця під підшипники кочення корпусних деталей.

Електроерозійне зношування виникає в результаті дії на поверхню тертя розрядів при проходженні електричного струму.

В реальних умовах роботи спряжених деталей частіше всього поєднуються ті або інші види зношування.

У деяких умовах тертя поєднання двох різних видів зношування може призвести до нових явищ. Прикладом цього є зношування при фретінг-корозії — поєднання абразивного зношування з окисним у певних умовах контактування поверхонь.

Приблизне уявлення про швидкості зношування можна одержати з таких даних, мкм/год: окисне зношування - 0,1—0,5, абразивне - 0,5—5,0, адгезійне зношування - 10—15.

Швидкість зношування суттєво знижується в умовах тертя при наявності мащення. Мащення за типом поділу поверхонь тертя мастильним шаром поділяється на три основних види: гідродинамічне (повний поділ поверхонь тертя здійснюється в результаті тиску, що виникає в шарі рідини при

відносному русі поверхонь), граничне (зношування і тертя між поверхнями, що рухаються одна відносно одної, визначаються властивостями поверхонь і мастильного матеріалу, відмінними від об'ємної в'язкості) і змішане (здійснюється частково гідродинамічне, частково граничне мащення). Прикладом такого мащення може бути мащення корінних підшипників колінчастого вала. Контрольні запитання

Контрольні запитання

1. Що називається технологічним процесом.
2. Що включає в себе термін «технологія».
3. Які головні завданнями технології ремонту машин як науки?
4. Які руйнівні процеси пов'язані з робочим процесом, який виконує машина?
5. Чим пов'язані між собою тертя та зношування?
6. Які основні теорії описують процес тертя?
7. Види процесів зношування та їх характеристики.

ЛЕКЦІЯ 2. ВИРОБНИЧИЙ І ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ МАШИН. ОЧИЩЕННЯ ТА РОЗБИРАННЯ МАШИН.

Тема 3. Загальні положення виробничого процесу ремонту машин. Очищення об'єктів у ремонтному виробництві. Розбирання машин та їх складових. Синтетичні миючі засоби. Класифікація дефектів. Вимоги на дефектацію деталей.

Основні поняття та визначення

Зараз застосовується *комплексна система технічного обслуговування і ремонту машин*, під якою розуміється сукупність взаємопов'язаних засобів, документації та виконавців, необхідних для підтримання і відновлення якості сільськогосподарської техніки. Ця система передбачає застосування засобів діагностування.

Технічне обслуговування (ТО)—це комплекс робіт по підтриманню роботоздатності або справності машин під час їх використання за призначенням, зберігання та транспортування (детальна технологія і організація ТО розглядається у самостійному курсі).

Перед розглядом проблем ремонтного виробництва пригадаємо деякі терміни і поняття теорії надійності.

Надійність — це властивість об'єкта зберігати за часом у встановлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах і умовах виконання ТО, ремонтів, зберігання і транспортування.

Надійність є комплексною властивістю об'єкта, яка, залежно від призначення і умов його застосування, складається з таких показників: безвідказності, довговічності, ремонтпридатності та збереженості.

Фактори, які викликають зміну параметрів, що визначають нормальне функціонування об'єкта, впливають на його технічний стан, тобто об'єкт в процесі експлуатації в деякий момент часу може бути справний або несправний, роботоздатний або нероботоздатний. Уточнимо ці поняття.

Справний стан — це стан об'єкта, при якому він відповідає всім вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської документації.

Несправний стан — стан об'єкта, за якого він не відповідає хоча б одній з вимог нормативно-технічної і (або) конструкторської документації.

Роботоздатний стан — стан об'єкта, за якого значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції» відповідають вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської документації.

Нероботоздатний стан —це стан об'єкта, при якому значення хоча б одного параметра, що характеризує здатність виконувати задані функції, не відповідає вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської документації.

Роботоздатний об'єкт може вважатися несправним. Наприклад, трактор

зберігає роботоздатність за наявності вм'ятин на облицюванні, несправного лічильника мотогодин тощо.

Перехід об'єкта з одного стану в інший визначається такими подіями.

Пошкодження — подія, яка полягає в порушенні справного стану об'єкта при збереженні роботоздатного стану.

Відказ — подія, яка полягає у порушенні роботоздатного стану об'єкта.

З метою наукових досліджень і вирішення прикладних (інженерних) задач численні види відказів класифікуються за різними ознаками. Наприклад, залежно від причин, які викликали відказ — на раптові та поступові; за ознакою складності усунення відказів — на кілька груп складності; за ознакою походження — розрахунково-конструкторські, виробничо-технологічні або експлуатаційні; за ознакою умов усунення відказів (у польових умовах, майстернях різного виду господарств, на спеціалізованих ремонтних підприємствах) — на ресурсні і нересурсні.

Усунення наслідків відказів завжди пов'язане з матеріальними і трудовими затратами. Вони складаються з розбирально-складальних і регулювальних робіт, витрат на запасні частини або заміну агрегату і втрат від простою машин. Особливо вагомі втрати від простою машини.

Підтримання машин у роботоздатному стані дає значний економічний ефект внаслідок зниження сумарних витрат, пов'язаних з втратами від простоїв і на усунення наслідків відказів.

Слід відзначити, що найбільший вплив на експлуатаційні якості сільськогосподарської техніки мають такі властивості надійності, як довговічність і безвідказність.

Безвідказність — це властивість об'єкта безперервно зберігати роботоздатний стан протягом деякого часу або напрацювання. Одним з показників даної характеристики є вірогідність безвідказної роботи, тобто вірогідність того, що в межах заданого наробітку відказ об'єкта не виникне.

Довговічність — властивість об'єкта зберігати роботоздатний стан до настання граничного стану при встановленій системі ТО і ремонту.

Граничний стан — це стан об'єкта, за якого його подальше застосування за призначенням недопустиме чи недоцільне або роботоздатність неможлива чи недоцільна.

Довговічність кількісно оцінюється двома показниками: ресурсом і строком служби.

Ресурс — наробіток об'єкта від початку його експлуатації або П відновлення після ремонту певного виду до переходу в граничний стан (наробіток — тривалість або обсяг роботи об'єкта).

Строк служби — календарна тривалість експлуатації об'єкта від П початку або відновлення після ремонту певного виду до переходу в граничний стан.

Спираючись на поняття і термінологію, сформульовані в науці про надійність, легко визначити відповідні терміни, які застосовуються в галузі ремонту техніки.

Ремонт — це комплекс операцій, призначених для відновлення

справності або роботоздатності виробів і відновлення ресурсу виробів або їх складових частин. Розрізняють два види ремонту сільськогосподарської техніки: капітальний і поточний.

Капітальний ремонт — вид ремонту, який виконується для відновлення справності і повного (або близького до повного) відновлення ресурсу виробів із заміною або відновленням будь-яких складових частин, у тому числі базових. Відповідно розрізняють капітальний ремонт машини і складових частин (агрегатів).

Поточний ремонт — вид ремонту, який виконується для забезпечення або відновлення роботоздатності машини із заміною або відновленням окремих складових частин. Під час цього ремонту складові частини, що досягли граничного стану, піддають капітальному ремонту, а які не досягли — поточному (у випадку необхідності).

Поточний ремонт може виконуватись як на місці використання машини, так і у відповідних майстернях або на станціях ТО. Планові поточні ремонти тракторів проводять за результатами ресурсного діагностування через певний, передбачений нормативними документами, період наробітку, а комбайнів і сільськогосподарських машин — після сезонів збирання і польових робіт відповідно.

Найпоширеніші такі методи ремонту машин:

незнеособлений і *знеособлений*, які різняться тим, що під час першого з них зберігається, а під час другого не зберігається належність відновлюваних складових частин до певних машин (обладнання);

агрегатний — різновид знеособленого методу, під час якого несправні агрегати і вузли замінюють новими або раніше відремонтованими. Агрегатним методом ремонтують машини, конструктивні особливості яких дозволяють розчленувати їх на складові частини (агрегати і вузли). При цьому кожна складова частина повинна бути автономною, конструктивно закінченою, легко відокремлюватись (без складних розбирально-складальних і регулювальних робіт) від інших частин машини. Завдяки автономності складові типи машини можна самостійно ремонтувати на ремонтних підприємствах.

Терміни «відновлення» і «ремонт» деталей розглядаються як технологічні процеси, реалізація яких спрямована на відновлення початкових властивостей деталей, але відрізняються вони за рівнем досягнення цих властивостей.

Відновлена деталь повинна мати повну взаємозамінність за розмірними параметрами, а фізико-механічні та інші властивості поверхневих шарів і в об'ємі матеріалу забезпечувати ресурс до граничного стану не нижчий нової (якщо інше не обумовлене діючою нормативно-технічною документацією).

Відремонтована деталь повинна перейти із нероботоздатного у роботоздатний стан, маючи при цьому як повну, так і неповну взаємозамінність, а відповідні технологічні операції забезпечувати її ресурс не менше як до наступного чергового ремонту.

Структура технологічного процесу ремонту машин

Виробничий процес ремонту — це сукупність взаємопов'язаних дій людей і знарядь виробництва, необхідних на даному підприємстві для здійснення ремонту машин, обладнання та іншої техніки.

Технологічний процес є складовою частиною виробничого процесу. У виробничий процес входять і допоміжні процеси, наприклад виробництво пристроїв та інструменту, ремонт власного обладнання тощо, а також обслуговуючі процеси (внутрішньовиробниче транспортування матеріалів і деталей, складські операції тощо), які забезпечують виконання основного технологічного процесу ремонту.

Технологічний процес ремонту — основна частина виробничого процесу, яка містить дії по послідовній зміні стану об'єктів ремонту або його складових частин (машина, агрегат, вузол, деталь) під час відновлення їх справності або роботоздатності.

Технологічний процес ремонту машин у загальному випадку включає певний набір складових частин, тісно пов'язаних у своїй технологічній послідовності. Структура технологічного процесу характеризує і ступінь розчленування операцій. Необхідність розробки варіантів структурної побудови технологічних процесів обумовлена кількістю типів і марок об'єктів ремонту, видів ремонтних підприємств за своїм призначенням, спеціалізацією та програмою. На рис. 2.1 наведена принципіальна схема технологічного процесу капітального ремонту машин. Вона ілюструє укрупнене розчленування процесу на складові частини та їх технологічні зв'язки від початку ремонту до виходу справної машини.

Схеми технологічних процесів повинні бути інформативними (у межах їх призначення). У принциповій схемі, наприклад, крім складу і призначення окремих частин технологічного процесу, можна знайти передбачену процесом багатостадійність очисних операцій, необхідність і характер сортування деталей ремонтного фонду тощо.

Структура технологічного процесу може змінюватись, наприклад, внаслідок розгалуження за ходом основного напрямку процесу через необхідність прийняття (за результатами діагностичного контролю) технологічних рішень за альтернативними ознаками (рис. 2.2).

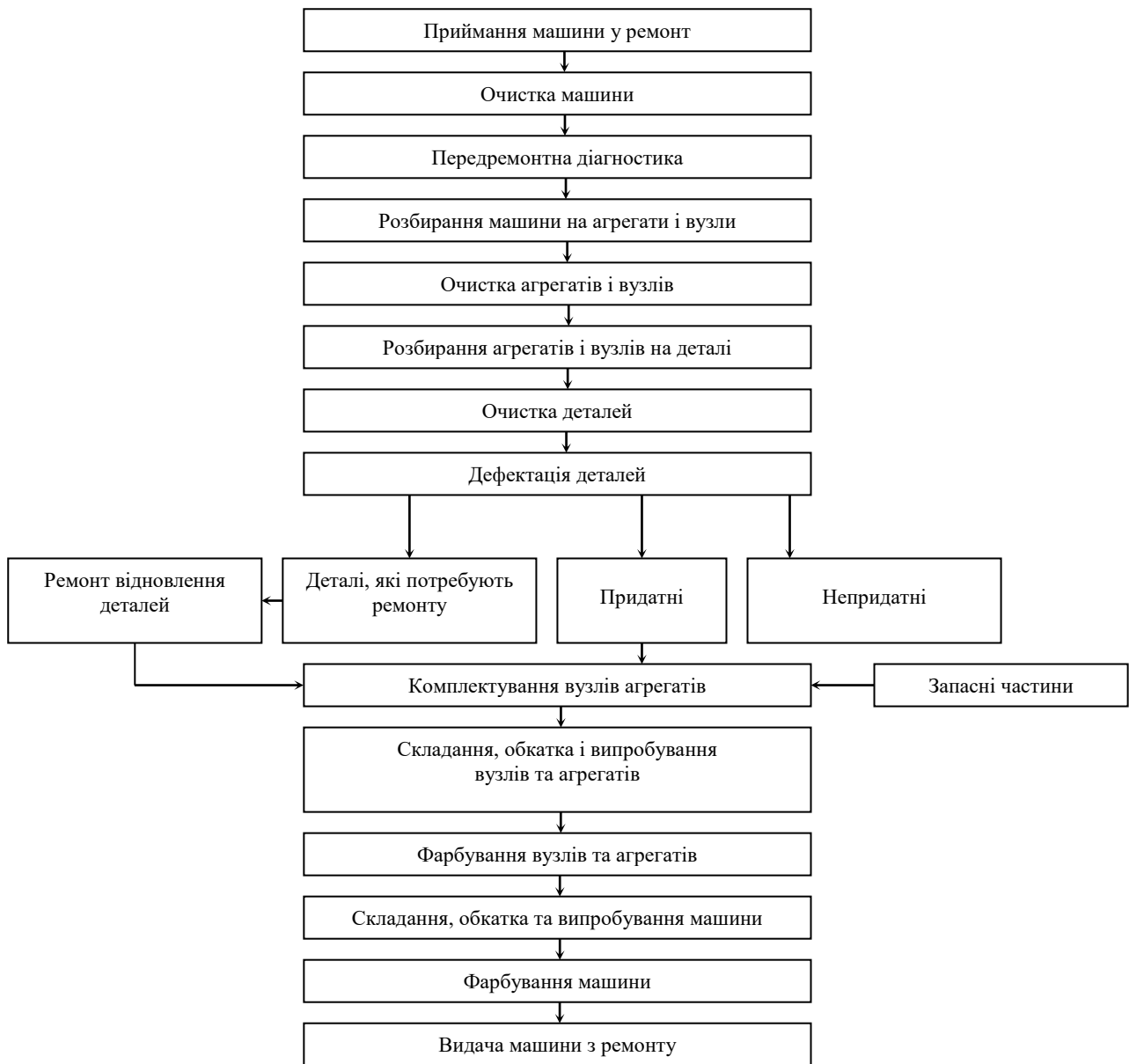


Рисунок 2.1. Принципіальна схема технологічного процесу капітального ремонту

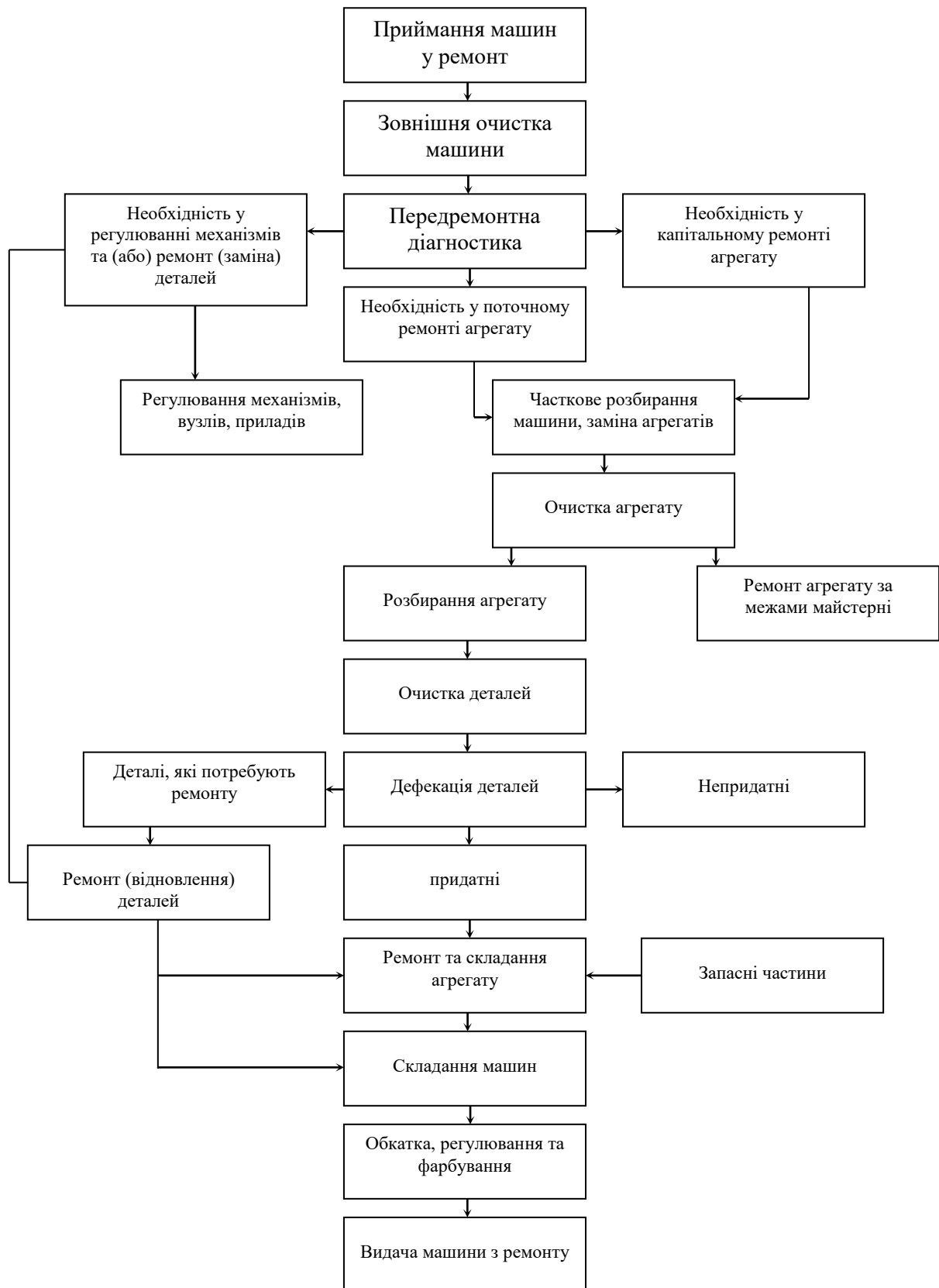


Рисунок 2.2. Схема технологічного процесу поточного ремонту машини

У випадку великої програми ремонтного підприємства виникає можливість поділу технологічного процесу ремонту на велику кількість окремих технологічних процесів і створення умов для оснащення робочих місць високопродуктивним технологічним обладнанням і оснасткою.

Технологічне обладнання — це знаряддя виробництва, в яких для виконання окремих частин технологічного процесу розміщуються об'єкти ремонту або матеріали, засоби дії на них, а при необхідності — джерело енергії. До ремонтно-технологічного обладнання відносяться металообробні верстати, зварювальні і наплавлювальні установки, нагрівальні печі, стенди тощо.

Технологічна оснастка — це засоби технологічного оснащення, які доповнюють обладнання для виконання частини технологічного процесу. До технологічної оснастки належать патрони, люнети, інструмент, пристрої для базування і закріплення деталей тощо.

Діагностування об'єктів ремонту, приймання машин у ремонт

Види діагностування. Діагностування — це процес визначення технічного стану об'єкта ремонту (машини, агрегату, вузла, механізму, деталі) на відповідних стадіях експлуатації і ремонту сільськогосподарської техніки.

Діагностування у процесі експлуатації машин виконують відповідно до плану технічного обслуговування і ремонту. При цьому визначають готовність до експлуатації та чергового технічного обслуговування. У разі випадкових відказів і несправностей у машинах передбачене діагностування за замовленням, мета якого — виявлення і усунення їх причин.

Передремонтне діагностування машин виконують під час ТО-3. Методами діагностування визначають можливість їх подальшої експлуатації або необхідність ремонту, його виду і змісту.

Цей вид діагностування передбачає весь комплекс робіт з визначенням технічного стану, прогнозування остаточного ресурсу всіх складових частин машини і називається ресурсним діагностуванням. Інформацію, отриману після діагностування, заносять до спеціальної карти або бази даних комп'ютера.

Діагностувальні операції виконують і в процесі ремонту машин. Це — попередній контроль спряжень у складі, стендові випробування агрегатів і вузлів перед розбиранням, дефектація деталей після очисних робіт тощо. Всі ці операції призначені для об'єктивної оцінки технічного стану складальних частин машини і прийняття обґрунтованих рішень, пов'язаних із технологічним процесом ремонту.

Післяремонтне діагностування передбачає випробування вузлів, агрегатів і машин після ремонту, коли визначається відповідність їх технічного стану вимогам діючої нормативно-технічної документації на заданий вид ремонту і марку машини.

Технічна діагностика залежно від призначення і обсягу виконуваних операцій може здійснюватись у майстернях господарств, на станціях технічного обслуговування і на ремонтних підприємствах.

Нормативні дані для визначення необхідності даного виду ремонту встановлюються за ресурсними параметрами, вказаними у нормативних документах діючої системи технічного обслуговування і ремонту машин.

Методи і засоби діагностування. Для визначення технічного стану машин використовують дві групи методів контролю: органоліптичний, тобто за

допомогою органів чуття (огляд, прослуховування, перевірка на дотик тощо) та інструментальний. Перший метод суб'єктивний, з обмеженою достовірністю, оцінок. Разом з тим він простий і застосовується досить часто для попередньої оцінки технічного стану агрегатів, механізмів і систем. Другий метод передбачає застосування спеціальних приладів, стендів та Іншого обладнання, які забезпечують об'єктивність інформації за рахунок визначення зміни параметрів стану відповідними вимірювальними засобами.

Для діагностування тракторів і автомобілів залежно від кількості машин і методів організації їх технічного обслуговування та ремонту користуються спеціальними комплектами переносних приладів, пересувними діагностичними установками (ПДУ) і ремонтно-діагностичними майстернями (МПР). У пунктах технічного обслуговування і на ремонтних підприємствах встановлюються комплекти стаціонарних засобів технічного обслуговування і діагностування.

Високий організаційний і технічний рівень виконання операцій діагностування сільськогосподарської техніки, створення і нагромадження бази даних для кожного конкретного об'єкта ремонту з використанням комп'ютерної техніки, де можна закласти всі відомості про результати діагностування, обслуговування, ремонтних впливів і затрати на їх реалізацію з початку і до кінця експлуатації машини дозволяє:

- попередити передчасні розбирання окремих складових частин машин, а отже й інтенсивне зношування припрацьованих деталей спряжень;

- знизити трудомісткість поточних ремонтів;

- повніше використати ресурси складальних частин машини, а значить, скоротити витрату запасних частин і загальні затрати на ремонт машин.

Крім того, нагромаджена інформація про «поведінку» машин у процесі експлуатації використовується виробником для аналізу, а на його основі — для розробки і реалізації конструкторсько-технологічних рішень, які забезпечують високу якість техніки і прогнозування конструкцій нових машин.

Приймання машин у ремонт. Трактори, автомобілі, комбайни та їх агрегати повинні задовольняти певні, діючі у конкретний період, технічні вимоги. До них відносяться вимоги щодо переліку і оформлення технічної документації (технічний паспорт тощо) на об'єкт ремонту, його комплектність і рівень зовнішньої очистки, дозволена обмеженість на відсутні конструктивні елементи (скло, ручки кабін тощо), кріпильні деталі тощо.

Під час здавання машини або агрегату у ремонт оформляють приймально-здавальний акт, який підписує замовник і приймач ремонтного підприємства. В акті зазначаються дані про доремонтний наробіток об'єкта, вид і короткий зміст виконаних ремонтних робіт та інші договірні умови між замовником і виконавцем. В акті або окремому документі (гарантійному талоні) вказуються гарантійні обов'язки відносно післяремонтного ресурсу машини (або її складових частин), які гарантує виконавець (ремонтне підприємство) за умови виконання технічних вимог. До операцій технічного обслуговування об'єкта ремонту у процесі експлуатації.

Розбирання машин, агрегатів і вузлів

Розбиральні і складальні роботи у загальній трудомісткості капітального ремонту машин займають значне місце: для тракторів— 52—56%, для автомобілів — 33—41, з них близько 11% припадає на розбиральні роботи.

Під час капітального ремонту машини розбирають на агрегати, вузли і деталі у послідовності, передбаченій технологічними процесами на розбирання даної машини, її агрегатів і вузлів.

Залежно від програми ремонтного підприємства і об'єкта розбирання, роботи виконують на стаціонарних або пересувних стендах, а при великих програмах — на потоковій лінії.

У розбиральний відділ машину транспортують своїм ходом, на буксирі із застосуванням тягача чи лебідки або на візку по рейковому шляху. Візок є стендом, на якому виконують потоково-постове розбирання машини.

На спеціалізованих великих ремонтних підприємствах застосовують потоково-механізований спосіб розбирання машини і агрегатів з використанням вантажо- або ланцюгово-несучого конвеєрів, а також естакад. Естакади — це зварні конструкції, по напрямних яких переміщуються візки на котках із встановленими на них агрегатами.

У процесі розбиральних (складальних) робіт застосовують підйомне і підйомно-транспортне обладнання.

До підйомного обладнання відносяться ручні талі вантажопідйомністю 0,2—2,0 т і висотою піднімання до 3 м; електричні талі (0,25—5,0 т) висотою піднімання до 18 м; лебідки (1—10 т); механічні і гідравлічні підйомники; вантажозахватні пристрої (схватки, ланцюги, троси).

Підйомно-транспортне обладнання — це однорейкові шляхи (монорейки) для переміщення деталей, які кріпляться до елементів будівельних конструкцій (колони, балки, ферми); консольні поворотні крани; підвісні кранбалки вантажопідйомністю 1—5 т; мостові крани (5—20 т і більше).

До транспортних засобів належать: ручні і причіпні візки, електрокари (до 2 т), пересувні стенди, конвеєри (пластинчасті, роликові, підвісні).

Під час розбиральних (складальних) робіт застосовують універсальний інструмент: набори ключів різних типів (відкриті, накидні, торцеві тощо), ключі для викручування шпильок, молотки, викрутки тощо. Крім універсальних, застосовують різні спеціальні інструменти і пристрої.

Значна частина трудових затрат при розбиранні припадає на розбирання різьбових з'єднань (30—60%) і з'єднань із натягом (15—20 %). Для складальних робіт ці величини становлять відповідно 35—45 і 14—40 %. У той же час в автомобілях, наприклад, різьбові з'єднання становлять 70—80 % всіх з'єднань, які є у його конструкції. Наведені дані свідчать про необхідність механізації розбирання і складання різьбових з'єднань що особливо важливо при програмах 4—5 тис. капітальних ремонтів на рік.

Для механізованого розбирання (складання) різьбових з'єднань застосовують гайковерти, які скорочують виконання операцій у 3—5 разів і підвищують загальну продуктивність праці на 15%.

Гайковерти за типом привода бувають електричні, пневматичні і гідравлічні, за конструктивними ознаками — ручні, підвісні, пересувні і стаціонарні. За принципом дії перетворювача моменту — діляться на три основні групи:

з прямою передачею від двигуна до шпинделя (випускаються тільки з пневматичними двигунами), які не бояться перевантажень;

із редуктором і муфтою, яка обмежує крутний момент, що передається на шпindel, з регульовальним пристроєм для тарування муфти на певну величину крутного моменту;

гайковерти ударно-імпульсної дії (динамічні), які мають спеціальну муфту для перетворення обертального руху в імпульси. Завдяки збільшенню моменту за рахунок ударної дії муфти робочий не сприймає реактивного моменту

Пневматичні гайковерти мають малий ККД і викликають великий шум. Однак висока надійність, простота і безпека у роботі дозволяють широко їх використовувати. Працюють пневматичні гайковерти на стисненому повітрі від виробничої магістралі при тиску 0,5—0,6 МПа.

Величину крутного моменту при викручуванні гайок можна орієнтовно визначити із співвідношення:

$$M_{кр.} = 0,03d^3, \text{ Н}\cdot\text{м.} \quad (2.1)$$

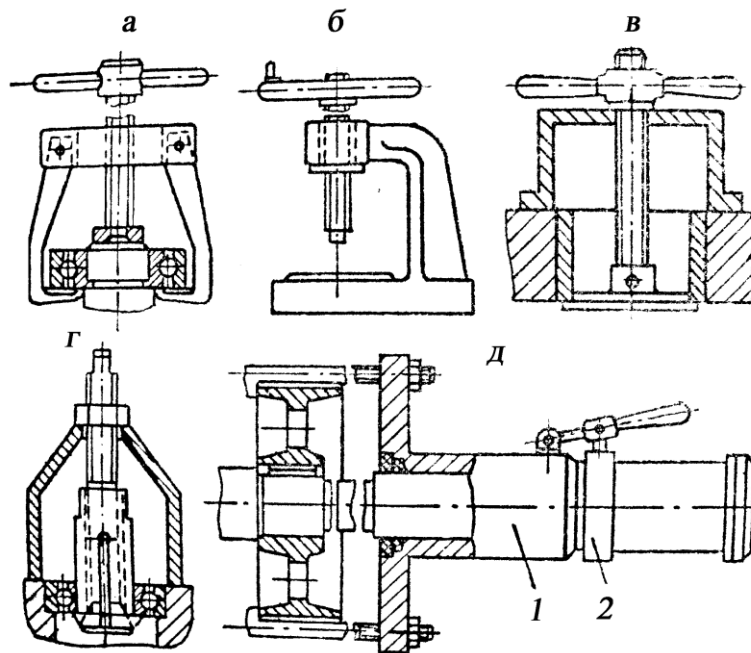


Рис. 2.3. Знімачі: а — двозахватний; б — гвинтовий; в — спеціальний гвинтовий; г — цанговий; д — гідравлічний; 1 — циліндр; 2 — плунжерний насос

Значення крутного моменту для відкручування різьбових з'єднань приймається у 1,25 раза більшим (при наявності корозії — у 1,5 раза більшим).

Для розбирання нерухомих з'єднань із натягом застосовують універсальні

і спеціальні знімачі. У випадку великих натягів у з'єднаннях використовують ручні рейкові або гвинтові преси і преси механічної дії (гідравлічні, пневматичні і пневмогідравлічні) із зусиллям від 3 до 100 т.

Знімачі і пристрої для розбирання машин та їх агрегатів діляться на гвинтові ручної дії, гідравлічні і пневматичні. Гвинтові знімачі можуть бути універсальними для знімання деталей як із зовнішнім, так і з внутрішнім захватом (рис. 3, а, г) і спеціальними для знімання тільки певних деталей (рис. 3 б, в, д). У спеціальних знімачів захват може здійснюватися корпусом, рознімними кільцями (з двох половинок), конусними сухарями, болтами. Гідравлічні знімачі мають більше зусилля розпресовування.

Під час конструювання пристроїв і знімачів для розбирання з'єднань із натягом розраховують зусилля випресовування для конкретного з'єднання. Для визначення зусилля випресування кілець підшипників застосовують формулу:

$$P_{ВП} = \frac{d}{d + 30} \cdot \frac{fE\pi BN_p}{2K_n}, \quad (2.2)$$

де $P_{ВП}$ — зусилля випресовування кілець підшипників, H ; d - номінальний діаметр отвору підшипника, $мм$; f — коефіцієнт тертя у спряженні (0,10—0,25); E — модуль пружності матеріалу підшипника (2,2-105 МПа); B — ширина опорного кільця підшипника, $мм$; N_p — розрахунковий натяг, $мм$; K_n — коефіцієнт, який характеризує серію підшипника (2,78 для - підшипників легкої серії, 2,27 — для середньої, 1,96 — для важкої серії).

Для визначення зусилля випресовування шківів, шестерень і втулок можна скористатися наближеними співвідношеннями для розрахунку зусиль запресовування з наступним додатковим коригуванням:

для сталених маточини і вала

$$P_3 = 20N_B l; \quad (2.3)$$

для чавунної маточини і сталюго вала

$$P_3 = 20N_B l, \quad (2.4)$$

де P_3 — зусилля запресування, H ; N_B — найбільший натяг, $мкм$; l — довжина маточини, $мм$.

Зусилля випресовування приймають 1,20—1,30 P_3 . Під час розбирання агрегатів і окремих вузлів застосовують універсальні і спеціалізовані одно- та багатомісні стенди.

Універсальні стенди призначені для встановлення на них однотипних агрегатів машин різних моделей або різнотипних агрегатів однієї моделі, а спеціалізовані,— однотипних агрегатів машин певних моделей. На рис. 2.4 наведений стенд для розбирання (складання) головок циліндрів двигунів ЗИЛ. Під час розбирання головку циліндрів встановлюють на стояки 12. Піднімають підставку 4 і разом з нею повертають головку циліндрів у робоче положення. При включенні пневмоциліндра 2 важіль 11 з натискною планкою опускається вниз і стискає пружини клапанів, що дозволяє зняти сухарі клапанів. Після

цього важіль повертається у верхнє положення і здійснюється подальше розбирання головки циліндрів. Конструкція стенда передбачає розбирання і складання кожного клапана окремо. Важіль 6, переміщуючись вздовж осі на ковзній шпонці, може встановлюватися навпроти будь-якого клапана. Поворотом рукоятки крана керування 9 включається пневмокамера 8. Шток пневмокамери з'єднаний з важелем 7, який забезпечує стискання пружини клапана поворотом осі 5 і важеля 6.

Для транспортування агрегатів, вузлів і деталей на окремих виробничих ділянках і між цехами застосовують підвісні конвеєри: вантажонесучі 1, вантажоштовхаючі 2 і вантажотягучі 3 (рис. 2.5).

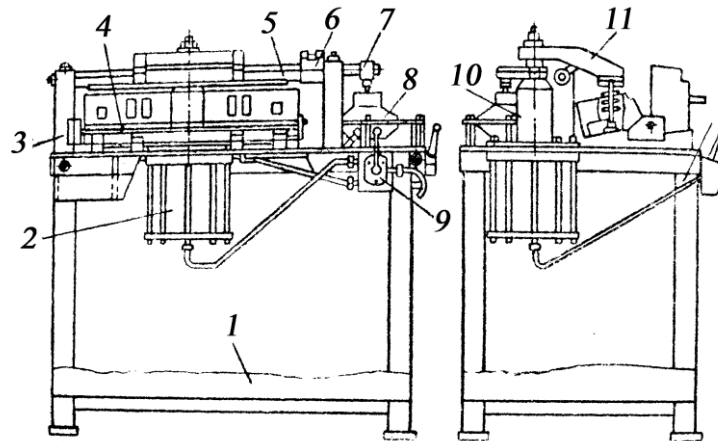


Рисунок 2.4. Стенд для розбирання і складання головок циліндрів:

1 – стіл; 2 – пневмоциліндр; 3,12 – стояки; 4 – підставка; 5 – вісь; 6 – невеликий важіль; 7 – важіль; 8 – пневмокамера; 9 – кран керування; 10 – втулка; 11 – важіль з планкою

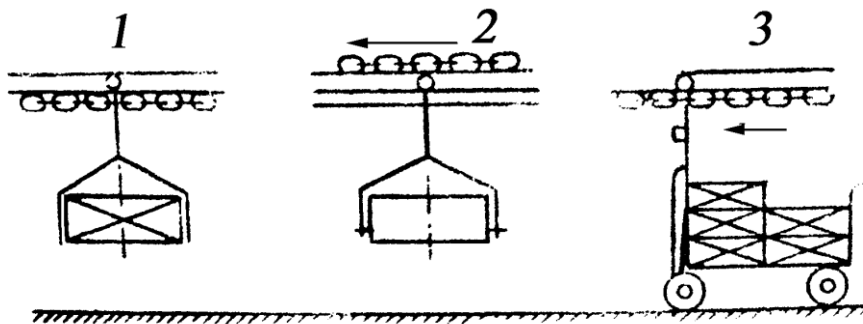


Рисунок 2.5. Підвісні конвеєри: 1 – вантажонесучі; 2 – вантажоштовхаючі; 3 – вантажотягучі

У процесі розбирання деталі вкладають у спеціальну тару або контейнери. Отвори, через які може проникнути всередину деталі, вузла чи агрегату бруд, закривають дерев'яними пробками або спеціальними заглушками (різьбові отвори паливних насосів, форсунок, трубки високого тиску, тощо).

Забороняється розукомплектовувати під час розбирання деталі і вузли, які обробляють разом або балансують. Наприклад, кришки корінних підшипників із блоком, кришки шатунів із шатунами, противаги колінчастих валів, вал

ротора турбокомпресора з колесами турбіни і компресора. Під час розбирання ці деталі маркують. Дуже обережно знімають вузли і деталі, встановлені на ущільнювальних прокладках. Вибивають штифти, втулки і осі виколотками з мідними наконечниками і молотками з мідними бойками. Шарикопідшипники знімають за допомогою знімачів, пристроїв і пресів. Під час спресовування підшипника з вала зусилля прикладають до його внутрішнього кільця, а під час випресовування із гнізда — до зовнішнього. Не дозволяється користуватись ударними інструментами для знімання підшипників.

Очистка об'єктів ремонту

Характеристика забруднень об'єктів ремонту. Виконання мийно-очисних операцій пов'язане з певними труднощами, викликаними, по-перше, різноманітністю видів забруднень (рис. 2.6), які вимагають застосування різних способів очистки, миючих засобів і обладнання і, по-друге, тим, що, об'єкти очистки (машина, агрегат, вузол, деталь) різні за масою, матеріалом, конструкцією, формою тощо. Разом з тим рівень очистки операцій суттєво впливає на якість ремонту машин. Наприклад, незадовільна очистка блока і головки циліндрів від нагару і накипу призводить до зниження ефективної потужності двигуна на 5—8 % і збільшення витрати паливо-мастильних матеріалів на 10—20%. Через неякісне виконання мийно-очисних операцій міжремонтний ресурс агрегатів може знижуватися до 30 %.

Багато видів забруднень містять мастильні матеріали, які у процесі експлуатації машин значно змінюються внаслідок окислення і полімеризації. Ступінь їх зміни залежить від температурних факторів і тривалості дії. Тому особливо важко видалити забруднення двигунів. Під час старіння масла і згоряння палива у двигунах утворюються вуглецеві відкладення, які поділяються на асфальто-смолисті, лакові і нагари, що потребують різноманітних способів видалення. Асфальто-смолисті відкладення — це згустки мазі, які відкладаються на картерах, цоках колінчастого вала, фільтрах і маслопроводах. Лакові відкладення являють собою плівки, які утворюються на юбці і внутрішніх стінках поршнів. Нагари — це тверді вуглецеві речовини, що відкладаються на деталях двигунів (стінках камери згоряння, клапанах, свічках запалювання, днищах поршнів, випускних трубопроводах, розпилювачах форсунок). Нагари містять більшість нерозчинних або важкорозчинних складових. Особливих способів і засобів видалення вимагають продукти корозії і накип.

