

Лекція 14

ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ

План

- 14.1. Механотермічне формування зносостійких покриттів.
- 14.2. Наплавлення зносостійких шарів.
- 14.3. Наплавлювання покриттів з порошкових матеріалів.
- 14.4. Іонно-плазменні методи. Плакування. Механічні зміцнення поверхонь.

14.1. Механотермічне формування зносостійких покриттів.

Метод механотермічного формування полягає в тому, що захисний шар кристалізується з розплаву металу в стиснутих умовах під навантаженням. При цьому в ньому відсутні порожнини і наскрізні пори, основний метал практично не плавиться і не потрапляє в наплавлений шар, що надійно з'єднується з основою. Використовують дві технологічних схеми: фрикційне і електроконтактне формування.

Перша технологічна схема містить у собі притиснення з певним зусиллям до поверхні деталі сухарів з матеріалу майбутнього покриття. Можливий і інший варіант, коли за допомогою пуансона притискається брикет із гранул або стружки. Поверхня, що потім покривається, із заданою швидкістю приводиться в циклічний рух. Матеріал, який наноситься, треться об поверхню деталі і на межі виділяється теплота. У певний момент часу температура контакту досягає точки плавлення. Плавлення, а отже формування зносостійкого шару, відбувається під тиском від 5 до 100 МПа при швидкості ковзання 1...8 м/с. При цьому час формування шару складає 5...70 с. Цим способом створюється покриття товщиною від 0,5 до 10 мм. На сталеву основу наносяться шари з мідних, алюмінієвих та інших сплавів. Метод має ряд обмежень. Він застосовується лише для деталей циліндричної форми, які приводяться в обертання. Температура плавлення матеріалу покриття повинна бути менше, ніж матеріалу основи. Цей метод успішно застосовується для створення мідного покриття на поверхнях гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання, що стимулює виникнення режиму виборчого переносу.

При електроконтактному формуванні тепло виділяється в результаті проходження електричного струму через гранульований матеріал, що має великим опором, який притискається з заданим тиском до поверхні деталі. Тут форма поверхні деталі може бути будь-якою. Температурні обмеження теж відсутні. Таким методом на сталь наноситься широкий спектр матеріалів: леговані сталі, тверді сплави, зносостійкі композиції. У такий же спосіб здійснюється електроконтактне наплавлення, засноване на принципі контактного зварювання. Матеріал який наплавляється (звичайно у вигляді стрічки), притискається до поверхні деталі електродом. Між електродом і деталлю прикладається різниця потенціалів від 2 до 12 В. Як джерело струму можна використовувати зварювальний трансформатор. Якщо наплавляють довгомірі деталі, то електрод роблять у вигляді ролика, який котиться по деталі і здійснює приварку захисного покриття.

14.2. Наплавлення зносостійких шарів

Наплавлення – це один з найбільш розповсюджених способів відновлення зношених деталей. Існує велика кількість методів наплавлення, що відрізняються джерелами теплової енергії, способами захисту наплавленого металу, рівнем автоматизації.

У процесі наплавлення розплавлений метал, взаємодіючи з навколишнім середовищем (газами, шлаками та ін.), зазнає тих чи інших змін, пов'язаних з випаром деяких його складових при високих температурах, утворенням різних хімічних сполук, нерозчинних у металі. Ці зміни характерні як для основного металу, що перебуває у зварювальній ванні, так і для додаткового металу. Як відомо, останній при різних способах відновлення (наприклад, дугове наплавлення електродом, що плавиться, електрошлакове наплавлення) нагрівається до більш високих температур, ніж температура у ванні, і має більшу контактуючу із середовищем питому поверхню (відношення поверхні до обсягу). Тому всі процеси взаємодії з навколишнім середовищем, що відбуваються через поверхню, й інтенсифіковані більш високою температурою, призводять до більшої зміни складу додаткового металу, ніж розплавленого основного. Цей змінений у процесі зварювання додатковий метал називається наплавленим металом.

Для більшості металів при газовому або дуговому зварюванні звичайних металів на залізній й іншій основах спостерігається збільшення в рідкому металі концентрації водню.

Розчинений водень у міру зниження температури прагне виділитися з розчину й вийти назовні. Він концентрується в охолодженому основному металі в окремих порожнинах усередині нього, а в металопокритті дифундує у бік поверхні наплавленого металу і пришовних зон. Накопичуючись у різних нещільностях (вакансіях, дислокаціях, макropорожнечках), водень приводить до підвищення крихкості, виникненню додаткових внутрішніх напружень і пор, і появи мікротріщин у відновлюваному виробі. Тому на практиці досить важливим є максимальне видалення з металу наплавлення водню, кисню й азоту.

Зменшити наводнення металу в процесі його наплавлення можна шляхом застосування попереднього нагрівання деталі, а також наступною нормалізацією, а вміст кисню й азоту за рахунок надійного захисту зварювальної ванни й зони горіння дуги. Це досягається застосуванням відповідного складу зварювальних матеріалів, газового середовища (захисних газів, вакууму), шлаків і шлакових розплавів (флюси), активно взаємодіючих з навколишнім матеріальним середовищем.

