

2.3. Прогресивні способи відновлення деталей

Заливання рідким металом використовують для відновлення деталей із значним зносом (ланок гусениць, опорних котків, ведучих і напрямних коліс тощо). Суть способу полягає у тому, що очищену від забруднень і корозії деталь покривають флюсом, підігрівають до 200-250°C і вставляють у підігріту до цієї ж температури металічну форму — кокіль. Рідкий метал (чавун або сталь) через ливникову систему заповнює проміжок між поверхнею зношеної деталі і стінкою кокілю (рис. 3.20). Цей спосіб дозволяє одержати високу точність розмірів, що особливо важливо для деталей складної конфігурації, які не потребують наступної механічної обробки, наприклад - ведучих коліс гусеничних тракторів, зірочок тощо.

Індукційне наплавлення. Розплавлений метал можна отримати безпосередньо на поверхні наплавлюваних деталей. Для цього присадний метал у вигляді суміші порошків наносять на поверхню деталі і нагрівають (СВЧ).

Цей спосіб має високу продуктивність при високій однорідності хімічного складу і щільності наплавленого шару. Основний метал проплавляється на глибину, яка дорівнює 10-15% товщини наплавленого шару. Поверхня стає гладенькою і рівною.

Електрошлакове наплавлення полягає у тому, що присадний метал розплавляється за рахунок тепла, яке виділяється при проходженні струму через розплавлений електропровідний шлак від електроду до деталі.

Лазерне (світлове) наплавлення. Розроблено три способи лазерного наплавлення: з подачею присадного порошку в зону плавлення, оплавлення заздалегідь нанесених паст, оплавлення напилених шарів. Найчастіше застосування отримали процеси лазерного наплавлення при оплавленні заздалегідь нанесених порошкових паст (шлікерних покриттів) або напилених шарів, а також наплавлення з подачею присадного порошку в зону оплавлення. При шлікерному лазерному наплавленні, як пов'язуючі, застосовують епоксидні смоли, самотвердіючі пластмаси, розчин бури в ацетоні, спиртний розчин каніфолі, ізопропиловий спирт, рідке скло, силікатний клей, вуглеводні, жири, клейстер і ін.

Плазмово-дугове наплавлення полягає у використанні плазмового струменя для плавлення присадного матеріалу і транспортування його частинок на поверхню деталі. Плазмою називають високотемпературний частково або повністю іонізований газ. Плазмовий струмінь одержують пропусканням газу через дуговий розряд у вузькому каналі плазмового пальника, що охолоджується водою (рис. 3.19). Проходячи через канал, стовп дуги стискається, ступінь іонізації дугового проміжку, у якому утворюється плазмовий струмінь, збільшується, а

температура підвищується до 15-18 тис. градусів.

Присадним матеріалом для нанесення покриття є дріт або гранульовані металічні порошки, плазмоутворювальними газами — аргон, азот, гелій, водень. Для захисту наплавленого шару від дії зовнішнього середовища використовують аргон, азот, гелій та їх суміші, а також вуглекислий газ.

Електроконтактне зварювання відноситься до термомеханічного класу. Усі способи контактного зварювання ґрунтуються на нагріванні і пластичному деформуванні заготовок у місці з'єднання. Нагрівання здійснюється теплом, яке виділяється під час проходження електричного струму через з'єднувані деталі, що знаходяться у контакті.

Електроконтактне приварювання металічної стрічки використовують для відновлення зношеного шару циліндричної деталі.