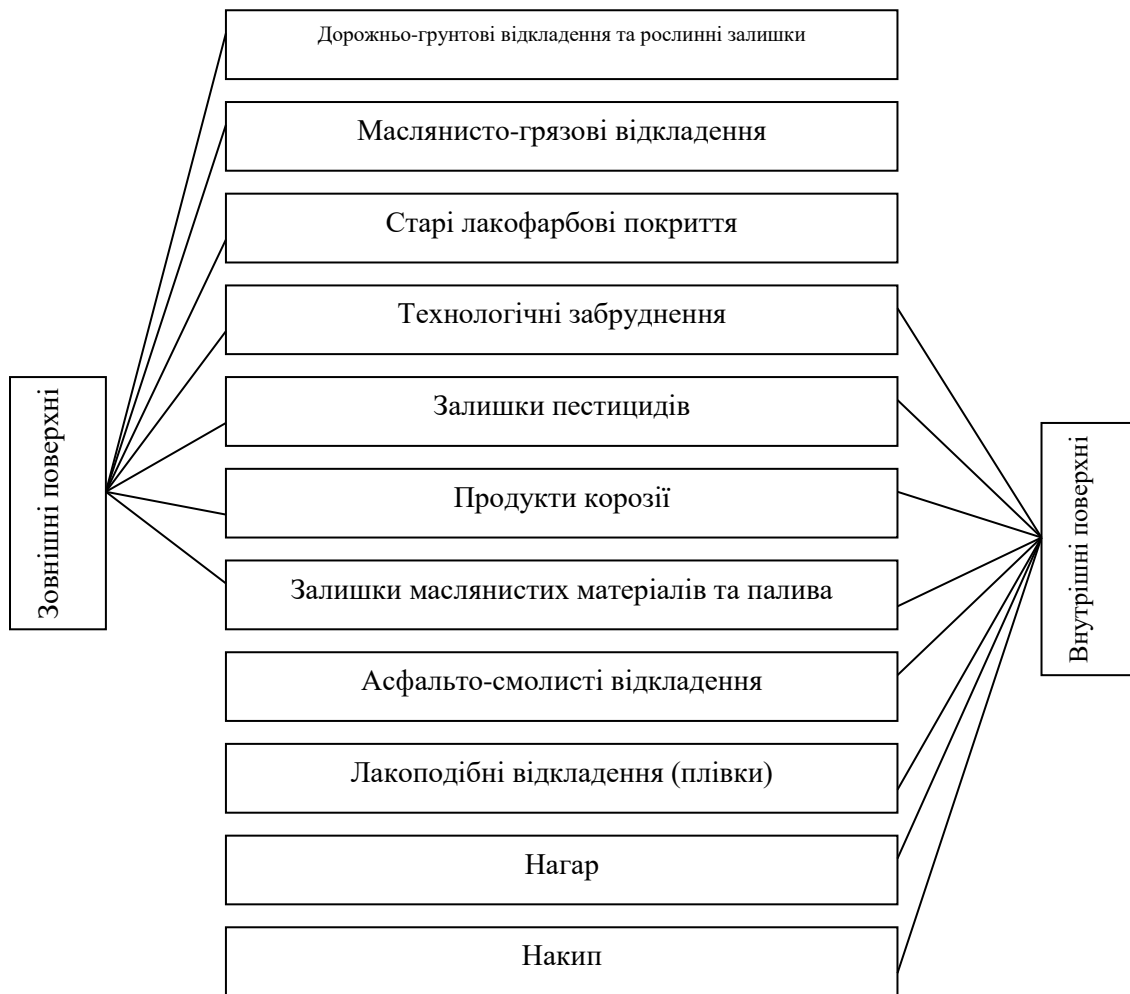


Рисунок 2.6. Класифікація видів забруднення

До технологічних забруднень, які утворюються у процесі ремонту машин, відносяться залишки притиральних і доводочних паст, стружка, тверді частинки абразиву у масляних каналах або шаржованні до поверхні деталей. Такі забруднення при незадовільній очистці викликають інтенсивне зношування поверхонь у період припрацювання, утворення задирів і подряпин. Технологічні забруднення потрібно видаляти безпосередньо перед складанням.

Досвід роботи ремонтних підприємств свідчить, що найраціональнішою організацією мийно-очисних робіт є багатостадійне миття об'єктів ремонту з використанням спеціальних способів очистки деталей від забруднень (рис. 2.7).

Характеристика миючих засобів. Більшість очисних операцій виконується у рідких середовищах, які руйнують і видаляють забруднення, що мають адгезійний зв'язок з поверхнею, та переводять їх у миюче середовище у вигляді розчинів, емульсій або суспензій. Забруднення видаляють струминним і заглибним способами, а також їх комбінацією.

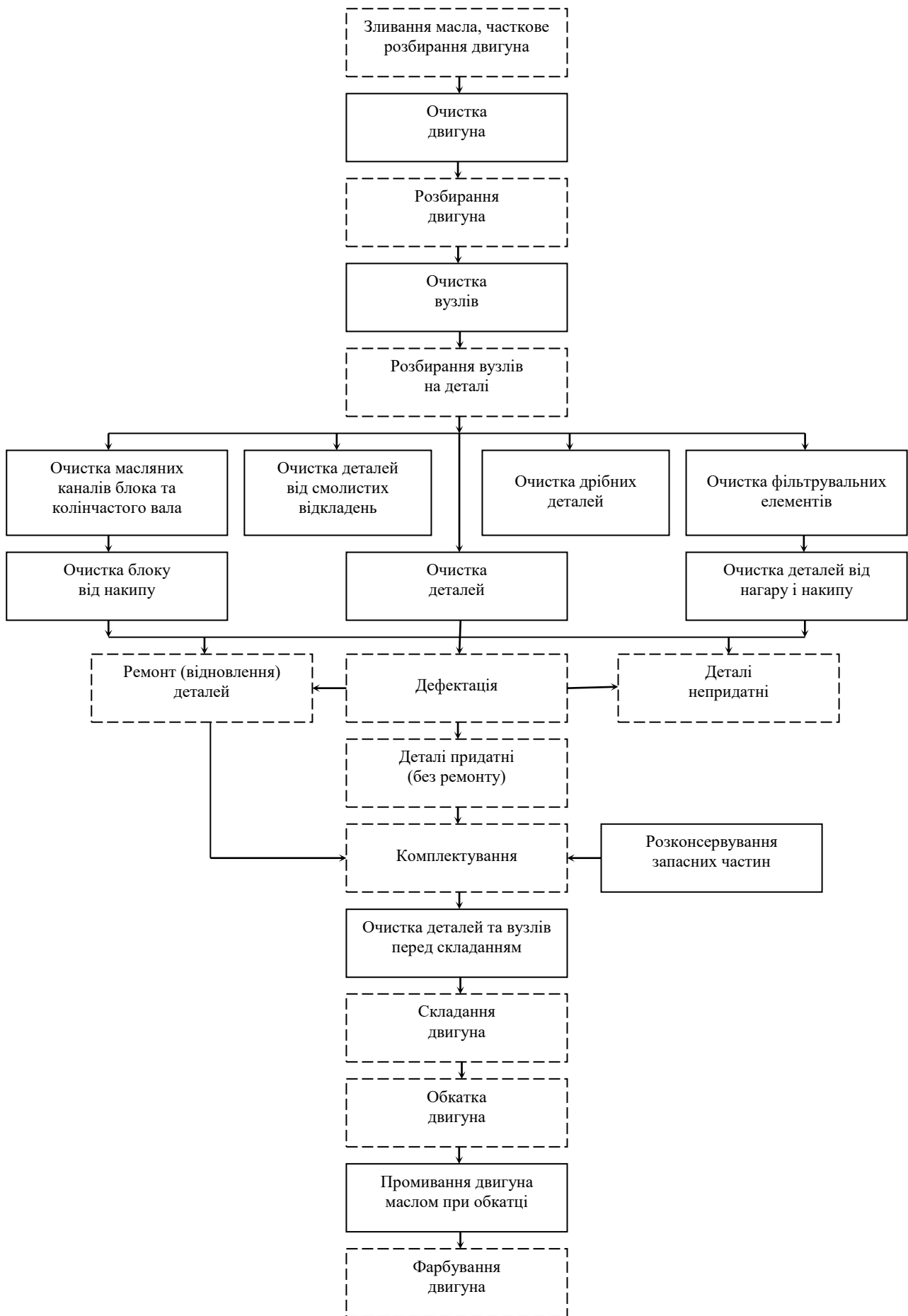


Рисунок 2.7. Технологічна схема очистки двигуна

На ремонтних підприємствах застосовують синтетичні миючі засоби (СМЗ), органічні розчинники (ОР), розчинювально-емульгуючі засоби (РЕЗ) і кислотні розчини.

Синтетичні миючі засоби найпоширеніші і складаються із кількох компонентів. Основу СМЗ (за своєю значимістю) складають синтетичні поверхнево-активні речовини (ПАР). Це сполуки на основі синтетичних спиртів — синтанол ДС-10 (в'язка світла рідина) і синтамід-5 (паста світло-жовтого кольору). Наявність у воді ПАР ослаблює поверхневий натяг води і забезпечує змочування забруднених поверхонь. Решта компонентів СМЗ — це лужні електроліти: кальцинована сода, метасілікат натрію (рідке скло) і триполіфосфат натрію, які підвищують активність ПАР і виконують інші функції, що покращують властивості СМЗ. У складі СМЗ можливі й інші добавки. Вміст ПАР у СМЗ — у межах 1,5—8 % за масою.

У більшості випадків забруднення складаються із двох фаз: рідкої (масла, смоли) і твердої (асфальтени, карбіди — речовини термічного розпаду паливо-мастильних матеріалів). Видалення таких забруднень розчинами на основі СМЗ відбувається двома шляхами: емульгуванням рідкої фази з утворенням емульсії і диспергуванням (подрібненням) твердої фази, яке проходить внаслідок адсорбції ПАР на частинках забруднень. Малий поверхневий натяг розчину дозволяє йому проникати у найдрібніші тріщини частинок забруднення і адсорбувати ПАР на поверхнях цих частинок. Адсорбовані молекули ПАР створюють розклинюючий тиск на частинки, руйнуючи і подрібнюючи їх, внаслідок чого підвищується дисперсність твердих речовин і утворюються суспензії — зависі у миючому розчині нерозчинні тверді частинки.

На інтенсивність процесу емульгування і диспергування значно впливає механічний вплив розчину (струмінь рідини, вібрація тощо) і температура.

Важливим етапом в очисному процесі є стабілізація у розчині змитих забруднень і запобігання їх повторному осадженню на поверхню, що в основному залежить від складу розчину, технологічних параметрів (концентрації, температури) і забрудненості об'єкту.

Процес миття у розчинах СМЗ супроводжується ціноутворенням, яке у більшості випадків є негативним фактором, оскільки обмежує використання інтенсивного перемішування, тобто знижує інтенсивність процесу емульгування і диспергування, заважає роботі насосів струминних установок. Для усунення піноутворення на ремонтних підприємствах застосовують дизельне паливо, гас, уайт-спірит (0,2—0,3 % об'єму розчину).

Під час пароструминної очистки піноутворення відіграє позитивну роль, оскільки шар піни зменшує розбризування розчину і створює захисний шар, який зменшує випаровування.

Суттєво впливає на ефективність очистки лужність розчину, яка визначається показником рН (у нейтральному розчині рН дорівнює 7, у кислотному — менше 7, а у лужному — більше 7). Під час очистки поверхонь різних металів оптимальне значення рН розчину становить: для сталі 11,8—13,6, для легких і кольорових металів 11,5—12,8. Зниження водневого показника погіршує очистку і виникає можливість корозії металу. Стабільність

лужного розчину протягом певного часу експлуатації підтримується буферною властивістю окремих компонентів СМЗ, наприклад кальцинованою содою, і періодичним поповненням розчину миючим засобом.

Зараз найпоширенішими СМЗ є лабомід (101, 102), Темп 100,, 100А, МС-6 (для струминної очистки), МС-8, Лабомід-203, МС-15 і Ритм (для заглибної очистки).

Розчинні та розчинно-емульгуючі засоби використовують для очистки деталей від асфальто-смолистих відкладень способом заглиблення.

Із розчинних засобів найпоширеніші дизельне паливо, гас, бензин і уайтспірит (важка фракція бензину), які добре розчиняють мінеральні масла, консистентні мастила і консерваційні речовини. Більш ефективні за очищувальною здатністю хлоровані вуглеводні (трихлоретилен, чотирихлористий вуглець, дихлоретан тощо), але вони через високу токсичність застосовуються лише у випадку наявності спеціальних установок, які працюють за замкнутим циклом, із строгим дотриманням всіх вимог безпеки.

Розчинно-емульгуючі речовини являють собою миючі композит із розчинника і ПАР. Вони розчиняють і одночасно емульгують забруднення. Такі засоби сприяють швидкому, видаленню міцних, наприклад смолистих відкладень, при кімнатній температурі (20—25°C). Після обробки РЕЗ деталі ополіскують в СМЗ. Під час ремонту машин застосовують РЕЗ АМ-15, у якому основним розчинником є кселол (ароматичний вуглеводень). Установки для застосування АМ-15 мають бути герметичними.

Кислотні розчини застосовують для видалення продуктів корозії і накипу. Під час очистки деталей кислотним розчином виникає небезпека кислотного ураження, у зв'язку з чим до його складу вводять інгібітори кислотної корозії, які запобігають руйнуванню металу (препарати БА-6, Катапін тощо).

Технологія мийно-очисних операцій. Очистка об'єктів ремонту — одна із трудомістких операцій у ремонтному виробництві, пов'язана з великими затратами теплової, електричної і фізико-хімічної енергії миючих розчинів. Сумарну енергію E_c , необхідну для очистки, можна виразити так:

$$E_c = E_T + E_M + E_{\text{фх}} = \text{const}, \quad (2.5)$$

де E_T — теплова енергія; E_M — механічна енергія; $E_{\text{фх}}$ — фізико-хімічна енергія миючого розчину.

Теплова енергія необхідна для зниження адгезійних зв'язків забруднень. Наприклад, в'язкість асфальто-смолистих відкладень на деталях двигуна при підвищенні температури від 20 до 100 °С зменшується у 100 і більше разів. Теплова енергія витрачається на нагрівання об'єктів очистки, забруднень, миючих розчинів, компенсацію теплових втрат на випромінювання, вентиляцію мийних машин тощо.

Механічна енергія, пов'язана із витратами електричної енергії, необхідна для руйнування забруднень під час очистки (привод струминних установок, пристрої для барботування миючих розчинів при очистці заглибленням), а також транспортування виробів у зоні очистки.

Миючі засоби — це концентратори і джерела фізико-хімічної енергії, яка використовується під час очистки для емульгування і диспергування забруднень.

Мийно-очисне технологічне обладнання класифікується за такими ознаками:

за виконуваними функціями у технологічному процесі (зовнішнє миття, очистка агрегатів тощо);

за типом мийних машин (моніторні, струминні, заглибні, комбіновані, спеціальні);

за призначенням, у залежності від типу ремонтного підприємства та об'єктів ремонту.

Зовнішню очистку машин виконують перед встановленням їх на майданчик ремонтного фонду і передремонтним діагностуванням, а також у випадках, передбачених технологічним процесом ремонту техніки. Для цього застосовують пересувні і стаціонарні мийні установки і машини.

Найпростішою є водоструминна установка для шлангового миття струменем з робочим тиском 2 МПа. Ефективніші моніторні мобільні мийні машини високого тиску (10 МПа) з-регульованою формою перерізу струменя. Випускаються такі машини у трьох варіантах для очистки холодною водою (ОМ-5361.03), холодною водою і абразивною водопіщаною сумішшю (ОМ-22612) і для очистки у кількох режимах — пароводоструминною сумішшю, холодною і гарячою водою (80°C) і застосуванням СМЗ і без них (ОМ-22616). Для підігрівання миючого розчину використовують гас.

На ремонтних підприємствах застосовують стаціонарні камерні тупикові і прохідні мийні машини (рис. 2.8). Трактор для очистки встановлюється у мийній камері на обертальний круг і обмивається струменями верхнього і нижнього душових пристроїв.. Крім того, конструкцією машини передбачено гідромонітор (тиск струменя 10 МПа), керування яким здійснюється поза мийною камерою. Як мийний розчин використовують Лабомід-101 або Лабомід-102 з концентрацією 10—15 г/л, який знаходиться у спеціальному баці, призначеному для зберігання і нагрівання його до 80°C. Інші струминні машини для зовнішньої очистки розрізняються за конструкцією душових пристроїв і характером відносного руху, душового пристрою і об'єкту очистки. У деяких машинах передбачено, крім зовнішньої очистки, пропарювання внутрішніх порожнин агрегатів і баків.

На окремих ремонтних підприємствах застосовують машини для очистки напіврозібраних тракторів і автомобілів занурюванням, що дозволяє очищати як зовнішні поверхні, так і внутрішні порожнини картерів. Для підвищення ефективності очистки занурюванням використовують коливальну платформу, на якій встановлюють машину, затоплені струмені (струмінь рідини у рідині) тощо. Очистку виконують у СМЗ Лабомід-203 з концентрацією 20—30 г/л при температурі 80—90 °С.

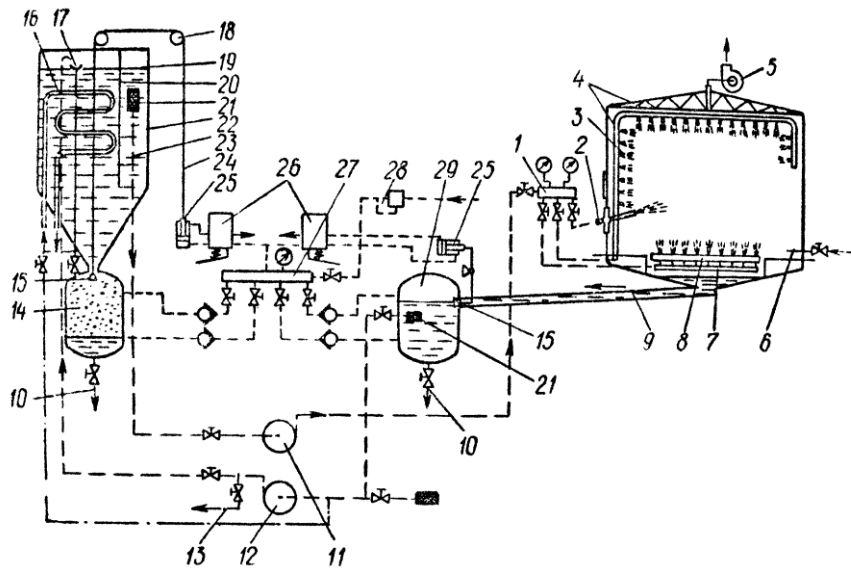


Рисунок 2.8. Схема мийної машини ОМ-8036:

1 — водяний розподільник; 2 — гідрант; 3 — мийна камера; 4 — розпилювальний пристрій; 5 — вентилятор; 6 — водопровідна мережа; 7 — нижній розпилювальний пристрій; 8 — поворотний круг; 9 — зливна труба; 10 — зливання відстою; 11 — насос; 12 — фекальний насос; 13 — злив; 14 — брудозбирач; 15 — засувка; 16 — паровий підігрівач; 17 — лійка для зливання нафтопродуктів; 18 — блок; 19 — шар нафтопродуктів; 20 — перегородка; 21 — фільтр; 22 — бак; 23 — відстояний миючий розчин; 24 — трос; 25 — пневмоциліндри; 26 — крани керування; 27 — пневморозподільник; 28 — редуктор тиску; 29 — брудовідстійник

Очистка агрегатів, вузлів і деталей виконується у струминних мийних машинах, машинах занурювального типу і комбінованих, де в одному агрегаті застосовуються заглибні і струминні способи.

На ремонтних підприємствах використовують три типи струминних мийних машин: камерні тупикові, камерні прохідні і секційні. Деталі в цих машинах очищають струменями миючого розчину, які подаються із насадок під тиском 0,4—1,4 МПа.

Камерна тупикова мийна машина, наприклад ОМ-4610, має у прямокутній камері відкидні двері із напрямними для візка, завантаженого об'єктами очистки, що подається у камеру машини. В останній розміщені гідранти, що обертаються навколо вертикальної осі. Верхній гідрант — це П-подібна рамка із труб, нижній гідрант (під візком) складається з двох горизонтально розміщених труб. У них водяні сопла розміщені під деяким кутом, який забезпечує обертання гідрантів за рахунок реактивних сил. Гідранти обертаються з частотою 7—10 хв⁻¹ (верхній) і 10—15 хв⁻¹ (нижній). Підігрівання миючого розчину — парове. Камерна прохідна мийна машина ОМ-1366 має душовий пристрій, подібний до душового пристрою машини ОМ-4610, але, крім того, є ще одна вітка душової системи, по якій подається миючий розчин у гумові шланги з наконечниками. Ця вітка використовується

для пропарювання картерів.

До конвеєрної прохідної двосекційної мийної машини відноситься ОМ-4267, яка оснащена підвісним конвеєром для переміщення деталей у тарі або для великих деталей безпосередньо на підвісках. Мийна камера машини прямокутної форми і виконана разом із секцією ополіскування. Конструкція мийної камери дозволяє виконувати струминну очистку розчинами СМЗ і струминне ополіскування водою.

Струминні мийні машини для очистки агрегатів, вузлів і деталей мають такі недоліки. По-перше, їх експлуатація пов'язана з великими енергозатратами і, по-друге, вони не забезпечують повного видалення забруднень у різних заглибленнях, отворах, кар-манах, екранованих від прямої дії миючих розчинів. Ці недоліки призвели до створення і поширення машин занурювального типу. Струминні машини застосовують лише для видалення масляно-грязьових відкладень, ополіскування деталей після обробки занурюванням, а також для миття деталей перед складанням.

Зараз поширюються роторні мийні машини різних типорозмірів, які дозволяють значно знизити енергозатрати, підвищити якість очистки і охопити широкий спектр об'єктів очистки від деталей до агрегатів і рам тракторів.

На рис. 2.9 зображена схема, роторної мийної машини типу ОМ-15429. Вона складається з ванни і хрестовини з чотирма підвісками. Забруднені об'єкти поміщають у корзини на підвіски і надають їм через приводний пристрій кругового руху, при якому миюча рідина активно впливає на поверхню. Суміщення фізико-хімічного впливу миючого розчину з механічним періодичним стіканням миючої рідини з об'єктів очистки і наступним зануренням забруднених об'єктів у розчин та впливом струменів душового пристрою забезпечує високу якість очистки. Машина оснащена очисним пристроєм (гідроциклонами). Миючий розчин — Лабомід-203 (20—30 г/л). Температура розчину $80 \pm 5^\circ\text{C}$, Тривалість очистки 10—15 хв. У процесі експлуатації машина щільно закрита кришками для зменшення витрати тепла мийним розчином.

Очистку дрібних деталей (метизів, штовхачів, коромисел клапанів, пружин тощо) виконують у галтувальних барабанах, де деталі звільняються від забруднень за рахунок взаємного тертя між собою і стінками барабана, що обертається. Іноді у барабан закладають і абразивні наповнювачі (фарфорову кришку, бій абразивних кругів тощо). Застосовують також мокре галтування. При цьому барабан занурюють у ванну з миючою рідиною, яка просочується у внутрішні порожнини барабана через його перфоровану поверхню. Як миючу рідину застосовують органічні розчинники, (гас, іноді дизпаливо) або розчини СМЗ (Лабомід-203, МС-8).

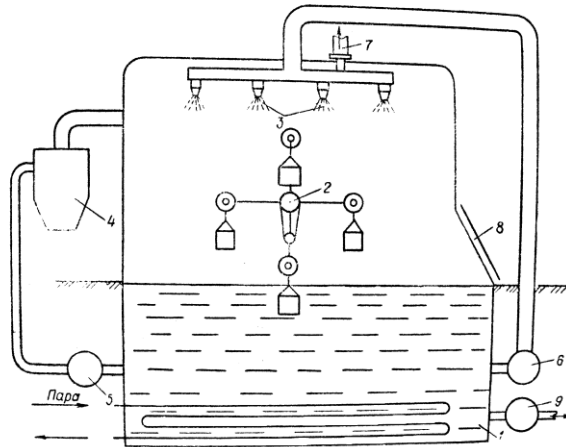


Рисунок 2.9. Схема роторної мийної машини:

1 — ванна; 2 — привод з підвісками (4 шт.); 3 — розпилювальні сопла; 4 — гідроциклон; 5, 6 — насоси; 7 — вивід до вентиляційної камери; 8 — завантажувальне вікно; 9 — фекальний насос

Для знежирювання деталей паливної апаратури, гідросистем, карбюраторів, підшипників кочення застосовують ультразвукову обробку у спеціальних ваннах з миючим розчином СМЗ або органічним розчинником. Ультразвукові коливання генеруються спеціальними магніто- або електрострикційними перетворювачами і спрямовуються у миючий розчин. Ультразвукові хвилі викликають кавітаційне руйнування жирової плівки або нагароподібного шару на деталях.

Очистку деталей від нагару і накипу виконують механічним, хімічним, хіміко-термічним і термічним способами.

Для механічної очистки деталей від нагару у невеликих майстернях застосовують крацювання — очистку поверхонь за допомогою металевих щіток, які обертаються від електро- або пневмопривода. На підприємствах з великою програмою ремонту машин нагар очищають кісточковою кришкою (подрібненою шкаралупою фруктових кісточок), яка у спеціальних установках (типу ОМ-3181) подається на деталі під тиском (0,4—0,5 МПа) повітря.

Термічним способом видаляють нагар із випускних колекторів двигунів нагріванням у термічній печі до 600—700 °С протягом 2—3 год з наступним охолодженням разом із піччю або випалюють полум'ям газового пальника із надлишком кисню.

В умовах спеціалізованого підприємства з ремонту двигунів застосовують хімічно-термічну обробку деталей із чорних металів у спеціальних установках (типу ОМ-14256) для очистки від нагару і накипу у розплавах натрієвих солей і лугу при температурі $400 \pm 10^\circ\text{C}$ за такою технологічною схемою: обробка у розплаві, промивання у проточній воді, травлення у кислотному розчині, промивання у гарячій воді.

Накип і продукти корозії можна також видалити хімічним способом, наприклад заглибленням деталей у 10—12%-ний розчин інгібованої соляної кислоти при 30—40 °С з наступним ополіскуванням у розчині кальцинованої

соди (5 г/л) і тринатрійфосфату (2 г/л) при температурі 80—90 °С.

На ремонтних підприємствах використовують циркуляційні мийні машини для очистки системи охолодження двигунів від накипу шляхом прокачування під тиском кислотних і промивальних розчинів, а також розчинів СМЗ через масляні канали блока циліндрів і колінчастого вала.

Видалення старих лакофарбних покриттів з кабін, оперення та інших деталей виконують механічним або хімічним способами.

Механічний спосіб застосовують у ремонтних майстернях при місцевому або частковому видаленні лакофарбного покриття. Для цього використовують вологостійкі наждачні шкурки, металеві щітки, скребки. Шліфувати доцільно змочену водою або уайтспіритом поверхню.

Хімічний спосіб передбачає використання спеціальних рідин для змивання (багатокомпонентних розчинників): СД (ОБ) —звичайна, СД (СП) — спеціальна і АФТ-1. У СД (СП) швидкість дії найменша — 5 хв, у АФТ-1 —20 хв і СД (ОБ) —30 хв. Синтетичні емалі видаляють рідиною АФТ-1, нітроемалі — СД. Для їх активізації до них додають фосфорну кислоту (15 мл на 1000 мл рідини). Такі розчинники викликають спученість старого лакофарбового покриття через 1,5—2 хв.

На великих ремонтних підприємствах старі лакофарбові покриття знімають у ваннах 8—10%-ним розчином каустичної соди при 80—90 °С. Після виварювання об'єкт очищають, промивають у ванні з гарячою водою протягом 40—50 хв, оберігаючись від токсичності каустичної соди.

Очистка машин для захисту рослин вимагає особливої технології, що пов'язано з підвищеними вимогами до безпеки праці і екології.

Зовнішню очистку машин та їх агрегатів виконують на спеціальному майданчику, оснащеному відповідно до вимог нормативно-технічних документів. Як мийні засоби застосовують водні розчини препаратів «Діас» і «Комплекс». Миття виконується пароводяною-сумішшю або гарячою водою. Для напіврозібраних агрегатів, вузлів і деталей використовують очистку зануренням у розчини препарату «Діас», Лабомід-203 або МС-15. Після обробки у ваннах об'єкти очистки ополіскують струминним способом розчинами СМЗ, гарячою водою і пароводяною сумішшю.

Після очистки машин від пестицидів стічні води забруднені продуктами їх розпаду та маслами. Захист навколишнього середовища повинен забезпечуватися надійною очисною системою.

Контроль якості очистки деталей виконується періодично відповідно до прийнятого технологічного процесу очистки об'єктів ремонту.

Існує кілька методів контролю очистки, які залежать від рівня забруднення деталей після очистки і висоти мікронерівностей їх поверхонь. При макроочистці (видалення забруднень, які заважають розбиранню, дефектації та механічній обробці) видаляють всі види забруднень до рівнів, обумовлених шорсткістю поверхні, нехтуючи забрудненістю у западинах мікронерівностей. Під час мікроочистки із западин шорсткої поверхні видаляють сліди забруднень, які залишилися після макроочистки, а також легкі технологічні забруднення. Від мікроочистки залежить якість складання,

надійнів і ресурс об'єкта ремонту, а при фарбуванні — адгезія лакофарбового покриття. Такий розподіл очисних операцій на макро- і мікроочистку економічно доцільний.

Після макроочистки застосовують ваговий метод контролю. Зважуванням деталей на аналітичних вагах до і після знімання забруднень розраховують забрудненість поверхні.

Допустима остаточна забрудненість поверхні після макроочистки: для 4-го класу шорсткості поверхні становить $1,25 \text{ мг/см}^2$, для 5—6 класів — до $0,70 \text{ мг/см}^2$ і для 7—9 класів — $0,25 \text{ мг/см}^2$. Під час складання допускається забрудненість не більше $0,10—0,15 \text{ мг/см}^2$, а перед фарбуванням — не більше $0,005 \text{ мг/см}^2$.

Поверхню деталей сьомого і вищих класів шорсткості контролюють люмінесцентним способом, який ґрунтується на властивості масел світитися під впливом ультрафіолетового проміння. За величиною плям, що світяться, визначають ступінь забрудненості поверхні, для чого є спеціальні прилади.

Для деталей восьмого і вищих класів шорсткості використовують спосіб, при якому деталь занурюють у холодну дистильовану воду. У випадку наявності на поверхні деталі понад $0,01 \text{ мг/см}^2$ водяної плівки вона миттєво розривається, а при $0,005 \text{ г/см}^2$ розрив плівки настає через 4—7с.

Контрольні запитання

1. Основні терміни і поняття теорії надійності.
2. Які терміни застосовуються в галузі ремонту техніки.
3. Характеристика понять «виробничий процес ремонту» і «технологічний процес ремонту».
4. Принципіальна схема технологічного процесу капітального ремонту машин.
5. Принципіальна схема технологічного процесу поточного ремонту машин.
6. Основні види забруднень об'єктів ремонту.
7. Основні види миючих засобів для ремонтного виробництва.
8. Характеристика мийно-очисного технологічного обладнання.

ЛЕКЦІЯ 3. КОМПЛЕКТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ І ЗБІРНИХ ОДИНИЦЬ. СКЛАДАННЯ І ВИПРОБУВАННЯ АГРЕГАТІВ І МАШИН. ФАРБУВАННЯ МАШИН

Тема 4. Комплектування деталей. Балансування. Забезпечення точності складання при повній, груповій взаємозамінюваності, при індивідуальній підгонці. Сушка лакофарбних покриттів Технологія фарбування

Комплектування деталей

Комплектування деталей — це підготовча операція до складання вузлів, агрегатів і машин.

В умовах основного виробництва деталі комплектують за номенклатурою, відповідною даній складальній одиниці, з урахуванням однорідності груп, у випадку селективного складання, а також підбирання деталей за масою.

Підбирання деталей за масою відноситься до деталей шатунно-поршневої групи двигунів і має важливе значення, оскільки різниця маси рухомих деталей від різних циліндрів може викликати вібрацію двигуна і підвищення інтенсивності зношування його деталей. Номер селективної групи і маса деталей маркуються на деталі.

Комплектування деталей в умовах ремонтного виробництва має свої особливості: складальні одиниці можуть комплектуватися не тільки деталями з нормальними розмірно-точносними параметрами, заданими основним (робочим) кресленням, що має місце при виготовленні деталей, але й деталями ремонтних розмірів, а також деталями частково зношеними з параметрами, допустимими під час ремонту.

У невеликих ремонтних майстернях застосовують також індивідуальне відбирання деталей, яке забезпечує нормативне значення зазоре у спряженні, наприклад поршень — циліндр.

Під час комплектування виконують підгоночні операції, наприклад обробку внутрішньої поверхні втулки верхньої головки шатуна (після запресування у шатун) під розмір поршневого пальця.

Отже у ремонтному виробництві повна взаємозамінність зберігається тільки для складання із деталей з нормальними параметрами (нові або відновлені). Із таких деталей деякі спряження складаються селективним методом, тобто методом неповної взаємозамінності (поршень— гільза, поршень — палець тощо). Для деталей ремонтних розмірів (нових або відремонтованих) взаємозамінність зберігається лише у межах ремонтного розміру (категорійного). Деталі зношені, але з допустимими при ремонті параметрами, у більшості спряжень втрачають свою взаємозамінність. Тому процес складання машин може здійснюватися методами повної і неповної взаємозамінності, у тому числі методами селективного складання, а також із використанням

регулювальних пристроїв — компенсаторів (регулювання клапанів, конічних підшипників кочення, конічних шестерень тощо) і припасувальних операцій (розвертання втулок верхньої головки шатуна тощо). Припасувальні операції трудомісткі і мають бути мінімальними, особливо в умовах спеціалізованих підприємств.

Деталі деяких спряжень, які мають допустимі при ремонт розміри, втрачають свою взаємозамінність і повинні надходити на складання нерозкомплектованими.

Питома вага того чи іншого методу складання залежить від типу і марки ремонтваних машин, програми і оснащеності ремонтного підприємства.

Розглянуті особливості складання під час ремонту машин вимагають організації процесу комплектування деталей і вузлів не тільки за їх номенклатурою (специфікацією або комплектувальними відомостями), як це має місце у виробництві нових машин, але й із урахуванням неповної взаємозамінності і навіть її відсутності.

Під час комплектування складальних одиниць користуються комплектувальними картами або специфікаціями, наведеними у картах технологічного процесу на складання.

У процесі комплектування деталі укладають у тару (для даної складальної одиниці), яка надходить на відповідні місця складання. Тара може переміщуватися на спеціальних рухомих візках або у контейнерах, підвішених до підвісного конвеєра.

Складання вузлів, агрегатів і машин

Складання вузлів, агрегатів і машин — це ряд послідовних операцій по складанню окремих з'єднань, якість яких визначають такі основні фактори:

ретельність очистки, миття, обдування стиснутим повітрям деталей, що надходять на складання;

відповідність геометричних параметрів і маси, шорсткості поверхонь, незрівноваженості деталей і вузлів параметрам, заданим нормативно-технічною документацією;

відсутність розкомплектування спряжених деталей, зазначених у документації (у випадку заміни однієї з деталей виконується відповідне підбирання і пригонка);

якість виконання комплектувальних робіт, застосування на складанні відповідного обладнання, пристроїв та інструментів, які забезпечують задану якість складання з'єднань;

дотримання регламентованих технологічних режимів, інструкцій і вимог до складання з'єднань;

використання на складанні рекомендованих матеріалів, ущільнювальних і стопорних елементів тощо.

Всі стадії складання виконують відповідно до технологічних процесів на складання. Інструмент і обладнання аналогічні тим, які застосовують при розбиранні.

Складання різьбових з'єднань (шпильок, гайок, болтів, гвинтів) становить 25—35 % загальної трудомісткості складальних робіт.

Під час складання різьбових з'єднань повинні забезпечуватись:

співвісність осей болтів, шпильок, гвинтів та різьбових отворів і необхідна щільність посадки у різьбі;

відсутність перекосів торця гайки або головки болта відносно поверхні спряженої деталі, оскільки перекося є основною причиною відривання гвинтів і шпильок;

дотримання послідовності і стабільності зусиль затягання групи гайок (головка циліндрів тощо).

Складання нерухомих з'єднань. Якість складання пресових з'єднань формується під впливом таких факторів: матеріалу спряжених деталей, геометричних розмірів, форми і шорсткості поверхні, співвісності деталей і прикладеного зусилля запресування, наявності масла тощо.

Шорсткість поверхонь у нерухомих спряженнях повинна перевищувати $R_a = 2,5—1,25$ мкм, бо виникне зминання нерівностей і зменшиться натяг.

Під час складання спряжень великими натягами охоплюючи деталь нагрівають, а охоплену — охолоджують. Температуру нагрівання або охолодження визначають за формулою:

$$T = (1,2 - 1,3) \cdot 10^{-3} \frac{N}{\alpha d}, \quad (3.1)$$

де α — коефіцієнт лінійного розширення матеріалу деталі; N — натяг у спряженні, мкм; d — номінальний діаметр спряжених деталей, мм.

Температура нагрівання не повинна перевищувати 500 °С, щоб деталь не втратила початкову міцність. Перед запресуванням деталь нагрівають у маслі, розплавленому свинці або відкритим способом, а охолоджують зрідженими газами, повітрям, азотом або сухим льодом.

Під час запресування підшипників кочення за допомогою оправок необхідно, щоб зусилля запресування передавалось безпосередньо на торець відповідного кільця: внутрішнього — під час напресування на вал, зовнішнього — у корпус і на обидва торці кілець, якщо підшипники напресовуються на вал і входять у корпус. Для полегшення напресування підшипника його нагрівають у маслі до температури 80—100 °С.