Одним з найбільш ефективних засобів поліпшення механічних характеристик металопокриттів є оптимальний підбір хімічного складу металу шва. Використання (при конкретному способі відновлення) правильно підібраних зварювальних матеріалів (припадочного або електродного дроту), а також введення у зварювальну вану легуючих добавок (через флюс, електродні покриття й ін.) і наступна обробка забезпечує відносно вирівнювання металопокриття із властивостями основного металу. При цьому виріб стає міцнішим. Крім того, для забезпечення спрямованого формування властивостей металопокриттів необхідний вибір раціонального способу та режимів відновлення. При цьому варто враховувати, що важливу роль серед

наплавочних матеріалів мають сплави заліза, нікелю і кобальту зі значними кількостями хрому. Останній збільшує жароміцність, корозійну стійкість, твердість й ін.

Найбільше поширення отримало електродугове наплавлення, здійснюване ручним і напівавтоматизованим способами. При механізованому наплавленні замість окремих електродів застосовується згорнутий в бухту дріт або електродна стрічка.

Якщо наплавлений метал містить достатню кількість вуглецю ($>0,4\%$), то зміною швидкості його охолодження можна одержати різні гартівні структури (троостит, мартенсит) і, отже, різну твердість.

Твердість наплавленого металу залежить від його структури. Присутність у структурі різного роду карбідів, нітридів й інших хімічних сполук сприяє значному збільшенню твердості й зносостійкості наплавленого металу.

Наплавлення в середовищі вуглекислого газу – один з найбільш поширених способів (рис.14.1). Цей процес наплавлення відзначається високою технологічністю і продуктивністю. Може використовуватись для наплавлення поверхонь різної конфігурації. В зв'язку з підвищеною активністю розплавленого металу він потребує захисту від взаємодії з повітрям, захисну роль в процесі наплавлення можуть виконувати інертні гази (аргон, гелій), але їх використання значно впливає на собівартість відновлення. Найбільше розповсюдження отримав вуглекислий газ (CO_2).

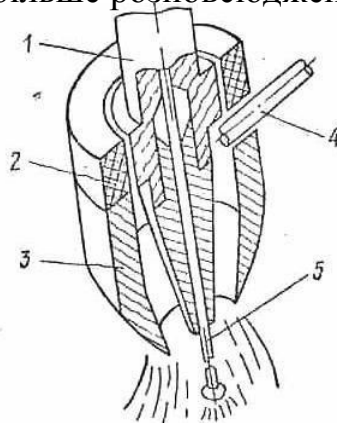


Рис. 14.1. Схема наплавлення у середовищі вуглекислого газу:

1 – мундштук; 2 – ізоляційна шайба; 3 – корпус пальника; 4 – штуцер підведення захисного газу; 5 – електродний дріт

Основними недоліками наплавлення в середовищі вуглекислого газу є можливість появи тріщин, а також вигорання легуючих елементів. Цьому сприяє те явище, що при високих температурах вуглекислий газ розкладається на оксид вуглецю (CO) і атомарний кисень (O), який взаємодіє з розплавленим металом і окислює його. Запобігти цьому явищу можливо при використанні електродного дроту з підвищеним складом марганцю, кремнію, хрому, титану та інших розкислювачів. До недоліків процесу слід віднести також значне розбризкування металу (до $10\ldots12\%$).

Під час наплавлення під шаром флюсу (рис. 14.2) порошковий флюс, безупинно подаваний у зону дуги, утворює над швом шлакову оболонку, яка через низьку теплопровідність зменшує швидкість охолодження наплавленого матеріалу і сприяє нормалізації структури. Вона також захищає шов від окислювання і запобігає розбризкуванню металу, частка якого у шві коливається в межах $30\ldots65\%$, що частково

погіршує властивості захисного шару.

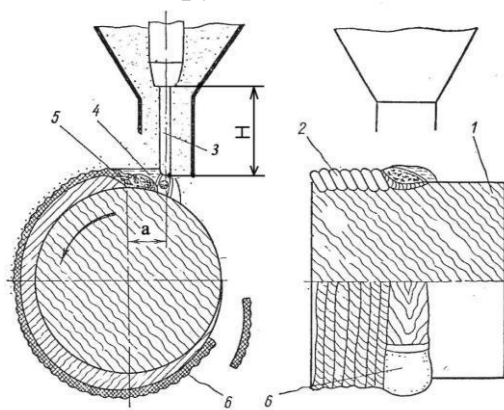


Рис. 14.2. Схема наплавлення під шаром флюсу:

1 – деталь; 2 – наплавлений шар; 3 – електрод; 4 – розплавлений флюс;
5 – ванна розплавленого металу; 6 – шлакова кірка; а – зміщення електроду із zenіту; Н – висота електроду

Головними перевагами наплавлення під шаром флюсу є отримання на робочій поверхні практично будь-якого хімічного складу та розмірів наплавленого шару з заданими властивостями для конкретного виду зношування; можливість багаторазового відновлення, що значно зменшує витрати металу; досить висока продуктивність механізованих способів наплавлення і навіть можливість їх автоматизації.