Струм напругою 1-4В і силою 10-20кА від зварювального трансформатора подається до деталі через ролики, між якими знаходиться приварювальна стрічка (рис. 3.23). Зусилля притискання роликів становить 1,4-1,6кН. Завдяки спеціальним переривникам струм подається короткими імпульсами тривалістю 0,004-0,008с. Таким чином стрічка приварюється до деталі так, як і при шовному зварюванні, окремими точками. За рахунок вибору тривалості пауз забезпечується перекриття точок на 1/4-1/3 їх розміру. В осьовому напрямку безперервність приварювання досягається тим, що ширину ролика приймають у кілька разів більшою кроку позовжньої подачі. Присадним матеріалом є стрічка товщиною 0,4-0,5мм або електродний дріт діаметром до 2мм. Твердість і стійкість проти зношування наплавленого шару залежить і від матеріалу стрічки або дроту. Щоб їх підвищити, зону зварювання охолоджують водою. У поєднанні із застосуванням стрічки високовуглецевих сталей можна отримати покриття твердістю до 60-61 HRC без спеціальної термообробки.

Електроконтактне напикання. Фізико-механічна суть процесу полягає в тому, що металічний

порошок подається у зону контакту між роликом-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 кульку і припикання її до відновлюваної деталі відбуваються за рахунок дифузійних процесів і сплавлення частинок порошку в окремих 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.

Зварювання тертям — це різновид зварювання тиском, за якого

одна деталь обертається відносно другої нерухомої, причому деталі притискаються одна до одної певним зусиллям. Під дією сил тертя відбувається нагрівання зварюваних поверхонь у місці контакту. Зварювання виконують на токарному верстаті, встановлюючи одну деталь у патрон, а другу — у піноль задньої бабки. Нерухому деталь притискають до рухомої зусиллям 50-100МПа. Коли температура нагрівання торця досягне 1300-1400°C, верстат виключають і проводять осаджування, стискаючи деталь в осьовому напрямку до 200-300МПа. Частоту обертання деталі при зварюванні приймають у межах 2000-3000хв-1. Зварювання тертям застосовують для з'єднання частин валів та інших круглих стержнів, труб, хвостовиків різального інструменту. Для зварювання тертям в умовах спеціалізованих ремонтних майстерень застосовують різні пристрої до універсальних верстатів або спеціальні верстати напівавтомати.

Переваги цього способу полягають у високій якості з'єднання, незначній витраті електроенергії, великій продуктивності.

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. 3.24) 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.

Електродугове напилювання. При електродуговому напилюванні 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.

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. В останні роки для зміцнення і наросування поверхонь деталей на великих спеціалізованих ремонтних і машинобудівних підприємс-

твах все частіше застосовують **лазерну технологію**.

Використання лазерної технології може забезпечити нарощування металу, зварювання дефектів глибиною до 0,5мм, термічну обробку, прошивання отворів, зварювання.

Вона ефективна для місцевого наплавлення площею 50-100мм² з товщиною шару 0,8-1,2мм, термозміцнення відповідальних ділянок плоских поверхонь деталей, а також циліндричних і складнопрофільних з радіусом кривизни не більше 25мм.

Слово «лазер» складено з перших літер англійської фрази «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation», що в перекладі означає "посилення світла за рахунок стимульованої емісії", тобто в назві відображена суть роботи лазера, або, як його інакше називають, оптичного квантового генератора.

Перевагою лазерної технології порівняно з іншими видами зміцнення або нарощування шару є те, що ця технологія забезпечує локальне поверхневе нагрівання деталі і не змінює властивостей основної її маси. Зона термічного впливу при лазерному наплавленні залежить від маси деталі і не перевищує 0,4мм.

Суть лазерної технології полягає в тому, що лазерний промінь створює дуже високі щільності світлової потужності — порядку 10⁹

Вт/см²

і вище. При цьому легко регулюється розмір і положення світлового променя за допомогою дзеркал і фокусуючих лінз.

Діаметр фокусованого променя може змінюватись від 0,01 до 10мм, а сам переміщуватись по запрограмованим траєкторіям будь-якої складності. Промінь не послаблюється повітрям і може передаватися на будь-які відстані. Він не викликає проникаючої радіації, тому захист від опромінення дуже простий — екраном може бути звичайний плексиглас.