Складання зубчатих передач. Роботоздатність зубчатих передач визначається геометричною точністю зубчатих коліс і зачеплення (боковий зазор, форма, площа і положення плями контакту зубів). Ці фактори залежать від стану корпусних деталей, точності посадочних отворів, міжосьової відстані, непаралельності осей тощо.

Точність складання більшості зубчатих передач забезпечується методом повної взаємозамінності, тобто точністю геометричних параметрів спряжених зубчатих коліс і корпусної деталі.

Тому зубчаті колеса і корпусні деталі повинні відповідати точності, заданій технічною документацією.

Бокові зазори між зубами вимірюють індикатором або щупом, а для

зубчатих зачеплень із великим модулем — свинцевою пластиною, прокотивши її між зубами і виміривши її товщину. У випадку незмінної центрної відстані боковий зазор у зачепленні вимірюють індикатором (рис. 3.1) і визначають за формулою:

$$\Delta = \frac{D}{2L} h, \quad (3.2)$$

де D —діаметр початкового кола зубчастого колеса, мм; L — довжина плеча, мм; H — покази індикатора, мм.

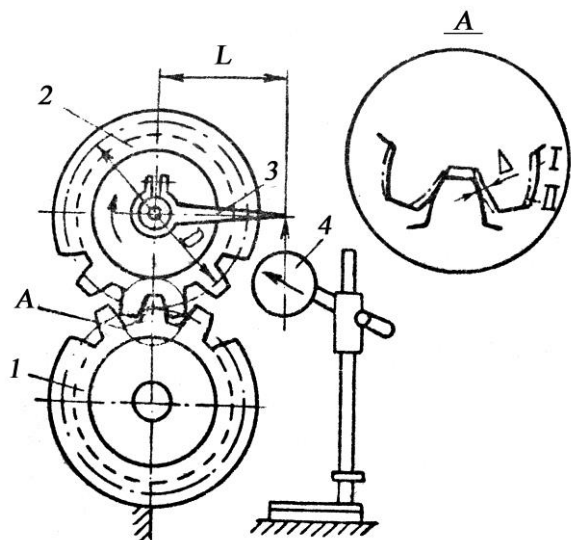


Рис. 3.1. Контроль бокового зазору в зачепленні циліндричних зубчастих коліс: 1 — нижня шестірня; 2 — зубчасте колесо; 3 — хомут; 4 — індикатор; I—II—положення, зубчастого колеса

Прилягання (взаємний контакт) робочих поверхонь зубчастих коліс перевіряють «на фарбу». Для цього робочі поверхні шестерні покривають фарбою і кілька разів повертають зубчаті колеса у різні боки. Форма і розміщення відбитка свідчать про якість контакту робочих поверхонь (рис.3.2). Точність складання конічних і гепіодних зубчатих передач забезпечується регулюванням за допомогою компенсаторів — набору регулювальних шайб, кілець, прокладок або гайок.

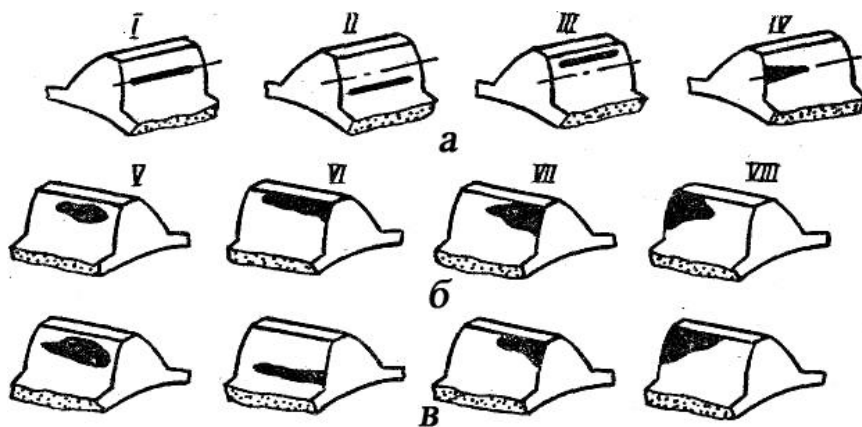


Рис. 3.2. Перевірка правильності контакту зубчатих коліс «на фарбу»: а — циліндричних; б - конічних зубів ведучої шестірні; в - конічних зубів веденої шестірні; I — нормальна міжцентрова відстань; II — зменшена; III - збільшена IV – перекіс осей; V — нормальне зачеплення; VI, VII, VIII — неправильне зачеплення.

Складання шпонкових і шліцьових з'єднань. Застосовують три основних види шпонкових з'єднань — з призматичною (звичайною), сегментною і клиновидною шпонками. Під час складання шпонкових з'єднань перших двох видів особливу увагу приділяють підгонці шпонки за торцями і зазором по її зовнішньому боку. Оскільки через торці шпонок передаються крутні моменти, вони повинні бути дуже точно підігнані за шпонковим пазом спряженої деталі. Клиновидні шпонки мають входити у пази спряжених . деталей за висотою, між боковими гранями повинен бути зазор.

Під час складання нерухомих шліцьових з'єднань (натяг 0,03— 0,04 мм) охоплюючи деталь шестерню нагрівають до 90—120 °С, а потім запресовують на вал до упору. У випадку рухомої посадки шестерні на шліцьовому валу вона повинна вільно переміщуватися по валу без заїдань.

Складання конусних з'єднань виконують, звертаючи особливу увагу на прилягання конусних поверхонь. Тому його починають , із підбирання охоплюючої деталі за конусом вала, перевіряючи якість спряження «на фарбу», на кочення і за глибиною посадки на валу. Конусні з'єднання складають так, щоб між торцями охоплюючої і охопленої деталей залишався зазор для затягання з'єднання і наступного його підтягання.

Балансування деталей і вузлів машин.

Цій операції підлягають вироби із значними обертальними масами і великими кутовими швидкостями (колінчасті вали з маховиками, карданні вали, молотильні барабани тощо).

Внаслідок механічної незрівноваженості деталей виникають додаткові динамічні зусилля, які діють на підшипники та інші опори деталей. Все це призводить до вібрацій і, як наслідок, прискореного зношування спряжень і руйнування деталей.

Для зрівноважування обертального тіла необхідно виконати дві умови: центр мас має знаходитися на геометричній осі обертання; вісь обертання — бути головною віссю інерції.

Ці умови витримуються під час проектування і виготовлення машин, однак у процесі експлуатації через зношування і деформації деталей, а також ремонтні впливи порушуються умови зрівноваження. Тому обертальні елементи ремонтваних об'єктів повинні бути обов'язково збалансованими.

Розрізняють статичну і динамічну незрівноваженість (балансування). Статична незрівноваженість деталі — це незбігання її центра тяжіння з віссю обертання. Наприклад, якщо до ідеально (теоретично) зрівноваженого тіла (рис. 3.3) на відстані R_H від центра обертання O прикріпити тягарець масою m_H , то центр тяжіння його зміститься у бік вантажу. Виникає статична

незрівноваженість, яка під час обертання тіла викликає дію відцентрової сили:

$$P_H = m_H R_H \omega^2, \quad (3.3)$$

де ω — колова швидкість тіла.

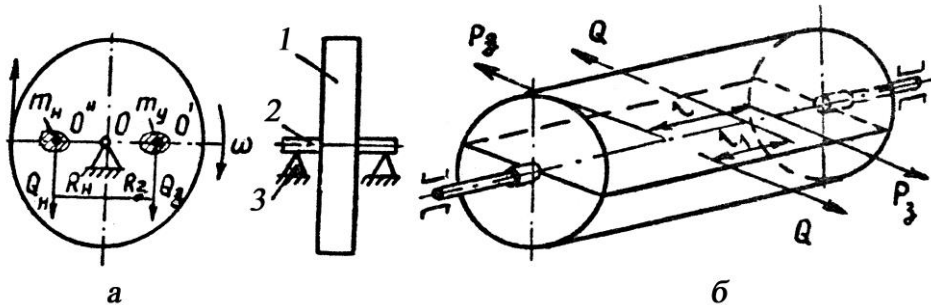


Рис. 3.3. Схема врівноваження деталей під час балансування: а — статичного; б — динамічного; 1 — деталь; 2 — оправка; 3 — опора

Для усунення цього виду незрівноваженості застосовують статичне балансування деталей і вузлів. Деталь 1 насаджують на гладеньку, точно оброблену і зрівноважену оправку 2, яку встановлюють на паралельні, строго горизонтальні опори з малим тертям (призми або підшипники). Під дією незрівноваженої маси деталь довільно повернеться і встановиться так, що маса знаходитиметься у крайньому нижньому положенні. Виявивши місце концентрації незрівноваженої маси (O''), необхідно у діаметрально протилежній точці (O') на відстані R_3 прикріпити тягарець масою m_3 . У цьому випадку деталь знаходиться в умовах рівноваги:

$$\Sigma M_{O'} = Q_H R_H - Q_3 R_3 = 0. \quad (3.4)$$

Звідси маса зрівноваженого тягарця:

$$Q_3 = Q_H \frac{R_H}{R_3}, \quad (3.5)$$

Із наведеної залежності видно, що статична незрівноваженість не залежить від довжини, а тільки від діаметра деталі. Тому статичне балансування виконують для деталей (вузлів) з відносно великим діаметром і малою довжиною (маховики, шківви, диски тощо) шляхом знімання металу, вкручування штифтів, встановлення додаткових шайб, пересування спеціальних тягарців.

Динамічна незрівноваженість виникає, якщо вісь обертання (вузла) не збігається з головною віссю інерції. Під час обертання вала (рис. 2.16, б) незрівноважені (за довжиною) маси викликають дію пари сил Ql_1 , яка намагається повернути вісь вала на деякий кут, тобто зміщує головну вісь інерції відносно осі інерції. Зрівноважується момент цієї пари іншою парою сил, прикладеною у тій же площині:

$$Ql_1 = P_3l, \quad (3.6)$$

де P_3 — зовнішня зрівноважувальна сила; l — відстань (плече) пари зрівноважувальних сил.

Динамічному балансуванню підлягають деталі з великою довжиною і невеликим діаметром (колінчасті і карданні вали тощо). Динамічне балансування виконують на спеціальних балансувальних машинах.

Обкатка і випробування вузлів, агрегатів та машин

Обкатка і випробування об'єктів ремонту після складання — заключні і особливо відповідальні операції ремонту. Обкаткою досягають взаємного припрацювання тертьових поверхонь деталей для підготовки їх до роботи з нормальним робочим навантаженням.

До причин, які викликають необхідність обкатки вузлів, агрегатів і машин відносяться такі:

1. Поверхні деталей спряжень мають мікронерівності. При цьому площа фактичної опорної поверхні значно менша номінальної, а значить і питомі тиски мають великі значення. У процесі роботи рухомого спряження у міру руйнування нерівностей тертьових поверхонь площа їх контакту збільшується, питомий тиск зменшується і разом з цим знижується швидкість зношування.

Виготовлені деталі, що надходять на складання, мають спотворення форми (у межах допуску). У процесі складання вузла і агрегату внаслідок накладання похибок виникають порушення взаємного розміщення деталей. Похибки форми і порушення взаємного розміщення деталей можуть збільшуватися під час складання внаслідок затягування кріпильних деталей. Наприклад, овальність гільз циліндрів двигунів СМД-14 після складання у 2—3 рази перевищує технічні вимоги на овальність, прийняті заводом-виготівником.

Під час ремонту машин виникають додаткові причини, які викликають збільшення напруженості роботи спряження, оскільки на складання надходять нові, відновлені, а також ті, що були в експлуатації придатні деталі.

Через шорсткість і хвилястість поверхонь спряжених деталей, наявності похибок форми і їх взаємного розміщення початковий період роботи спряжень є напруженим, викликає підвищення температури, можливе схоплювання, форсоване зношування.

У цьому разі можуть руйнуватися глибокі шари поверхонь деталей, що призводить до підвищеної інтенсивності зношування, а іноді і до аварійного руйнування. Для забезпечення мінімального знімання металу з поверхонь деталей у початковий, найважчий і найнапруженіший період їх роботи необхідно створити особливі умови роботи спряжень у цей період, щоб за найкоротший припрацювались спряжені деталі.

Припрацювання спряжених деталей характеризується зміною геометрії поверхонь тертя і фізико-механічних властивостей шарів матеріалу у початковий період.

Основне припрацювання спряжених поверхонь виникає у перші 2—3 год

і закінчується для двигунів через 50—60, а для агрегатів трансмісії—через 100—120 год. Його виконують за два етапи: перший — обкаткою на ремонтному підприємстві і другий — обкаткою в експлуатаційних умовах під час роботи з неповним навантаженням.

Обкатку вузлів, агрегатів і машин (масляного і паливного насосів, гідронасоса, коробки передач, ведучих мостів тощо) на ремонтному підприємстві виконують на спеціальних стендах, на яких створюють попередньо задані режими роботи. Тривалість і режими обкатки встановлюються нормативно-технічною документацією. Обкатку в експлуатаційних умовах виконують відповідно до вказівок інструкції з експлуатації машини даної марки.

Випробування — це контрольна операція, яка оцінює якість ремонту. Під час випробування визначають основні показники роботи об'єктів ремонту, наприклад потужність і питому витрату палива двигуном, продуктивність і об'ємний ККД гідронасоса у відповідності з діючими технічними вимогами.

Випробування виконують після достатнього припрацювання поверхонь тертя на режимах, які не викличуть руйнування поверхонь від перевантаження. У період обкатки і випробування виявляють дефекти, допущені під час складання, а також перевіряють і регулюють деякі механізми (зазор між клапаном і штовхачем, момент впорскування у паливному насосі тощо).

Фарбування машин

Загальні відомості. Фарбування машин, а також агрегатів, вузлів і деяких деталей виконується з метою створення покриттів на металевих і дерев'яних поверхнях, які захищають їх від впливу оточуючого середовища, корозії металу і гниття деревини, а також у декоративних цілях для забезпечення вимог технічної естетики. Для фарбування використовують різні лакофарбові матеріали (рідкі або пастоподібні багатокомпонентні речовини, які при нанесенні тонким шаром на тверду поверхню висихають з утворенням плівки — лакофарбового покриття, яке утримується на поверхні силами адгезії).

До лакофарбових покриттів ставляться такі основні вимоги: висока адгезія до поверхні виробу, газо- і водонепроникність, механічна міцність, стійкість проти зношування і хімічна стійкість.

Надійність покриття залежить від зовнішніх факторів, які руйнують фарбовий шар, і рівня технологічного процесу фарбування. Точне дотримання технологічного процесу може сприяти значному обмеженню впливу шкідливих дій, тобто збільшенню строку служби покриття.

У процесі експлуатації лакофарбове покриття сільськогосподарської техніки змінюється під впливом сонячної радіації, перепаду температур і атмосферних опадів, різних видів забрудненості, механічних впливів тощо. Ці зміни відбиваються на фізико-хімічних і механічних властивостях покриття і викликають його старіння і руйнування. Основною причиною старіння є хімічні процеси, які спричиняють руйнування структур (деструкцію) лакофарбового покриття: розрив ланцюгів макромолекул, зменшення їх розміру тощо. При

цьому одночасно проходить і процес подальшої полімеризації (структурування) лакофарбового покриття, який призводить до підвищення твердості та зниження пластичності плівки. Руйнуючі впливи деструкції інтенсивніші. Крім того, на пофарбованій поверхні мають місце і процеси електрохімічної корозії.

Руйнування лакофарбового покриття пов'язане також із фізичними процесами: розтріскуванням покриття внаслідок різних коефіцієнтів теплового розширення плівки і підфарбованого металу, впливом вібрацій і ударів, ерозійним руйнуванням покриття під дією пилу, ґрунту, оброблюваного матеріалу тощо.

Зовнішньою ознакою початку старіння лакофарбових покриттів є втрата блиску і милення (на пофарбованій поверхні з'являється білий порошок — дрібні частинки пігменту, які входять до складу лакофарбного покриття і легко видаляються).

Оскільки сільськогосподарська техніка експлуатується в умовах підвищеної запиленості, де можуть міститися агресивні речовини (добрива, хімікати), і зберігається часто на відкритих майданчиках, піддаючись температурним коливанням і опадам, лакофарбові матеріали потрібно правильно вибрати, щоб вони могли захистити поверхню техніки.

Лакофарбові матеріали складаються із таких основних компонентів:

плівкоутворювальних речовин — оліфи (на основі рослинних масел і синтетичних смол), бітумів, асфальтенів і ефірів, які сприяють склеюванню пігментів і наповнювачів і утворенню після висихання твердої тонкої корозійностійкої плівки;

пігментів — порошкоподібних природних і синтетичних кольорових окислів і солей металів, нерозчинних у воді, розчинниках і плівкоутворювальних речовинах, які надають покриттю необхідного кольору (залізний сурик, свинцеві білила, синій кобальт тощо), а також подрібнених металевих порошоків (алюмінієвої пудри, золотистої бронзи тощо);

розчинників — органічних летких рідин (ацетону, уайтспіриту, бензолу, ксилолу, сольвенту), які розчиняють плівкоутворюючі речовини;

розріджувачів — багатокомпонентних органічних рідин, призначених для доведення лакофарбових матеріалів до рекомендуємо в'язкості (речовини подібні до розчинників, але значно дешевші), а також для їх розрідження у випадку загустіння у період зберігання.

До лакофарбових матеріалів можуть входити також:

пластифікатори (для підвищення еластичності покриття); сикативи (для прискорення затвердження плівкоутворюючих речовин); наповнювачі (порошкоподібні неорганічні речовини — крейда, каолін, білила тощо), нерозчинні у воді, розчинниках, плівкоутворюючих речовинах, які вводять для міцності, зменшення вартості покриття; спеціальні добавки, наприклад, для морозостійкості лакофарбового покриття.

До основних видів готових лакофарбових матеріалів відносяться лаки, фарби, емалі, ґрунтівки і шпатлівки.

Лак — це розчин плівкоутворюючих речовин в органічних розчинниках або воді, який після висихання утворює тверду прозору однорідну- плівку

(бітумні лаки утворюють непрозору плівку).

Фарба — суспензія пігменту або суміші пігментів з наповнювачами на оліфі, маслі, емульсії, латексі, яка після висихання утворює непрозору однорідну плівку.

Емаль — суспензія пігменту або суміші пігментів з наповнювачами у лаці, яка після висихання утворює непрозору тверду плівку з різним блиском і фактурою поверхні.

Грунтівка — суспензія пігменту або суміші пігментів з наповнювачами у плівкоутворюючій речовині, яка після висихання утворює непрозору однорідну плівку з хорошою адгезією до підкладки і покривних шарів.

Шпаклівка — густа в'язка маса із суміші пігментів з наповнювачами у плівкоутворюючій речовині, призначена для заповнення нерівностей і згладжування фарбуємої поверхні.

Всі лакофарбові матеріали діляться на групи залежно від основних плівкоутворюючих, які входять до їх складу і мають своє позначення наприклад, масляні - МА, нітроцелюлозні — НЦ, пентафталієві — ПФ, гліфталеві — ГФ, бітумні — БТ, епоксидні — ЗП тощо. В середині цих груп лакофарбові матеріали класифікуються за ознакою переважного призначення: атмосферостійкі — 1, для роботи у приміщеннях — 2, консерваційні — 3, водостійкі — 4, спеціальні — 5, маслобензостійкі — 6, хімічно стійкі — 7, термостійкі — 8, електроізоляційні — 9, грунтівки — 0, шпаклівки — 00 тощо.

У позначенні лакофарбового матеріалу зазначають: вид матеріалу (лак, фарба, емаль, грунтівка, шпаклівка), плівкоутворюючу речовину (МА, ПФ, ГФ, НЦ тощо), номер групи переважного призначення, присвоєний матеріалу порядковий номер, колір тощо. Наприклад емаль ПФ-133 — емаль пентафталева (ПФ), атмосферостійка (1), реєстраційний номер 33, грунтівка ГФ-021 — гліфталева (ГФ) грунтівка (0), реєстраційний номер 21; шпатлівка НЦ-008 — нітроцелюлозна (НЦ) шпатлівка (00), реєстраційний номер 8.

Для лакофарбових матеріалів, які не містять органічних розчинників (водорозріджувальних, порошкових, водоемульсійних), після найменування лакофарбового матеріалу ставлять буквенний індекс: П — фарба порошкова, В — фарба водорозріджувана, З — фарба водоемульсійна, Б — лак без активного розчинника. Наприклад, фарба Э-ВА-524: Э — емульсійна, ВА — полівенілацетатна, 5 — спеціальна, 24 реєстраційний номер.

Технологія фарбування машин. Покриття із лакофарбових матеріалів роблять, як правило, багатошаровими і складаються із:

шару грунтівки — для забезпечення міцного зв'язку між поверхнею, що фарбується, і наступними шарами фарби;

шару Шпаклівки (місцевої або загальної) — для згладжування нерівностей поверхні. Шпаклівка повинна мати хороші механічні властивості навіть у товстому шарі;

одного або кількох фарбових шарів (основний елемент покриття), який повинен мати задовільну покривну здатність, механічну міцність, газо- і водонепроникність, не бути токсичним і пожежонебезпечним.

Загальна товщина лакофарбового покриття невелика — у середньому 100

мкм. У випадку збільшення товщини шару прискорюється руйнування покриття через вібрації пофарбованих поверхонь і різке коливання температури. Шар меншої товщини швидше зношується і не забезпечує захисту пофарбованої поверхні від корозії.

Підготовка поверхонь до фарбування і послідовне нанесення шарів лакофарбових покриттів становить основу технології фарбування машин та їх складових частин.

На різних стадіях процесу нанесення, лакофарбових матеріалів можуть використовуватися різні технологічні способи, застосування яких залежить від призначення операцій, конструктивних особливостей об'єктів фарбування і необхідності місцевого або загального фарбування, а також від спеціалізації і програми ремонтного виробництва.

Агрегати і деякі складові частини машин (двигуни, рами, мости, баки тощо) фарбують до встановлення їх на машину. Кабіну, капоти та інші зовнішні складові частини машин попередньо грунтують і остаточно фарбують після загального складання.

Підготовка поверхні до фарбування передбачає знімання старої фарби, видалення, корозії, зачищення і знежирювання деталей. Дефекти поверхонь (змінання, подряпини тощо) усувають зачищенням ручними, електро- і пневмошліфувальними машинками.

Знежирювання об'єктів фарбування виконують у мийних машинах розчинами СМЗ або пароструминним способом — пароводяним (або з додаванням СМЗ) струменем при температурі 60—95°C і тиску 0,8—2 МПа.

Ділянки поверхонь, покритих іржею, перед фарбуванням обробляють перетворювачами іржі, основним компонентом яких є ортофосфорна кислота. Вони перетворюють продукти корозії заліза у захисний шар хімічно стійких нерозчинних з'єднань, які мають високу адгезію до поверхні металу. Шар розпушеної і шарової іржі попередньо видаляють механічним шляхом, а потім знежирюють уайт-спіритом.

Наявність на поверхні об'єкту фарбування навіть невеликої кількості забруднень (більше 0,005 мг/см²) суттєво знижує або навіть усуває можливість утворення адгезійних зв'язків між поверхнею, що фарбують, і покриттям.

Грунтування виконують, як правило, розпилюванням ґрунту на підготовленій поверхні. Для міцного зчеплення з поверхнею шар ґрунту потрібно добре просушити. Більшість ґрунтовок (крім фосфотуючих ВЛ-02, ВЛ:023) рекомендується сушити при 100—110 °С протягом 30 хв. Ґрунтовки - перетворювачі іржі готують безпосередньо перед використанням шляхом змішування основи і кислотного затвердника у співвідношенні: на 100 масових частин основи ґрунту додають 3 масові частини 85%-ного розчину ортофосфорної кислоти. Витрата ґрунту для одношарового покриття не перевищує 150 г/м², тривалість висихання при температурі 18—22 °С становить не більше 24 год. Строк зберігання ґрунту з ортофосфорною кислотою — не більше доби.

Шпаклювання виконують пензлем, розпилювачем, а для заробки більш глибоких нерівностей — вручну, шпателем. Шпаклівку наносять тонким шаром

кілька разів так, щоб загальна товщина покриття не перевищувала допустимої для кожної шпаклівки: алкідностирольної— 0,1 мм, нітрошпаклівки— 0,5, епоксидної місцями до 2—5, масляних і гліфталевих — 2 мм. Після висихання кожного шару покриття поверхню шліфують для покращення зчеплення між шарами. Шліфування виконують водостійкою шкуркою, сильно змочуючи поверхню водою. Для проміжного шпаклювання застосовують шкурки № 8 або № 6, для остаточного № 4 або № 5, надіті на шліфувальний блок, виготовлений із вулканізаційної гуми. Шліфування виконують вручну ручними електричними (ИЗ-2102А, ИЗ-2103А) і пневматичними (РД-1, ОПМ-3, ОПМ-4) машинками.

Зовнішні фарбувальні шари наносять повітряним розпиленням, безповітряним розпиленням із нагріванням і без нього лакофарбового матеріалу, розпилюванням в електричному полі високої напруги (електрофарбування), струминним обливанням і зануренням із формуванням нанесеного на поверхню виробу покриття у середовищі пари розчинника.

Основним методом нанесення лакофарбових матеріалів є *повітряне розпилення*, яким наносять до 70 % лакофарбних матеріалів. При цьому застосовують установку, яка працює так. Стиснуте повітря із ресивера компресора по шлангу подається у масловідокремлювач, у якому очищається від води і масла, і далі по шлангу до фарборозпилювача, а по шлангу через редуктор тиску у фарбонапірний бак. Під тиском повітря лакофарбовий матеріал при відкритому крані із фарбонапірного бака по трубі і шлангу підводиться до фарборозпилювача. Повітря і лакофарбовий матеріал подаються у фарборозпилювач одночасно. Лакофарбовий матеріал при виході із сопла фарборозпилювача зустрічає струмінь стиснутого повітря, подрібнюється ним, захоплюється і наноситься на поверхню у розпиленому стані.

Якщо обсяг робіт невеликий, застосовують фарборозпилювачі, у яких лакофарбний матеріал подається силою тяжіння із невеликого бачка, розміщеного на корпусі фарборозпилювача.

Існують фарборозпилювачі із внутрішнім і зовнішнім змішуванням. У перших лакофарбовий матеріал змішується з повітрям у камері перед розпилювальним соплом, в якій обидва компоненти надходять під тиском, у других — підведене до сопла стиснуте повітря з великою швидкістю спрямовується у кільцевий отвір між матеріальним і повітряним соплами і, захоплюючи навколишнє повітря, створює розрідження перед матеріальним соплом. Якість розпилювання у останньому випадку добра, але збільшується туманоутворення.

Промисловістю виготовляються фарборозпилювачі із зовнішнім змішуванням таких марок: КРУ-1, КР-20, КР-10-1, СО-72, ЗИЛ.

Залежно від величини надлишкового тиску фарборозпилювачі бувають середнього (0,25—0,55 МПа) і низького (до 0,15 МПа) тиску. Відстань від головки розпилювача до поверхні, що фарбується, для плоского струменя повинна становити 250—350 мм, для круглого — не більше 400 мм.

До недоліків повітряного розпилювача відносяться втрати лакофарбного матеріалу (20—40 %), необхідність застосування ручної праці в умовах, шкідливих для здоров'я, і складного обладнання — розпилювальних камер з

потужною вентиляцією і очисними пристроями.

Під час безповітряного фарбування розпилювальний лакофарбний матеріал подається насосом під високим тиском до сопла розпилювача, у якому набуває швидкості, вищої за критичну при даній в'язкості. Матеріал розпилюється у результаті перетворення потенціальної енергії рідини, яка знаходиться під тиском 10—20 МПа, у кінетичну при виході із сопла фарборозпилювача. Внаслідок падіння тиску у струмені до атмосферного звільняються сили, які намагаються розширити лакофарбний матеріал. Легколетка частина розчинника випаровується із збільшенням об'єму і подрібнює лакофарбний матеріал. Промисловістю випускаються установки ФАКЕЛ-3, ВЕСР-1 тощо.

Застосовують також розпилювання лакофарбових матеріалів під високим тиском (4—10,0 МПа) з нагріванням до 40—100 °С. Від нагрівання знижується поверхневий натяг і в'язкість лакофарбових матеріалів, що дає можливість розпилювати більш в'язкі лакофарбні матеріали і отримувати покриття товщиною до 25—30 мкм за одну технологічну операцію.

Метод струминного обливання передбачає обливання виробу Лакофарбовими матеріалами із системи сопел і витримування у паровій зоні (парах розчинників) для ґрунтування 8—10 хв, для емалей 10—14 хв. Концентрація парів розчинників — 15—20 мг/л. У цих умовах випаровування розчинників уповільнюється, що сприяє рівномірному розтіканню лакофарбового матеріалу по поверхні і утворенню рівномірного за товщиною покриття.

Метод занурення застосовують для виробів, до обробки яких не ставляться високі вимоги. У цьому випадку вироби повністю, занурюють у ванну з лакофарбовими матеріалами, потім виймають і витримують для стікання надлишку матеріалу.

Фарбування в електричному полі високої напруги закладається в тому, що між двома електродами, що знаходяться під напругою і розміщені на деякій відстані один від одного, створюється електричне поле. Одним із електродів є виріб, що фарбується, (позитивний заземлений електрод), а другим — коронуючий електрод (негативний). У створене між ними постійне електричне поле високої напруги вводять розпилений лакофарбний матеріал, частинки якого, заряджаючись від іонізованого повітря або кромки електроду, рухаються по силових лініях електричного поля і осідають на заземленому виробі, утворюючи на його поверхні рівномірне покриття.

Для нанесення покриттів у електростатичному полі використовують пневматичні, безповітряні або відцентрові електростатичні розпилювачі. В електростатичному полі можна наносити покриття тільки із лакофарбових матеріалів, які мають певні електрофізичні властивості: питомий об'ємний опір (1-Ю6—1-Ю7 Ом-см) і діелектричну проникність 6—10. Для надання цих властивостей у лакофарбові матеріали вводять розчинники (РЗ-1В, РЗ-2В РЗ-3В тощо).

Якість фарбування виробів в електричному полі залежить не тільки від електричних властивостей лакофарбового матеріалу, але й від напруги на

коронуючих електродах, відстані від них до поверхні, що фарбується, прийнятої напруги на електродах, в'язкості лакофарбових матеріалів, вологості і температури у фарбувальній камері. Промисловістю виготовляється стаціонарне автоматичне обладнання, яке працює при напрузі 100—140 кВ і ручне —30 кВ (УЗРЦ-4, УЗРЦ-5 і УГЗР-3).

Сушіння лакофарбових покриттів передбачає перетворення лакофарбної плівки у тверде покриття (тобто процес плівкоутворення).

Процес сушіння можна розділити на два періоди: інтенсивного випаровування розчинника і утворення просторових структур у результаті хімічних процесів окислення, конденсації і полімеризації.

Залежно від умов матеріалів, організації виробництва і вимог до покриття сушіння може бути природним (холодним) при температурі повітря 18—23 °С або штучним при підвищених температурах. За тепловим впливом на поверхню розрізняють конвекційний, терморадіаційний і терморадіаційно-конвекційний способи.

При конвекційному способі тепло передається виробу під час безпосереднього контакту плівки фарби з гарячим повітрям, випаровування розчинників починається з поверхні покриття з утворенням зовнішньої твердої плівки, внаслідок чого утруднюється вихід летких речовин із нижніх шарів фарби, що може призвести до утворення на покритті пор і тріщин. Тому виріб потрібно нагрівати з малою швидкістю для рівномірного випаровування розчинника із покриття.

Терморадіаційне сушіння заключається в тому, що інфрачервоні промені безпосередньо нагрівають виріб через шар фарби і сушіння покриття починається із середини. Від поверхні деталі пари розчинника вільно виходять через рідкий шар покриття. Джерелом інфрачервоних променів є дзеркальні лампи розжарювання потужністю 250 і 500 Вт і трубчасті електронагрівачі. До недоліків терморадіаційного способу відносяться:

нерівномірне висихання плівки пофарбованих поверхонь виробів складної конфігурації внаслідок різної відстані до поверхні генератора випромінювання;

економічна недоцільність застосування цього методу для литих виробів із стінками товщиною понад 30 мм;

неможливість сушити світлі емалі, які жовтіють під впливом інфрачервоних променів.

Терморадіаційно-конвекційний спосіб заключається в тому, що виріб нагрівають терморадіаційним і конвекційним способами, які дозволяють проводити гаряче сушіння як зовнішніх поверхонь виробу, опромінюваних інфрачервоними променями, так і недосяжних поверхонь. Цей спосіб застосовують для сушіння в одній камері виробів різної конфігурації і розмірів.

Контроль якості лакофарбових покриттів. Якість покриття оцінюють за зовнішнім видом (блиском, видимими включеннями, хвилястістю тощо) і товщиною покриття. Дуже тонка плівка може пропускати вологу і газу, сприяючи передчасному руйнуванню поверхні. Дуже товста плівка легко розтріскується і відшаровується. Для визначення товщини лакофарбового

покриття використовують прилади, принцип дії яких ґрунтується на зміні сили тяжіння магніту до феромагнітної підкладки (поверхні деталі); залежно від товщини шару покриття.

Контрольні запитання

1. Які має комплектування деталей в умовах ремонтного виробництва .
2. Які особливості процесу складання пов'язані з особливостями ремонтного виробництва.
3. Види балансування деталей і вузлів машин та їх сутність.
4. Призначення обкатки і випробування об'єктів ремонту після складання.
5. Призначення лакофарбових покриттів.
6. Основні компоненти лакофарбових матеріалів. .
7. Основні види готових лакофарбових матеріалів та їх характеристика.
8. Основні складові технології фарбування машин.

ЛЕКЦІЯ 4. КЛАСИФІКАЦІЯ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ (ВІДНОВЛЕННЯ) ДЕТАЛЕЙ. МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ СПРЯЖЕНЬ. ЗВАРЮВАННЯ І НАПЛАВЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ЧАВУНУ ТА АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

Тема 5 Класифікація способів відновлення деталей. Методи відновлення спряжень..

Основною особливістю дефектів, які виникають внаслідок зношування, є необхідність компенсації (відновлення) зношеного поверхневого шару. При цьому в загальному випадку технологічний процес за своїм призначенням повинен складатися з трьох технологічних частин: компенсації (відновлення) зношеного поверхневого шару; відновлення розмірно-точносних характеристик; зміцнення відновленого поверхневого шару.

При усуненні дефектів, не пов'язаних з тертям, технологічні прониеси також поділяються за своїм умовним призначенням (рис. 4.1).

Кожна із складових частин технологічного процесу класифікується за технологічними способами. Наведені складові частини технологічного процесу і відповідні їм способи виконання частіше всього пов'язані між собою, але може бути варіант, коли застосовується тільки одна складова частина процесу, наприклад компенсація зносу опорного котка трактора електрошлаковим наплавленням. Послідовність переходу технологічного процесу від однієї його частини до другої для парних деталей може бути різною.



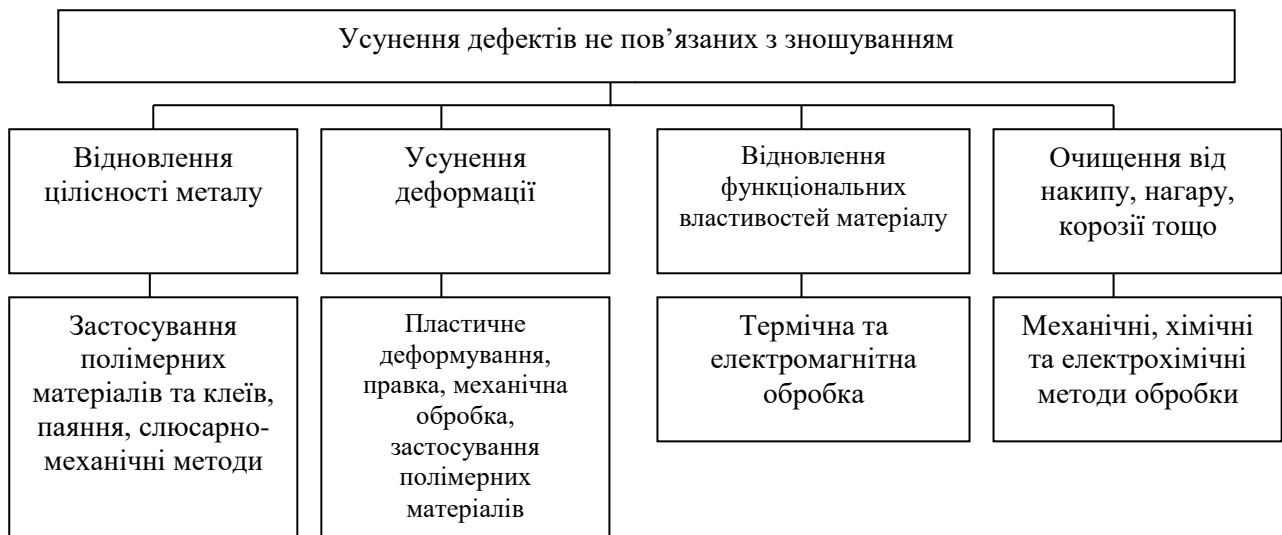


Рисунок 4.1. Класифікація складових частин технологічного процесу відновлення (ремонт) деталей

Тема 6 Ручне зварювання і наплавлення при відновленні деталей (газополуменеве і електродугове). Зварювання і наплавлення деталей із чавуну та алюмінієвих сплавів. Паяння і область його застосування.

Ручне зварювання і наплавлення

Фізико-металургійні і технологічні основи зварювання. Зварюванням називають технологічний процес одержання нерознімного з'єднання твердих матеріалів через встановлення міжатомних зв'язків між зварювальними деталями. Для цього необхідно атоми матеріалу однієї деталі наблизити до атомів матеріалу другої деталі на відстані порядку 10^{-10} м, яка приблизно дорівнює відстані між атомами матеріалу зварювальних деталей. У випадку такого наближення зовнішні електрони атомів утворюють загальну (колективну) електронну систему.

При кімнатній температурі метали не з'єднуються навіть від стискання значними зусиллями. У випадку прикладання зусилля у декілька десятків тонн в окремих контактних точках виникають міжатомні зв'язки, але після знімання навантаження вони руйнуються за рахунок дії сил пружності. Чим більша пластичність і менша твердість матеріалу, тим нижчий питомий тиск, за якого можливе з'єднання деталей.

Загальноприйнятим способом зниження твердості і підвищення пластичності є нагрівання металу. Для одержання міцного зварювального шва метал, нагрітий до пластичного стану, осаджують (піддають пластичному деформуванню). Якщо температуру зварювальних деталей довести до температури плавлення, то процес проходить без осадження за рахунок сплавлення об'ємів розплавленого металу деталей у загальній зварювальній ванні.