При напавленні на поверхні деталі утворюється металевий шар високої якості, що має надійне сплавлення з основним металом, необхідний склад та структуру, які забезпечують потрібні вимоги. Для цього використовують легуючі елементи. Промисловість випускає різні марки електродного дроту в залежності від потреб ремонтного виробництва. При напавленні деталей під шаром флюсу з'являються додаткові можливості в досягненні якості хімічного складу поверхневого шару та його фізико-механічних властивостей. Напавлення під шаром флюсу використовується для деталей, що працюють в умовах тертя без мастильного матеріалу, при значних навантаженнях (опорні катки, направляючі колеса гусеничних тракторів та ін.).

Плазмове напавлення - це процес нанесення покриття з розплавленого присадного матеріалу на металеву поверхню з використанням у якості джерела енергії стисненої дуги (що горить між електродом плазмотрона та деталлю) або плазмового струменя (що горить між електродом і соплом плазмотрона).

Плазмою може бути названий такий стан газоподібної суміші, у якій число заряджених часток електронів та іонів зростає до рівня не нижче 10^3 в

1 см³. Приблизно плазмі відповідає температура порядку 10000°K і вище.

У стиснених дугах, застосовуваних для зварювальних процесів, переважає первинна іонізація, при якій відбувається відрив зовнішніх (валентних) електронів, що мають більш низький потенціал іонізації в порівнянні з електронами більш глибоких рівнів. Для первинної іонізації характерна часткова іонізація газу. Для вторинної іонізації атома потрібно затратити енергію, що досягає сотень електрон-вольтів. Наприклад, азот при $T=12000^{\circ}\text{K}$ майже повністю дисоціює, при $T=20000^{\circ}\text{K}$

відбувається первинна іонізація, а при $T=35000^{\circ}\text{K}$ вторинна.

У якості газів, що утворюють плазму, самостійно можуть бути використані аргон, азот, гелій, аміак. Водень і кисень можна застосовувати в суміші з аргонном, азотом. Застосування одного водню неможливо через його високу теплопровідність, що призведе до швидкого нагрівання й руйнування сопла.

У сучасній зварювальній техніці застосовують дві схеми (рис. 14.3) одержання плазми. Перша (рис. 14.3,б) відповідає схемі стисненої дуги прямої дії, коли анодом служить оброблюваний матеріал. Друга - стиснена дуга непрямої дії (рис. 14,3,а) утворюється між вольфрамовим електродом і внутрішнім соплом плазмотрона, з якого витікає у вигляді плазмового струменя. Дуга непрямої дії електрично не пов'язана з оброблюваним металом. Друга схема знайшла застосування при обробці діелектричних матеріалів, а також при напилюванні та загартуванні.

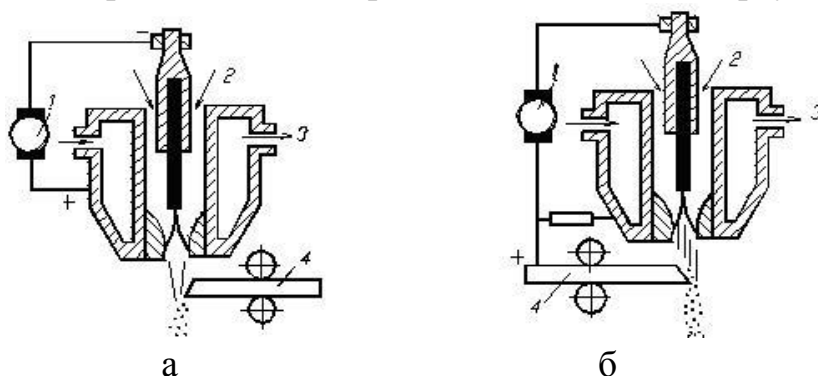


Рис. 14.3. Характеристика плазмової дуги при напавленні:

а) дуга непрямої дії, б) дуга прямої дії; 1 - джерело живлення дуги, 2 - газ, що утворює плазму, 3 - холодна вода, 4 - матеріал для напавлення (дріт) або деталь

При напавленні деталей із застосуванням порошкових матеріалів для напавлення загальна схема процесу виглядає в такий спосіб (рис. 14.4). При обробці порошок може подаватися з бункера як під дією сил гравітації (самопливом), так і примусово, за допомогою транспортуючого газу або шнека.

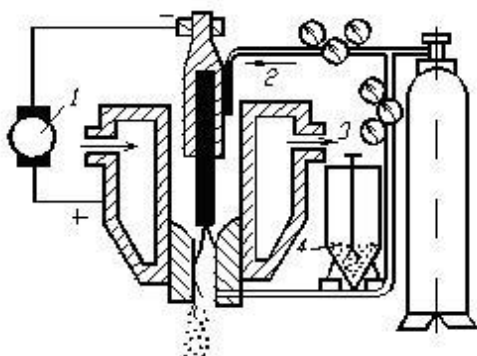


Рис. 14.4. Схема плазмового напавлення з використанням порошкових матеріалів:

1 - джерело живлення дуги, 2 - плазмоутворюючий газ, 3 - холодна вода, 4- порошковий живильник (бункер)

У цьому випадку порошок, що напилюється, подається в струмінь плазми. Існують

і електродугові пристрої, в яких через зону плавлення в дуговому розряді двох дрових електродів вдувається стиснене повітря. Струмінь розпеченого повітря разом із краплями розплаву направляється на поверхню деталі.