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 легированих сплавів;

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

Електроіскрове нарощування металу представляє собою сукупність короткочасних дугових розрядів, які одержують під час обертання електродів, що стискаються з наплавлюваною 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°C. 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.

Електроерозійний спосіб обробки деталей відноситься до групи електрофізичних процесів і полягає в електричній ерозії під час іскрового розряду. Під час проскакування іскри між електродами потік електронів, що рухається з величезною швидкістю, миттєво нагріває частину поверхні аноду до 10 000-15 000°C, метал плавиться і навіть переходить у газоподібний стан, унаслідок чого відбувається вибух. Частинки відірваного розплавленого металу аноду викидаються у міжелектродний простір і залежно від його середовища (газового або рідкого) досягають катоду та осідають на ньому або розсіюються. Деталь є анодом. Інструменту надається коливальний рух від вібратора для замикання і розмикання ланцюга та одержання іскрового розряду. Вибір і встановлення необхідного режиму досягається застосуванням змінного опору і постійною або змінною ємністю конденсаторів, але є установки і без конденсаторів.

Електро механічна обробка (ЕМО) представляє собою різновид процесу високотемпературної механічної обробки (ВТМО) при локальному поверхневому нагріванні у місці контакту інструменту і деталі, які знаходяться під напругою електричного струму. Спосіб ЕМО застосовується як для зміцнення, так і для відновлення розмірно-точносних характеристик деталей, котрі мають невеликий знос (до 0,4мм). ЕМО використовують для відновлення зовнішніх поверхонь нерухомих і рухомих з'єднань.

Суть процесу полягає в тому, що у місці контакту двох струмопро-

відних поверхонь (деталь — робочий інструмент) виділяється тепло, під дією якого поверхня деталі розігрівається, одночасно піддається тиску інструменту, деформується і охолоджується шляхом відведення тепла всередину холодної деталі.

Загартовані, виготовлені з твердих сплавів і відновлені наплавленням деталі мають значну твердість поверхні, унаслідок чого їх важко або навіть неможливо обробляти різанням. Для обробки таких деталей можна застосовувати **анодно-механічний спосіб**, при якому деталь піддається комбінованому електрохімічному, електротермічному і механічному впливу.

У зону дії оброблювального інструменту вводиться струмінь електроліту, який складається з водного розчину рідкого скла (густина 1,36-1,38г/см³

) або іншої рідини із вмістом з'єднання кремнієвої кислоти. При пропусканні постійного струму розчин піддається електролізу, і на аноді утворюється щільна плівка кремнієкислих з'єднань. Ця плівка видаляється механічною дією катоду (чавунного, сталюого, мідного диска або абразивного круга).

Ремонт (відновлення) деталей пластичним деформуванням ґрунтується на здатності металів змінювати свою форму під тиском. Пластичне деформування можливо при нагріванні деталей і без нього.

Полімерні матеріали поділяються на дві групи: термопластичні (термопласти) і термореактивні (реактопласти).

Термопласти під дією тепла у процесі переробки плавляться, а при охолодженні твердіють. При цьому в них не відбуваються хімічні реакції. Під час повторного нагрівання вони знову переходять у пластичний стан, але їх фізико-механічні властивості погіршуються.

З термопластів у ремонтному виробництві використовують поліамідні смоли, які добре працюють в умовах тертя ковзання після нанесення їх на поверхню деталі тонким шаром (до 0,2-0,7мм). Застосовують термопласти для ремонту і виготовлення деталей.

Реактопласти під дією тепла при переробці спочатку розм'якшуються і частково плавляться, а потім у результаті хімічних реакцій переходять у неплавкий — твердий і нерозчинний стан (процес незворотний).

З реактопластів найпоширеніші епоксидні смоли з добавками різних компонентів, які забезпечують задані властивості композиції. Реактопласти застосовують для зароблювання тріщин і пробоїн у корпусних деталях, склеювання тощо.