Таким чином, залежно від способу зближення атомів, зварювальні

процеси можна розділити на зварювання плавленням і пластичним деформуванням (тиском).

Наплавлення — різновидність зварювання, яке полягає в нанесенні шару металу на поверхню деталі.

Зварювання і наплавлення металів класифікується за фізичними, технічними та технологічними ознаками.

Фізичні ознаки характеризують форму підведеної при зварюванні та наплавленні енергії і дозволяють виділити три класи зварювальних процесів:

термічний, який характеризується підведенням теплової енергії (дугова, газова, високочастотна, термітна, електрошлакова, плазмова, електронно-променева і лазерна);

термомеханічний — поєднання підведення теплової і механічної енергії тиску (електроконтактна, дифузійна, газопресова, вибухом);

механічний — з використанням механічної енергії (тертя, ультразвукової, холодної).

Технічні ознаки характеризуються способом захисту зони зварювання від взаємодії з оточуючим середовищем, безперервністю процесу і механізацією подачі та переміщення електроду відносно деталей.

Технологічні ознаки характеризують особливості технологічного процесу зварювання (дугове, газове, плазмове, лазерне тощо).

Під час вибору способу відновлення деталі необхідно враховувати умови її роботи, властивості матеріалу та процеси, які відбуваються під час утворення зварювального з'єднання.

Найважливішим, з точки зору кінцевих властивостей виробу, є зміна хімічного складу, структури, властивостей матеріалу деталі і рівень внутрішніх напруг та деформацій у зоні з'єднання.

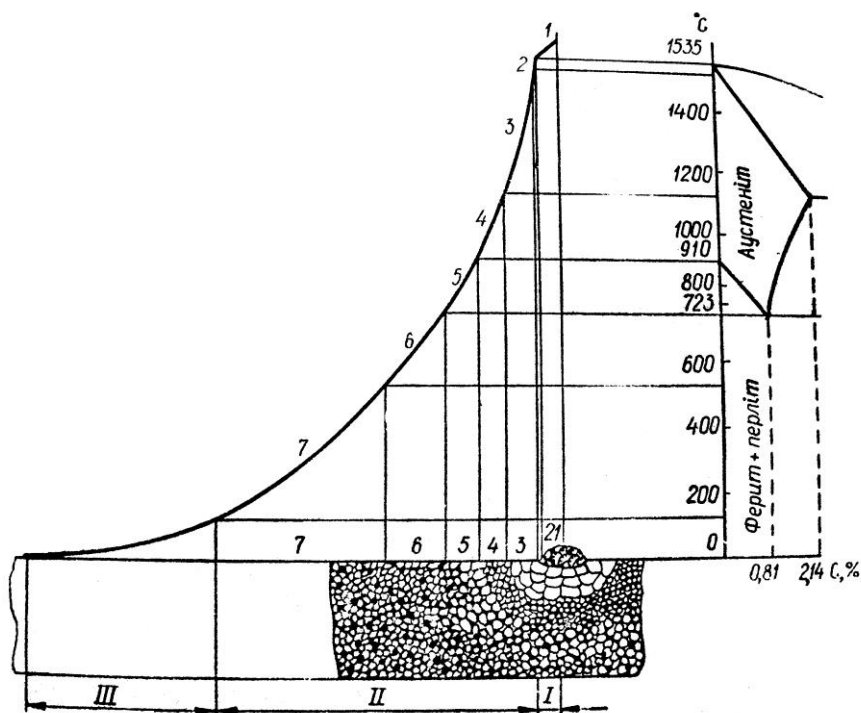


Рисунок 4.2. Будова зварного з'єднання: I — зони шву і сплавлення; II — зона термічного впливу (перегівання, перекристалізації й відпуску); III — зона

механічного або термомеханічного впливу; 1 – рідкий стан металу; 2 – твердий стан; 3 – перегрівання; 4 – нормалізація (перект-ристалізація); 5 – неповна перекристалізація; 6 – рекристалізація; 7 – старіння.

зварювальному з'єднанні можна виділити три зони (рис. 4.2). До I зони відносяться зони шва і сплавлення, де метал при зварюванні нагрітий до температури плавлення і знаходиться в рідкому і твердо-рідкому стані. Ця зона характеризується зміною хімічного складу і будови матеріалу деталі за рахунок дифузійних процесів з металом присадного матеріалу, взаємодії з навколишнім середовищем, флюсом і особливостями кристалізації.

II зона — термічного впливу, включає зони перегрівання, перекристалізації і відпускання. В ній температура нагрівання достатня для протікання фазових перетворень і рекристалізації основного металу. Характерним є утворення гартівних структур і відповідно схильність до утворення тріщин, особливо при значному вмісті у металі вуглецю і легуючих елементів.

На периферії цієї зони діє міжкристалічна корозія, яка протікає при утворенні карбідів хрому на межах зерен. Схильність до виділення хрому знижується при додаванні в присадний дріт титану, ніобію і цирконію.

III зона — механічного або термомеханічного впливу. Температура металу недостатня для протікання процесів фазових перетворень і рекристалізації. Відбуваються зміни, викликані пластичною і пружною деформаціями металу під дією внутрішніх сил.

Газове зварювання і наплавлення — це один із універсальних способів ремонту деталей, бо дозволяє обробляти метали товщиною від десятих часток міліметра до десятків міліметрів. Газозварювальні процеси, розтягнуті у часі, легко контролюються зварником, що дозволяє навіть при відносно низькій його кваліфікації одержувати достатньо високу якість шва. Крім того, відносно низькі швидкості нагрівання і охолодження металу під час зварювання дозволяють зменшити зварювальні напруги і уникнути утворення тріщин.

Газове зварювання найчастіше застосовують для зварювання низько- і середньовуглецевих сталей товщиною до 3 мм (кабіни, облицювання, кожухи тощо) і при ремонті деталей з чавуну і кольорових металів.

Зварювальне полум'я. Джерелом тепла для нагрівання деталей при газовому зварюванні є полум'я, утворене від згорання суміші газу з киснем. Для зварювання найчастіше використовують ацетилен (C_2H_2), значно рідше пропан-бутан ($C_3H_8+C_4H_{10}$). В останні роки великі успіхи досягнуті у використанні воднево-кисневих сумішей.

Зварювальне полум'я складається з трьох зон (рис. 4.3). Зона «А» (ядро полум'я) обмежена світлою оболонкою, у зовнішньому шарі якої згорає -- вуглець, утворений - під час розпаду молекул палива. Зона «В» — відновлювана, або зона неповного згорання. Вона складається з окису вуглецю і водню, утворених на першій стадії горіння газу. Ці продукти згорання розкислюють розплавлений метал, віднімаючи кисень від його окислів. Зона «С» — повного згорання (або факел). Являє собою видимий об'єм газів. У цій

зоні відбувається догорання продуктів горіння за рахунок кисню, ежектованого з повітря.

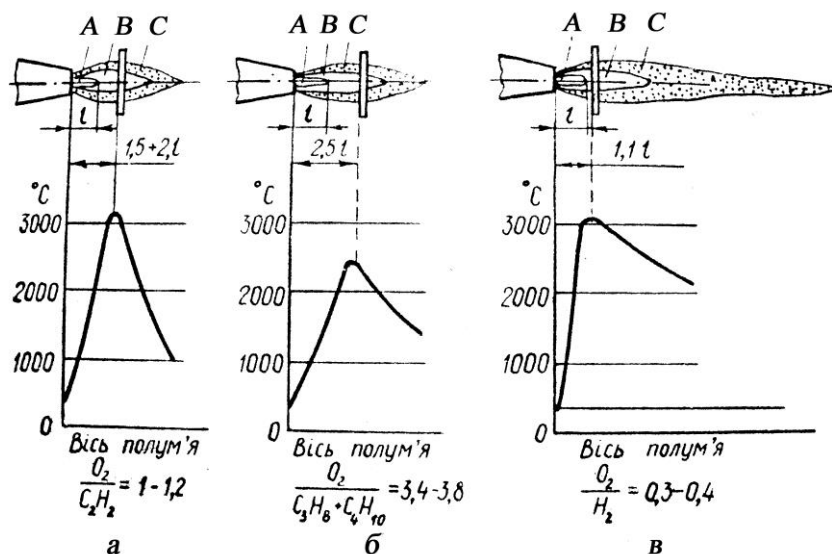


Рисунок 4.3. Будова зварювального полум'я: а — ацетилено-кисневого; б — пропано-кисневого; в — воднево-кисневого; А — ядро; В — зона неповного згорання; С — зона повного згорання; l — довжина ядра

Трохи інша будова воднево-кисневого полум'я, тому для коректування складу полум'я до водрево-кисневої суміші додають пари бензину у незначних кількостях (5-10%). Такий склад газової суміші призводить до того, що в полум'ї зони «В» практично повністю відсутня і відповідно не відбувається розкислення розплавленого металу.

Максимальна температура ацетилено-кисневого полум'я (3150 °С) значно вища максимальної: температури пропан-бутан-кисневого полум'я (2400°С). Як показують дослідження, проведені в ХІМЕСГ (зараз – ХНТУСГ), максимальна температура воднево-кисневого полум'я (3000 °С) близька до температури ацетилено-кисневого.

Від співвідношення газу і кисню у горючій суміші залежить характер полум'я. Нейтральне полум'я характеризується відсутністю вільного кисню і вуглецю у відновлюваній зоні «В». Для різних горючих сумішей нейтральне полум'я досягається таким співвідношенням об'ємів кисню і газу:

$$\text{ацетилено-кисневе полум'я} \text{ — } \frac{O_2}{C_2H_2} = 1-1,2;$$

$$\text{пропан-бутан-кисневе полум'я} \text{ — } \frac{O_2}{C_3H_8 + C_4H_{10}} = 3,4-3,8;$$

$$\text{воднево-кисневе полум'я} \text{ — } \frac{O_2}{H_2} = 0,4-0,45$$

Окисне полум'я отримується при більших значеннях наведених вище співвідношень. Таке полум'я має вищу температуру, однак надлишок кисню сприяє окисленню заліза. Метал шва отримується пористий і крихкий. Тому в

даному випадку потрібно застосовувати дрiт марок СВ-08ГС i СВ-12ГС, якi мiстять розкислювачi —марганець i кремнiй.

Навуглецьовувальне полум'я характеризується надлишком горючого газу, зниженою температурою i сприяє насиченню металу шва вуглецем.

Для зварювання i наплавлення деталей iз сталi, яка має менше 0,5 % вуглецю i кольорових металiв, використовують нейтральне полум'я; для деталей з високовуглецевих i легованих сталей, чавуну, наплавлення твердих сплавiв — навуглецьовувальне полум'я; для рiзання металу — окислювальне.

Потрiбно враховувати, що при взаємодiї розплавленого металу iз зварювальним полум'ям змiнюється його склад. Кисень, який потрапив у шов, знижує його мiцнiсть, ударну в'язкiсть, стiйкiсть проти корозii. Водень сприяє утворенню трiщин. Азот, взаємодiючи при високiй температурi з залiзом, утворює нiтриди, якi надають наплавленому металу пiдвищеної твердостi i крихкостi. У процесi зварювання вигорає кремнiй, марганець, iншi легуючi добавки матерiалу зварюваних деталей.

Щоб не змiнювався склад наплавленого шару, матерiал присадного дроту за своїми фiзико-механiчними властивостями i хiмiчним складом повинен бути таким, як i матерiал деталi, але iз збiльшеною кiлькiстю легкоокислювальних компонентiв.

Присадним матерiалом для зварювання невідповідальних сталъних деталей є маловуглецевий дрiт типу Св-08. Для пiдвищення механiчних властивостей i розкислення металу шва використовують низьколегований кремнiй-марганцевистий присадний дрiт СВ-08ГС, СВ-10ГС тощо. Позитивно впливає на якiсть шва наявнiсть у присадному матерiалi нiкелю, хрому тощо.

При наплавленнi зношених поверхонь деталей використовують електроди Нп-40, Нп-50, Нп-30ХГСА, Нп-50Г, Нп-65Г та iншi, якi дозволяють одержати наплавлений шар з високою стiйкiстю проти зношування.

Для захисту розплавленого металу вiд шкiдливого впливу кисню, азоту, водню та iнших елементiв застосовують флюси. Вони утворюють з окислами металiв хiмiчнi з'єднання, якi спливають у виглядi шлаку на поверхню i захищають рiдкий метал вiд насичення газами. Основними компонентами флюсiв для чорних металiв є бура $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, двовуглецева сода NaHCO_3 i борна кислота H_3BO_3 .

Для газового зварювання i наплавлення застосовується вiдносно просте i недороге обладнання.

Ацетилен одержують безпосередньо на робочому мiсцi зварювальника в ацетиленовому генераторi шляхом взаємодiї карбiду кальцiю з водою або зберiгають у спеціальних ацетиленових балонах. У сiльськогосподарському виробництвi найпоширенiшi пересувнi ацетиленовi генератори продуктивнiстю 0,8—3,2 м³/год, тиском 0,1—0,15 МПа, наприклад АСП-1,25, ГВР-1,25М4, ГНВ-1,25 тощо.

Кисень зберiгається в балонах високого тиску (15—20 МПа) об'ємом 10—60 л., Пропан-бутан зберiгається у балонах середнього тиску (1,6 МПа) об'ємом 5—50 л.

Зниження i пiдтримання в необхідних межах робочого тиску газiв

здійснюється за допомогою газових редукторів (наприклад, КРР-61 тощо).

Газ і кисень подаються по шлангах до газового пальника, в якому відбувається їх змішування і дозування. Найпоширеніші пальники малої Г2-04 і середньої Г3-04 і великої Г3-05 потужності, а також наплавлювальні пальники, які дозволяють подавати в зону наплавлення гранульовані самофлюсуючі порошки ГН-2, ГН-3 тощо.

Для воднево-кисневого газового зварювання обладнання складніше, однак це компенсується суттєвим зниженням витрат на матеріали і транспортування балонів.

Воднево-кисневе зварювальне полум'я отримують при спалюванні газу, який генерують в електролізері безпосередньо на робочому місці зварювальника шляхом розкладання води електричним струмом на кисень і водень.

Найповніше задовольняють потребам сільського господарства портативні воднево-кисневі зварювальні установки, розроблені у ХІМЕСГ (рис. 4.4).

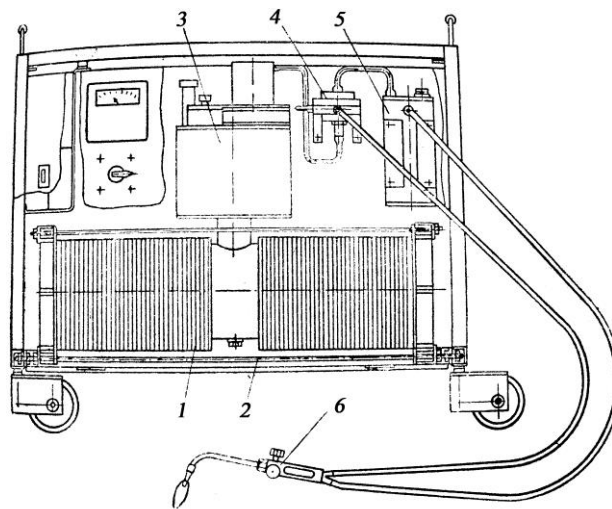


Рисунок 4.4. Воднево-киснева зварювальна установка, розроблена у ХІМЕСГ: 1—джерело струму; 2 — стягувальний болт; 3 — газовідокремлювач; 4 —затвор; 5 —збагачувач; 6 — пальник

Принцип дії електролізера ґрунтується на реакції розкладання води під дією постійного електричного струму, який проходить через лужний електроліт. Електролізер складається з ряду послідовно включених герметичних порожнин, утворених електродами та ущільнювальними кільцями. Герметизація набраного таким чином пакету здійснюється стягуванням шпильками. Внутрішня порожнина газовідокремлювача і міжелектродні порожнини заповнюються електролітом. До крайніх електродів електролізера підводиться постійний електричний струм від блока живлення. Воднево-киснева суміш, яка утворюється при проходженні струму, через отвори у верхній частині електродів потрапляє у газовідокремлювач, потім осушується і через затвор і збагачувач подається до зварювального пальника. Затвор необхідний для запобігання вибуху газу всередині генератора у випадку

займання газу у шлангах. Збагачувач дозволяє коректувати характер зварювального полум'я шляхом незначних добавок до воднево-кисневої суміші парів бензину.

Низька вартість необхідних матеріалів і споживання електричної енергії (2—5 кВт-год) дозволяють очікувати поширення цього виду зварювання у виробництві і особливо на сільськогосподарських ремонтних підприємствах.

Електродугове зварювання і наплавлення. Під час електродугового зварювання метал деталей і присадного дроту, плавиться за рахунок тепла електричної дуги. Горіння зварювальної дуги супроводжується виділенням великої кількості тепла. Температура дуги на осі її стовпа досягає 6000—7500 °С. Вона залежить від сили струму, що припадає на одиницю поперечного перерізу електроду — щільності струму.

Для електродугового зварювання можна використовувати змінний та постійний струми. Зварювальна дуга на змінному струмі горить нестійко. Для підвищення стабільності горіння дуги збільшують щільність струму. При зварюванні на постійному струмі дуга горить стабільно. На позитивному полюсі виділяється близько 43 % тепла і температура дуги досягає 4200 °С, на негативному полюсі виділяється 36% тепла і температура значно нижча (3500°С).

Тому, якщо необхідно збільшити глибину проплавлення деталі, то зварювання ведуть на прямій полярності (деталь підключають до позитивного полюса). Для зварювання деталей, які мають малу товщину або виготовлені із вуглецевих і легованих сталей, позитивний полюс з'єднують з електродом (зворотна полярність). Під час зварювання на змінному струмі на електроді і деталі виділяється приблизно однакова кількість тепла.

Спад напруги в дузі U_D складається із спаду напруги в зоні катоду U_K , стовба дуги U_{cm} і анодній області U_a :

$$U_D = U_K + U_{cm} + U_a, \quad (4.1)$$

Спад напруги в анодній і катодній областях практично постійний. Спад напруги у стовбі дуги пропорційний її довжині:

$$U_{cm} = kL, \quad (4.2)$$

де k — середній спад напруги на одиницю довжини дуги, В/мм;

L — довжина дуги, мм.

Для сталевих електродів може бути прийнято:

$$U_K + U_a \approx 12,$$

$k = 2, L = 4$, тоді:

$$U_D = 12 + 2 + 4 = 18 \text{ В.}$$

При зварюванні сталевим електродом дуга стійко горить при напрузі 18—28 В, але для збудження дуги потрібна більш висока напруга. Це пояснюється тим, що в початковий момент повітряний проміжок ще

недостатньо нагрітий і необхідно надати електронам великої швидкості для іонізації атомів газового проміжку. Для надійного запалювання дуги потрібна напруга 30—40 В, Крім того, у процесі зварювання необхідно забезпечити сталість зварювального струму при коливаннях довжини дуги, а при короткому замиканні струм не повинен перевищувати робочий більш як у 1,5 раза.

Таким чином, для живлення зварювальної дуги найбільш підходить джерело струму з крутопадаючою зовнішньою (вольт-амперною) характеристикою (рис. 4.5). Зовнішня характеристика це залежність між напругою на затискачах джерела живлення і струмом.

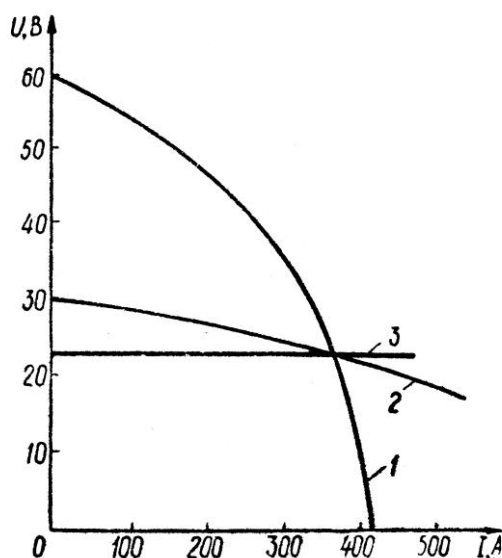


Рисунок 4.5. Зовнішні (вольт-амперні) характеристики джерел живлення зварювальної дуги:

1-крутопадаюча; 2 – пологопадаюча;
3 – жорстка

Розрізняють крутопадаючу, пологопадаючу, жорстку і зростаючу характеристики.

Живлення дуги змінним струмом здійснюється від зварювальних трансформаторів із підвищеним магнітним розсіюванням.

Регулюють струм магнітним шунтом типу СТШ-250 і СТШ-300 або переміщенням обмоток типу ТД-306У2 і ТДМ-317У2. Поширенню зварювальних трансформаторів сприяють простота конструкції, надійність, низька вартість, невеликі габарити і маса.

Джерела живлення постійного струму дозволяють отримати шов більш високої якості, але вони складніші, дорогі і менш надійні. Зварювальні перетворювачі (ПД-305У2, ПД-502У2, ПСО-300-2У2, ПСГ-500-1У3 тощо) являють собою електричну машину, яка об'єднує в одне ціле трифазний асинхронний електро-двигун і генератор постійного струму.

Для зварювання в польових умовах застосовують зварювальні агрегати (АДД-303У1, АДД-304У1, АДД-3І12У1 тощо), змонтовані на причепі.

Генератор постійного струму такого зварювального агрегату приводиться в обертання двигуном внутрішнього згорання.

Останнім часом все більше використовують зварювальні випрямлячі (ВД-201УЗ, ВД-306УЗ, ВС-300 тощо).

Спеціалізовані джерела живлення (УДГ-301, УДГ-501, ВДУ-305, ВДУ-505, УПС-301, ТРИ-300Д тощо) додатково укомплектовані електронним обладнанням, яке розширює технологічні можливості і сприяє підвищенню якості зварювання. Широко використовують осцилятори, імпульсні стабілізатори горіння дуги, пристрої для плавного зниження зварювального струму в кінці зварювання, регулятори струму і напруги тощо.

Якість наплавленого металу та продуктивність процесу зварювання і наплавлення у більшості випадків визначаються матеріалом електродів та їх покриття. Для ручного дугового зварювання найчастіше використовують плавкі електроди, виготовлені із сталюго дроту довжиною 350—400 мм, на поверхню якого нанесено покриття (обмазка). За призначенням покриття електродів діляться на стабілізуючі (тонкі) та якісні (товсті).

Стабілізуючі покриття містять речовини, атоми яких легко іонізуються, чим полегшують збудження і підтримують стійке горіння дуги. Найпоширеніше стабілізуюче покриття, яке містить 80 % крейди і 20 % рідкого скла. Покриття наноситься на дріт товщиною 0,1—0,3 мм.

Якісні покриття містять:

газоутворювальні добавки (крохмаль, харчове і деревне борошно, декстрин тощо), які запобігають взаємодії розплавленого металу із повітрям. При горінні дуги ці речовини згорають, утворюючи вуглекислий газ та окис вуглецю, які витискають повітря із зони горіння дуги;

шлакоутворювальні добавки (титановий концентрат, марганцева руда, польовий шпат, кварц, мармур тощо) у процесі зварювання утворюють шлак, який ізолює поверхню розплавленого металу від повітря і сприяє повільнішому охолодженню і виходу розчинених у розплав металу газів;

розкислювальні і легуючі добавки (феромарганець, феросиліцій, феротитан тощо), які, з'єднуючись з окислами, що потрапили у розплавлений метал, утворюють легкоплавкі шлаки, які спливають на поверхню шва. За рахунок легуючих добавок шву надаються певні властивості;

стабілізуючі речовини (сода, поташ, двоокис титану тощо) підвищують стійкість горіння дуги.

Добавки, які входять до складу-якісного покриття, змішують із рідким склом і наносять на електродний дріт шаром товщиною 1—3 мм.

Електроди для зварювання і наплавлення сталі мають умовні позначення, які дозволяють отримати інформацію про їх призначення, режим зварювання і характеристики металу шва (рис. 4.6).

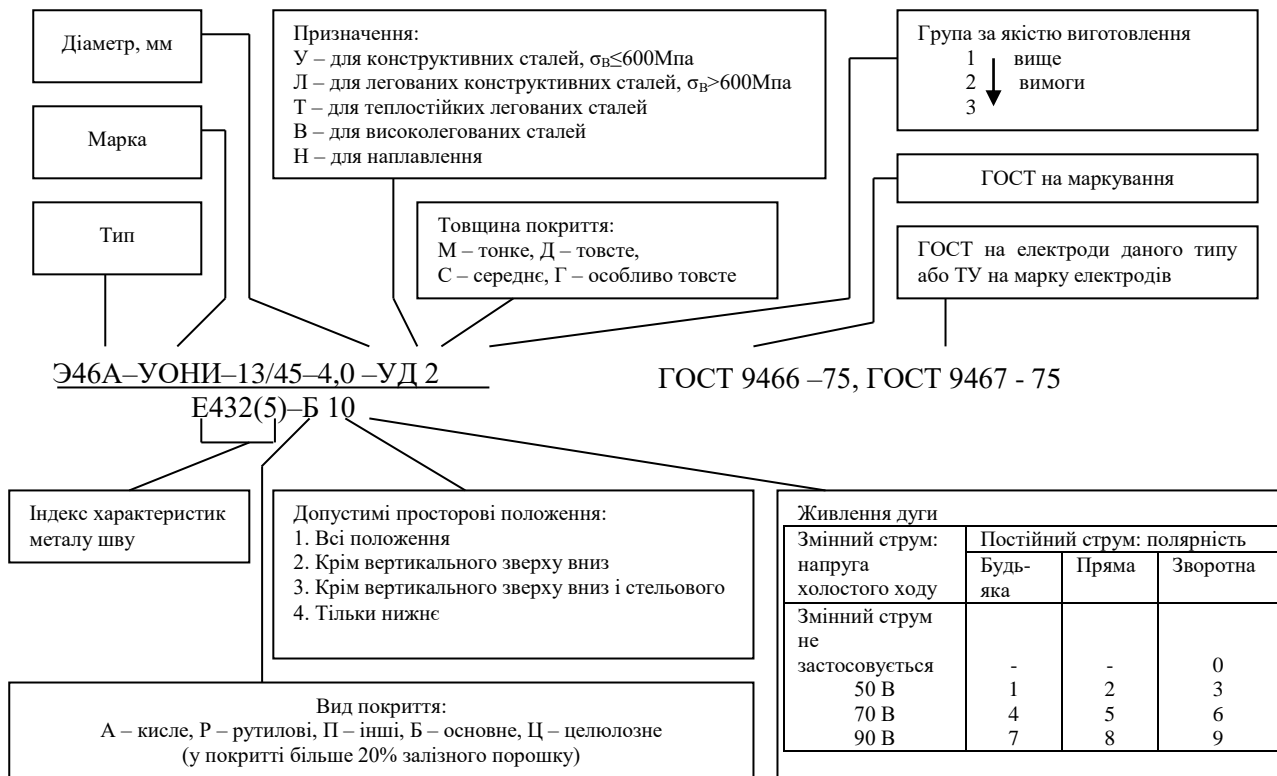


Рисунок 4.6. Умовні позначення покритих електродів для зварювання і наплавлення сталі

Тип електроду для зварювання включає літеру *Э* з двозначною цифрою через дефіс (цифра вказує на міцність зварювального шва на розтяг у $\text{кг}/\text{мм}^2$, буква *А* в кінці — на підвищену пластичність наплавленого металу).

Тип електроду для наплавлення включає літери *ЭН* — електрод наплавлювальний. Наступні літери і цифри характеризують хімічний склад наплавленого металу, %, остання цифра — міцність наплавленого шару за Роквелом (наприклад *ЭН-18Г4-35*, *ЭН-У30Х25РС21-60* тощо).

Кожному типу електроду відповідає кілька марок. Марка електроду характеризується складом покриття, маркою електродного стержня, технологічними властивостями і властивостями металу шва.

За товщиною покриття електроди розподіляються на 4 групи залежно від відношення діаметра електроду D до діаметра електродного дроту d . Тонкі — $D/d \leq 1,2$, середні — $D/d = 1,2-1,4$, товсті — $D/d = 1,45-1,8$ і особливо товсті $D/d > 1,8$.

Випускають покриття шести видів:

кислі — вміщують оксид заліза, марганцю, кремнію, титану. Зварювання такими електродами ведуть на постійному і змінному струмі;

основні — містять фтористий кальцій і карбонат кальцію. Зварювання ведуть на постійному струмі зворотної полярності. Метал шва має малу схильність до утворення тріщин, тому такі покриття часто використовують для зварювання деталей великих товщин;

целюлозні — застосовуються для зварювання деталей малих товщин на змінному струмі;

рутилові — крім інших, вміщують окис титану. Електроди з таким покриттям відрізняються високою стійкістю горіння дуги як на постійному, так і на змінному струмі.

Під час вибору типу електроду необхідно враховувати властивості металу шва, глибину проплавлення металу, просторове положення шва, гігієнічні характеристики електродів тощо (див. рис. 3.8).

Діаметр електроду залежить від товщини і просторового положення зварюваної поверхні.

Кожному діаметру електроду й відповідає певний діапазон зварювального струму I . Користуючись залежністю $I = (20 + 6d)d$, можна визначити середнє значення струму. Зниження зварювального струму призводить до порушення стабільності горіння дуги, а збільшення — до перегрівання електроду, поганого формування шва, розбризкування і угару наплавленого металу

Для зварювання необхідно використовувати електроди можливо більшої товщини, оскільки при цьому збільшується продуктивність праці і глибина проплавлення деталі. Наплавляти ж, навпаки, доцільно електродами малого діаметра, щоб зменшити нагрівання наплавленої деталі.

Наприклад, при виконанні стикових швів у нижньому просторовому положенні для вибору діаметра електроду d і зварювального струму I залежно від товщини зварюваного металу S можна скористатися номограмою (рис. 4.7).

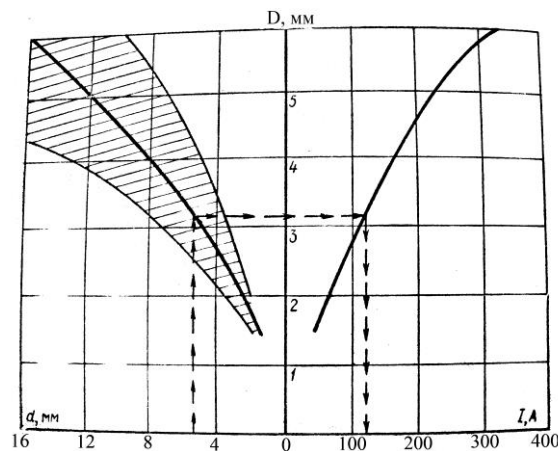


Рисунок 4.7. Номограма для визначення діаметра електроду D , і величини зварювального струму I , під час зварювання сталей у нижньому просторовому положенні (d — товщина зварюваної сталі)

На якість шва суттєво впливає довжина дуги. Нормальною вважається дуга довжиною 0,5—1,2 діаметра електроду.

Особливості зварювання і наплавлення чавунних деталей. Зварювання чавуну має певні труднощі, пов'язані з відбілюванням металу в навколошовній зоні, різким переходом під час нагрівання з твердого стану у рідкий, можливістю утворення тріщин.

При швидкому охолодженні розплавленого або нагрітого до температури

вище 750 °С сірого чавуну графіт легко переходить у цементит (Fe_3C), сірий чавун відбілюється, стає твердим, крихким, погано піддається механічній обробці.

Відсутність перехідного пластичного стану чавуну під час нагрівання до температури плавлення призводить до того, що метал із твердого стану відразу переходить у рідкий. Тому зварювальні поверхні чавунних деталей повинні розміщуватись строго горизонтально.

Відсутність площини текучості і низька межа міцності чавуну на розтяг призводять до утворення тріщин у навколошовній зоні.

Крім того, при зварюванні вигорають вуглець і кремній, тому утворюється велика кількість газів і шлакових з'єднань, які не встигають виділитися з розплавленого металу. Шов отримують пористим і забрудненим неметалічними включеннями. При визначенні методу плавлення враховують необхідність механічної обробки шва після зварювання, вимоги до щільності шва, умови роботи деталі тощо.

Гаряче зварювання дозволяє одержати шов високої якості, який за своїми властивостями практично не поступається матеріалу деталі. Деталь перед зварюванням нагрівають до 600—650 °С зі швидкістю 1600° на годину. Після зварювання або наплавлення деталь знову кладуть у піч і охолоджують разом з нею або ж у спеціальних термосах.

Газове зварювання чавуну ведуть чавунними дротами марки А і Б діаметром 6—8 мм. Для зменшення вигорання вуглецю зварюють нейтральним або відновлюючим полум'ям.

Для гарячого електродугового зварювання використовують електроди ОМЧ-1, які складаються із чавуну марки Б і мають спеціальну графітізовану обмазку. Зварюють на постійному струмі зворотної полярності короткими валиками (25—30 мм).

Попереднє підігрівання деталі забезпечує достатню графітізацію чавуну у зоні зварювання і запобігає з'явленню тріщин. Але для великогабаритних деталей воно потребує спеціального обладнання, великих затрат енергії. Під час нагрівання можливе жолоблення деталей, тому інколи застосовують місцеве попереднє підігрівання деталей до 300—400 °С.

Найпоширеніше холодне зварювання чавуну, під час якого застосовують спеціальні технологічні прийоми і електроди, які запобігають відбілюванню чавуну. З метою зменшення нагрівання деталі і вигорання вуглецю та кремнію зварювання ведуть на постійному струмі оберненої полярності електродами діаметром 2—4 мм. У цьому випадку встановлюють понижену величину струму ($I = 25—30 d$).

Заварювання тріщин виконують методом «відпалюваних» валиків (рис. 3.10) за допомогою сталевих маловуглецевих електродів (наприклад Е-34 з крейдовою обмазкою або електродами УОНИ 13/55). Краї тріщини обробляють під кутом 90°. Після накладання короткого валика відразу ж на нього накладають другий валик, який відпалює перший, і так до повного заповнення оброблюваної ділянки. Під час «відпалювання» цементит розпадається, а загартована частина шва відпускається і нормалізується. Метал шва стає

ненапруженим і пластичним.

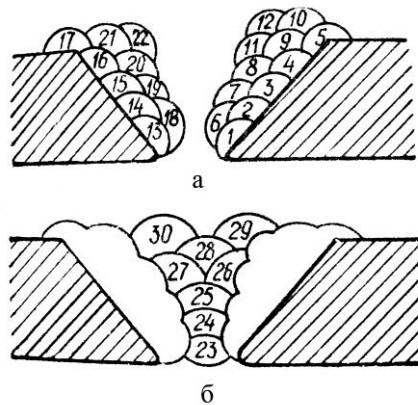


Рисунок 4.8. Зварювання чавунних деталей методом відпалювальних валиків: а, б — послідовність накладання відповідно відпалювальних і з'єднувальних валиків

Для чавунних деталей із товстими стінками з метою збільшення міцності зварювального з'єднання застосовують різні підсилювальні елементи — шпильки, болти або скоби, виготовлені з маловуглецевої сталі. Зварювання починають навколо підсилювального елемента, а потім накладають «відпалювальні» валики по всій довжині тріщини.

Добрі результати дає зварювання високоміцного чавуну електродами на основі нікелю ПАНЧ-11, ПАНЧ-12, ЦЧ-3А. Шов одержують пластичний, достатньо міцний, без тріщин, пор. Він добре обробляється.

Коли не потрібна висока міцність шва, зварюють мідно-залізними (ОЗЧ-2) або мідно-нікелевими електродами (МНЧ-2, стержні яких виготовлені з монель-металу — 28 % міді і 65 % нікелю та ін).

В окремих випадках використовуються й інші способи зварювання чавунних деталей.

Зварювання алюмінію і його сплавів. Алюміній і його сплави легко окислюються на повітрі, тому поверхні деталей завжди покриті щільною і міцною плівкою оксиду алюмінію, температура плавлення якого (2050 °С) набагато перевищує температуру плавлення алюмінію (650 °С). Під час нагрівання деталі метал розплавляється під окисною плівкою. Крім того, коефіцієнт розширення алюмінію у два рази, а теплопровідність у три рази вищі, ніж у сталі. Тому при зварюванні деталі метал прогрівається навіть на значній відстані від місця зварювання, що призводить до виникнення значних деформацій. Процес зварювання ускладнюється високою рідкотекучістю металу і тим, що перехід із твердого стану в рідкий не супроводжується зміною кольору деталі. Шлак, який утворюється при деяких видах зварювання, має щільність більшу, ніж розплавлений алюміній, тому він не спливає на поверхню і забруднює зварювальний шов.

Газове зварювання алюмінієвих деталей ведеться за допомогою алюмінієвого присадного дроту, покритого тонким шаром флюсу АФ-4А, АН-4А, АН-А 201 або ж непокритим дротом, опускаючи періодично нагрітий його

кінець у флюс.

Алюмінієво-кремнієві сплави (силуміни) зварюють газовим полум'ям без флюсу. Окисну плівку в цьому випадку видаляють стальними гачками. Розплавлений метал утримують від розтікання стальними або глиняними підкладками.

Електродугове зварювання чистого алюмінію і сплавів типу А6Г АДО, АДІ виконується електродами ОЗА-1, АФ-1 або АФ-4, а алюмінієво-кремнієвих сплавів типу АМц, АМГ, АЛ-9 тощо — електродами ОЗА-2.

Зварюють на постійному струмі оберненої полярності короткою дугою. Силу зварювального струму I можна визначити за формулою:

$$I = 40 d, \quad (4.3)$$

де d — діаметр електроду, мм.

Для зменшення жолоблення і запобігання утворенню тріщин деталі перед зварюванням підігрівають до 200—350 °С.

Зараз поширене електродугове зварювання алюмінію неплавким електродом у середовищі інертного газу — аргону. Присадний алюмінієвий дріт вводять в дугу, яка горить між неплавким вольфрамовим електродом і деталлю. Зварювання можна вести на постійному струмі оберненої полярності або на змінному. Для арго-но-дугового зварювання випускаються установки УДАР-300-1, УДАР-500-1, УДГ-301, УДГ-501.