Переваги плазмового методу наплавлення деталей:

- плазмове наплавлення внаслідок малого проплавлення поверхні виробу дозволяє одержати заданий склад металу у першому шарі, завдяки чому у два - три рази (у порівнянні з дуговим наплавленням під шаром флюсу) знижуються витрати наплавочних матеріалів і значно скорочуються трудові витрати;
- завдяки локальному тепловому впливу на основний метал при плазмовому напавленні залишкові напруги розтягання в напавленому шарі значно менші, ніж при електродуговому напавленні, це підвищує стійкість напавленого металу проти розтріскування при різких теплових змінах;
- плазмове напавлення характеризується гарним формуванням напавленого валика, що дозволяє призначати малі припуски на механічну обробку;
- висока температура плазмового потоку дозволяє розплавляти й наносити будь-які матеріали, навіть найтугоплавкі;
- потік плазми дає можливість одержувати сплави різні за властивостями або наносити багатошарові покриття з різних сплавів. Це відкриває можливість одержувати напавлений метал з будь-якими заданими властивостями;
- можливості цього способу не обмежені формою і розмірами оброблюваного виробу;
- плазмова дуга найбільш гнучке джерело нагрівання, що дозволяє в широкому діапазоні регулювати його енергетичні та теплові характеристики;
- завдяки високій кінетичній енергії часток у плазмовому струмені можливо одержання більш щільного й однорідного покриття, ніж при інших способах напавлення;
- забезпечується можливість рівномірного нанесення покриттів на деталі складної форми і практично будь-якої товщини;
- застосування безкисневих газів (аргон, азот, водень, гелій) та їхніх сумішей зменшує здатність до окислення відновленого шару.

Підвищення величини зварювального струму при плазмовому напавленні призводить до збільшення нагрівання поверхні основного металу. Надмірне збільшення струму призводить до проплавлення основного металу при напавленні легкоплавких металів і до збільшення проплавлення основного металу і ступеню перемішування основного і напавленого металу.

При плазмовому напавленні здійснюється процес самозагартування

(охолодження з рідкого стану на відкритому повітрі). Завдяки цьому стає можливим одержання досить високої твердості (60 – 65HRC₃) напавленого шару при використанні низьколегованих матеріалів на основі заліза (рис. 14.5,а). Однак при високій швидкості кристалізації в напавленому шарі накопичуються внутрішні напруження, які призводять до появи тріщин (рис. 14,5,б). Тому після напавлення деталей рекомендується поміщати для охолодження в піч або пісок. Також можливе застосування спеціальних кожухів з матеріалів з низькою теплопровідністю.

При малій величині зварювального струму не відбувається досить міцного сплавлення присадного матеріалу з основою. Як результат у напавленому шарі і на

межі сплавлення можна виявити частки нерозплавленого порошку (рис. 14.5,в). Це призводить до відшаровування наплавленого шару в процесі експлуатації відновлених деталей.

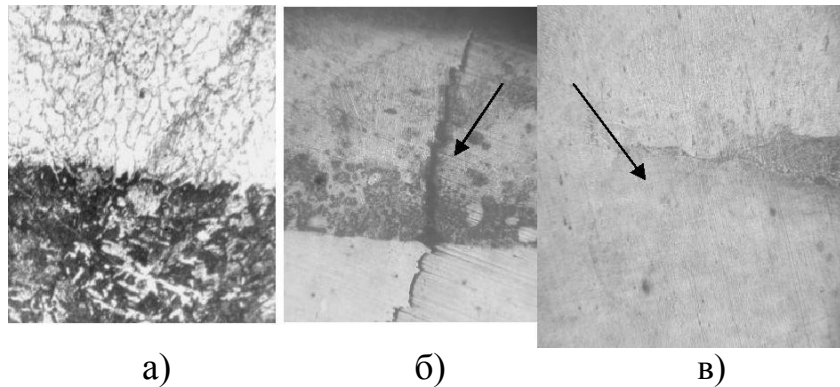


Рис. 14.5 Зона сплавлення основного й присадного матеріалів залежно від величини зварювального струму:

а) оптимальне значення величини зварювального струму; б) підвищене значення величини зварювального струму; в) низьке значення величини зварювального струму

Застосування плазменно-дугового замість звичайного електродугового розряду дозволило істотно знизити шкідливий вплив підплавлення основного матеріалу. Тут можливі різні варіанти подачі наплавленого матеріалу в зону наплавлення: подача дроту, проплавлення заздалегідь покладеного дроту, вдування наплавленого порошку разом з потоком плазми. Останній метод кращий, оскільки дозволяє цілком автоматизувати процес.

Окрім вище перелічених способів також застосовується газополуменового наплавлення сталі, чавуну, міді та її сплавів, сплавів на основі нікелю й кобальту при цьому в якості присадного матеріалу використовуються суцільні дроти й прутки за відповідними стандартами. Зокрема, для наплавлення сталі застосовують наплавочні дроти за ГОСТ 10543 та зварювальні за ГОСТ 2246, а для наплавлення чавуну литі прутки за ГОСТ 2671. Прутки діаметром 4, 6, 8 мм відливають довжиною 250-450 мм, а діаметром 10, 12, 14, 16 мм – 450-700 мм. Поверхня прутків повинна бути чистою й вільною від шлаків, окисних плівок та ін.