Нанесення тонкошарових покриттів у псевдостиснутому шарі використовують для відновлення зношених поверхонь деталей хіміч-

ного й антикорозійного захисту, поліпшення антифрикційних властивостей поверхонь тертя, створення електро- і теплоізоляції, а також для декоративних цілей.

Суть процесу полягає в тому, що деталь, нагріту до температури на 30-50°C вище температури плавлення полімеру, занурюють на деякий час у завислий, так званий псевдо стиснутий, шар полімерного порошку.

Нанесення покриттів газополуменевим способом використовується для вирівнювання нерівностей на деталях кабін, оперенні і облицюванні тракторів та автомобілів, нанесення на поверхні деталей електро- і теплоізоляційних, декоративних і захисних покриттів.

Суть способу полягає в тому, що струмінь повітря із завислими у ньому частинками порошкового полімеру пропускають через факел ацетиленового полум'я. При температурі 650-700°C і вище полімерний матеріал унаслідок значної швидкості проходження через зону полум'я (20-30м/с) розм'якшується до пластичного стану і при ударі по підготовленій поверхні деталі зчіплюється з нею, утворюючи суцільне полімерне покриття.

Ремонт і виготовлення деталей з термопластичних полімерних матеріалів литтям під тиском або пресуванням застосовують для одержання покриттів на зношеній поверхні деталі з достатньо високим ступенем точності, а також для виготовлення нових і ремонтних деталей.

Технологія виготовлення деталей литтям під тиском така. Полімерний матеріал, попередньо розплавлений і нагрітий на 50-70°C вище точки плавлення в інжекційному циліндрі ливарної машини, подається плунжером або черв'яком (шнеком) у формуючі гнізда ливарної прес-форми під тиском 10-20МПа (рис. 3.34, г). Попередньо прес-форму підігрівають до 80-100°C. Застигаючи у гніздах під тиском, полімерний матеріал набуває конфігурації виробу. Після застигання виробу ливарна прес-форма розкривається, і виріб разом з ливником виштовхується з формуючої порожнини. Інклекційний механізм повертається у вихідне положення, і весь цикл лиття повторюється. Процес формування матеріалу у виріб протікає дуже швидко — за 20-30с. Зароблювання тріщин із застосуванням полімерних матеріалів використовують для ремонту блоків і головок блока циліндрів, картєрів коробок передач, корпусів задніх мостів, баків та інших деталей. При цьому користуються епоксидними смолами ЕД-16 і ЕД-20, які затвердівають під дією затвердника. Для підвищення еластичності і ударної міцності смоли до її складу вводять пластифікатори. Крім того, до складу епоксидної композиції додають наповнювач, за допомогою якого поліпшуються фізико-механічні або антифрикційні властивості, підвищується теплостійкість, теплопровідність і знижується вартість. Епоксидну композицію готують за два етапи — спочатку послі-

довно змішують нагріту до 60-80°C епоксидну смолу, пластифікатор і наповнювач. Цей склад можна зберігати тривалий час. А безпосередньо перед нанесенням композиції на деталь вводять затвердник і використовують її протягом 20-25хв.

Для зарівнювання тріщин засвердлюють її кінці і обробляють кромки (рис. 3.35, а). Поверхню тріщини зачищають з обох боків до металічного блиску і знежирюють ацетоном. Тріщини довжиною до 20мм зарівнюють шаром епоксидної композиції товщиною на 3мм вище поверхні (рис. 3.35, б). При довжині тріщини 20-150мм її зарівнюють з укладанням двох шарів накладок із склотканини. Перший шар повинен перекривати тріщину на 20-25мм, другий — на 10-15 мм (рис. 3.35, в, г). Накладки прикочують роликами і покривають шарами епоксидної композиції.