Особливості зварювання деталей із спеціальних сталей. Спеціальні сталі, що застосовуються у сільському господарстві, вміщують значну кількість легуючих елементів і відносяться до групи обмежено або погано зварюваних сталей. Електродуговим зварюванням нержавіючі і вогнетривкі спеціальні сталі зварюють при змінному або постійному струмі зворотної полярності. Для зварювання застосовують 27 типів електродів, у маркуванні яких вказується тип покриття і клас сталей, для яких вони призначені (А — аустенітні, Ф — феритні і АФ — аустенітоферитні). Наприклад, ЦЛ-11-ЭА-1Б-4,0 — електроди з покриттям ЦЛ-11 для аустенітних сталей діаметром 4 мм.

Найпоширеніші хромонікелеві сталі, які не містять титану або ніобію, при нагріванні до 400—800 °С втрачають свої антикорозійні властивості і стають крихкими внаслідок виділення карбідів хрому по межах зерен. Під час зварювання можуть виникати гарячі тріщини. Після зварювання для відновлення антикорозійних властивостей деталі нагрівають до 850 °С (карбіди хрому розплавляються) і швидко охолоджують у воді. Такий вид термообробки називають стабілізацією. Аустенітні сталі нагрівають до 1000—1150 °С і швидко охолоджують у воді. Така термообробка підвищує пластичність, ударну в'язкість і стійкість до корозії.

Добрі результати одержують при зварюванні спеціальних сталей у середовищі захисних газів. Невідповідальні з'єднання можна зварювати у середовищі вуглекислого газу, відповідальні — у середовищі аргону (чистого або більш дешевого технічного).

Газове зварювання спеціальних сталей проводять нормальним полум'ям. Окисне полум'я не допускається, бо викликає вигорання хрому та інших

легуючих елементів. Присадний дріт повинен відповідати матеріалу зварюваної деталі, наприклад, Св-02Х19Н9 та Св-06Х19Н9Т. Зварювання ведуть лівим або правим способом. Для поліпшення якості шва використовують флюс (наприклад НЖ-8). Термообробка проводиться так, як і при електродуговому зварюванні.

Контрольні запитання

1. Суть класифікації складових частин технологічного процесу відновлення (ремонт) деталей .
2. Призначення ручного зварювання і наплавлення та сутність цих процесів.
3. Газове зварювання і наплавлення, сутність процесу, різновиди.
4. Від чого залежить якість наплавленого металу та продуктивність процесу електродугового зварювання.
5. Призначення покриттів електродів, та їх складові.
6. Умовні позначення покритих електродів для зварювання і наплав - лення.
7. Особливості зварювання і наплавлення чавунних деталей.
8. Особливості зварювання алюмінію і його сплавів.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ОРГАНІЗАЦІЙНІ ОСНОВИ РЕМОНТУ МАШИН

ЛЕКЦІЯ 5. МЕХАНІЗОВАНІ СПОСОБИ ЗВАРЮВАННЯ НАПЛАВЛЮВАННЯ. СПЕЦІАЛЬНІ ВИДИ НАРОЩУВАННЯ ЗНОШЕНИХ ДЕТАЛЕЙ

Тема 1. Механізовані способи наплавлення і зварювання.

Основні параметри режимів наплавлення та їх взаємозв'язок.

Механізація зварювально-наплавлювальних робіт вирішує дві головні задачі: різке підвищення продуктивності праці і поліпшення якості зварювального шва та наплавленого на деталь шару металу.

Механізація зварювально-наплавлювальних операцій передбачає поперечне і поздовжнє переміщення електроду відносно деталі, регулювання частоти обертання, що у зварювальних і наплавлювальних установках забезпечується відповідними механізмами. Ці кінематичні характеристики механізованого процесу зварювання (наплавлення) регламентуються параметрами технологічних режимів: швидкістю поперечної подачі електроду (електродного дроту), кроком наплавлення і частотою обертання деталі. Залежно від повноти сукупності цих характеристик механізованого зварювання розрізняють такі види наплавлення, напівавтоматичне зварювання — механізована тільки подача електроду, автоматичне зварювання і наплавлення — механізовані подача електроду, частота обертання деталі і її поздовжнє переміщення.

Розглянемо загальний підхід до розрахунку параметрів технологічного процесу наплавлення деталей на прикладі автоматичного наплавлення тіл обертання (вали, осі тощо).

Поверхня деталі після наплавлення характеризується певними геометричними параметрами, пов'язаними з параметрами технологічних режимів наплавлення (рис. 5.1).

Висота наплавлення (h_H) повинна забезпечувати повну компенсацію зношеного шару з урахуванням величини максимального зносу і припуску

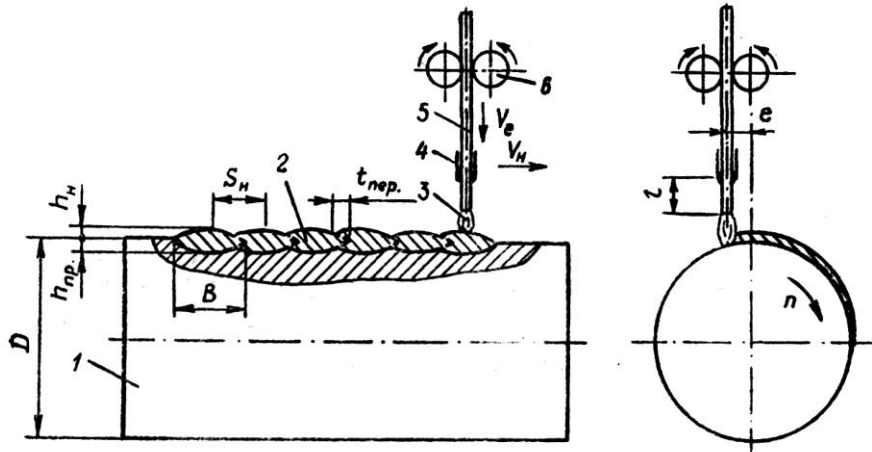


Рисунок 5.1 Схема до розрахунку технологічних режимів наплавлення:
 1 – деталь; 2 – наплавлений шар; 3 – дуга; 4 – мундштук; 5 – електродний дріт;
 6 – подавальний механізм; e – зміщення електроду із zenіту; l – виліт електроду
 на механічну обробку, тобто має витримуватись умова:

$$h_n = U_{max} + z, \quad (5.1)$$

де U_{max} — максимальний знос; z — припуск на обробку.

Для забезпечення щільності наплавленого шару і згладжування нерівностей, що дозволяє зменшити припуск на обробку і полегшує умови для механічної обробки, кожний наступний валик повинен перекривати попередній на 0,3-0,5 своєї ширини (B). Перекриття (t_{nep}) регулюється поздовжньою подачею електроду за один оберт деталі (крок наплавлення S_H).

Наплавлений валик повинен мати певну форму, забезпечуючи повне проварювання по всій його поверхні і неглибоке проплавлення основного металу, що залежить і від електричних параметрів електродугового процесу. У цей зв'язок, повинні ввійти висота наплавленого шару і діаметр деталі.

Таким чином, формування наплавленого шару на поверхні деталі заданого діаметра із визначеними якостями і геометричними характеристиками визначається, головним чином, технологічними режимами, пов'язаними з кінематичними параметрами установки для наплавлення, діаметром деталі і електродного дроту, а також електричними параметрами дуги.

Встановимо перед усім залежність для визначення швидкості подачі електродного дроту і частоти обертання деталі.

Швидкість подачі електродного дроту можна визначити, використовуючи такий підхід.

Довжина електродного дроту, який подається за одиницю часу механізмом подачі, чисельно дорівнює швидкості подачі, а її маса визначається залежністю:

$$m_e = \frac{\pi d_e^2}{4} v_e \gamma_e, \quad (5.2)$$

де d_e , v_e , γ_e — відповідно діаметр, швидкість подачі і питома маса електродного дроту.

За ту ж одиницю часу під впливом електричного струму маса електродного дроту та повинна розплавитись, що виражається

співвідношенням:

$$m_e^p = \alpha_p I_H, \quad (5.3)$$

де α_p —коефіцієнт розплавлення металу електронного дроту; I_H — струм наплавлення.

Виходячи із фізичної рівності $m_e = m_e^p$, одержимо залежність для визначення швидкості подачі електродного дроту:

$$v_e = \frac{4\alpha_p I_H}{\pi d_e^2 \gamma_e}. \quad (5.4)$$

Розмірності у залежності (3.8): α_p — г/А·год, d_e — мм, γ_e — г/см³, v_e — м/год.

Швидкість подачі електродного дроту може змінюватись внаслідок коливань електричних і кінематичних параметрів механізму привода подачі, що призводить до зміни довжини дуги. Але при цьому змінюється й сила струму. Із зменшенням довжини дуги опір падає і струм наплавлення зростає, а разом з тим збільшується швидкість плавлення електродного дроту, в результаті чого збільшується довжина дуги; із збільшенням довжини дуги йде зворотний процес. Таким чином, під час механізованого наплавлення має місце саморегулювання дуги, що забезпечує автоматизацію процесу наплавлення.

Стійкість, саморегулювання дуги пов'язана з характеристикою джерела живлення, вибір якого залежить від конкретного виду механізованого наплавлення.

Для проведення автоматичного наплавлення тіл обертання необхідно знайти частоту обертання деталі. Цей параметр легко визначити, якщо знати швидкість наплавлення.

Для вирішення поставленої задачі розглянемо об'ємний елемент наплавленого шару з прямокутним (при деяких допущеннях) перерізом $S_H \times h_H$ і довжиною, рівною швидкості наплавлення. Маса такого елемента визначається співвідношенням:

$$m_H = S_H h_H v_H \gamma_{HM}, \quad (5.5)$$

де γ_{HM} — питома маса наплавленого металу; v_H — швидкість наплавлення (колова швидкість деталі).

З другого боку маса елемента наплавленого шару дорівнює масі розплавленого за одиницю часу електроду без втрат на угар і розбризкування, які враховуються коефіцієнтом втрат η . Тому, використовуючи залежність для m_e , можна записати:

$$m_H = \frac{\pi d_e^2}{4} v_e \gamma_e \eta. \quad (5.6)$$

Із формул залежностей (5.5) і (5.6) одержимо:

$$v_H = \frac{\pi d_e^2 v_e \gamma_e}{4 S_H h_H \gamma_{HM}} \eta. \quad (5.7)$$

Для суцільного дроту можна прийняти, що $\gamma_e = \gamma_{HM}$ (для порошкового дроту $\gamma_e = 6,5$ г/см³, а $\gamma_{HM} = 7,8$ г/см³), тоді для суцільного дроту:

$$v_H = \frac{\pi d_e^2 v_e}{4 S_H h_H} \eta. \quad (5.8)$$

Розмірність у залежності (5.8): d_e, h_H, S_H — мм, v_H і v_e — у м³/год.

Враховуючи, що швидкість наплавлення чисельно дорівнює коловій швидкості деталі, можна записати:

$$v_H = \frac{\pi D_d n 60}{1000}, \quad (5.9)$$

де v — швидкість наплавлення, м/год; D_d — діаметр деталі, мм (для розрахунку приймається номінальний); n — частота обертання деталі, хв⁻¹.

З формули (5.9) одержимо:

$$n = 5,31 \frac{v_d}{D_d}. \quad (5.10)$$

Слід мати на увазі, що розглянуті розрахункові технологічні залежності мають наближений характер, оскільки на формування наплавленого валика впливають й інші фактори складного дугового процесу наплавлення. Разом з тим при налагодженні технологічного процесу наплавлення розрахункові залежності дозволяють урегулювати процес у потрібному напрямку, оскільки в них відображений взаємозв'язок основних параметрів.

При наплавленні тіл обертання необхідно також враховувати можливість стікання наплавленого металу у напрямку обертання деталі. У зв'язку з цим дугу (електрод) зміщують із zenіту деталі у бік, протилежний її обертанню.

На формування валика впливає також виліт електроду, тобто довжина вільного кінця від мундштука. Із його збільшенням збільшується опір, а сила струму і глибина проплавлення зменшуються і за певних умов може бути непроварювання основного металу.

Отже, до основних технологічних параметрів режимів механізованого наплавлення деталей відносяться: напруга електричної дуги, сила струму наплавлення, швидкість подачі електродного дроту і наплавлення (частота обертання деталі), крок наплавлення (поздовжня подача електроду), зміщення електроду із zenіту, виліт електроду. Вихідними параметрами є діаметри деталі електроду.

Для окремих видів механізованого наплавлення до режиму можуть відноситись й інші параметри, наприклад амплітуда і частота коливань електроду при вібродуговому наплавленні. Вибір параметрів режимів механізованого наплавлення залежить від його виду, величини зношеного шару, матеріалу і діаметра деталі, вимог до фізико-механічних властивостей наплавленого металу.

Наплавлення під шаром флюсу полягає у тому, що між електродним дротом і деталлю, з'єднаними із полюсами джерела живлення, виникає електрична дуга. У зону її горіння (рис. 5.2) безперервно надходить гранульований флюс. Під дією високої температури дуги (6000—7500 °С) флюс частково розплавляється і утворює на поверхні розплавленого металу оболонку, яка захищає зону наплавлення від зовнішнього середовища, запобігає розбризкуванню металу, утворенню пор, вигорянню вуглецю і легуючих

елементів. Після охолодження металу розплавлений флюс твердіє, утворюючи на поверхні наплавленого валика шлакову кірку, яку видаляють.

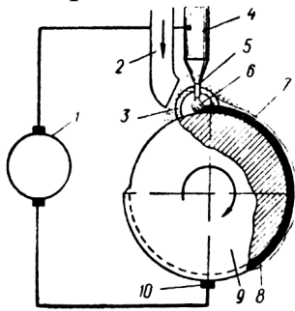


Рисунок 5.2 Схема наплавлення під шаром флюсу:

- 1 — джерело живлення електричної дуги; 2 — пристрій для подачі флюсу; 3 — захисна оболонка;
- 4 — мундштук; 5 — електродний дріт; 6 — електрична дуга; 7 — шлакова кірка; 8 — наплавлений шар; 9 — деталь; 10 — підведення струму до деталі

Обладнання для наплавлення під шаром флюсу має зварювальну головку, джерело живлення і токарний або спеціальний верстат. Для механізованого наплавлення застосовують автомати (головки) А-580М, А-874Н, ОКС-1252М тощо, для напівавтоматичного зварювання — шлангові напівавтомати ПШ-54, ПДШМ-500. На спеціалізованих ремонтних підприємствах використовують спеціальні установки, наприклад для наплавлення бігових доріжок ланок гусениць, опорних котків і натяжних коліс (ОКС-11200, ОКС-11235), валів та інших деталей, які мають форму тіл обертання (СН-2, УД-209) тощо.

Джерелом живлення є зварювальні агрегати типу ПС-300 і ПСГ-500 та випрямлячі типу ВС-300 і ВДУ-504 з падаючою характеристикою.

Наплавлення переважно ведуть на постійному струмі зворотної полярності, що дозволяє підтримувати високу стабільність процесу і раціонально використовувати температуру електричної дуги, тобто більше тепла підводити до електричного дроту і менше до деталі.

Фізико-механічні властивості наплавленого поверхневого шару деталі можуть змінюватися у достатньо широких межах, залежно від марки електродного дроту, флюсу і режимів наплавлення.

Для наплавлення під шаром флюсу застосовують сталевий зварювальний дріт діаметром 1-3мм типу Св і Нп без захисного покриття. Марку дроту вибирають залежно від хімічного складу матеріалу наплавленої деталі. Наприклад, для наплавлення деталей з маловуглецевих сталей рекомендується застосовувати низьковуглецеві дроти Св-08, Св-08А, Св-08ГА, Св-08ГС тощо. Для одержання стійких покриттів використовують дроти з вуглецевих і легированих сталей: Нп-40, Нп-65Г, Нп-30ХГСА, Нп-40Х13 та ін.

Флюси, які застосовуються під час наплавлення, за способом виготовлення поділяються на два основних види: плавлені і керамічні.

Плавлені флюси виготовляють сплавленням компонентів, після чого одержану масу подрібнюють і розмелюють (гранулюють). Залежно від розміру гранул розрізняють дрібнозернисті (0,4-2,5мм) і крупнозернисті (1,6-4,0мм) флюси. До складу плавлених флюсів входять шлакоутворювальні, газоутворювальні та іонізуючі речовини, а також розкислювачі, які захищають метал від окислення і сприяють формуванню наплавленого валика, розкислюють розплавлений метал, стабілізують горіння дуги. Але такі флюси не надають високої твердості наплавленому шару, оскільки не містять легуючих елементів. Для відновлення деталей сільськогосподарської техніки найчастіше застосовують плавлені флюси АН-348А, АН-60 і ОСЦ-45, які у

поєднанні з електродним дротом, що має легуючі добавки, дозволяють одержати наплавлений шар без пор і тріщин твердістю до HRC 45.

Керамічні флюси, крім стабілізуючих і шлакоутворюючих компонентів, містять ще й легуючі елементи (феротитан, ферохром тощо), які при наплавленні маловуглецевим дротом Св-08 дозволяють одержати наплавлений шар високої, міцності і стійкості проти зношування. Температура плавлення феросплавів у 1,5-2 рази вища, ніж решти компонентів, тому керамічні флюси не можна виготовити за допомогою сплавлення. У цьому випадку всі компоненти флюсу подрібнюють, просіюють і змішують у заданих співвідношеннях, додаючи рідке скло. Одержану масу гранулюють, висушують і прокалюють при температурі 300-400°C протягом 2 год.

У ремонтному виробництві застосовують керамічні флюси ЛНК-18 і АНК-19.

Потрібні властивості (твердість, стійкість проти зношування) наплавленого шару одержують, поєднуючи різні флюси і електродний дріт (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 Залежність твердості наплавленого шару від наплавлених матеріалів

Флюс	Електродний дріт	Твердість шару після наплавлення HRC
АН-348А	Св-08Г2С	18-20
	Св-18 ХГСА	25-28
	НП-40 Х13	40-45
АНК-18	Св-08	38-43
	Св-08Г2С	41-45

У випадку відсутності необхідних керамічних флюсів можна приготувати суміші, додаючи у плавлений флюс, наприклад Л-348А, чавунну стружку (до 40%), графіт (4-6%) або феросплави (до 20% ферохрому). Застосування таких флюсів-сумішей дозволяє одержати наплавлений шар однорідного хімічного складу, високої твердості і стійкості проти зношування.

Якість наплавленого металу суттєво залежить від режимів процесу (табл. 5.2), які вибирають з урахуванням товщини наплавленого шару і форми деталі. Наплавлення під шаром флюсу ведуть при напрузі 26-36 В і щільності струму до 50-100 А/мм² перерізу електродного дроту.

Наплавлення під шаром флюсу має ряд переваг: продуктивність у 5-10 разів вища порівняно з ручним наплавленням, широкі можливості одержання потрібних механічних властивостей наплавленого шару, економна витрата електроенергії і електродного дроту, поліпшені умови праці зварювальника (закрита дуга).

Таблиця 5.2. Режими наплавлення під шаром флюсу

Діаметр деталі, мм	Діаметр електроду, мм	Сила струму, А	Швидкість наплавлення, м/год	Швидкість подачі електродного дроту, м/год	Крок наплавлення, мм	Зміщення електроду із zenіту, мм

50	1,6	140	16-24	75	3,0	2
60	1,6	170	16-28	110	3,5	3
75	2	180	16-32	125	4,5	5
100	3	220	16-32	160	5,6	8
200	3	250	16-36	180	6,7	10

До недоліків слід віднести: складність утримання флюсу на поверхні деталей діаметром менше 50мм, необхідність відокремлення шлакової кірки, швидке й глибокі прогрівання, яке призводить до зміни фізико-механічних властивостей і деформації деталі.

Наплавлення під шаром флюсу доцільно застосовувати при відновленні деталей, які мають відносно великий знос (понад 2мм).

Наплавлення у середовищі захисних газів. Розплавлений метал можна захищати від дії кисню і азоту повітря струменем газу, який витискає повітря із зони горіння електричної дуги.

При зварюванні і напавленні застосовують такі захисні газы, як аргон, гелій (для всіх металів), азот (для міді та її сплавів), вуглекислий газ, водяну пару (для сталі і чавуну). У ремонтному виробництві використовують зварювання і напавлення у середовищі вуглекислого газу, які забезпечують високу якість при низькій собівартості відновлення деталей (рис. 5.3).

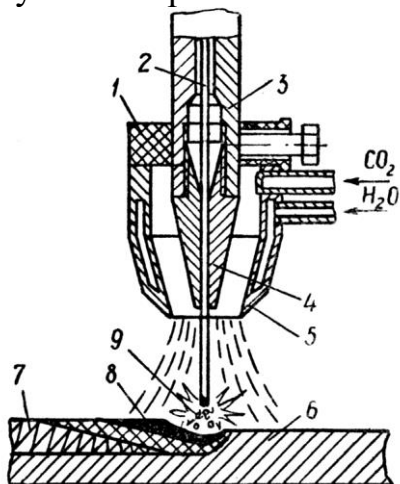


Рисунок 5.3 Схема напавлення у середовищі вуглекислого газу:

- 1 — мундштук; 2 — електродний дріт;
 3 — мундштук; 4 — наконечник,
 5 — сопло, 6 — деталь; 7 — напавлений шар;
 8 — зварювальна ванна рідкого металу; 9 — електрична дуга

Електродний дріт безперервно подається у зону напавлення. Струм до дроту підводиться через наконечник, розміщений всередині мундштука. Під дією високої температури електричної дуги на поверхні деталі утворюється рідка ванна, в якій перемішуються метали електроду і деталі. У зону напавлення через сопло пальника надходить вуглекислий газ, який захищає рідкий метал від контакту з киснем повітря. З одного боку вуглекислий газ захищає метал від навколишнього середовища, з іншого розкладається при високій температурі дуги і окислює розплавлений метал:

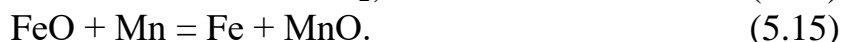


Під час напавлення високовуглецевої сталі окислення відбувається від взаємодії вуглекислого газу і кисню із залізом:



Ці процеси супроводжуються інтенсивним вигоранням вуглецю,

легуючих елементів, появою пор у наплавленому шарі. Для усунення цього рекомендується застосовувати електродний дріт, що містить кремній і марганець, за допомогою яких відбувається розкислення наплавленого металу і видалення окислів із зварювальної ванни:



Для наплавлення у середовищі вуглекислого газу застосовують наплавлювальні головки (АБС, А-384, А-580 тощо), джерела живлення (ВС-200, ВСУ-300, ПСГ-300, ПСГ-500 тощо), підігрівач та осушувач газу, редуктор-витратомір (ДРЗ-1-5-7) або ротаметри (РС-3, РКС-65). До комплекту газової апаратури входить балон з вуглекислим газом (тиск 7,5МПа), який містить 25кг вуглекислоти. За нормальних умов ($t = 0^\circ\text{C}$, $P_{\text{атм}} = 760\text{мм.рт.ст.}=101,3\text{КПа}$) після випарування 1кг вуглекислоти утворюється близько 500л вуглекислого газу.

Наплавлення у середовищі вуглекислого газу виконують на постійному струмі зворотної полярності. Марку електродного дроту вибирають залежно від матеріалу відновлюваної деталі і потрібних фізико-механічних властивостей наплавлюваного металу. Для наплавлення середньовуглецевих, сталей застосовують дроти Св-0,8ГС, Св-08Г2С, Нп-30ХГСА діаметром 0,5-2,5мм, які дозволяють одержати твердість наплавленого шару НВ 220-290. Щоб одержати більш високу твердість, необхідно провести цементацію, гартування СВЧ або використати порошкові дроти.

На якість наплавленого шару поряд з матеріалом електродного дроту впливають також режими наплавлення (табл. 5.3).

Сила струму наплавлення визначається напругою на дузі, швидкістю подачі і діаметром електродного дроту (площею поперечного перерізу електроду). Швидкість подачі дроту встановлюють з таким розрахунком, щоб у процесі наплавлення не було короткого замикання, і обриву дуги. Швидкість наплавлення встановлюють залежно від товщини і якості формування наплавлюваного шару.

Таблиця 5.3 Режими наплавлення у середовищі вуглекислого газу

Діаметр деталі, мм	Товщина наплавлюваного шару, мм	Діаметр електроду, мм	Сила струму, А	Напруга, В	Швидкість наплавлення, м/год	Зміщення електроду із zenіту, мм	Крик наплавлення, мм	Виліт електроду, мм	Витрата CO ₂ , л/год
10	0,5	0,8	70	16	40	2	2,5	7	360
20	0,8	1,0	85	18	40	3	2,8	8	360
30	1,0	1,2	90	19	35	5	3,0	10	360
40	1,2	1,4	110	20	30	6	3,5	10	480

Витрата вуглекислого газу залежить, в основному, від величини зварювального струму. Для нормального захисту зони наплавлення від повітря необхідно витратити близько 600л вуглекислого газу на годину при зварювальному струмі $I_{\text{зв}} = 200$ А. Недостатня кількість вуглекислого газу у зоні наплавлення призводить до появи пор у наплавленому шарі.

Виліт електродного дроту суттєво впливає на якість наплавлюваного металу і залежить від діаметра дроту та його питомого електричного опору.

При великому вильоті сопло пальника віддаляється від поверхні деталі, захист зони наплавлення погіршується, внаслідок чого з'являються дефекти у наплавленому шарі — електродний дріт перегрівається і перегорає, при малому — сопло закупорюється бризками металу і обгорає.

Наплавлення у середовищі захисних газів має ряд переваг: високу продуктивність (не нижча наплавлення під шаром флюсу); відсутність шлакової кірки; високий ступінь щільності дуги, що сприяє незначним нагріванню деталі і її деформації; можливість наплавлення шару невеликої товщини (0,8-1,5мм); низьку вартість робіт при використанні активних газів (CO_2 , водяної пари, сумішей газів).

Наплавлення у середовищі захисних газів застосовують при відновленні деталей складної форми, багат шаровому наплавленні сплавів з високим вмістом домішок, які погіршують відокремлення шлакової кірки, наплавленні дрібних деталей діаметром від 10мм.

Вібродугове наплавлення відрізняється від розглянутих раніше способів механізованого наплавлення тим, що кінець електроду здійснює коливальні рухи у площині, перпендикулярній площині наплавлення, а наплавлений шар охолоджується струменем рідини.

Установка для вібродугового наплавлення (рис. 5.4) складається із головки, закріпленої на супорті токарного верстата, яка має вібратор і механізм подачі електродного дроту, джерела струму, додаткового індуктивного опору (дроселя), системи подачі охолоджувальної рідини.

У процесі наплавлення вібруючий електрод періодично замикає зварювальне коло, змінюючи в ньому напругу і струм. У кожному циклі вібрації можна виділити три періоди: короткого замикання, дугового розряду і холостого ходу. У момент короткого замикання напруга на дузі падає майже до нуля, а сила струму підвищується до максимального значення. При відході електроду від деталі напруга у колі миттєво підвищується до 18-24 В, внаслідок дії електрорушійної сили самоіндукції і виникає короточасний дуговий розряд. Електродний дріт розплавлюється і краплі розплавленого металу переносяться на деталь. При подальшому відході електроду від деталі горіння дуги переривається і настає період холостого ходу, який продовжується до наступного короткого замикання, після чого цикл повторюється.

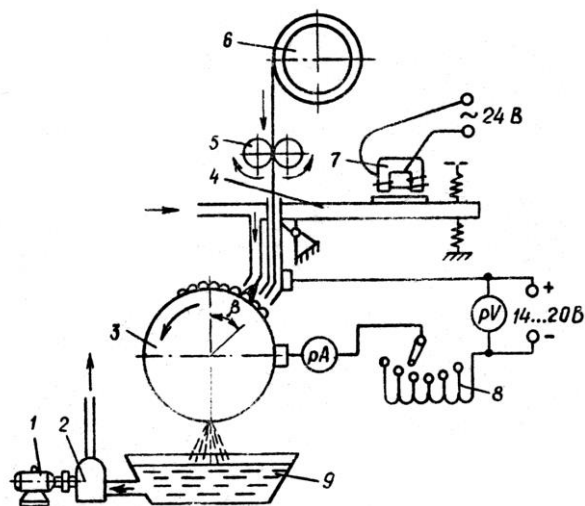


Рисунок 5.4 Схема вібродугового наплавлення:

- 1 — електродвигун; 2 — насос; 3 — деталь; 4 — вібруючий мундштук;
5 — механізм подачі дроту 6 — касета електродного дроту; 7 — вібратор;
8 — індуктивний опір; 9 — місткість із охолоджувальною рідиною.

У період дугового розряду виділяється 80-85% тепла, яке витрачається на розплавлення електроду і утворення зварювальної ванни. Збільшити кількість виділеного тепла, а значить, і продуктивність наплавлення, можна за рахунок скорочення або виключення періоду холостого ходу, що досягається певним поєднанням величини напруги, індуктивності та амплітуди вібрації електроду.

Під час наплавлення мундштук разом із дротом вібрує з частотою 50-110Гц і амплітудою 1,5-3,2мм, що сприяє перенесенню розплавленого матеріалу електродного дроту невеликими порціями, забезпечуючи якісне формування валиків.

Наплавляти можна на постійному та змінному струмі. Постійний струм забезпечує кращу стабільність процесу. Полярність струму впливає на якість наплавленого шару і його зчеплення з основним металом. Ці показники кращі при напавленні вібродуговим способом на струмі оберненої полярності.

Джерелом живлення електричної дуги при вібродуговому напавленні є генератори типу АНД-500/250, випрямлячі ВС-300 і ВС-600, перетворювачі ПД-305 і ПСГ-500. Індуктивним опором є дросель РСТЕ-34, включений у зварювальне коло послідовно.

Зараз установки для вібродугового наплавлення комплектують головками типу ОКС-6569 з механічними і УАНЖ-6 з електромагнітними вібраторами.

Рекомендовані режими вібродугового наплавлення сталей деталей на струмі зворотної полярності при напрузі дуги 12-15 В наведені у табл. 5.4.

Таблиця 5.4 Режими вібродугового наплавлення

Діаметр деталі, мм	Товщина наплавленого шару, мм	Діаметр електроду, мм	Сила струму, А	Швидкість наплавлення, м/год	Крок наплавлення, мм	Амплітуда вібрації електро-ду, мм	Швидкість подачі електроду, м/год	Витрата охолоджувальної рідини, л/хв
20	0,3	0,8	100	132	1,0	1,5	36	0,2
40	0,7	1,0	120	72	1,3	1,8	24	0,4
60	1,1	1,6	150	60	1,6	2,0	48	0,5
80	1,5	2,0	180	36	1,8	2,0	60	0,6

Структура і твердість наплавленого шару залежать від хімічного складу електродного дроту і охолоджувальної рідини. Остання у процесі наплавлення виконує ряд функцій: зменшує теплову дію дуги на деталь, збільшує швидкість охолодження наплавленого шару, захищає розплавлений метал від повітря, сприяє стійкому горінню дуги за рахунок випаровування рідини та іонізації електродного проміжку.

Охолоджувальною рідиною є 3-6%-ний водяний розчин кальцинованої соди або 12-20%-ний водяний розчин технічного гліцерину. Рідину подають на відстані 10-40мм від електроду. При зменшенні вказаної відстані підвищується швидкість охолодження наплавленого шару, збільшується середня твердість наплавленого металу, виникає велика кількість мікротріщин.

Захист розплавленого металу при вібродуговому наплавленні може здійснюватись за допомогою вуглекислого газу, флюсу, водяної пари.

Для вібродугового наплавлення застосовують зварювальний вуглецевий або легований дріт діаметром 1-3мм. Вибір дроту залежить від потрібної твердості та стійкості проти зношування наплавленого шару. Металопокриття має твердість 14-19 HRC при використанні маловуглецевого дроту Св-08 і Св-08ГА, а при наплавленні дротом Нп-30ХГСА, Нп-65 і Нп-80 валик в охолоджувальній рідині загартовується до твердості 26-55 HRC. Наступний валик наплавленого металу частково розплавляє попередній і створює зону відпалення. Це призводить до неоднорідності структури і твердості наплавленого шару, що ускладнює механічну обробку деталі.

Переваги вібродугового наплавлення: незначне нагрівання і деформація деталей, одержання високої твердості і стійкості наплавленого шару без термічної обробки, можливість нанесення тонких шарів металу (до 0,1мм), висока продуктивність при відносній простоті обладнання і технологічного процесу. Але наплавлений із застосуванням охолоджувальної рідини: шар схильний до утворення тріщин і виникнення високих розтягувальних напруг. Втомлювана міцність деталей, відновлених вібродуговим наплавленням, суттєво знижується.

Таким чином, використовувати вібродугове наплавлення доцільно для відновлення деталей, які мають малий знос і не підлягають знакозмінним навантаженням (шийки валів коробок передач і задніх мостів, штовхачів тощо).

Тема 2. Нарощування деталей електродуговою та газополуменевою металізацією, плазмовим, газополуменевим напиленням металевих порошків.

Наплавлення порошковими електродами. Електродним матеріалом у цьому випадку є згорнута з маловуглецевої сталльної стрічки безперервна труба, заповнена порошковою сумішшю — шихтою (рис. 5.5). До складу шихти входять легуючі, газо- і шлакоутворювальні, розкислювальні та інші компоненти.

При горінні дуги шихта відстає від оболонки, що понижує якість наплавленого шару. Щоб підвищити електропровідність шихти, до неї додають до 30% залізного порошку або розділяють осердя дроту металічними перегородками, електрично зв'язаними з оболонкою (рис. 5.5 в, г, д).

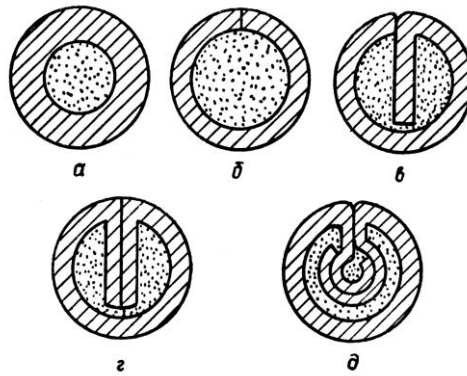


Рисунок 5.5 Поперечний переріз порошкових дровів:

a, б — трубчастий; *в* — однозагинний; *г* — двозагинний; *д* — двошаровий.

Використовують два типи порошкового дроту: із зовнішнім захистом (під шаром флюсу або у середовищі CO₂) і самозахисні.

Для наплавлення порошковим дротом застосовують токарні верстати з головками А-580М і ОК.С-1252М, а також спеціальні верстати УД-139, У-651, ОКС-11238. Дуга живиться від джерела струму із жорсткою зовнішньою характеристикою: зварювальні перетворювачі ПСІ-500, ПСУ-500, випрямлячі ВДУ-504, ВС-600, ВДМ-1001.

Наплавлення порошковим дротом виконують при постійному струмі оберненої полярності. Діаметр електроду залежить від товщини наплавленого шару, а силу струму вибирають залежно від швидкості наплавлення і підібраного діаметра електроду. Режими наплавлення залежно від марки електроду і діаметра деталі наведені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 Режими наплавлення порошковим електродом

Електрод	Діаметр, мм		Сила струму, А	Напруга, В	Швидкість наплавлення, м/год
	деталі	електроду			
ПП-АН1	40-60	2,8	260-320	22-24	18-25
ПП-АН4	45-50	2,2	180-220	20-22	20-25
	50-60	2,5	200-250	22-24	20-28
ПП-АН106	40-55	2,6	160-180	22-24	25-35
	50-65	2,6	160-180	22-24	20-25
ПП-25Х5ФМС	45-55	2,6	160-180	22-24	35-40
	50-65	3,6	200-220	22-24	30-40

Наплавлення порошковим дротом застосовують для відновлення деталей з відносно великим зносом, які працюють при знакозмінних навантаженнях або в агресивних середовищах (колінчасті вали, тарілки клапанів тощо). Поширення порошкових електродів стримується через їх високу вартість. Разом з цим наплавлення порошковим дротом має деякі переваги перед іншими способами наплавлення: більш висока продуктивність процесу, відсутність необхідності видалення шлаку при наплавленні самозахисним електродом, широкі можливості керування фізико-механічними властивостями наплавленого шару (твердість HRC 60) за рахунок хімічного складу шихти.

Спеціальні види нарощування зношених деталей

Газотермічне напилення — це процес нанесення покриттів на поверхні деталей різної конфігурації за допомогою високотемпературного швидкісного струменя, який містить частинки порошку або краплини розплавленого матеріалу, що осаджується на поверхні під час ударного зіткнення.

Напилюванням можна наносити покриття з різних металів і сплавів як на металічну, так і на неметалічну (кераміку, скло тощо) основу.

При відновленні деталей (компенсації зношеного шару) газотермічне напилювання має ряд суттєвих переваг відносно інших видів нарощування поверхонь:

одержання покриттів із широким спектром заданих властивостей, у тому числі створення зміцненого поверхневого шару, який має високу стійкість проти зношування за рахунок вибору матеріалу і технологічних режимів напилювання;

незначне нагрівання деталі (не вище 200°C), що дозволяє зберігати структуру і властивості основного матеріалу, уникнути додаткових трудомістких операцій термообробки; ,.

нанесення покриттів із товщиною в широкому інтервалі — від сотих долей міліметрів до кількох міліметрів при високій продуктивності;

напилювання для захисту поверхонь від корозії і надання їм декоративного вигляду.

До основних видів газотермічного напилювання, залежно від джерела теплової енергії для розплавлення металу, відносяться газополуменеве і газоелектричне (електродугове і плазмове).

Загальний технологічний процес газотермічного напилювання. Для всіх видів газотермічного напилювання технологічний процес складається з таких основних операцій:

попередня механічна обробка деталей для виправлення геометрії відновлюваної поверхні, знімання дефектного шару і забезпечення необхідної товщини напиленого шару з урахуванням припуску на обробку;

знежирювання деталей в органічних розчинниках і миття у розчинах СМЗ;

спеціальна обробка поверхні для забезпечення міцного зчеплення з напилюваним металом;

напилювання на поверхню металічного шару.

Спеціальна обробка поверхні має особливе значення у зв'язку з тим, що міцність зчеплення є основною характеристикою напиленого шару. Це потрібно враховувати при розробці технологічного напилення, оскільки міцність зчеплення суттєво залежить виду напилюваного металу, способу і режимів нанесення покриття.

Технологія спеціальної обробки поверхні вимагає створення шорсткості на поверхні, яка, не знижуючи (помітно) міцності деталі, сприяла б механічному закріпленню напилюваного металу. Для цієї мети застосовують струменево-абразивну обробку, накатування, нарізання «рваної» різьби тощо. «Рвану» різьбу нарізають на токарному верстаті при вильоті різьбового різця 70-100мм і зміщенні різальної кромки нижче осі деталі на 1,5-5мм (залежно від

діаметра деталі). Швидкість обертання деталі — 30-40 хв⁻¹. Міцність зчеплення може бути підвищена попереднім напилюванням підшару із спеціальних матеріалів, а також шляхом оплавлення напиленого шару.