Для відновлення деталей, що працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування з помірними ударами (робочі органи ґрунтообробних та дорожніх машин, зуби ковшів екскаваторів і т.п.), за ГОСТ 21449 використовують литі прутки ПР-С1 (тип наплавленого металу У30Х28Н4С3); ПР-С2 (тип наплавленого металу У20Х17Н2); ПР-С27 (тип наплавленого металу У45Х28Н2ВМ). Діаметр прутків із цих сплавів 4, 6 та 8 мм, довжина 300-500 мм.

Сплави на основі кобальту мають високу корозійну стійкість у різних середовищах. Вони добре працюють в умовах абразивного й ерозійного зношування, ударних навантажень і тертя металу по металу. При цьому кобальтові сплави зберігають свої експлуатаційні властивості при підвищених температурах (до 750 °С). Для газового наплавлення литі прутки на основі кобальту виготовляють згідно ГОСТ 21449. Литі прутки Пр-В3К (тип наплавленого металу У10К63Х30В5Н2) використовують для наплавлення клапанів і сідел, двигунів внутрішнього згорання; ущільнювальних поверхонь деталей енергетичних, нафтових арматур; ножів і т.і.;

прутки Пр-ВЗК-Р (тип наплавленого металу У20К57Х30В10Н2Р) в основному призначені для наплавлення різального інструменту, зубів рамних пилок і т.п.

14.2. Напилювання покриттів з порошкових матеріалів

Метод напилювання є одним з найбільш ефективних способів створення зносостійких шарів. Якщо у високотемпературний струмінь газу подати частки порошку або краплі розплаву, то при зіткненні з поверхнею вони деформуються і міцно прикріплюються до деталі. Існує два різновиди такої технології: газополуменового напилювання і електричне напилювання.

Сутність процесу газополуменового напилення полягає в утворенні спрямованого потоку дисперсних частинок матеріалу (порошку), які напилюються, це забезпечує їх перенесення на поверхню деталі, яка оброблюється при оптимальних для формування шару покриття значеннях температури та швидкості. Необхідний запас теплової та кінетичної енергії матеріал, що наноситься, отримує з полуменем від згоряння суміші горючий газ кисень. Порошок подається у факел полум'я в результаті інжекції струменем газів або під дією сил гравітації (рис. 14.6). При газополуменовому наплавленні за допомогою виділеної теплової енергії при згорянні суміші горючий газ кисень утворюється зварювальна ванна, у яку безпосередньо подається наплавлювальний порошок.

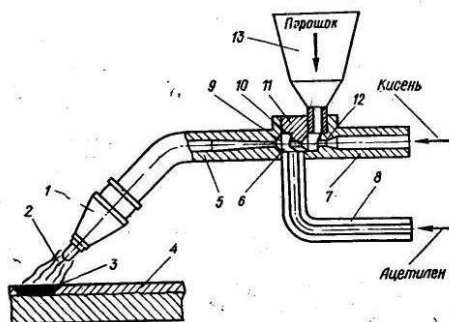


Рис.14.6. Пальник для газополуменового напилення:

1 - мундштук; 2 – факел полум'я; 3 - зварювальна ванна; 4 - наплавлювана поверхня; 5 - трубка; 6 – канал; 7 - киснева трубка; 8 - ацетиленова трубка; 9 - камера зміщення; 10, 12 - інжектори; 11 - змішувальна камера; 13 - бункер

В якості робочих газів використовують ацетилен згідно ГОСТ 5457, кисень ГОСТ 20448, пропан-бутан ГОСТ 20448, азот ГОСТ 9293 або стиснене повітря, очищене від мастила та вологи. Повітря, азот або інший стиснений газ використовують для охолодження соплової частини пальника та обдування факелу полум'я.

Перевага газополуменового напилення - висока продуктивність (до 8-10 кг/год) та коефіцієнт використання матеріалу (більше 95%), локальність обробки, незначний температурний вплив на деталь, можливість нанесення покриттів на вироби великих розмірів, відсутність обмежень на поєднання матеріалів покриття і підшару, що дозволяє охопити велику номенклатуру відновлення зношених деталей.

Основними недоліками газополуменового нанесення покриттів є: обмеження температури плавлення матеріалу (до 3000 °С); недостатня для деяких умов

експлуатації міцність зчеплення покриття з основою (5-25 МПа при випробуваннях на нормальний відрив); висока пористість покриттів (5-25%), що обмежує їх використання в корозійних середовищах без додаткової обробки; невисокий коефіцієнт використання енергії згоряння газу на нагрівання матеріалу (2-12%).