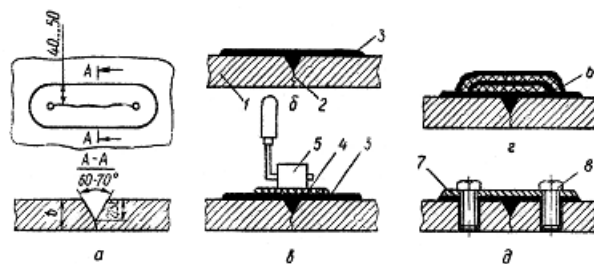


Рис. 3.35 - Схеми ремонту тріщин епоксидною композицією:

а — розроблювання тріщин під заробку епоксидною композицією; б — нанесення першого шару епоксидної композиції; в — накладання накладки на тріщину і прикочування роликом; г — нанесення епоксидної композиції на другу накладку; д — зароблювання тріщини при її довжині понад 150мм: 1 — деталь; 2 — тріщина; 3 — епоксидна композиція; 6 — накладки із склотканини; 5 — ролик; 7 — металічна накладка; 8 — болт

На тріщини довжиною більше 150мм наносять епоксидну композицію з накладанням металічної латки і закріпленням її болтами (рис. 3.35, д).

Процес затвердіння композиції при температурі 18-20°C триває 72год, при 40°C — 48, при 60°C — 24 при 80°C — 5, а при 100°C — 3год без прикладання зусиль.

Роботи, пов'язані з підготовкою поверхні, приготуванням і нанесенням епоксидного матеріалу, проводять тільки у витяжній шафі (наприклад, типу ОП-2078).

Якість зарівнювання тріщини і пробійни перевіряють лупою 8-10-кратного збільшення. Покриття повинно бути рівномірним, без тріщин, пор і відшарування композиції від поверхні деталі. При необхідності проводяться гідравлічні випробування відремонтованої деталі. Одним із прогресивних способів зарівнювання тріщин є клеєзварювальний спосіб. Він ґрунтується на використанні контактного точ-

кового зварювання і склеювання. Поверхню деталі готують механічним способом і знежирюють. Кінці тріщин засвердлюють. Виготовляють сталю накладку товщиною 1-2мм, залежно від товщини стінки деталі. На підготовлену поверхню наносять епоксидну композицію певного складу. Знежирену накладку встановлюють на клейову основу і приварюють точковим електроконтактним зварюванням не суцільним швом, а точками. Нагрівання відновленої поверхні, яке відповідає точковому зварюванню, поліпшує полімеризацію епоксидної композиції, яка завершується через 5-6год. Даний спосіб забезпечує формування з'єднання з граничною міцністю на розтягування 169-178МПа. У зварювальних машинах для цього способу використовують зварювальні кліщі з джерелом живлення типу К-264 і К-243В. Застосування синтетичних клеїв. Одним із найвідоміших технологічних процесів з використанням клеїв є наклеювання антифрикційних накладок на гальмівні колодки і диски зчеплення.

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 механічну обробку і в окремих випадках застосовувати різні покриття. Корозійна стійкість деяких видів покриттів створює якісний 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. 3.28). Електроліти — кислоти, луги 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.

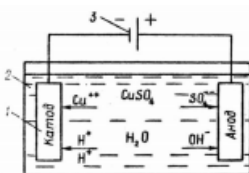


Рис. 3.28 - Схема установки для електролітичного осадження металу:

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 у 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.

З електролітичних покриттів найпоширенішими є 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 2 мм.

Хромування надає деталям стійкості проти зношування, корозії, а також гарний зовнішній вигляд. Поряд з цим процес хромування малопродуктивний і має високу собівартість.

Міднення застосовують для відновлення зовнішнього діаметра бронзових втулок і утворення підшару під час нікелювання тощо.

Нікелювання як основне покриття інколи застосовують для захисту деталей від корозії і з декоративною метою, а частіше — як підшар при декоративному хромуванні.

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, у якій проходять усі електрохімічні процеси, властиві гальванічному виділенню металу.