Газополуменеве напилювання. Метал (порошковий матеріал або дріт) розплавляється полум'ям суміші газу (ацетилен, пропан-бутан тощо) та кисню і розпилюється стиснутим повітрям або інертним газом. Подача порошкового матеріалу у зону полум'я може здійснюватись за допомогою транспортувального газу (рис. 5.6) або безпосередньо з бункера по трубці під дією сили тяжіння. Транспортування порошку за допомогою інертних газів сприяє зменшенню окислення розплавлених частинок металу. Перевага введення порошку стиснутим повітрям полягає у простоті обладнання і відсутності необхідності у транспортувальному газі, але в цьому випадку має місце інтенсивніша взаємодія, частинок порошку з навколишнім середовищем.

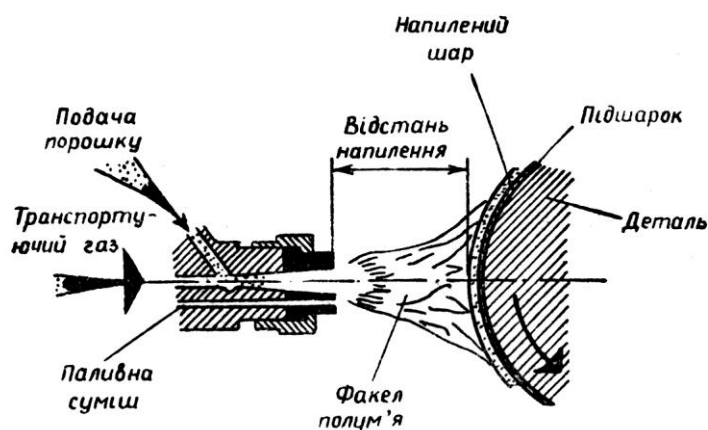


Рисунок 5.6. Схема подачі порошку у факел полум'я за рахунок інжекції струменем газів

З метою підвищення міцності зчеплення напилюваного металу і поверхні деталі застосовують попереднє напилювання, тобто створюють підшарок. Під час напилювання підшарку, наприклад, із суміші нікелю і алюмінію (якщо один з них виконує у порошку або порошковому дроті роль обгортки, а другий — роль наповнювача) між ними відбувається екзотермічна реакція (з виділенням тепла) і в момент ударяння частинок по поверхні деталі їх температура досягає 1450°C. В результаті частинка (крапля), яка складається з нікелю, алюмінію та їх оксидів, міцно приварюється до поверхні і створює шорсткість для надійного зчеплення наступного (основного) шару із заданими механічними властивостями.

Інколи перед нанесенням покриття для видалення адсорбованої вологи і підвищення міцності зчеплення покриттів рекомендується проводити попереднє нагрівання деталі до 90-180 °С у сушильній шафі або полум'ям напилювального апарата без подачі порошку (при невеликих розмірах деталей).

Для відновлення деталей, які працюють в умовах тертя, застосовують стійкі проти зношування порошки на основі нікелю або дешеві сплави на основі заліза, які мають високі експлуатаційні і технологічні властивості.

Хімічний склад порошків на основі нікелю, %: нікель — 80, хром — 12-15, бор — 1,5-4, кремній — 0,5-4, вуглець — 0,3-1,0, залізо — 5. Марки порошків мають позначення, наприклад ПГ-ХН80СР2 (Х — хром, Н — нікель, С — кремній, Р — бор), де остання цифра (2, 3 або 4) характеризує процентний вміст всіх елементів, крім нікелю або заліза.

Порошкові сплави на основі нікелю мають низьку температуру плавлення (950-1050°C), регульовану твердість (35-60 HRC), рідкотекучість, високу стійкість проти зношування і властивості самофлюсування. А бор (Р) і кремній (С) у цих сплавах активно віднімають кисень від окислів. Головним недоліком цих сплавів є їх висока вартість.

Порошкові сплави на основі заліза з високим вмістом вуглецю мають низьку вартість, високу стійкість проти зношування, але більш тугоплавкі (температура плавлення 1250-1300°C) і не самофлюсуються. Ці сплави містять ферохром і карбіди Йору (наприклад, сплав ФБХ-6-2), забезпечуючи твердість НЕС 56-63. Застосовуються також композиційні порошкові суміші сплавів на основі нікелю і заліза. Наприклад, композиція ПС-1 являє собою суміш порошків у рівних пропорціях: на основі нікелю — ПГ-ХН80СР3 і на основу заліза — ПГ-У30Х28Н4С4 (твердий сплав сормайт).

Газополуменеве напилювання порошків може застосовуватись оплавлення і з оплавленням напиленого шару. В останньому випадку значно поліпшується міцність зчеплення з основним металом і підвищується стійкість відносно знакозмінних навантажень на деталь у процесі експлуатації.

Електродугове напилювання. При електродуговому напилюванні (рис. 5.7) два дроти з напилюваного металу діаметром 1-2мм, з'єднані з електричним джерелом живлення, безперервно подаються за допомогою механізму подачі по напрямних наконечниках. У точках їх зближення виникає електрична дуга, яка розплавляє метал. Останній стиснутим повітрям або інертним газом, який подається по каналах металізатора (газотермічне напилення у літературі часто називають металізацією), переноситься на поверхню зі швидкістю 100-300м/с у вигляді частинок розміром 3-300мкм.

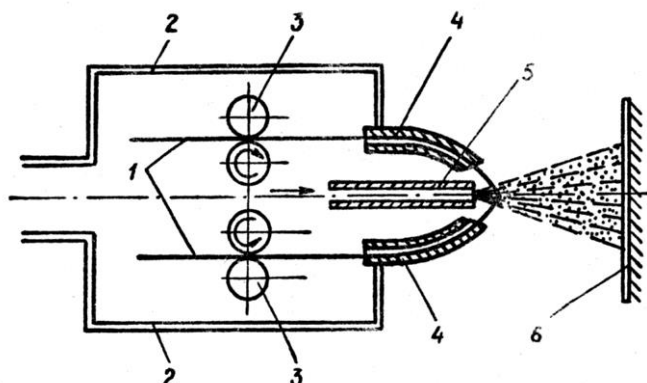


Рисунок 5.7. Схема електродугового металізатора:

- 1 — дріт; 2 — корпус механізму подачі дроту; 3 — ролики; 4 — наконечники;
5 — повітряне сопло; 6 — деталь

Частинки металу, взаємодіючи із зовнішнім середовищем під час польоту, покриваються оксидною плівкою. При зіткненні з поверхнею деталі ця

плівка за рахунок кінетичної енергії частинок руйнується, утворюючи на поверхні суцільне шарувате покриття з великою кількістю пор і оксидів. Зчеплення частинок з поверхнею відбувається за рахунок адгезії і механічного зчеплення з шорсткою поверхнею.

Для електродугового напилювання використовують дроти Нп-30, Нп-30ХГСА, Нп-30Х13 діаметром 1,2-2,5мм.

Приблизний режим процесу: напруга 25-40В, сила струму 80-160А, швидкість подачі дроту 0,6-1,5м/хв, тиск повітря 0,4-0,6МПа, відстань від сопла до деталі 80-100мм. Застосовують ручні (ЕМ-3, ЕМ-9) і стаціонарні (ЕМС-1, ЕМ-12) металізатори.

Перевага електродугового напилювання — простота обладнання і висока продуктивність, а наявність у поверхневому шарі пористості створює сприятливі умови для роботи рухомих з'єднань (при малих навантаженнях). Недоліком способу є окислення і вигорання легуючих елементів, а також зниження втомлюваної міцності.

Плазмове напилювання полягає у тому, що метал, розплавлений плазмовим струменем, розпилюється і наноситься на відновлювану поверхню тими ж газами, які застосовуються для плазмоутворення і захисту.

За допомогою плазмового струменя, який має високу температуру, можна наносити будь-які тугоплавкі матеріали, карбіди, бориди, оксиди з високою швидкістю і рівномірністю. Застосування для плазмоутворення і захисту нейтральних газів, аргону, азоту та їх сумішей сприяє мінімальному вигоранню легуючих елементів і окисленню частинок. Плазмові покриття мають високу щільність і міцність зчеплення з основним металом.

Електроконтактне напикання металічних порошків. Варіанти схем електроконтактного напикання металічних порошків наведені на рис. 5.8.

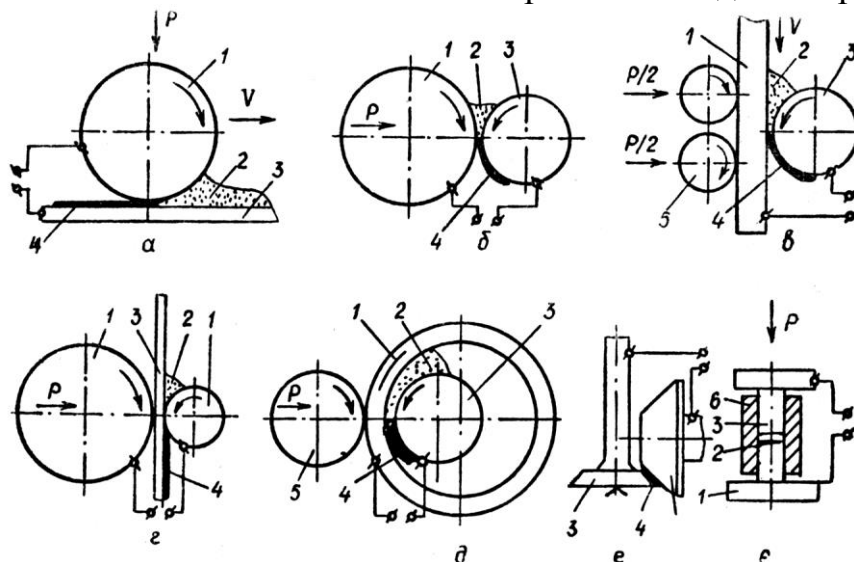


Рисунок 5.8. Схеми електроконтактного напикання металічних порошків: а, в, в, г, д, е, ж — варіанти; 1 — контактний ролик електрод; 2 — металічний порошок; 3 — деталь; 4 — напечений шар порошку; 5 — натискний ролик; 6 — форма

Фізико-механічна суть процесу полягає в тому, що металічний порошок

подається у зону контакту між роликком-електродом і відновлюваною деталлю. Під час проходження зварювального, струму частинки порошку нагріваються до температури спікання (0,6-0,9 температури плавлення), пом'якшуються, пластично деформуються під дією тиску ролика. Спікання частинок порошку у і припікання її до відновлюваної деталі відбуваються за к дифузійних процесів і сплавлення частинок порошку в контактуючих точках їх поверхні.

Покриття одержують тверде (HRC 50-63) з пористістю 6-12%. Заповнення пор маслом сприяє утворенню стійкої масляної плівки і підвищенню стійкості деталі проти зношування.

Для напікання використовують порошки АПМ, АПХМ, сормайт 1, суміш порошку АПМ з феромарганцем тощо.

Режим нарікання: сила зварювального струму становить 2,5-3,5кА на сантиметр ширини ролика при напрузі 0,7-1,4В, тиск роликів 40-60МПа, швидкість напікання 0,12-0,25 м/хв.

Перевага процесу — висока продуктивність, мала глибина теплової дії і висока стійкість припеченого шару проти зношування. До недоліків можна віднести обмежену товщину шару, що напікається, і складність обладнання.

Електроіскрове нарощування металу застосовується для зміцнення або відновлення зношеної поверхні деталі. Величина нанесеного шару не перевищує 0,7мм. Завдяки можливості використання різних електродних матеріалів для нарощування на робочу поверхню деталі можна одержати задані експлуатаційні властивості. Перевагою електроіскрового нарощування металу порівняно з іншими методами наплавлення є:

формування мінімальної зони термічного впливу (0,2-0,8мм), що забезпечує стабільність властивостей основного металу деталі;

можливість використання малотехнологічних, але ефективних за досягнутими властивостями, електродних матеріалів;

можливість відновлення і зміцнення деталі з нетехнологічних матеріалів, наприклад чавунів, різних високовуглецевих і легованих сплавів;

забезпечення мінімального об'єму механічної обробки і витрати електродного матеріалу.

Електроіскрове нарощування металу являє собою сукупність короткочасних дугових розрядів, які одержують під час обертання електродів, що стискаються з наплавленою поверхнею деталі.

Суть методу полягає в тому, що краплі металу електроду (аноду) відокремлюються і швидко кристалізуються, сплавляючись із поверхнею деталі (катодом). Метал, який відокремився від аноду імпульсом електричного струму, легує поверхневий шар деталі з формуванням високотвердих включень (нітридів, карбонітридів, карбідів) і загартованих структур матриці.

У період електроіскрового розряду через електроди проходить потужний (до 105-106А/мм²) імпульс струму. Температура у міжелектродному зазорі досягає 10000-15000°С. Присутність у зоні високих температур азоту повітря, а також різних легуючих елементів, які входять до складу, електроду-аноду, дозволяє не тільки нарощувати поверхню деталі, але і легувати її, поліпшуючи фізико-механічні та експлуатаційні властивості поверхні;

Для нарощування використовують різні робочі режими: чистові, середні, грубі. При використанні грубих режимів можна наростити до 0,5-0,7мм металу, м'яких — до 0,2мм.

Для більшості матеріалів максимальна швидкість перенесення металу становить 100-150мкм/с.

Нарощування металу на зношену поверхню проводиться при частоті обертання електроду $5-10\text{с}^{-1}$, постійному струмі силою 150-200А і напругою 9-10В.

Електродами може бути пучок з 100-150 дротиків діаметром 0,5-0,8мм чи диски з листового металу діаметром до 250мм.

Електроди у вигляді пучка дротиків частіше всього використовують для нарощування внутрішніх посадочних поверхонь базисних деталей — коробок передач, ведучих мостів, редукторів, а також штоків, золотників, різальних кромки деталей сільськогосподарських машин.

Електроди, виготовлені у вигляді диску, доцільно застосовувати для обробки тіл обертання або плоских поверхонь.

Для електродів підходять будь-які струмопровідні матеріали. Залежно від умов експлуатації і вимог до деталей використовують електроди з конструкційних і легованих сталей, особливо із вмістом хрому, які забезпечують збільшення товщини нанесеного шару, підвищення його мікротвердості і стійкості проти зношування.

Для електроіскрового нарощування металу застосовують ручні і механізовані установки (ЕФІ-10, «Елітрон-52», «Елітрон-344»).

Ручні установки доцільно використовувати для обробки деталей з малою площиною робочої поверхні, складним профілем, електродами з дорогих матеріалів.

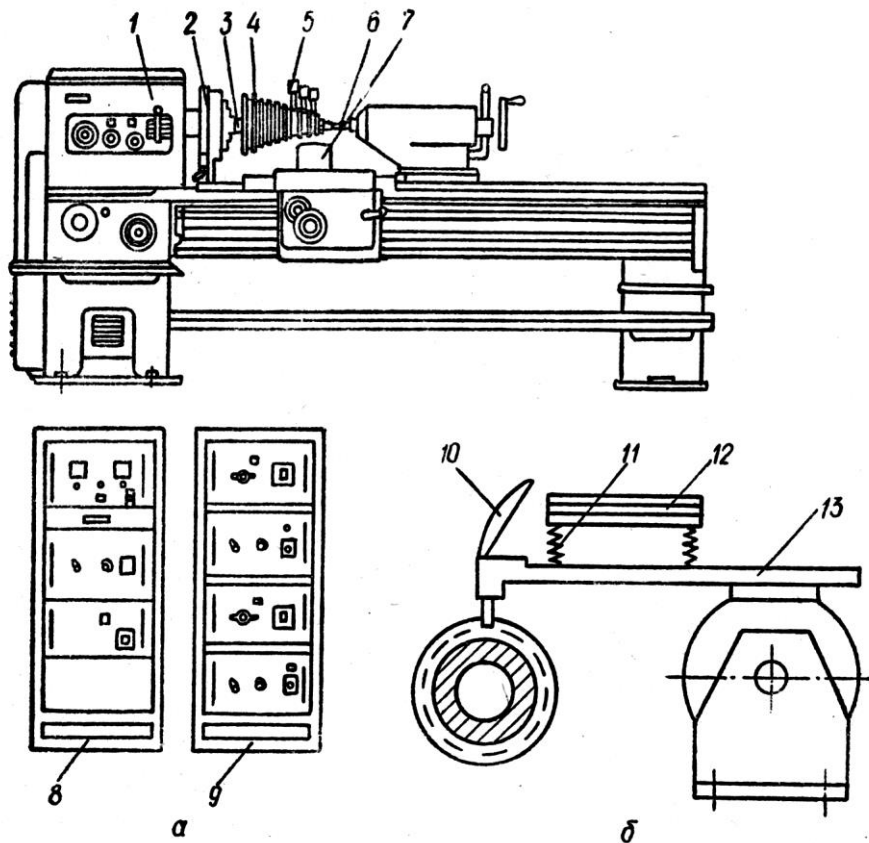


Рисунок 5.9. Установка «Елітрон-344» (а) і оброблювальна головка (б):
 1 — токарний станок ІК62; 2 — трикулачковий патрон зі струмознімачем;
 3 — оправка; 4 — оброблювана деталь; 5 — оброблювальна головка;
 6 — центр; 7 — екран; 8, 9 — генераторні; 10 — гумова трубка для охолодження електроду; 11 — пружина; 12 — тягарці; 13 — тримач

Механізована установка «Елітрон-344» (рис. 5.9) ефективна при обробці деталей типу тіл обертання. Вона складається з двох генераторів, формуючих технологічний струм, токарного верстата і блока керування. До верстата кріпиться оброблювальна головка, призначена для комутування розрядного ланцюга вібруючим електродом. Вона включає два електромеханічних вібратори, які працюють від одного двигуна. Вібратором є електромагнітна муфта.

Блок керування призначений для регулювання роботи установки і параметрів процесу.

До основних характеристик, які визначають якість відновленого шару, відносяться: товщина шару, середня висота мікронерівностей, наявність дефектів (пори, раковини, тріщини) і їх кількість на 1см^2 , мікротвердість. Характеристикою процесу формування покриттів є питомий приріст маси деталі. До найбільш важливих технологічних параметрів, які забезпечують якість нанесеного шару, відносяться: енергія імпульсів, питомий час легування і частота імпульсів. Збільшення енергії імпульсів призводить до зростання товщини нарощуваного шару, висоти мікронерівностей, суцільності покриття, питомого приросту маси при незначному зниженні твердості цього шару. Із збільшенням питомого часу обробки мікротвердість і суцільність покриття

підвищуються. Збільшення частоти імпульсів сприяє зменшенню товщини шару, висоти мікронерівностей, суцільності покриття, питомого приросту маси. Мікротвердість шару зростає.

Контрольні запитання

1. Основні кінематичні характеристики механізованого процесу зварювання (наплавлення).
2. Перерахувати основні технологічні параметри режимів механізованого наплавлення деталей.
3. Наплавлення під шаром флюсу, сутність процесу, переваги та недоліки, застосування.
4. Наплавлення у середовищі захисних газів, сутність процесу, переваги та недоліки, застосування.
5. Вібродугове наплавлення, сутність процесу, переваги та недоліки, застосування.
6. Наплавлення порошковими електродами, сутність процесу, переваги.
7. Спеціальні види нарощування зношених деталей, їх характеристики.

**ЛЕКЦІЯ 6. НАРОЩУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНИМИ
ПОКРИТТЯМИ.
ОСОБЛИВОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ВІДНОВЛЮВАНИХ
ДЕТАЛЕЙ**

**Тема 3 Нарощування деталей електролітичними покриттями.
Застосування полімерних матеріалів у ремонтному виробництві.**

Електролітичні покриття мають досить високі, технологічно регульовані фізико-механічні властивості і дозволяють відновлювати деталі з невеликими зносами без структурних змін основного металу, що дуже суттєво для термічно оброблених поверхонь. Гальванічне нарощування дозволяє тонко регулювати величину припуску на наступну обробку і в окремих випадках застосовувати розмірне покриття. Корозійна стійкість деяких видів покриттів створює добрий антикорозійний захист деталей, а гарний зовнішній вигляд — декоративність. Багато операцій електролітичного покриття може здійснюватись одночасно для великих партій деталей.

Електролізом називають хімічні процеси, які відбуваються на електродах під час проходження електричного струму через електроліти (рис.6.1). Електроліти — кислоти, луки і солі, розчинені у воді, які дисоціюють розпадаючись при цьому на позитивні і негативні іони. Вода (H_2O) є слабким електролітом і дисоціює на іони водню ($2H^+$) і гідроксилу (OH^-). При дисоціації металів і водню одержують позитивний заряд (катіони) і, переміщуючись у процесі електролізу до поверхні катоду (електрод, з'єднаний з негативним полюсом джерела струму), поповнюються електронами, тобто відновлюються (електровідновлення) і перетворюються у нейтральні атоми. Аналогічно іони кислотних залишків гідроксилів, маючи негативний заряд (аніони), переміщуються до поверхні аноду (електрод, з'єднаний з позитивним джерелом струму), розряджаються, віддаючи надлишкові електрони, тобто окислюються (електроокислення) і перетворюються у нейтральні атоми.

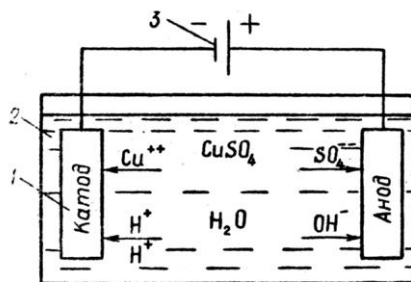


Рисунок 6.1. Схема установки для електролітичного осадження металу:
1 — деталь; 2 — електроліт; 3 — джерело струму

Під час електролізу основним процесом на катоді є виділення металу із супутнім виділенням водню, а на аноді — кисню. Катодом є виріб, який покривають, а анодом — металічні пластини, стержні або інші металічні конструктивні форми. Електроліз металів може здійснюватись із розчинними (наприклад, при залізненні) або нерозчинними (при хромуванні) електродами. У першому випадку основним процесом для них буде розчинення металу, який

підлягає осадженню на деталі, тобто перехід атомів металу в розчин у вигляді катіонів, а супутнім — виділення кисню. Утворені катіони підтримують постійну концентрацію електроліту. При електролізі з нерозчинними анодами поповнення електроліту іонами металу відбувається шляхом додавання в електроліт речовини, яка містить цей метал.

Слід мати на увазі, що властивості електроосаджених металів відрізняються від властивостей тих же металів, одержаних металургійним шляхом. Це пояснюється тим, що метал виділяється на катоді в особливих умовах кристалізації (електрокристалізації) з утворенням різних структур (крупно- і дрібнокристалічна, шарувата тощо) і з певною орієнтацією кристалів — текстурою. Ці фактори надають електролітичним покриттям особливих фізико-механічних властивостей. Наприклад, електролітичне залізо за своїми властивостями за певних режимів осадження не поступається загартованій сталі, тобто значно відрізняється від властивостей чистого заліза.

Параметри, які характеризують електроліз, ґрунтуються на законах Фарадея і визначають основні технологічні режими електролітичних покриттів. З першого закону Фарадея випливає, що теоретична маса речовини, яка виділяється на катоді, пропорційна кількості електрики, що пройшла через електроліт:

$$m_T = cIt, \quad (6.1)$$

де m_T — маса осадженого металу, г; c — електрохімічний еквівалент речовини, яка виділяється на катоді, г/А·год; I — сила струму, А; t — тривалість електролізу, год.

Другий закон Фарадея встановлює, що електрохімічний еквівалент даної речовини пропорційний його хімічному еквіваленту, який дорівнює відношенню атомної маси елемента (a , г) до його валентності (n). Коефіцієнт пропорційності являє собою величину, обернену постійній Фарадея, яка визначає кількість електрики, необхідної для виділення під час електролізу одного грам-еквівалента речовини: $F=96480$ Кл=26,8А·год (1А·год = 3600Кл). Таким чином, з цього закону випливає залежність для розрахунку електрохімічного еквіваленту:

$$c = \frac{1}{F} \cdot \frac{a}{n}. \quad (6.2)$$

Наприклад, для осадження шестивалентного хрому (з хромового ангідриду CrO_3): атомна маса хрому $a=52$ г, а його валентність $n=6$. За формулою (3.25) електрохімічний еквівалент $c = 0,323$.

Оскільки на катоді одночасно з осадженням металу виділяється водень, а також можуть протікати й інші відновлювані процеси (без виділення яких-небудь речовин), на які витрачається частина струму, то дійсна маса осадженого металу буде менша розрахункової за формулою Фарадея. Відношення дійсної кількості речовини (m_D) до теоретичної (m_T) називається виходом за струмом (η) або коефіцієнтом корисної дії (ККД) ванни, вираженим у відсотках:

$$\eta = \frac{m_D}{m_T} 100. \quad (6.3)$$

При розрахунках технологічних режимів електролітичних процесів користуються питомим параметром — щільністю струму, який визначають як відношення сили струму до площі поверхні деталі (катода), яку покривають:

$$D_k = \frac{I}{S_k}, \quad (6.4)$$

де D_k — катодна щільність струму, А/дм²; I — сила струму, А; S_k — площа катода, дм².

Аналогічно можна визначити і анодну щільність струму D_a .

Для визначення товщини h приблизно рівномірно осадженого металопокриття виразимо його масу через об'єм і питому масу металу (γ):

$$m_\phi = S_k h \gamma. \quad (6.5)$$

Використовуючи співвідношення (6.3), (6.4) і (6.5), одержимо залежність для розрахунку товщини осадженого металу:

$$h = \frac{c D_k t \eta}{1000 \gamma}. \quad (6.6)$$

Розмірність параметрів: c , г/А·год; D_k , А/дм²; t , год; η , %; γ , г/см³; h , мм.

За формулою (6.6) визначається середня товщина покриття металу, оскільки в дійсності більшість електролітів дає нерівномірні осади, тобто мають обмежену розсіювану здатність, під якою розуміється властивість електролітів забезпечувати рівномірність за товщиною покриття на катодах (деталях) складної форми, елементарні поверхні яких розміщені на різних відстанях від аноду.

Розсіювальна здатність — один з найважливіших показників придатності електроліту. Він залежить від характеру розподілу силових ліній, які пронизують робочий об'єм електроліту.

Силкові лінії не поширюються рівномірно в електроліті між анодом і катодом, а концентруються на їх краях, викликаючи нерівномірну щільність струму і різну швидкість відкладання. Метал нерівномірно відкладатиметься на краях деталі (більше) і на середині (менше). На характер розподілу металу на катоді впливають розміри, і форма анодів та їх розміщення відносно деталей.

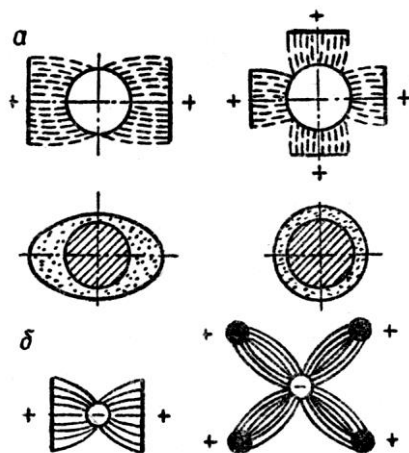


Рисунок 6.2. Вплив розміщення анодів (а) та їх форми (б) на характер силових ліній і рівномірність нарощування покриття
Деякі прийоми зменшення нерівномірності нарощування електролітичних

покриттів ілюструє рис. 6.2.

Крім розсіювальної здатності, розрізняють криючу здатність електроліту або роботу ванни в глибину, під якими розуміється здатність електроліту якісно покривати заглиблені місця виробу незалежно від його рівномірності за товщиною.

Підготовка деталей до електролітичного нарощування передбачає механічну обробку, знежирювання, травлення.

Механічну обробку деталей виконують із метою видалення слідів зношування, надання поверхні правильної геометричної форми і одержання необхідної шорсткості (не нижче $R_z=10\text{мкм}$). Застосовують такі види обробки, як шліфування, притирання, полірування тощо.

Знежирювання проводять після механічної обробки в органічних розчинниках (бензин, уайт-спірит), а потім ізолюють місця, які не підлягають покриттю, кислотостійкими матеріалами (перхлорвінілова плівка або лак, клей БФ-2 тощо). Отвори у деталях закривають пробками. Після цього деталі монтують на підвісний пристрій, конструкція якого повинна забезпечувати добрий контакт з шиною ванни.

Жирові плівки повністю видаляють наступним хімічним або електрохімічним знежирюванням у лужних розчинах при температурі 60-80°C. Одним із варіантів хімічного знежирювання є знежирювання віденським вапном (суміш оксиду кальцію і магнію у рівних пропорціях).

Під час електрохімічного знежирювання деталь є катодом, а пластини з маловуглецевої сталі — анодом. Процес знежирювання поліпшується завдяки додатковому руйнуванню жирової плівки киснем, який виділяється на катоді.

Після знежирювання деталі промивають теплою (60-70°C) проточною водою.

Травлення проводять для видалення окисних плівок і виявлення кристалічної структури поверхні деталі, що забезпечує надійне зчеплення покриття з основним металом. Деталі піддають хімічному або електрохімічному травленню.

Хімічне травлення здійснюють у суміші сірчаної і соляної кислот (3-5% кожної) при кімнатній температурі. У випадку електрохімічного травлення деталі обробляють на аноді. Вибір електроліту і режим травлення визначається природою металу і його окислів.

З електролітичних покриттів найпоширеніші залізнення, хромування, цинкування.

Залізнення має ряд переваг перед іншими процесами електролітичного осадження металів за рахунок застосування дешевих і розповсюджених матеріалів. При цьому вихід за струмом становить 80-90%, твердість покриття — до 7800 МПа. Є можливість одержання осадків товщиною до 2мм.

Для гальванічного осадження заліза застосовують два види електролітів, які розрізняються за температурою процесу — холодні і гарячі.

Гарячі електроліти (понад 50°C) потребують більшої витрати енергії для підтримання високої температури, частого їх коректування, відведення шкідливих випаровувань тощо. Однак вони широко використовуються для

відновлення деталей завдяки високій продуктивності процесу.

Холодні електроліти (менше 50 °С) не мають вказаних недоліків і до того ж стійкіші до окислення.

Гарячі електроліти за складом ділять на три групи: хлористі, сірчаноокислі та змішані. Частіше всього використовують хлористий електроліт, до складу якого входить хлористе залізо $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — 200-500г/л і хлористий натрій $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — 100г/л. Застосування хлористих електролітів дозволяє одержати щільні дрібнозернисті осадки товщиною до 1,5-2мм із стійкістю проти зношування, близько до стійкості загартованої сталі. Такі електроліти дозволяють значно (до 60А/дм²) підвищити щільність струму, а при доведенні їх до температури 90-95°С — одержати пластичні покриття з невеликими внутрішніми напругами.

Властивість покриттів (твердість, в'язкість, стійкість проти зношування) можна змінювати у широких межах за рахунок зміни складу електроліту і його кислотності, щільності струму, температури електроліту. При малій щільності струму і високих температурах одержуються дрібнозернисті в'язкі покриття. Твердість покриттів підвищується при підвищенні щільності струму або зниженні температури, такий же вплив має і зменшення концентрації хлорного заліза в електроліті.

Досить ефективним і перспективним у ремонтному виробництві є залізнення на асиметричному струмі у холодному електроліті, до складу якого входить сірчаноокисле залізо $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 200г/л і хлорне залізо — 150-250г/л. Перевагою цього способу є можливість одержання осадків заліза різної твердості без зміни складу електроліту і його температури, відсутність процесу підігрівання електроліту, поліпшення умов праці за рахунок зниження кількості випаровувань з поверхні електроліту. Схема установки для залізнення на асиметричному змінному струмі наведена на рис. 6.3.

Основні фактори, які впливають на властивості осадів заліза з холодних хлорних електролітів при використанні асиметричного змінного струму — катодна щільність струму D_k і коефіцієнт асиметрії ρ , визначені за формулами:

$$D_k = i_{\text{сеп}} / S_k \quad (6.7)$$

$$\rho = i_{\text{сеп}}^k / i_{\text{сеп}}^a \quad (6.8)$$

де $i_{\text{сеп}}^k, i_{\text{сеп}}^a$ — середні значення (рис. 6.4) за період відповідно катодного і анодного імпульсів струму, А; S_k — площа катоду, дм².

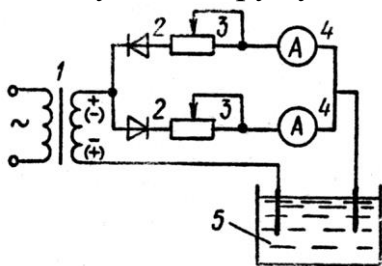


Рисунок 6.3. Схема установки для залізнення на асиметричному змінному струмі:

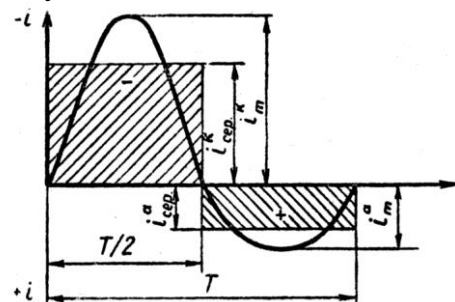


Рисунок 6.4. Форма асиметричного струму:

$i_{\text{сеп}}^k, i_{\text{сеп}}^a$ — середній струм відповідно

1 — знижувальний трансформатор;
2 — діоди; ВК-50; 3 — реостати; 4 —
амперметри; 5 — гальванічна ванна

катодний і i_m^k, i_m^a — амплітудний струм
відповідно катодний і анодний

Залежність твердості осадів заліза від коефіцієнту асиметрії і щільності струму наведена на рис. 6.5.

Для залізнення застосовують аноди з маловуглецевої сталі. Відношення площі анодів до площі поверхні деталі (катода) приймають 2:1. У процесі електролізу аноди розчиняються, утворюється шлам, який засмічує електроліт, тому аноди рекомендують покривати чохлами із склотканини.

Електролітичне нарощування зношених поверхонь великогабаритних корпусних деталей і деталей складної конфігурації, наприклад розподільних валів, викликає утруднення при ізоляції місць, що не підлягають покриттю, необхідність мати ванни великого розміру тощо. Для таких деталей рекомендують застосовувати позаванне залізнення (рис. 6.6), суть якого полягає в тому, що у зоні нанесення покриття утворюється місцева ванна.

Підвищити продуктивність процесу електролізу можна за рахунок застосування високих щільностей струму і ведення осадження металу в проточному електроліті, тобто під час руху електроліту відносно поверхні деталі. У цьому випадку необхідна спеціальна установка, яка включає насос і систему трубопроводів для подачі електроліту, аноди спеціальної форми, що враховують форму, відновлюваної поверхні деталі. При цьому аноди розміщуються всередині нарощуваної поверхні, а в простір між анодом і деталлю за допомогою насоса безперервно подається електроліт.

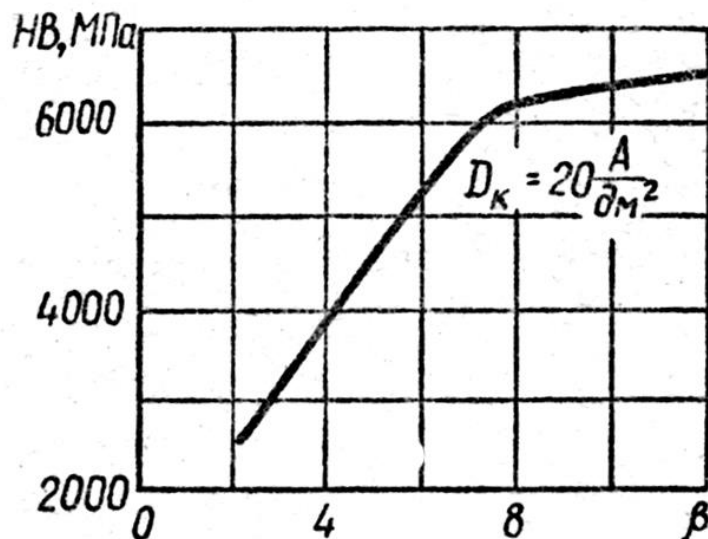


Рисунок 6.5. Залежність твердості осадів від коефіцієнту асиметрії

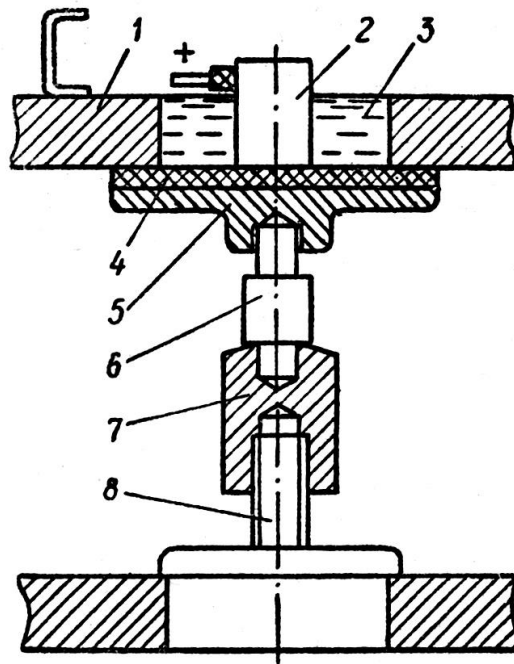


Рисунок 6.6. Схема нарощування поверхні отвору позаванним залізненням:
 1 — деталь; 2 — анод; 3 — електроліт; 4 — гумова прокладка; 5 — диск; 6 — упорний стержень; 7 — гайка; 8 — гвинт

Для позаванного залізнення (наприклад, отворів у чавунних корпусах коробок передач) рекомендують використовувати висококонцентрований електроліт складу: 700г/л $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ і 50г/л $\text{MnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, процес вести на асиметричному змінному струмі на режимі: $T_k = 120\text{с}$, $T_a = 12\text{с}$, $D_k = D_a = 40\text{--}60\text{А/дм}^2$, $t = 80^\circ\text{C}$. За таких умов одержують якісне покриття товщиною до 1,3мм при середній швидкості осадження металу 0,30-0,32мм/год.