Залежно від призначення і матеріалу деталі, умов її експлуатації, контактів спряжених поверхонь при відновленні зношених деталей використовуються такі методи газополуменового нанесення покриттів:

1. Газополуменове напилення порошку без наступного оплавлення. Використовується для відновлення деталей зі зношуванням до 2,0 мм на сторону, без деформації, перекручування або зміни структури основного металу, що не піддаються в процесі експлуатації ударам, знакозмінним навантаженням, значному нагріванню (до 300-350 °С);

2. Газополуменове напилення з одночасним оплавленням. Використовується для відновлення деталей, виготовлених із сірого чавуну, конструкційних, нержавіючих сталей та інше, з місцевим зношуванням до 3-5 мм, що працюють при знакозмінних й ударних навантаженнях;

3. Газополуменове напилення з наступним оплавленням. Дає можливість відновлювати деталі типу «вал» зі зношуванням до 2,5 мм на сторону. Відновлені цим методом деталі стійкі проти корозії, абразивного зношування, дії високих температур.

Сфери застосування газополуменового напилювання досить різноманітні: відновлення геометричних розмірів зношених деталей; підвищення твердості, стійкості проти зношування і високих температур; одержання теплоізоляційних і декоративних покриттів тощо.

При електродуговому напилюванні два дроти з напилюваного металу діаметром 1 ...2 мм з'єднані з джерелом електричного живлення, подаються за допомогою механізму подачі по напрямних наконечниках. У точці їх зближення виникає електрична дуга, яка розплавляє метал. Останній стиснутим повітрям або інертним газом переноситься на поверхню деталі.

Для електродугового напилювання використовують дроти Нп-30, Нп-30ХГСА та Нп- 30Х13.

Головною перевагою методу напилювання є його універсальність та незалежність від природи матеріалу деталі. Можна наносити покриття не тільки на метали, але і на кераміку, дерево, бетон, полімери, тканини, папір. Це пов'язано з тим, що напилювання не здійснює помітного теплового впливу на основу. Те саме можна сказати і про матеріали, що напилюються. Напиляють кольорові метали і сплави, сталі, тверді сплави і кераміку, пластмаси, що декорують суміші. Не мають також особливого значення форма і розміри деталей.

Останнім часом для нанесення зносостійких твёрдосплавних покриттів використовується метод детонаційного напилювання. Установка для детонаційного напилювання нагадує гармату, що стріляє порціями розігрітого порошку. У замкнуту камеру згоряння, до якої прикріплюється стовбур, подається суміш кисню і пального газу (ацетилен, пропан-бутан і ін.). Стовбур направляють на поверхню, що напилюється. Через завантажувальний отвір у камеру подається порошок. Суміш підпалюється електричною іскрою і вибухає. Розпечені частки разом із продуктами згоряння вдаряються об оброблювану поверхню і закріплюються на ній. Температура

часток у момент удару досягає 4 000 °С. Частота пострілів – 3...4 за секунду. Недоліком методу є нерівномірний розподіл матеріалу по поверхні, який усувається шляхом оздоблювальної обробки шліфуванням. Так створюють покриття з металокераміки: карбідів вольфраму, титану і кобальту, нітридів титану і бору, окису алюмінію. Покриття мають високу твердість і зносостійкість. Знос знижується до 10 разів.

14.3. Іонно-плазменні методи. Плакування. Механічні змащення поверхонь

Іонно-плазменні методи досить ефективні. У зв'язку з тим, що їх застосування вимагає високого розрідження, вони здійснюються у вакуумних камерах, тому є досить дорогими і застосовуються лише для досить відповідальних деталей, які працюють при високих температурах в умовах адгезійного і окиснювального зношування. В умовах вакууму метал, який наноситься, перетворюється на газ, пар, іонізований пар і плазму, а потім в атмосфері реакційного або інертного газу осідає на поверхні деталі. Покриття може бути отримане способами термічного випаровування, катодного або іоно-плазмового розпилення або за допомогою бомбардування поверхні потоком з часток речовини, що осаджується. Як реакційний газ застосовуються азот або вуглеводень, у результаті формується покриття нітриду або карбіду.

Є кілька різновидів методу. Катодне розпилення засноване на використанні розташованих у вакуумній камері 2-х електродів. Після відкачки повітря камера заповнюється аргоном, на електрод з деталлю подають негативний потенціал. Поверхня деталі очищається в газовому розряді шляхом бомбардування іонами. Далі негативний потенціал подається на випарований матеріал, що випаровується, який розпорошується й іонізується в плазмі розряду. Частки осаджуються на деталі, створюючи покриття. Якщо використовувати реакційний газ, пролітаючи через який атоми металу утворюють нітриди, карбіди або окисли, можна одержати необхідну структурно-фазову сполуку покриття. Швидкість часток, що осаджуються, досягає 10 км/с, тому вони міцно зчіплюються з основою. Найкращі результати отримують при використанні для випаровування променевих методів нагрівання (електронно-променеве і лазерне), де застосовується додаткове прискорення іонів накладенням електричного поля.