Поверхні деталей, покритих гладеньким електролітичним залізом, не мають достатньої змочуваності мастильними матеріалами, в зв'язку з чим підвищується інтенсивність їх зношування. Для усунення цього недоліку проводять пористе залізнення за допомогою анодного травлення. Покриті залізом деталі після механічної обробки вдруге поміщають в електроліт як анод. Процес травлення ведуть на режимі: $D_a = 25\text{--}35\text{А/дм}^2$, $t = 75\text{--}80^\circ\text{C}$, тривалість — 3-5хв. В результаті такої обробки сітка тріщин на поверхні осаду заліза перетворюється в сітку каналів, які є резервуарами для утримання мастила на робочій поверхні деталі.

Хромування надає деталям стійкості проти зношування, корозії, а також гарний зовнішній вигляд. Поряд з цим процес хромування малопродуктивний і має високу собівартість.

Для хромування найчастіше застосовують електроліти, які складаються з хромового ангідриду CrO_3 і сірчаної кислоти H_2SO_4 , розчинених в дистильованій воді.

Всі види хрому можна отримати на різних режимах в одному універсальному електроліті, який складається з 250 г/л CrO_3 і 2,5 г/л H_2SO_4 .

Захисно-декоративні осади хрому можна отримати з наведеного вище електроліту при щільності струму $D_k = 7\text{--}30\text{А/дм}^2$ і температурі електроліту $t = 35\text{--}50^\circ\text{C}$.

Крім універсального, існує ряд інших електролітів — саморегулюючий, тетрахроматний тощо.

Саморегулюючий електроліт має властивості автоматичного підтримання концентрації іонів SO_4 і SiF_6 , у зв'язку з чим його коректування проводять рідше. До складу такого електроліту входять: хромовий ангідрид — 200-300г/л, сульфат стронцію — 6,5-7,0г/л, кремнієфторид калію—18-20г/л. Режим процесу хромування: щільність струму $D_k = 50-100\text{А/дм}^2$, температура електроліту $t = 50-70^\circ\text{С}$.

Тетрахроматний електроліт дозволяє вести процес електролізу при кімнатній температурі. Склад електроліту, г/л: хромовий ангідрид — 350-400, сірчана кислота — 2,0-2,5 каустична сода — 40-60, цукор або глюкоза — 1-2. Режим процесу: щільність струму $D_k = 10-80\text{А/дм}^2$, температура електроліту $t = 20^\circ\text{С}$.

З універсального електроліту, змінюючи щільність струму і температуру, можна одержати блискучі, молочні і матові (сірі) осадження.

Блискучі осадження одержують при $t = 55^\circ\text{С}$ і $D_k = 35-70\text{А/дм}^2$. Вони рекомендуються для нарощування деталей, що працюють при питомих навантаженнях до 2,5МПа (сухе тертя) і 3,9-4,9МПа (рідинне тертя).

Анодним травленням блискучого осадження у хромовому електроліті при $D_k = 30-40\text{А/дм}^2$ можна одержати пористе покриття хрому, яке використовується для відновлення деталей, що працюють в умовах граничного тертя.

Молочні осадження одержують при $t = 60^\circ\text{С}$ і вище, $D_k = 25-35\text{А/дм}^2$, Вони характеризуються доброю змочуваністю і достатньою в'язкістю. Рекомендуються для нарощування деталей, що працюють при питомому тиску 7,8-9,8МПа і як антикорозійне покриття.

Матові (сірі) осадження хрому одержують при високій щільності струму $D_k = 70-100\text{А/дм}^2$ і температурі $t = 35-50^\circ\text{С}$. Вони мають велику твердість та крихкість, низьку стійкість проти зношування.

Анодами при хромуванні є пластини з чистого свинцю або сплаву свинцю з 5 % сурми. Відношення площі анодів до площі катодів приймають від 1:1 до 2:1.

Пористе хромування. Електролітичні гладенькі осадження хрому характеризуються незадовільними змочуваністю маслами і припрацюванням, що обмежує їх застосування у ремонтному виробництві.

Для підвищення стійкості в умовах граничного тертя використовують осадження пористого хрому, які можна одержати електролітичним, хімічним і механічним способами.

Електролітичний спосіб ґрунтується на анодному травленні покриттів хрому, які мають мікроскопічну сітку тріщин. У цьому випадку можна отримати пористість двох видів: «каналну і точкову (вісповидну)». За однакової інтенсивності анодного травлення об'єм точкових пор перевищує об'єм каналних більш як у 3 рази. Тому осадження з точковою пористістю частіше застосовують для деталей, які працюють в умовах недостатнього мащення і високих температур (наприклад, для поршневих кілець).

Хімічний спосіб полягає у розширенні і поглибленні мікротріщин шляхом травлення хромових покриттів у соляній або сірчаній кислоті. Цей спосіб малопродуктивний і не отримав широкого застосування в умовах ремонтного виробництва.

Механічний спосіб одержання пористих осаджень полягає в попередньому (перед хромуванням) формуванні шорсткості поверхні деталі накатуванням, віброобкатуванням, піскоструминною обробкою тощо. Осаджуваний шар хрому копіює попередньо створений рельєф, утворюючи таким чином пористу поверхню, яка добре утримує мастило, що сприяє суттєвому підвищенню стійкості відновлюваних деталей проти зношування.

Міднення застосовують для відновлення зовнішнього діаметра бронзових втулок і утворення підшару під час нікелювання тощо.

Електроліт для міднення складається з сірчаної кислоти H_2SO_4 (50-75г/л) і сірчаної кислоти міді CuSO_4 (200-250г/л). Покриття наносять при щільності струму $D_k = 2-4\text{А/дм}^2$, температурі електроліту $t = 20^\circ\text{C}$. Вихід за струмом становить 98-100%. Анодом є пластини з міді М1 і М2.

Нікелювання як основне покриття інколи застосовують для захисту деталей від корозії і з декоративною метою, а частіше — як підшар при декоративному хромуванні.

Електроліт для нікелювання складається із (г/л): сірчаної кислоти H_2SO_4 (140), сірчаної кислоти натрію Na_2SO_4 (50), борної кислоти H_3BO_3 (25), хлорного натрію NaCl (5), сірчаної кислоти магнію MgSO_4 (10). Процес ведуть при щільності струму $D_k = 0,5-5\text{А/дм}^2$ і температурі електроліту $t = 20^\circ\text{C}$. Вихід за струмом 90-95%.

Тверді і стійкі нікелеві покриття одержують з електроліту такого складу: шавлевої кислоти амонію — 300 г/л, сірчаної кислоти нікелю — 140г/л, хлорного натрію — 10г/л. Режим електролізу: щільність струму $D_k = 10\text{А/дм}^2$, температура електроліту $t = 75-82^\circ\text{C}$. Аноди (розчинні) виготовляють із нікелю Н-1.

Хімічне нікелювання виконується без застосування електричного струму. Воно призначене для одержання твердих і стійких проти зношування покриттів. Основна перевага хімічного нікелювання — можливість нанесення рівномірно по товщині осаду на поверхні виробів складного профілю.

Технологічний процес відновлення деталей хімічним нікелюванням та включає механічну обробку, ізоляцію поверхонь, які не підлягають покриттю, миття і знежирювання, хімічне травлення, промивання водою, нікелювання і кінцеве промивання водою. Для хімічного нікелювання рекомендують такий склад розчину, г/л: сірчаної кислоти (хлорний) нікель — 20-30, гіпофосфат натрію — 15-25, янтарної кислоти (оцтової кислоти) натрій — 10-12. Осадження ведуть при температурі $90-92^\circ\text{C}$, $\text{pH} = 4,5-5,5$.

Основним недоліком, який перешкоджає широкому впровадженню хімічного нікелювання у виробництво, є зміна складу розчину за часом у процесі нікелювання, що призводить до зниження інтенсивності осадження нікелю аж до повного припинення процесу. Добру якість осадження можна одержати тільки у свіжоприготованому розчині.

Електролітичне осадження металів натиранням доцільно застосовувати при відновленні посадочних місць валів і осей, а також для нанесення покриттів на поверхні отворів під підшипники у корпусних деталях. Суть способу полягає в тому, що анод — вугільний стержень, покритий тампоном з вати або сукна, до якого підводиться електроліт, переміщується відносно нарощуваної поверхні.

Тампон (анод), просочений електролітом, при контактуванні з поверхнею деталі (катодом) утворює маленьку ванночку, в якій проходять всі електрохімічні процеси, властиві гальванічному виділенню металу.

Відносне переміщення аноду (катода) перешкоджає росту кристалів покриттів, що сприяє зниженню їх внутрішніх напруг і дозволяє підвищити щільність струму до 150-200А/дм². Покриття при цьому одержують дрібнозернисте з підвищеною твердістю.

Технологічний процес електролітичного натирання включає, в себе попередню механічну обробку, знежирювання, промивання гарячою і холодною водою, травлення (декапірування) з наступним промиванням водою і нанесення покриття.

Електролітичне натирання може бути застосоване для покриття поверхонь цинком, міддю, нікелем, залізом, хромом.

Для відновлення, наприклад нерухомих з'єднань, застосовується залізнена електронатирання. Для цього рекомендують використовувати електроліт, який містить 600г/л хлорного заліза ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) з кислотністю рН = 1. Катодна щільність струму $D_k = 200\text{А/дм}^2$, колова швидкість деталі — 20м/хв.

ЛЕКЦІЯ 7.
ОСОБЛИВОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ВІДНОВЛЮВАНИХ
ДЕТАЛЕЙ

Особливості механічної обробки відновлюваних деталей

Механічна обробка є однією з основних операцій по відновленню розмірно-точносних характеристик деталей. Вона широко використовується як підготовча і кінцева обробка. Крім того, механічною обробкою відновлюють деталі до ремонтних, розмірів.

Важливе значення при механічній обробці має забезпечення потрібної точності і шорсткості поверхні, які досягаються правильним вибором виду обробки, посадок і технологічних баз, а також утворенням мінімально допустимого припуску при будь-яких способах нарощування.

Мінімальні припуски на механічну обробку для ручного наплавлення становлять 2-3мм, після наплавлення під шаром флюсу 1-2мм, для газотермічного напилення 0,3-0,4мм.

Основні параметри режимів різання при механічній обробці наплавлених поверхонь. Швидкість різання, м/хв, визначається із залежності:

$$v = \frac{\pi d n}{1000}, \quad (7.1)$$

де d — діаметр оброблюваної деталі, мм; n — частота обертання шпинделя верстата, хв⁻¹.

Із наведеної залежності для токарних, фрезерних, свердлильних та інших верстатів з обертальним рухом шпинделя:

$$n = \frac{1000v}{\pi d}, \quad (7.2)$$

Для довбальних, зубодовбальних, зубостругальних та інших верстатів із зворотно-поступальним рухом шпинделя кількість подвійних ходів за хвилину:

$$n = \frac{1000v}{\pi L}, \quad (7.3)$$

де L — довжина ходу деталі або інструменту у напрямку робочого руху, мм.

Для поздовжньо-стругальних верстатів:

$$n = \frac{1000v_p}{L \left(1 - \frac{v_p}{v_3}\right)}, \quad (7.4)$$

де v_p — швидкість робочого ходу, м/хв; v_3 — швидкість зворотного ходу, м/хв; L — довжина ходу інструменту у напрямку робочого руху, мм.

Подача S при механічній обробці змінюється залежно від зміни глибини і різання.

Особливості механічної обробки при відновленні деталей. На ремонтних підприємствах зустрічаються всі види механічної обробки (точіння, фрезерування, різьбонарізання, хонінгування, шліфування, притирання, полірування тощо), які застосовуються на машинобудівельних заводах. Але

попередня обробка зношених і нарощуваних поверхонь деталей має свої особливості, які значно ускладнюють механічну обробку під час їх відновлення порівняно з обробкою при виготовленні нових деталей.

Вибір баз — суттєвий елемент відновлення розмірно-точносних характеристик деталі під час механічної обробки. Базами є поверхні, лінії, точки або їх сукупність, необхідні для орієнтації деталі на верстаті відносно інструменту. За призначенням бази поділяють на конструкторські, технологічні і вимірювальні.

Конструкторські бази — сукупність поверхонь, які використовуються для визначення деталей у складальній одиниці.

Технологічні бази — поверхні (лінії, точки), призначені для встановлення деталі на верстаті і орієнтації її відносно різального інструменту.

Вимірювальні бази — поверхні (лінії, точки), від яких вимірюють розміри.

Технологічні бази поділяють на основні і допоміжні.

Основна технологічна база — поверхня, яка використовується для орієнтації деталі на верстаті, у вузлі або машині. Наприклад, корінні шийки колінчастого вала, посадочні місця під маховик і шестерню використовують для орієнтації колінчастого вала у процесі складання відносно інших деталей. Вони ж можуть бути технологічними базами при чистовій обробці колінчастого вала на верстаті.

Допоміжні технологічні бази — спеціально створені поверхні, які визначають положення деталі під час обробки. Ці бази можуть бути у вигляді поверхонь центрових отворів, спеціальних поверхонь, поясків біля отворів тощо. Наприклад, центрові отвори колінчастого вала.

Пристрої, які застосовують при механічній обробці, поділяються на універсальні і спеціалізовані.

На токарних і круглошліфувальних верстатах використовуються універсальні пристрої для обробки у центрах і патроні.

До пристроїв для обробки у центрах відносяться: центри, хомуткові пристрої, центрові оправки і люнети.

На токарних і круглошліфувальних верстатах Деталі закріплюються за допомогою дво-, три-, чотирикулачкових і цангових патронів.

На фрезерних верстатах деталі монтують за допомогою машинних лещат, поворотних пристроїв і столів.

На свердлильних верстатах застосовують кондукторні плити, поворотні пристрої, різні різцеві оправки.

Точінням відновлюють розмірно-точносні характеристики деталей, які ремонтували різними видами наплавлення. Різальну частину інструменту виготовляють із твердих сплавів Т5К10 і Т15К6 при твердості наплавленого шару НRC менше 40 і ВК8, ВК6 при НRC більше 40. Для загартованих статей застосовують різці з від'ємним переднім кутом $\gamma_2 = -10 \dots -15^\circ$ (рис. 7.1). Обробку ведуть із застосуванням охолоджувальної рідини (5-8% емульсолу, 0,2% кальцинованої технічної соди, решта — вода). Широке застосування при точінні відновлених поверхонь одержують різці із надтвердих матеріалів

(синтетичний алмаз типу балас, ельбор-Р, гексаніт-Р тощо).

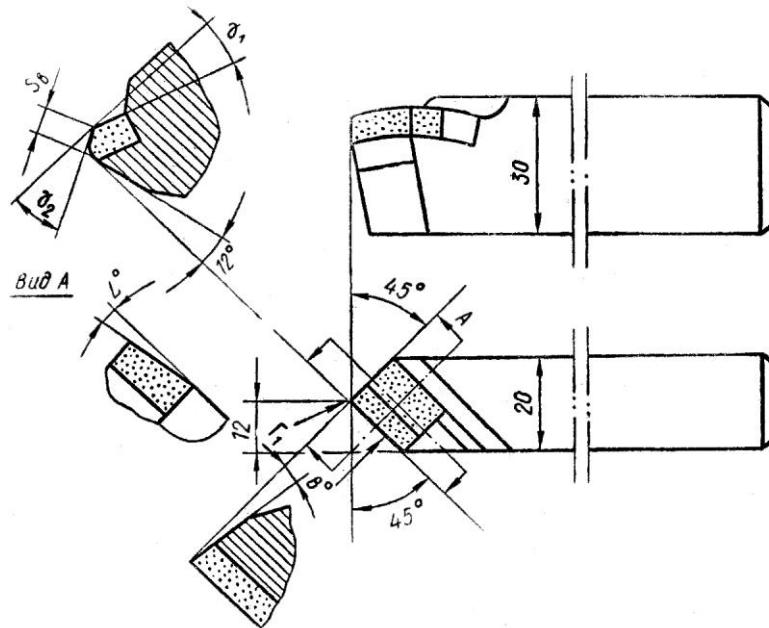


Рисунок 7.1. Геометрія різальної частини різця для точіння наплавленого металу

Різці із синтетичних алмазів типу баланс (АСБ) забезпечують стабільність лінійних розмірів деталей, необхідну шорсткість поверхонь, високопродуктивне різання. Стійкість різців з АСБ при точінні порівняно з різцями з твердих сплавів вища у 2-3 рази.

Ельбор-Р (кубічний нітрид бору) має велику термостійкість і хімічну інертність до заліза. Все це дозволяє широко застосовувати його, для важкооброблюваних сталей і сплавів, особливо у загартованому стані.

Гексаніт-Р (один з різновидів нітриду бору) — полікристалічний матеріал, який отримують при високоіміпульсних тисках, ефективно використовують для холодної обробки наплавлених і загартованих сталей, чавунів, твердих сплавів.

Лейкосапфір являє собою, як і рубін, синтетичний монокристал Al_2O_3 у вигляді α -модифікації, але на відміну від нього майже не має домішок. Застосовують його для виготовлення різців, шліфувальних кругів і паст.

Для точіння матеріалів, наплавлених електроконтактним приварюванням, застосовують різці з лейкосапфіру. на режимі швидкість точіння $v = 50\text{м/хв}$, подача $S = 0,05\text{мм/об}$, глибина різання $t = 0,1\text{мм}$.

Під час точіння осаджень електролітичного заліза у зоні різання утворюється висока температура ($1000-1050^\circ\text{C}$), яка сприяє інтенсивному зношуванню різального інструменту. Під час точіння м'яких осаджень температура у 1,2-1,7 рази вища, ніж при точінні твердих покриттів. Найкращі результати показують різці з твердого сплаву Т30К4. При точінні осаджень електролітичного заліза використовують такий режим: швидкість різання $v = 56\text{м/хв}$, подача $S = 0,12\text{мм/об}$, глибина різання $t = 0,2\text{мм}$, передній кут різця $\gamma = 0^\circ$, задній кут — $\alpha = 10^\circ$; головний кут у плані $\phi = 60^\circ$, допоміжний кут у плані $\phi_1 = 30^\circ$ (рис. 7.2).

Шліфуванням відновлюють розмірно-точності характеристики деталей,

наплавлених твердими порошковими матеріалами або нарощених електролітичними покриттями. Шліфування також застосовують як фінішну операцію після точіння і для відновлення колінчастих валів до ремонтних розмірів.

Особливо складна обробка шліфуванням поверхонь, відновлених наплавленням або напиленням порошків, стійких проти зношування. Для їх обробки найефективніше шліфування абразивним (у тому числі алмазним) інструментом, а також за допомогою електрофізичних і електрохімічних методів обробки.

Залежно від використання абразивні матеріали виготовляють із: електрокорунду нормального—12А, 13А, 14А, 15А, 16А; електрокорунду білого — 22А, 23А, 24А, 25А; електрокорунду хромистого — 32А, 33А, 34А; карбиду кремнію зеленого — 63С, 64С тощо. Розміри абразивних матеріалів встановлюють у сотих долях міліметрів: шліфзерно — 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16; шліфпорошки — 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3; мікропорошки (розмір зерна) у мікронах — М40, М28, М20, М14, М10, М7, М5.

Абразивні круги за твердістю поділяються на м'які — М1, М2; середньом'які — СМ, СМ1, СМ2; середні — С1, С2, С; середньотверді СТ, СТ1, СТ2; тверді — Т, Т1, Т2; досить тверді — ВТ1, ВТ2; надзвичайно тверді — ЧТ1, ЧТ2.

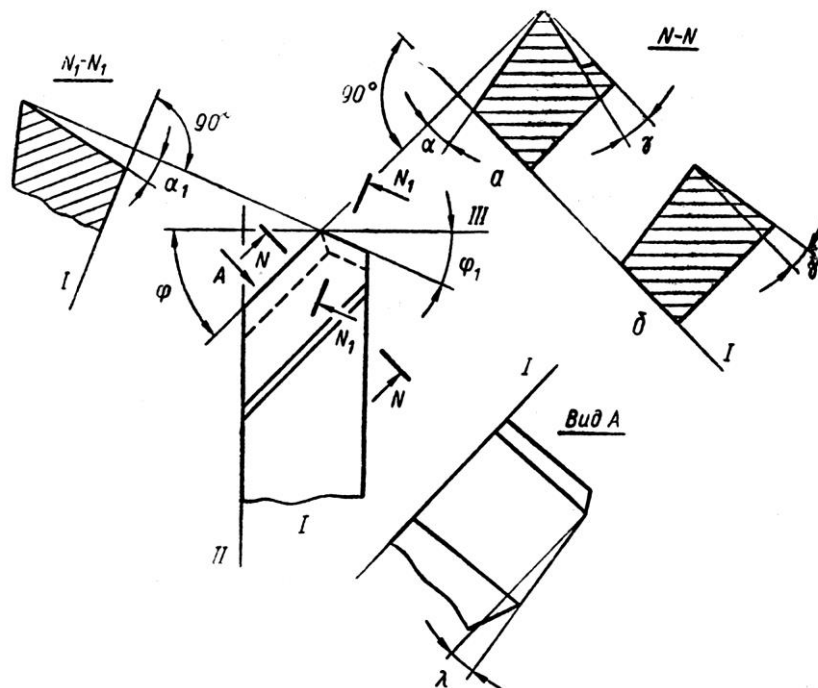


Рисунок 7.2. Геометричні параметри різця

Синтетичні алмази залежно від технології їх виробництва і використання можуть бути виготовлені у вигляді синтетичного алмазного порошку звичайної (АСЗ), підвищеної (АСП) і високої міцності (ДСВ).

Найвищі показники процесу обробки порошкових наплавлень приклад, сормайтот УС-25, ФБХ-6-2, ПГХНСПЗ) досягаються при сухому шліфуванні.

Попередньо обробляти сормайт доцільно шліфувальним кругом ||Ш)ми.стого електрокорунду 34А40СМ16К, а обробку УС-25, ФБХ-6-2 – шліфувальним кругом з карбіду кремнію 64С25СМ16К.

Основні режими чорнового шліфування такі: колова швидкість $V_k=35\text{м/с}$, колова швидкість деталі $v_d = 11\text{м/хв}$, швидкість знімання металу Q_m (для сормайту становить $7\text{см}^3/\text{хв}$, для УС 25 – 4, для ФБХ-6-2 — 4, 5, для ПГХН80СРЗ — $3\text{см}^3/\text{хв}$).

Хвилинна поперечна, подача круга $S_{\text{ім}}$, що відповідає оптимальному значенню швидкості знімання металу:

$$S_{\text{ім}} = -\frac{Q_m}{\pi DL}, \quad (7.5)$$

де Q_m — оптимальна швидкість знімання металу наплавлення, $\text{мм}^3/\text{хв}$, D — діаметр оброблюваної поверхні, мм ; L — довжина оброблюваної поверхні, мм .

Чистове шліфування рекомендується вести при хвилинній подачі $S_{\text{ім}}$, яка не перевищує $0,15\text{мм/хв}$.

Для відновлення деталей, нарощених електролітичними покриттями, застосовують круги із синтетичних алмазів марки АСП25К6-50 з 50%-ною концентрацією алмазів у крузі.

Оптимальні режими шліфування електролітичних покриттів кругами із синтетичних алмазів: колова швидкість круга $v_k=30\text{м/с}$, відновлюваних деталей — $v_d = 20\text{-}25\text{м/хв}$, поздовжня подача $S = 1\text{-}1,5\text{мм/об}$, глибина шліфування $t = 0,01\text{-}0,02\text{мм/хід}$.

Під час шліфування застосовують мастильно-охолоджувальну рідину — 3-5%-ний розчин емульсолу у содовій воді.

Шліфуванням одержують точність 6-8 квалітетів і шорсткість поверхні $Ra = 0,5\text{-}0,2\text{мкм}$.

Хонінгування застосовують для фінішної обробки внутрішніх поверхонь з метою поліпшення характеристик шорсткості, наприклад для обробки гільз циліндрів, нижньої головки шатуна тощо.

Попереднє хонінгування виконується брусками, з карбіду кремнію або електрокорунду зернистістю 16-12мкм, чистове — брусками зернистістю 4-3мкм. Колова швидкість хона, становить 8-20м/хв при питомому тиску 0,6-1,4МПа.

Для попереднього хонінгування застосовують також алмазні бруски АС15250/200-М1-100 із стопроцентною концентрацією алмазу у бруску, для кінцевого — АСМ28/20-М1-100.

На ремонтних підприємствах під час хонінгування використовують мастильно-охолоджувальну рідину — суміш гасу з додаванням до 40% машинного масла. Але вона вогнебезпечна і токсична, тому для цього рекомендується масляна рідина ОСМ-І (температура спалаху не менше 94°C).

Шорсткість поверхні після хонінгування відповідає $K_a=0,16\text{-}0,025\text{мкм}$, точність обробки за 5-7 квалітетами.

Суперфінішування застосовують для кінцевої обробки зовнішніх поверхонь абразивними брусками, які мають осцилюючий і поздовжній рух відносно деталі, що обертається. При суперфінішуванні використовують бруски

з білого електрокорунду або корунду зернистістю 3-4мкм на керамічній зв'язці твердістю МІ, СМ1. Амплітуда коливань брусків 2-4мм, кількість подвійних ходів 500-1500 за хвилину, колова швидкість обертання деталі 0,03-0,33м/с. Крім того, пристрій переміщується вздовж деталі зі швидкістю 0,1-0,15мм/об.

Шорсткість поверхні після суперфінішування $Ra = 0,16-0,025\text{мкм}$, точність обробки за 5-7 квалітетами.

Мастильно-охолоджувальними рідинами є ті ж, що й при хонінгуванні.

Полірування алмазними стрічками застосовується для одержання високого класу шорсткості поверхонь циліндричних, ексцентричних і фасонних деталей. Виконується на токарних або круглошліфувальних верстатах. Наприклад, полірують шийки і галтелі колінчастих валів.

Пристрій для полірування деталей типу тіл обертання безконечною алмазною стрічкою встановлений на поздовжньому супорті і верстату через плиту 11 (рис. 7.3). Безконечна стрічка 1 надіта на ролик 2 та шків 7. Останній одержує обертання від електродвигуна 10 потужністю 1кВт через клинопасову передачу 9 і вібратор 8, який надає стрічці 1 (разом з роликом 2 і шківом 7) коливального руху паралельно осі деталі. Стрічку опускають на деталь за допомогою рукоятки 3 через пружну пластину 4, стержень 5 і кронштейн 6.

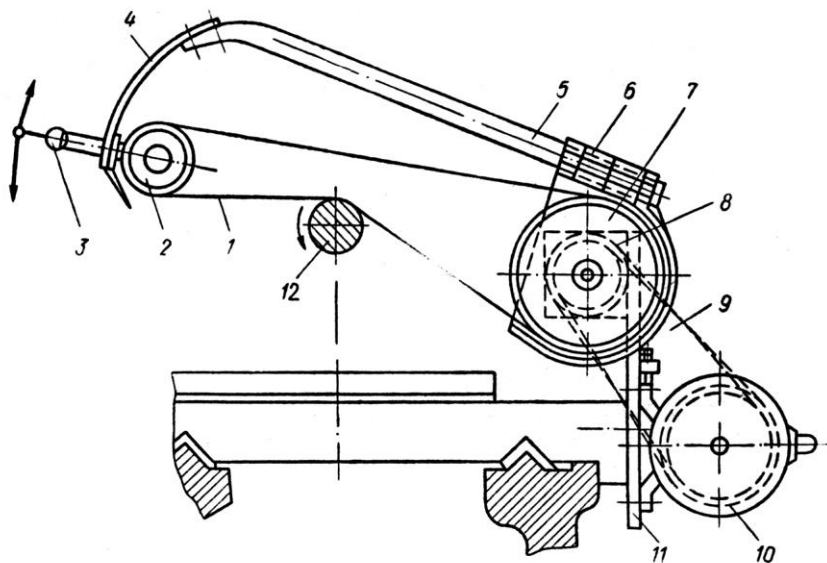


Рисунок 7.3. Схема пристрою для полірування деталей безконечною стрічкою: 1 — безконечна стрічка; 2 — ролик; 3 — рукоятка; 4 — пружна пластина; 5 — стержень; 6 — і кронштейн; 7 — шків; 8 — вібратор; 9 — клинопасова передача; 10 — електродвигун; 11 — плита; 12 — деталь

Для обробки деталей застосовують стрічку довжиною 1500-2200мм і шириною до 60мм. Застосовують алмазну стрічку типу АСО-100%-Р9 зернистістю 80/63-40/23мкм. Швидкість переміщення стрічки 35м/с, поперечний коливальний, рух з амплітудою 2-6мм і частотою 300-900 коливань на хв за наявності обертального руху деталі і поздовжньої подачі стрічки від верстата.

У процесі обробки одержують шорсткість поверхні $Ra 0,32-0,05\text{мкм}$ і точність обробки за 5-7 квалітетами.

Притирання пастами дає можливість, одержати шорсткість поверхні від

$Ra = 0,08-0,025\text{мкм}$ і точність у межах 1-3мкм. його застосовують як фінішну операцію для одержання герметичності клапанів, плунжерних пар, підгонки однієї деталі до іншої.

Контрольні запитання

1. Що називають електролізом, особливості процесу.
2. Технологічні режими електролізу, їх вплив на процес нарощування металу.
3. Технологія електролітичного нарощування деталей.
4. Гальванічне осадження заліза, характеристика процесу, різновиди електролітів.
5. Гальванічне осадження хрому, характеристика процесу, різновиди електролітів.
6. Електролітичне осадження металів натиранням.
7. Особливості механічної обробки відновлюваних деталей.

Лекція 8
ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ
ДЕТАЛЕЙ ТА РЕМОНТУ ЗБІРНИХ ОДИНИЦЬ.

ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ.

Для різних видів технологічних процесів ремонту виробів (тут і далі під виробом розуміють предмети ремонтного виробництва машини та їх складові частини — складальні одиниці, які підлягають ремонту, і деталі, які підлягають відновленню незалежно від того, чи надходять відновлені деталі на комплектування складальних одиниць на даному підприємстві, чи є кінцевою продукцією спеціалізованого ремонтного підприємства по відновленню деталей), які застосовують у ремонтному виробництві, розробляються і оформляються відповідні комплекти технологічної документації, що складаються з окремих текстових і графічних документів. Склад, форма і зміст технологічних документів залежать від виду та призначення технологічного процесу і повинні відповідати вимогам стандартів та іншої нормативно-технічної документації.

Технологічні процеси за організацією виробництва розподіляються на одиничні, типові та групові.

Одиничний технологічний процес відноситься до виробів одного найменування, типорозміру і виконання. Наприклад, технологічний процес розбирання коробки передач трактора типу Т-150 або двигуна ЯМЗ-238, відновлення поршневих пальців двигуна СМД-31 тощо.

Типовий технологічний процес розробляється на групи виробів із загальними конструктивними та технологічними ознаками. Для нього, характерні спільність технологічного маршруту виконання операцій без переналагодження або з мінімальним переналагодженням обладнання. До таких процесів відносяться, наприклад, технологічні процеси відновлення груп гільз циліндрів дизельних двигунів кількох марок тракторів, опорних котків гусеничних тракторів тощо.

Типові технологічні процеси розробляються також на операції одного виду робіт: очистки та фарбування деталей і складальних одиниць, гальванічних покриттів тощо.

Груповий технологічний процес розробляється на відновлення групи деталей (рис. 8.1) з різними конструктивними, але загальними технологічними ознаками.

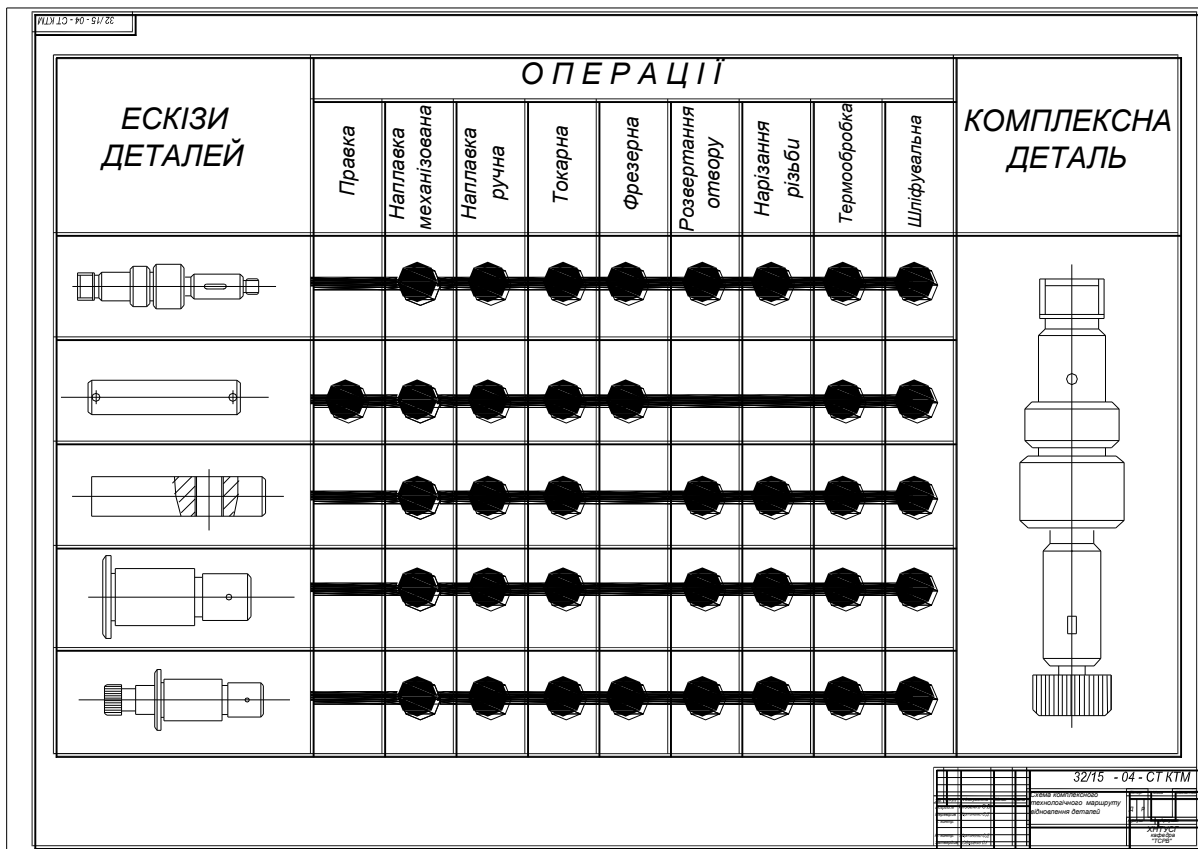


Рисунок 8.1 – Принциповий кресленик комплексної деталі групового технологічного процесу ремонту деталей

На ремонтних підприємствах в основному застосовують одиничні технологічні процеси ремонту виробів.

За ступенем деталізації опису технологічні процеси розподіляються (ГОСТ 3.1109-82) на такі:

- маршрутний опис технологічного процесу — скорочений опис усіх технологічних операцій у маршрутній карті у послідовності їх виконання без вказання переходів і технологічних режимів:

- операційний опис технологічного процесу — повний опис усіх технологічних операцій у послідовності їх виконання із вказанням переходів і технологічних режимів:

- маршрутно-операційний опис технологічного процесу — скорочений опис технологічних операцій у маршрутній карті у послідовності їх виконання з повним описом окремих операцій в інших технологічних документах.

Вихідна інформація для розробки технологічних процесів розподіляється на базову, керуючу і довідкову.

Базова інформація містить дані конструкторської документації підприємства-виготівника виробів (робочі креслення, технічні умови, інструкції тощо), а також програму ремонтного підприємства по цьому виробу.

Керуюча інформація представляє собою дані, які містяться:

- у технічному завданні на розробку технологічного процесу;
- у стандартах всіх категорій та нормативно-технічній документації на

дефектацію деталей і спряжень, на технологічні процеси і методи керування ними, на обладнання і оснащення;

- у документації з техніки безпеки і промислової санітарії.

Номенклатура основної нормативно-технічної документації на ремонт сільськогосподарської техніки встановлена ГСТУ-058:2004, у якому передбачений такий склад документів:

- стандарти і технічні умови на здавання в капітальний ремонт і видавання з нього машин та їх складових частин, правила приймання, методи перевірки якості відремонтованих виробів, вимоги до маркування, упаковки, транспортування і зберігання, а також гарантії ремонтного підприємства;

- технічні вимоги на капітальний ремонт, які встановлюють вимоги до технології розбирання, очистки, дефектації, складання, регулювання, обкатки, випробування, а також вимоги, показники і норми, яким повинні задовольняти вироби після ремонту:

- норми витрати матеріалів, метизів і запасних частин;

- номенклатура деталей (складальних одиниць), відновлення (ремонт) яких технічно можливе і економічно доцільне.

Довідкова інформація містить дані, взяті з:

- технологічної документації дослідних ремонтних підприємств;

- опису прогресивних методів ремонту виробів (літературні джерела, періодичні видання тощо);

- каталогів, довідників, альбомів прогресивних засобів технологічного оснащення;

- матеріалів по вибору технологічних нормативів (режимів обробки, припуску, норм витрати матеріалів тощо);

- методичних матеріалів з керування і розрахунків точності технологічних процесів;

- планування виробничих ділянок ремонтного підприємства.

До довідкової інформації і рекомендацій, наприклад, належать одиничні технологічні процеси з різним ступенем деталізації опису, типові процеси на окремі види робіт, які виконують під час ремонту, а також деякі групові технологічні процеси, що розробляються і видаються проектно-технологічними організаціями. Ці процеси розроблені для певної програми ремонтного підприємства і містять загальні відомості, необхідні для ремонту виробу. Для конкретних підприємств такі технологічні процеси мають бути скориговані з урахуванням програми даного підприємства, наявного обладнання, оснащення, кваліфікації кадрів тощо.

Єдина система технологічної документації (ЕСТД ГОСТ 3.1102-81) передбачає дві стадії розробки робочої технологічної документації, яку застосовують для технологічних процесів ремонту виробів і їх складових частин:

- розробку технологічної документації для дослідного ремонту і випробування виробів або їх складових частин з присвоєнням технічній документації літери РО;

- розробку технологічної документації для серійного ремонту і

випробування виробів або їх складових частин з присвоєнням технологічної документації літери РА.

Основні етапи розробки робочих технологічних процесів для дрібносерійного та серійного ремонтного виробництва і задачі кожного етапу наведені у табл. 8.1.