Широко поширена технологія нанесення покриттів із плазми дугового розряду з холодним катодом. Матеріал випаровується катодною прямою електричної дуги – потужнострумовим низьковольтним розрядом, що розвивається в парах матеріалу електродів. Між анодом і катодом з напилюванням матеріалу виникає розряд, що протікає в парах продуктів ерозії катода. Металева плазма виділяється з мікроплям катода, у зонах яких виникають локально висока температура і тиск. Прикладаючи до деталі прискорюючий потенціал, підвищують швидкість у плазмі іонів, що генеруються. Така технологія реалізується на багатьох підприємствах в установках "Булат". Найчастіше наносять покриття з TiN, TiC, Al₂O₃ – найбільш твердих зносостійких матеріалів. Розвиток методу пов'язаний із запровадженням плазмових прискорювачів, які формують сфальцьований високошвидкісний іоно-плазменний пучок, що сканує поверхню деталі. Тут так само, як і в електронно-променевій трубці, фокусування пучка і сканування здійснюються за допомогою електростатичних

магнітних лінз і пластин, для відхилення. Покриття мають невелику товщину 4...10 мкм, викликають помітне поліпшення якості поверхонь, мають високу корозійну стійкість.

Плакування

Метод створення товстошарових покриттів (плакування) застосовується при виготовленні деталей або при відновленні їхньої форми після зношування. При цьому товщина шару може складати кілька міліметрів. Плакування також використовується при виготовленні елементів ковзних електричних контактів для економії дорогих матеріалів з високою електропровідністю, наприклад, срібла.

Товстошарові покриття часто наносяться методом прокатки. Зчеплення шарів здійснюється за рахунок дифузії, стимульованої високою температурою. Застосовуються також дифузійне і електроконтактне зварювання, наплавлення, припаювання та інші способи. Таким методом одержують біметалічні смуги, кільця. Часто наноситься шар з порошкових металів і кераміки. Шари припікаються в конвеєрних печах і прокочуються разом з основою в гарячому стані. Суспензія порошків (суміші з летучими рідинами з добавкою речовини, що клеїть) може наноситися способом шлікерного лиття. Потім деталі просушуються. На поверхні утвориться шар рівної товщини, утримуваний клеєм. Деталі надходять у піч, клей вигорає, а матеріал, який наноситься, припікається до основи. Утворюється пористе тверде покриття, що потім просочується будь яким службовим матеріалом, наприклад, фторопластом.

Механічне зміцнення поверхонь

Метод механічного зміцнення поверхонь приваблює своєю простотою і дешевизною. Тут використовується явище значного росту межі плинності, а отже, і твердості матеріалу, при високому ступені пластичної деформації – деформаційне зміцнення. Метод реалізується шляхом обкатування поверхонь роликami або кульками, вигладжування сферичними алмазними наконечниками, обробки струменем із дрібних сталевих або скляних кульок.

Основними особливостями та недоліками засобів чистової обробки різанням є:

- загострена форма виступів та впадин мікронерівностей;
 - відносно низька несуча здатність, обумовлена загостреною формою мікронерівностей та відповідно малою опорною поверхнею при початкових зближеннях в процесі приробки;
 - пряма залежність між кроком та висотою мікронерівностей і, як наслідок, мала маслоємність поверхонь;
 - неможливість регулювання форми мікронерівностей при одній тій же самій висоті;
- висока ступінь неоднорідності мікрорельєфу;
- шаржирування оброблюваної поверхні осколками абразивного інструменту;
- припалювання внаслідок абразивної обробки.

Ці недоліки більшості способів чистової та зміцнюючої обробки різанням і тиском

ускладнюють рішення таких задач, як:

- а) отримання та оптимізація мікрорельєфу робочих поверхонь деталей за рахунок нормування та технологічного забезпечення геометричних параметрів якості поверхні;
- б) застосування розрахункових методів нормування та технологічного забезпечення геометричних характеристик якості поверхні.

Одним із рішень задач з усунення вище перерахованих недоліків є прогресивний спосіб зміцнення – вібронакатування (вібровигладжування). Обробка металів ППД заснована на застосуванні їх пластичних властивостей, здатності при визначених умовах здобувати під дією зовнішніх сил остаточні деформації мікровиступів поверхневого шару без порушень їх суцільності. Сутність вібронакатування полягає у тому, що закріпленій деталі у центрах токарно-гвинторізного станку надається обертальний рух з частотою Π_p , а робочому інструменту (алмазному вигладжувачу, кульці), до якого прикладене навантаження P , надається осцилюючий рух (коливаючий) з частотою $\Pi_{n.x.}$ паралельно осі оброблюваної деталі та повздовжня подача $S_{np.}$ (рис.14.7).

Внаслідок обробки виникає мережа каналів з частковорегулярним мікрорельєфом (ЧРМР) або повністю регулярним мікрорельєфом (ПРМР) ГОСТ 24773-81 (рис. 14.8). Характер мікрорельєфу (розміри, форма, взаєморозташування мікронерівностей) визначається режимом та умовами обробки поверхневого шару деталі.

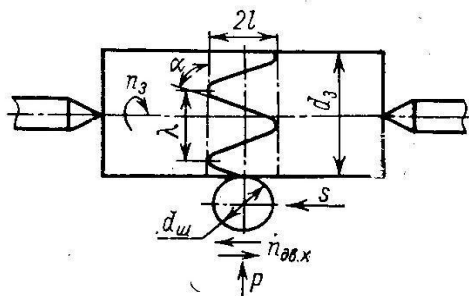


Рис. 14.7. Принципова схема процесу вібронакатування (вібровигладжування) деталей

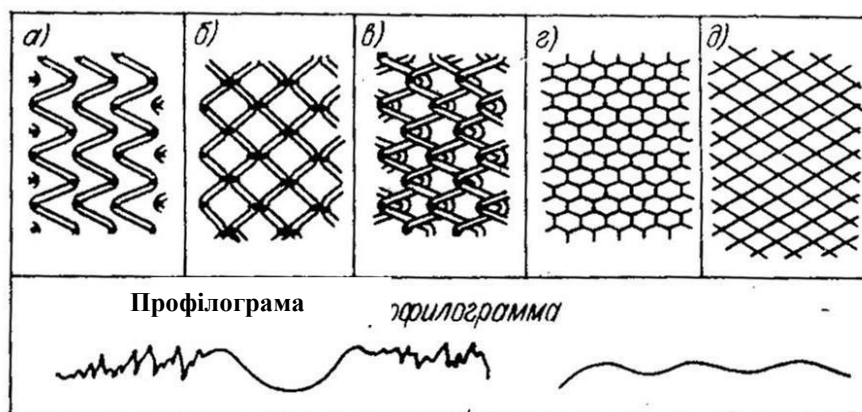


Рис. 14.8. Види частково-регулярних мікрорельєфів: ЧРМР (а, б, в) та мікрорельєфу ПРМР (г, д):

а – канавки, що не торкаються ; б – канавки, що торкаються; в – канавки, що пересікаються; г, д – канавки, що зливаються (ПРМР).

В процесі вібронакатування поверхня деталі оброблюється по гвинтовій лінії вібруючим робочим інструментом з амплітудою коливань λ , тобто на гвинтову лінію накладається нескінченна синусоїдна крива. На поверхні деталі видавлюються канавки

визначеної форми глибиною в декілька десятків мкм в залежності від твердості оброблюваного матеріалу.

Вібронакатування – чистова (фінішна) обробка, яка забезпечує утворення оптимального для різних умов експлуатації мікрорельєфу поверхні, збільшує стомлюючу міцність, контактну жорсткість та зносостійкість. Вона супроводжується наклепом, збільшенням мікротвердості оброблюваного металу, підвищенням класу шорсткості поверхні, зменшенням або повністю виключенням приробки спряження. При утворюванні системи канавок ЧРМР зміцнюються ділянки впадин та напливів; при утворюванні повністю перекритої канавками поверхні (ПРМР) - нова поверхня зміцнена повністю (як виступи, так і впадини).

При вібронакатуванні утворюється мікрорельєф, в якому радіус мікровиступів та мікровпадин у сотні, тисячі раз більше, ніж при традиційних способах механічної обробки. Цей мікрорельєф відрізняється більшою опорною поверхнею при достатній її маслоємності та високим ступенем однорідності. Канавки, утворені вібронакатуванням, служать масляними кишнями. Продукти зносу та абразивний пилю осідає на дно канавок та разом з маслом під тиском виноситься за межі зони тертя спряжених деталей. При цьому в зоні тертя зменшується температура, коефіцієнт і момент тертя, різко підвищується зносостійкість спряжених поверхонь.

Існує ще й технологічний спосіб деформаційної формозміни поверхонь деталей вузлів, що зміцнює. Спосіб відкриває великі можливості для підвищення зносостійкості, навантажувальної здатності, контактної твердості та інших важливих в експлуатації характеристик трібосистем. Зміцнююча деформаційна формозміна поверхонь деталей здійснюється накатним інструментом у вигляді роликів 2, на периферії яких розташована замкнута система клиноподібних інденторів, наприклад гексагональної структури (рис. 14.9). Можливі варіанти холодного накочування і накочування при нагріванні. Розроблено гаму інструментів, що реалізують цей спосіб, визначена сфера його застосування, оптимізовані технологічні режими обробки, виготовлені допоміжні пристрої і устаткування для обробки типових деталей циліндричної, сферичної і плоскої форми.

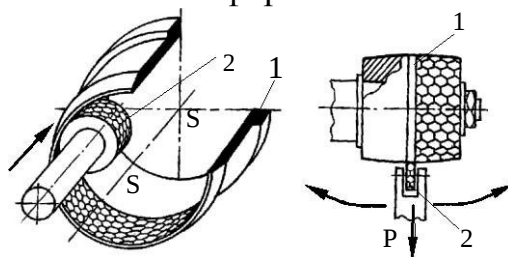


Рис. 14.9. Схема процесу деформаційної формозміни поверхонь

Основними об'єктами застосування деформаційної формозміни поверхонь є технології обробки втулок і вкладишів підшипників ковзання, прямолінійних напрямних, номінально нерухомих сполучень з чорних (сталь, чавун) і кольорових металів (латунь, бронза, титанові сплави), коли формозмінна поверхня не піддається подальшій механічній обробці і є робочою; обробки контактуючих поверхонь підшипників ковзання або нерухомих сполучень з чорних і кольорових металів та сплавів під металеві і твердомасильні покриття; обробки контактуючих поверхонь під металізацію при відновленні, під час ремонту або при одержанні біметалічних

трібосистем; обробки поверхонь деталей трібосистем з наступним їхнім обдуванням мікрокульками; обробки поверхонь деталей трібосистем з наступним хіміко-термічним зміцненням тощо.