Таблиця 8.1 - Основні етапи розробки технологічних процесів

Етапи розробки технологічних процесів	Завдання даного етапу
1. Аналіз вихідних даних для розробки технологічного процесу	Вивчення конструкторської документації на виріб, технічних вимог на дефектацію, відновлювану деталь або відремонтований вузол, агрегат, машину. Ознайомлення з плануванням відповідної виробничої ділянки на даному ремонтному підприємстві. Підбір довідкової інформації
2. Пошук аналога діючого одиничного, типового (групового) технологічного процесу	Розгляд документації для одиничних, типових (групових) технологічних процесів, які відносяться до даного виробу
3. Складання технологічного маршруту відновлення деталі, розбирання (складання) вузла, агрегату, машини	Вибір технологічних способів, застосовуваних при відновленні деталей, визначення (або уточнення) по технологічним процесам-аналогам послідовності технологічних операцій. Визначення (або уточнення) складу засобів технологічного оснащення
4. Розробка технологічних операцій	Розробка (або уточнення) послідовності переходів в операції. Вибір засобів технологічного оснащення операції (або їх уточнення). Встановлення вихідних даних для розрахунків і розрахунків припусків на обробку і оптимальних режимів обробки
5. Нормування технологічного процесу	Встановлення вихідних даних, необхідних для розрахунків норм часу і їх розрахунків. Визначення розряду робіт і обґрунтування професій виконавців для виконання операцій залежно від складності робіт
6. Розрахунок економічності ефективності варіантів технологічних процесів	Вибір оптимального варіанту робочого технологічного процесу
7. Оформлення робочих технологічних процесів	Заповнення форм технологічної документації відповідно до вимог стандартів ЕСТД і галузевої нормативно-технічної документації. Нормоконтроль технологічної документації (ГОСТ 3.1116-79 ЕСКД). Погодження і затвердження

Після виконання першого і другого етапів розробляють ремонтне креслення деталі або схему розбирання (складання) виробу - (складальної одиниці):

Унаслідок виконання третього і четвертого етапів мають бути вибрані найдоцільніші для даних умов технологічні способи, засоби і маршрути відновлення деталей, а також складені плани операцій по даних маршрутах із зазначенням дефектів, для усунення яких планується кожна операція.

У плані операцій вказують найменування операцій, спосіб відновлення деталі при виконанні операції, обладнання, пристрій, інструмент і зміст кожного переходу.

Рекомендована форма для складання плану операцій наведена у табл. 8.2, яка для прикладу заповнена на одну операцію.

Таблиця 8.2 - План операцій відновлення деталі

Деталь: Вал привода ВВП

Позначення: 151.37-376-1

Маса: 1,95кг

Дефект 5. Пошкодження нарізі М20×1,5-6

Номер операції	Найменування операції, спосіб відновлення деталі, обладнання, пристрої, інструмент	Номер переходу	Зміст переходу
Наплавлення			
005	Встановлення деталі у центрах. Зварювальний напівавтомат А-537У. Зварювальний перетворювач ПСГ-500. Балон СО ₂ 40-150 ДСТУ 3245-95. Наплавлювана установка (цехова). Шаблон 23 (цеховий).	1	Наплавити нарізну поверхню дротом 1,6 Нп-30ХГСА ДСТУ 3691-98 з діаметра 20 до діаметра 23мм на довжині 20мм

Після розрахунку норм часу по кожній операції (етап 5) розраховують економічну ефективність варіантів робочих технологічних процесів і вибирають оптимальний варіант (етап 6).

Після кінцевого вибору і уточнення варіанту технологічного процесу оформляють відповідну технологічну документацію (етап 7), передбачену стандартами ЕСТД і галузевою нормативно-технічною документацією.

Ремонтне креслення деталі. До нормативно-технічної документації на ремонт належать ремонтні кресленики деталей (рис. 1).

Вони є робочими конструкторськими документами для організації ремонтного виробництва, які містять значний обсяг даних технологічного характеру.

Для розробки ремонтного креслення деталі необхідний певний комплект вихідних документів і даних, до яких відносяться:

- робоче креслення на виготовлення деталі;
- технічні вимоги на нову деталь;
- технічні вимоги на дефектацію деталі;
- дані про коефіцієнти повторюваності дефектів (за результатами статистичної обробки даних про повторюваність дефектів, отриманих у процесі дефектації вибірки деталей даного найменування);
- технічні вимоги на відновлювану деталь;
- технологічні способи усунення дефектів.

Кресленики ремонтні оформляють за правилами, встановленими ДСТУ ГОСТ 2.604:2005 та ГСТУ 3-058:2004.

Кресленики ремонтні виконують на листах формату А3. При цьому зображення відновлюваної деталі, специфікацію, технічні вимоги і таблицю категорійних розмірів виконують на першому листі, а види, розміри, перерізи, таблицю дефектів — на наступних листах.

Допускається виконувати ремонтні кресленики на листах інших форматів за ГОСТ 2.301-68, але не більше формату А1. Якщо при відновленні необхідно ввести додаткові деталі, то ремонтні кресленики виконують як складальне. Для цього виду ремонтних креслеників складають специфікацію, куди у загальному випадку мають бути записані відновлювані і додаткові деталі, а також деталі, які замінюватимуть. На кожен додаткову деталь розробляють кресленик. Правила заповнення специфікації повинні відповідати ДСТУ ГОСТ 2.604-2005 і ГОСТ 2.106-96.

На складальних ремонтних креслениках, при необхідності, наводиться підготовка під встановлення додаткової деталі. Допускається для додаткових деталей нескладної конфігурації (типу втулок) на поле ремонтного креслення наводити дані для виготовлення і контролю.

На ремонтних кресленнях поверхні, які підлягають обробці при ремонті, виконують основною суцільною товстою лінією, решту частини зображення — суцільною тонкою лінією (у два-три рази тоншою основної суцільної лінії). Місця дефектів нумерують відповідно до номера дефекту, вказаного у таблиці дефектів, наведеній на ремонтному кресленику. Розмір шрифтів номерів позицій, дефектів, буквених позначень має бути у 1,5 рази більший, ніж розмір цифр розмірних чисел, які застосовують на тому ж ремонтному кресленику. Позначення дефектних місць мають відповідати наведеним на рис. 8.1.

На ремонтних креслениках зображують тільки ті види, розрізи і перерізи та вказують ті розміри, граничні відхилення, допустимі похибки взаємного розміщення осей і поверхонь, параметри твердості, шорсткості поверхонь тощо, які мають бути виконані і перевірені у процесі відновлення деталі.

Числові значення і позначення розмірно-точных характеристик, параметрів твердості та шорсткості поверхонь мають бути такими, як на робочому кресленні.

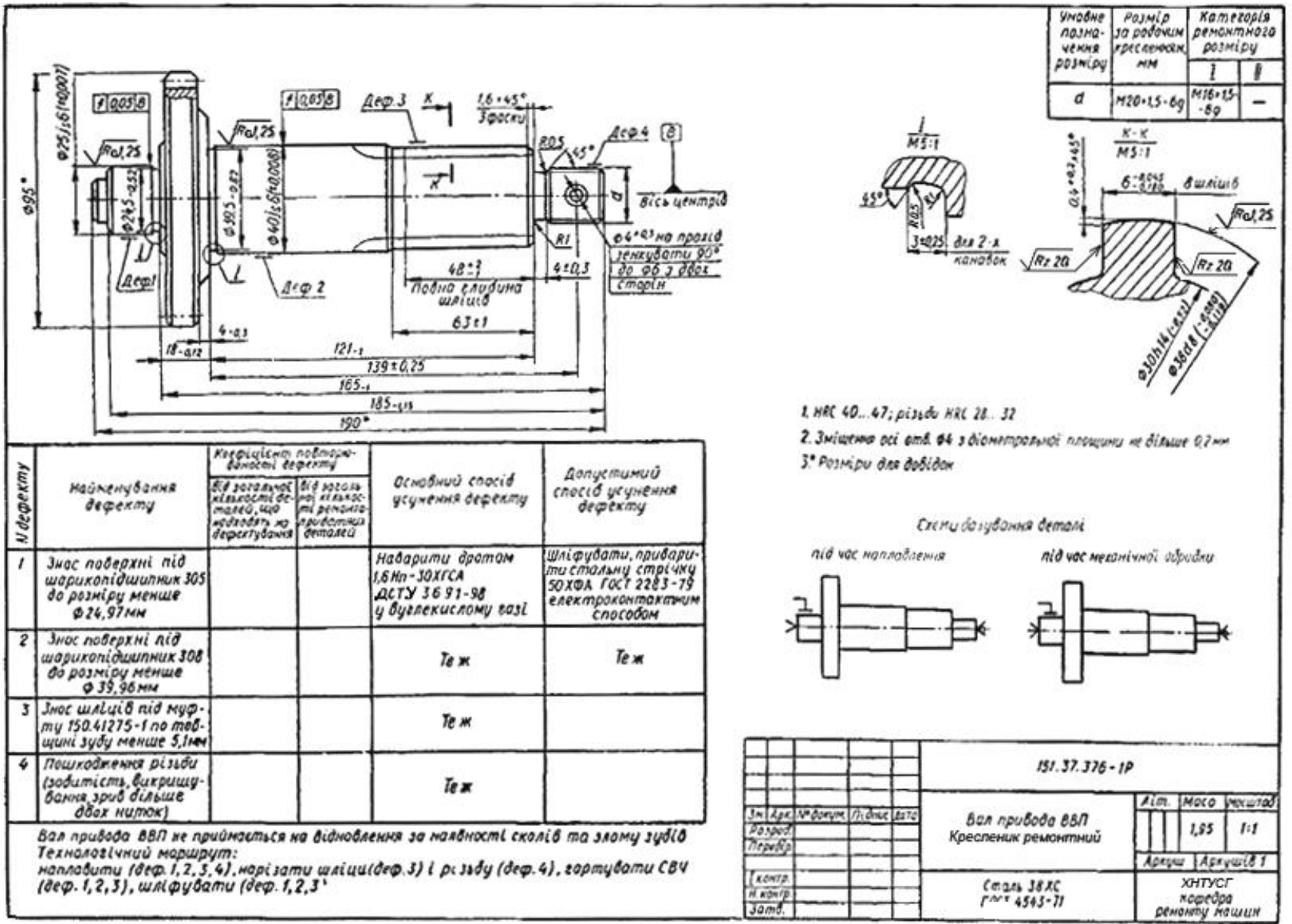


Рисунок 1 - Кресленик ремонтний

Граничні відхилення лінійних розмірів вказують чисельними значеннями або умовними позначеннями, відмічаючи у дужках їх цифрове значення.

На кресленнику деталі розміри, необхідні для розрахунку нормативів часу на обробку, вибору обладнання (габаритні розміри), проектування оснащення тощо, для яких не потрібен контроль, проставляють у вигляді довідкових розмірів відповідно до ГОСТ 2.307-68. До таблиці дефектів заносять інформацію, яка характеризує дефекти і способи їх усунення.

У графі «Найменування дефекту» записують всі дефекти, за якими деталь згідно із технічними вимогами підлягає відновленню. При цьому вказують характер дефекту (знос, тріщина, пошкодження тощо) і допустиме значення параметра, яке контролюють при дефектації деталі (допустимий розмір, овальність, конусоподібність тощо).

Графу «Коефіцієнт повторюваності дефектів» у випадку відсутності даних не заповнюють.

У графі «Основний спосіб усунення дефекту» і «Допустимі способи усунення дефекту» у стислій формі записують основні операції, які потрібно виконати для усунення кожного дефекту. До основного відносять спосіб, застосування якого забезпечує отримання найвищих економічних і якісних показників відновлення деталі.

Якщо застосовується зварювання, наплавлення, напилювання, паяння тощо, то у цих графах вказують найменування, марку, розміри матеріалу (електрод, флюс тощо), який використовують у даній операції, а також номер стандарту на цей матеріал.

Під таблицею дефектів вказують умови і дефекти, за яких деталь не приймається на відновлення, а також технологічний маршрут відновлення за основним способом усунення дефектів.

Розміри граф таблиці не регламентуються і визначаються обсягом текстової частини і наявністю вільного поля кресленника.

Терміни, які застосовують при запису способу усунення дефектів і операцій відновлення у рекомендованому технологічному маршруті, мають відповідати прийнятим у державних стандартах та іншій науково-технічній документації.

Технічні вимоги виносять на поле ремонтного кресленника над основним написом, групуючи разом однорідні та близькі за своїм характером вимоги у такій послідовності:

- вимоги до термічної обробки і властивостей матеріалу відновленої деталі;
- розміри, граничні відхилення розмірів, форм і взаємного розміщення поверхонь тощо;
- вимоги до якості поверхонь, покриття і обробки;
- вказівки про маркування і клеймування;
- посилання на інші документи, які містять технічні вимоги, що поширюються на даний виріб, але не наведені на кресленнику.

У технічних вимогах відображують дані про допустимі значення параметрів, які визначають міцність зчеплення нанесеного шару, наявність раковин, відшарувань тощо.

На ремонтних креслениках деталей, при необхідності, дають вказівки по базуванню при виконанні окремих операцій у вигляді схем базування на вільному полі кресленика.

Написи, таблиці, а також технічні вимоги на ремонтних креслениках деталей і складальних одиницях виконують відповідно до ГОСТ 2.316.

Згідно з ДСТУ ГОСТ 2.604:2005 на ремонтному кресленнику додають букву Р (ремонтний) до позначення деталі або складальної одиниці. Ремонтне креслення кількома категорійними розмірами деталі позначають додаванням до позначення цієї деталі дробу, у чисельнику якого стоїть буква Р і цифра, яка відповідає першій категорії ремонтного розміру деталі, а в знаменнику — буква Р і цифра, яка відповідає другій або третій категорії ремонтного розміру деталі.

Якщо одна або більше поверхонь деталі мають категорійні розміри, то в правому верхньому кутку ремонтного кресленика оформляють таблицю, а категорійний розмір на кресленнику позначають буквою Р.

У випадку усунення дефекту поверхні деталі шляхом встановлення додаткової деталі (втулка, кільце тощо) на цю деталь розробляють ремонтний кресленик на її виготовлення. Позначення ремонтного креслення додаткової (нової) деталі отримують доданням букви Н до позначення ремонтного креслення деталі, до якої відноситься додаткова деталь. Якщо для відновлення основної деталі потрібна не одна, а кілька додаткових деталей, їх позначення отримують доданням до букви Н порядкових номерів цих деталей (Н1, Н2, Н3 тощо).

Схема розбирання (складання) складальної одиниці є доцільною (необов'язковою) вихідною інформацією для опису технологічного процесу розбирання (складання), а також може бути використана як самостійний технологічний документ на робочому місці у ремонтній майстерні, а із урахуванням трудомісткості виконання робіт дає можливість ґрунтовно визначити необхідні робочі місця для виконання розбирально-складальних операцій на даному підприємстві, оскільки на схемі відображена можливість виконання як послідовних, так і паралельних робіт.

Для складання схеми розбирання (складання) заданої складальної одиниці вивчають її конструкцію за складальним кресленням і ознайомлюються з діючими типовими технологічними процесами.

Розбирання (складання) складальної одиниці здійснюють у певній послідовності, яка залежить від її конструкції. Процес розбирання (складання) зображають на схемі прямою (вертикальною або горизонтальною) лінією, до якої у певних місцях примикають прямокутники, що позначають складові частини виробу (складальні одиниці і деталі). Для кращої наочності прямокутник, який схематично зображає складальну одиницю, виконується двома паралельними лініями.

На схемі розбирання прямокутники, що зображають складальні одиниці, які зніматимуть, розміщуються ліворуч за ходом лінії розбирання, а окремі деталі — праворуч. На схемі складання, навпаки: прямокутники, що зображують складальні одиниці, які встановлюватимуть, праворуч, а окремі деталі — ліворуч.

Початком для схеми розбирання є даний виріб (складальна одиниця), кінцем — базова деталь. Початком схеми складання є базова деталь, а кінцем — виріб (складальна одиниця).

Кожний прямокутник на схемі розділяється на чотири поля, від яких зазначаються найменування деталі або складальної одиниці, їх позначення, кількість і номер позиції за специфікацією на основному конструкторському кресленні виробу.

Якщо дана складальна одиниця не має позначення по основному конструкторському документу, тобто є лише технологічною складальною одиницею, то її позначення формують так: технологічній складальній одиниці присвоюють позначення тієї складальної одиниці, куди вона входить, із додаванням букви Т, якщо така складальна одиниця одна, і букви Т з цифрою (Т1, Т2 і т. д.), якщо таких складальних одиниць кілька. Вузол у технологічній складальній одиниці позначається дробом: Т1/Т2, Т2/Т1, Т2/Т2 і т. д.

Схема розбирання (складання) супроводжується ескізом складальної одиниці і її специфікацією. Усі складові частини складальної одиниці нумерують на ескізі відповідно до номерів позицій, указаних у специфікації. Номери позицій наносять на полках ліній-виносок, проведених від зображень складових частин (за правилами, передбаченими ГОСТ 2.109-73).

Номери позицій проставляють на схему у лівих верхніх квадратах прямокутників.

ТЕХНОЛОГІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ

Стандартами діючої єдиної системи технологічної документації (ЕСТД) передбачається два варіанти комплектності технологічних документів:

1) Комплект документів технологічного процесу (операції), який представляє собою сукупність технологічних документів, необхідних і достатніх для виконання технологічного процесу (операції);

2) Комплект технологічної документації — сукупність комплектів документів технологічних процесів і окремих документів, необхідних і достатніх для виконання технологічних процесів при виготовленні і ремонті виробу чи його складових частин.

Для ремонтного підприємства розробляються й оформляються комплекти документів, які визначають технологічні процеси розбирання, складання, дефектації і відновлення деталей. При цьому встановлені такі види технологічних процесів за ступенем деталізації їх опису: маршрутний опис — для розбирання і дефектації, маршрутно-операційний - для складання складальних одиниць і відновлення деталей.

Технологічну документацію, яку розробляють і застосовують на ремонтних підприємствах у системі агропромислового комплексу, оформляють відповідно до вимог стандартів ЕСТД з урахуванням, роз'яснень і обмежень, викладених у ГСТУ 3-058:2004 і СОУ 29.3-37-186:2004. Цими документами передбачені різні види технологічних документів. До них відносяться групи технологічних карт і відомостей до цих карт: маршрутна карта (МК), карта типового технологічного процесу (КТТП), наприклад - на очисні або

електролітичні операції, операційна карта для різних видів операцій (наплавлення, механічної обробки, технічного контролю тощо), карта технологічного процесу дефектації (КТПД), карта ескізів до технологічних операцій (КЕ) тощо. До групи відомостей відносять: відомість технологічних документів (ВТД), які містяться у комплекті документів технологічного процесу, відомість деталей до типового технологічного процесу (ВТП), відомість оснащення (ВО) і обладнання (ВОБ),

За ЕСКД ГОСТ 3.1102-81 використовується одна форма карт для всіх видів технологічних документів, які відрізняються лише правилами їх заповнення. Можливий варіант застосування індивідуальних форм для різних видів документів, які звичайно застосовуються за відповідними ДСТУ та ГОСТам на виготовлення деталей.

Для упорядкування обліку, звернення і використання інформаційно-пошукових систем усі технологічні документи мають позначення, тобто кодуються відповідно до ЕСКД ГОСТ 3.1201-85.

Загальні вимоги до комплектності технологічних документів встановлені для одиничних процесів за ЕСКД ГОСТ 3.1119-83, а для типових і групових — за ЕСКД ГОСТ 3.1121-84. Наприклад, для одиничного процесу відновлення деталей комплект документів включає ВТД, МК, ОК, ВО, ВОБ, КЕ, ОК контролю.

Приклади маршрутної карти відновлення деталі й ескізу до операційної карти наплавлення наведені на рис. 8.3 та 8.4.

Дудл		Замість		Орган		ЗМ		Вист		Код пов		Підпис		Дата	
						02100.0000		3P		3		1			
Разроб.						151 37. 376 1						10100 00001P			
Перевір.															
Н. контр.						Вся привода ВВП									
А		Цех		Уч. / ФМ / Опер.		Код, найменування операції		Позначення документа							
Б						Код, найменування обладнання		СМ / Проф / Р / Ш / КВ / КОДЛ / ОН / ОП		Кшт.		Тп. З		Гшт.	
К/м						Найменування деталі, СК, одиниці або матеріалу		Позначення, код		гп / ЕВ / ОН / КО		Н. дитр.			
01						Правила безпеки при ремонті і технічному обслуговуванні машин і устаткування									
02															
А 03						005 Наплавлявальна (деф. 1,2,3,4)		20191.00001P				60191.00001P			
Б 04						Напівавтомат зварювальний А-5374									
05						Перетворювач зварювальний ПСГ-500									
06						Балон для CO ₂ 40-150 ДСТУ 3245-95									
07						Установка наплавлявальна цехова									
08															
А 09						010 Токарна (деф. 1,2,3,4)		20140.00001P				60140 00001P			
Б 10						Верстат токарно-гвинторізний 1К62									
11															
А 12						015 Шліфувальна (деф. 1,2,3,4)		20140.00001P				60140 00001P			
Б 13						Верстат круглошліфувальний 36161									
14															
15															
16															
МК						Маршрутна карта відновлення деталі									

Рисунок 8.3 Зразок оформлення маршрутної карти

спряжень, вузлів, агрегатів і машин, попереднього деформування пружних елементів.

2. Верстатні пристрої для встановлення і закріплення оброблюваних деталей або заготовок на верстатах.

3. Контрольні пристрої для перевірки якості ремонту або технічного стану деталей, вузлів, машин.

4. Пристрої для кріплення робочих інструментів, які дозволяють точно встановлювати і фіксувати інструмент на верстатах відносно оброблюваної заготовки.

5. Пристрої для захвату, переміщення і зміни положення ремонтваних деталей вузлів і машин. Їх застосовують для об'єктів, переміщення яких мускульною силою неможливе або ускладнене.

Розбирально-складальні пристрої — це преси, знімачі, наставки. Їх можна використовувати самостійно і в комплексі з універсальними пресами або спеціальними стендами пресового типу з механізованим приводом. При цьому вони складаються з встановочних, запірних, регулювальних, кріпильних, з'єднувальних елементів і корпусу пристрою.

Установочні елементи у більшості розбирально-складальних пристроїв — регульовані. У деяких пристроях (захватах) для механізованого розбирання застосовують різні двофланцеві стакани і призматичні підставки. Запірні елементи пристроїв — це кільця, конуси, нарізні пари, ступінчасті втулки. Регулювальні елементи пристроїв мають форму додаткових ланок, повзушок, спіральних дисків та конусів. Кріпильні елементи — це, як правило, стандартні деталі: гвинти, штифти, пальці, заклепки тощо. Елементи з'єднання виконуються у вигляді швидкознімних пристроїв. Корпуси розбирально-складальних пристроїв у більшості випадків представлені траверсою.

Верстатні пристрої є додатковим обладнанням до різного виду верстатів, їх використовують для встановлення і закріплення оброблюваних деталей відносно різального інструменту так, щоб він точно виконував усі необхідні розміри, передбачені у даній деталі. За ступенем спеціалізації верстатні пристрої поділяються на універсальні, спеціальні, переналагоджувані, універсально-складальні, складально-розбиральні та універсально-налагоджувані.

Універсальні пристрої застосовують для встановлення і закріплення різних за формою і розміром деталей, що обробляються на універсальних механорізальних верстатах у штучному, дрібносерійному і серійному виробництвах.

Спеціальні пристрої використовують для виконання певних (одноцільових) операцій у серійному, крупносерійному і масовому виробництвах.

Переналагоджувані пристрої застосовують для встановлення і закріплення подібних за формою, розмірами і способами обробки деталей на різних верстатах у серійному виробництві.

Універсально-складальні пристрої складаються із готових нормалізованих елементів, які входять до спеціального комплексу і застосовуються в умовах

дослідного і дрібносерійних виробництв.

Верстатні пристрої повинні задовольняти трьом основним вимогам: забезпечувати характеристики точності деталі, давати зниження всіх видів витрат на виконання технологічної операції і бути простими та недорогими. Особливо необхідно звернути увагу на правильне встановлення у верстатних пристроях деталі. Воно досягається застосуванням спеціальних установочних баз і елементів.

Верстатні пристрої поєднують у собі установочні, затискні, силові, напрямні, подільні і допоміжні елементи. Крім того, кожний пристрій включає в себе корпусні та кріпильні деталі.

Установочні елементи верстатних пристроїв несуть на собі базисні поверхні пристроїв, які використовуються як опори оброблюваної деталі. Вони визначають положення деталі відносно інших - елементів і пристрою в цілому.

Опорні елементи поділяються на основні і допоміжні. Перші орієнтують деталь у пристрої і жорстко з ним зв'язані, другі індивідуально підводяться до деталі для підвищення стійкості і жорсткості при обробці. Опори виконують у формі штирів, призм і пальців.

Затискні елементи верстатних пристроїв повинні задовольняти таким вимогам: при затисканні не порушувати заданого положення деталі у пристрої, мати зусилля затискання достатньо великі, щоб виключити зсув, повертання або вібрацію деталі при різанні.

Затискачі повинні бути механізовані або автоматизовані.

Розрізняють затискні пристрої прості та комбіновані. Прості, які складаються з одного елементарного механізму, бувають клинові, гвинтові, ексцентрикові, важільні та інші. Комбіновані складаються з декількох простих пристроїв, з'єднаних разом (гвинтово-важільні, ексцентрично-важільні). У багатьох сучасних пристроях використовують пневматичні та гідравлічні затискні пристрої (рис. 8.5).

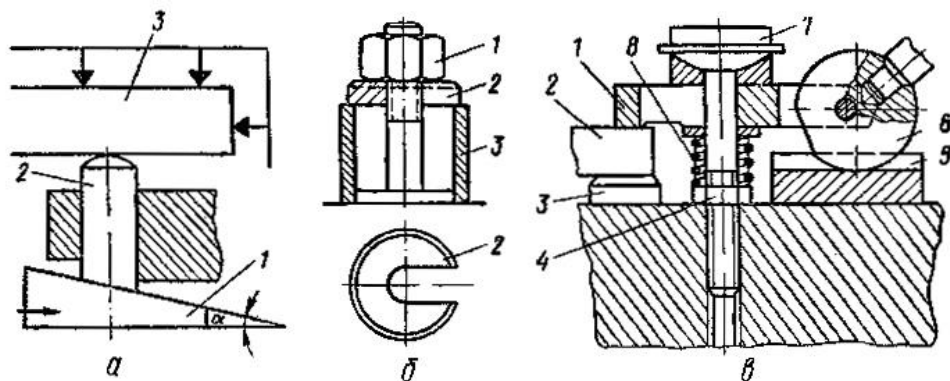


Рисунок 8.5. Прості затискні пристрої:

- a* — клиновий затискач; 1 — клин; 2 — притисний штир;
3 — деталь; *б* — гвинтовий затискач з розрізною шайбою; 1 — гайка;
2 — шайба; 3 — оброблювана деталь; *в* — ексцентриковий затискач; 1 — притисна планка; 2 — оброблювана деталь; 3 — опора;
4 — гайка; б — опора ексцентрика; 6 — ексцентрик; 7 — гвинт; 8 — пружина

За видом приводу затискне обладнання поділяють на ручне механізоване

та автоматизоване.

Напрямні елементи верстатних пристроїв необхідні для спрямування різального інструменту переважно у тих випадках, коли він обертається. Вони представляють собою кондукторні втулки, які бувають постійними і змінними.

Подільні елементи — це диски або сектори, що несуть на собі зуби, пази або отвори і застосовуються для фіксації деталі відносно різального інструменту.

Корпуси верстатних пристроїв і кріпильні деталі є зв'язуючими елементами верстатних пристроїв.

При розробці верстатних пристроїв максимально використовують стандартні, нормалізовані та уніфіковані конструктивні елементи.

Контрольні пристрої. За їх допомогою перевіряють точність виконання розмірів і взаємного положення поверхонь деталей і вузлів, а також правильність їх геометричної форми. Висока точність сучасних машин обумовлює необхідність застосування у контрольних пристроях вимірювачів високої чутливості, а також правильність вибору принципової схеми і конструкції пристроїв у цілому. Для перевірки невеликих і середніх деталей застосовують стаціонарні контрольні пристрої, для великих — переносні, які встановлюють на деталь або вузол, що перевіряються.

Контрольний пристрій складається із установочних, затискних, вимірювальних і допоміжних елементів. Для об'єднання цих елементів в одне ціле призначений корпус пристрою.

Установочними називають елементи, на які деталь (вузол), що перевіряється, ставиться своїми вимірювальними базами відносно вимірювального пристрою. Для встановлення на базові площини застосовують постійні опори зі сферичними і плоскими головками, опорні пластинки, а також спеціальні деталі залежно від конфігурації бази у плані. Для підвищення стійкості проти зношування опори термообробляють до твердості HRC 55-60. Для встановлення деталей на зовнішні циліндричні поверхні використовують призми. Затискне обладнання у контрольних пристроях запобігає зміщенню встановленої для перевірки деталі (вузла) відносно вимірювального пристрою і забезпечує повний контакт установочних баз деталі з опорами пристроїв. У контрольних пристроях застосовують ручні затискні пристрої (важільні, пружні, гвинтові, ексцентрикові), а також пристрої з приводом, головним чином - пневмозатискачі. Часто застосовують комбіновані затискні пристрої, забезпечивши одночасне і строго рівномірне затискання контрольованих деталей до кількох опорних елементів пристроїв. Місце прикладення сили затискання вибирають так, щоб не викликати деформацій деталі й елементів контрольного пристрою.

Вимірювальні пристрої контрольних інструментів поділяють на дві основні групи: граничні й відлікові. Граничні пристрої не дають чисельного значення вимірювальних величин. При цьому використовуються найпростіші пристрої: скоби, пробки або щупи. Як відлікові вимірювачі використовуються індикатори з важільною або зубчастою передачами.

Допоміжні пристрої контрольних інструментів мають різне призначення.

Наприклад, поворотні пристрої при перевірці радіального чи осьового биття або повзуни для переміщення вимірювальних елементів при перевірці пряmolінійності або паралельності.

Корпус контрольного пристрою є його базовою деталлю. У стаціонарних пристроїв корпуси виконуються у вигляді масивної і жорсткої плити або корпусної деталі, на основі якої розміщують основні і допоміжні деталі та пристрої.

Пристрої для кріплення робочих інструментів використовують для фіксації різального інструменту на металооброблювальних верстатах. Вони призначені для прискорення встановлення і фіксації інструменту. Наприклад, перехідні втулки для інструменту на свердлильних верстатах, оправки для циліндричних і дискових фрез, розточувальні скалки тощо. Особливу групу складають пристрої для кріплення робочих інструментів, які розширюють технологічні можливості металорізальних верстатів. Ці пристрої дозволяють здійснювати роботи, які виконують на верстатах інших типів. Наприклад, проточування кільцевих канавок і нарізання нарізі на вертикально-свердлильних верстатах.

Пристрої для захвату, переміщення і зміни положення відновлюваних деталей, вузлів і машин. До цієї групи технологічних пристроїв відносяться ланцюгові та канатні скоби, траверси, кліщові і ексцентрикові захвати, підйомні електромагніти, кантувачі, підтримувальні пристрої, шарнірно-балансирні маніпулятори тощо.

**ЗАВДАННЯ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ДО ТЕМИ
«ТЕХНОЛОГІЧНІ СПОСОБИ РЕМОНТУ (ВІДНОВЛЕННЯ) ДЕТАЛЕЙ»**

1. Які поверхні відновлюються обтисканням?

- 1)+ внутрішні;
- 2)- зовнішні;
- 3)- профільні.

2. Для чого застосовують точкове і шовне зварювання?

- + зварювання листового матеріалу малих товщин;
- зварювання деталей зі значним зносом;
- зварювання деталей великих товщин.

3. Які поверхні деталей відновлюють роздаванням ?

- 1)+ зовнішні;
- 2)- внутрішньої;
- 3)- профільні.

4. До яких процесів обробки відноситься електроерозійний спосіб?

- 1) + електрофізичних процесів;
- 2) - електромеханічних процесів;
- 3) - газотермічних процесів.

5. Який параметр гарантує перекриття попереднього валика наступним при наплавленні?

- 1) - виліт електроду;
- 2)+ крок наплавлення;
- 3)- товщина наплавлення;

6. Від яких параметрів наплавлення залежить форма наплавленого валика?

- 1)- кінематичних;
- 2)- електричних;
- 3)+ електричних і кінематичних.

7. Для чого виконують зміщення електроду із zenіту при наплавленні тіл обертання?

- 1) + щоб уникнути стікання розплавленого металу з поверхні деталі;
- 2) - щоб уникнути небажаної товщини наплавленого шару;
- 3) - для запобігання перевитрат електроенергії.

8. Вказати вихідні дані для розрахунку технологічних параметрів режиму

наплавлення.

- 1) - крок наплавлення, швидкість наплавлення;
- 2) - зовнішня і динамічна характеристики джерела живлення;
- 3) + номінальний діаметр деталі, діаметр електродного дроту, величина зносу деталі.

9. Для чого у складі матеріалу дроту для наплавлення містять кремній і марганець?

- 1) - для покращення фізико-механічних властивостей наплавленого шару;
- 2) - компенсування елементів, вигорання яких відбулося в процесі наплавлення;
- 3)+ розкислювання наплавленого металу і видалення окислів із зварювальної ванни.

10. На які види розподіляються флюси?

- 1)- керамічні та неплавлені;
- 2)+ плавлені та керамічні;
- 3)- тільки плавлені.

11. В якій групі полімерних матеріалів присутня можливість зворотності процесу (повторного використання композиції)?

- 1)+ термопластичних;
- 2)- реактопластичних;
- 3)- частково в обох групах.

12. Вкажіть склад компонентів епоксидної композиції для ремонту тріщин.

- 1)- епоксидна смола, пластифікатор;
- 2)- епоксидна смола, затверджувач;
- 3)+ епоксидна смола, пластифікатор, наповнювач, затверджувач.

13. Які параметри сприяють якісному склеюванню деталей при застосуванні синтетичних клеїв?

- 1)- температура, тиск;
- 2)- тиск, час витримки;
- 3)+ тиск, температура, час витримки.

14. Що являє собою процес електроіскрового нарощування покриттів?

- 1)+ сукупність короткочасних дугових розрядів між анодом і катодом;
- 2)- процес горіння дуги між анодом і катодом;
- 3)- високотемпературний частково або повністю іонізований газ.

15. При залізненні на поверхні відновлюваної деталі осаджується:

- 1)- залізо з вуглецем;
- 2)+ залізо;

3)- оксид заліза.

16. Застосування асиметричного струму при залізненні дозволяє:

- 1)- застосовувати різні електроліти;
- 2)- не перемішувати електроліт;
- 3)+ підвищити якість покриття.

17. Декапірування необхідне для:

- 1)- знежирення поверхні деталі;
- 2)- зняття нальоту іржі;
- 3)+ видалення тонких оксидних плівок.

18. Електроліти для хромування виготовляють на основі :

- 1)- соляної кислоти;
- 2)+ сірчаної кислоти;
- 3)- ортофосфорної кислоти.

19. При приготуванні електроліту необхідно вливати:

- 1)- воду у кислоту;
- 2)+ кислоту у воду;
- 3)- по черзі.

20. Які способи зварювання використовують при відновленні деталей з алюмінію та їх сплавів?

- 1)+аргонове та газове;
- 2)- вібродугове, під шаром флюсу ;
- 3)- в середовищі вуглекислого газу.

21. Що використовують в якості захисного середовища при ремонті кузовів автомобілів?

- 1) +вуглекислий газ CO_2
- 2)- аргон
- 3)- флюси

22. Суть газополуменевого напилення та наплавлення зношених деталей полягає у:

- 1)+ утворенні спрямованого потоку дисперсних частинок матеріалу, що забезпечує їх перенесення на поверхню деталі;
- 2)- у зміцненні поверхні деталі інертними газами;
- 3)- у високо термічному напіканні порошкових матеріалів на поверхню.

23. Які горючі гази використовуються при газополуменовому напиленні і наплавленні?

- 1)+ ацетилен, пропан, воднево-киснева суміш;
- 2)- аргон, вуглекислий газ;

3)- метан, кисень, фреон.

24. На якій полярності треба виконувати ручне дугове зварювання на постійному струмі деталей малої товщини?

- 1)- прямій;
- 2)+ зворотній;
- 3)- в все одно якій.

25. Які функції виконує стабілізуюча (тонка) обмазка електродів для ручного зварювання?

- 1)- захищає розплавлений метал від кисню та азоту повітря;
- 2)- легує наплавлений метал, надаючи йому певних властивостей;
- 3)+ підтримує стійке горіння електричної дуги.

26. Чим обумовлено формування якості наплавленого металу?

- 1)- складом компонентів наплавочного дроту;
- 2)- складом компонентів флюсу;
- 3)+ сумісною дією компонентів наплав очного дроту та флюсу.

27. Яким видом наплавки не рекомендується користуватись при відновленні деталей, які працюють в умовах знакозмінних навантажень?

- 1)+ вібродуговим наплавленням;
- 2)- під шаром флюсу;
- 3)- в середовищі захисних газів.

28. Що являється переносником електричних зарядів в електролітах?

- 1)+ іони;
- 2)- електрони;
- 3)- протони.

29. Що впливає на неякісне зчеплення (відшарування) електролітичного осаду?

- 1)- розмір та розташування анодів;
- 2)+ якість знежирення;
- 3)- значення катодної щільності струму.

30. Які полімерні матеріали використовують для зароблювання тріщин в корпусних деталях?

- 1)- поліамідні смоли;
- 2)+ епоксидні смоли;
- 3)- синтетичні клеї.

Зміст

Лекція 1.	4
Лекція 2.	23
Лекція 3.	46
Лекція 4.	61
Лекція 5.	77
Лекція 6.	97
Лекція 7.	107
Лекція 8.	114
ЗАВДАННЯ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ДО ТЕМИ «ТЕХНОЛОГІЧНІ СПОСОБИ РЕМОНТУ (ВІДНОВЛЕННЯ) ДЕТАЛЕЙ»	130
Зміст	135

Навчальне електронне видання
комбінованого використання

Можна використовувати в локальному та мережному режимах

Автухов Анатолій Кузьмич,
Мартиненко Олександр Дмитрович,
Тіхонов Олександр Всеволодович,
Бантковський Вячеслав Анатолійович

**СЕРВІСНА ІНЖЕНЕРІЯ.
ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС В АПВ ТА РЕМОНТ МАШИН.**

Курс лекцій
для підготовки бакалаврів
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»
(3 кредити)

В авторській редакції
План 2022р., поз. _____ / _____

Підп. до друку 2022 р. Один електронний оптичний диск (CD-ROM);
супровідна документація. Об'єм даних 401 Мб. Тираж прим.

Видавець і виготівник
Державний біотехнологічний університет
вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002