

ЛЕКЦІЯ 10

ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ Й ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ

Електрофізичні й електрохімічні методи обробки, які пов'язані з видаленням зайвого матеріалу при формоутворенні деталі заданої форми й розмірів, можна підрозділити на п'ять основних груп:

- електроерозійні;
- електрохімічні;
- ультразвукові;
- комбіновані;
- променеві.

При електроерозійній обробці використовується енергія електричних розрядів між електродом-інструментом і електродом-заготовкою, розрізняють електроімпульсну, електроіскрову й електроконтактну обробку.

Електрохімічна обробка заснована на явищі анодного розчинення матеріалу при пропущенні постійного електричного струму через електрод-інструмент і електрод-заготовку в середовищі електроліту.

При ультразвуковій обробці видалення матеріалу відбувається внаслідок впливу на заготовку інструмента, що коливається з ультразвуковою частотою.

Комбінована обробка ґрунтується на використанні комбінацій різних процесів.

При променевих методах для обробки використовують енергію пучків часток або високоенергетичних струменів.

Перевагами вищезазначених методів є можливість:

- обробки різних матеріалів;
- виконувати обробку, яку неможливо забезпечити іншими методами;
- обробки нежорстких деталей у зв'язку з відсутністю силового впливу інструмента на деталь;
- забезпечити високу продуктивність та якість обробки навіть для труднооброблюємих матеріалів.

1. Електроерозійна обробка

Електроерозійна обробка широко застосовується в промисловості при виготовленні деталей з важкооброблюваних матеріалів, що проводять струм (обробка порожнин штампів, прес-форм, ливарних форм, одержання отворів різної конфігурації, виготовлення криволінійних щілин і пазів, контурне різання, видалення зламаних інструментів).

Механізм руйнування матеріалу можна представити так. При зближенні двох металевих електродів, що перебувають під напругою, настає момент, коли між ділянками електродів, що перебувають на мінімальній відстані один від одного, створюється електричне поле високої напруги. Це приводить до пробоя міжелектродного проміжку. На початку пробоя електрони, що вириваються з найбільш виступаючих ділянок поверхні катода, прямують до анода. При зіткненні електронів з молекулами газу (повітря) відбувається іонізація газу в міжелектродному середовищі й утворюється вузький провідний канал, по якому спрямовується потік електронів. Лавина електронів несе значну кількість енергії, яка вивільняється на матеріалі електрода-анода у вигляді теплової енергії й приводить до локального розплавлення й часткового випаровування електрода.

Виникнення й розподіл електричних розрядів по поверхні визначається зміною мінімальної відстані між поверхнями електродів. Внаслідок цього при обробці (в умовах впливу на матеріал періодичних імпульсів певної послідовності) на електроді-заготовці відбивається форма електрода-інструмента.

Процес ерозії значно інтенсифікується в рідині. Метал, що видаляється з ерозійної лунки застигає у рідині у вигляді гранул кулястої форми. При пробі рідини утворюється іонізований канал провідності, по якому проходить уся енергія імпульсу. При цьому частина енергії виділяється в рідині у вигляді ударної хвилі й кавітаційної бульбашки. Інша частина енергії виділяється на електродах у вигляді теплової енергії внаслідок проходження струму через електроди (до 30-40% енергії, яка виділяється в іскровому проміжку).

Електроерозійний процес є електротермічним. Нагрівання поверхні електродів створюється в результаті бомбардування анода електронами й катода – позитивними іонами. Спочатку розряд обумовлений іонами рідини, потім – іонізованими парами металу. Температура каналу іскри досягає 40000°C , температура на поверхні металу електрода 10000°C

При електроерозійній обробці використовуються іскровий і дуговий електричні розряди. При електроіскровій обробці переважає іскровий розряд, коли діаметр каналу значно менше, ніж при дуговому розряді, і виникає значна концентрація енергії на електроді, при цьому переважає механізм руйнування випаровуванням.

При електроімпульсній обробці переважає дуговий розряд. При дуговому розряді різко знижується перегрів металу й перехід його в пароподібний стан, тому що температура каналу дугового розряду на $5000-6000$ гради менше, ніж при іскровому розряді. Тому основним механізмом руйнування матеріалу електрода при електроімпульсній обробці є видалення металу в краплинно-рідинному стані.

При електроконтактній обробці руйнування оброблюваного матеріалу відбувається під впливом дугових розрядів, які приводять до видалення металу в краплинно-рідинному стані або в результаті нагрівання й подальшого розплавлення матеріалу під дією електричного струму. Характер протікання електроерозійного процесу, кількість і склад матеріалу, що віддаляється з ерозійної лунки, швидкість його видалення залежать від різних параметрів імпульсів електричного струму.

Основними параметрами є: тривалість, скважність, амплітуда й частота.

Тривалість імпульсу визначає час дії імпульсу електричного струму (його тривалість). При електроерозійній обробці використовуються імпульси тривалістю від 10^{-7} до 10^{-1} с. Імпульси тривалістю $\tau < 10^{-4}$ с переважно використовуються в електроіскровій обробці, а тривалістю $\tau > 10^{-4}$ с – в електроімпульсній.

При електроерозійній обробці використовується діапазон частот $100-2000$ кГц.

Амплітуда імпульсів струму при електроерозійній обробці

змінюється від часток ампера до десятків тисяч ампер. Амплітуди імпульсів напруги змінюються в порівняно широкому діапазоні (від десятків до декількох сотень вольтів).

Електроерозійна обробка, як правило, ведеться в робочій рідині, яка є діелектричним середовищем.

Робоча рідина в процесі електроерозійної обробки виконує ряд функцій:

1) рідина сприяє процесу диспергуванню продуктів ерозії, утворення кулястої форми гранул. Захват часток рідиною перешкоджає також осадженню продуктів ерозії одного електрода на протилежному;

2) робоча рідина видаляє продукти ерозії із зони обробки, очищає міжелектродний проміжок і сприяє стабільному протіканню процесу;

3) робоча рідина охолоджує електроди. Важливою обставиною є також те, що робоча рідина різко збільшує електричну міцність міжелектродного зазору.

Тому до робочої рідини пред'являються наступні вимоги:

- 1) невисока в'язкість і безпека в експлуатації;
- 2) хімічна нейтральність до матеріалу інструмента-електрода й деталі;
- 3) висока стійкість у процесі обробки;
- 4) надійні електроізоляційні властивості нетоксичність;
- 5) невисока вартість.

При електроімпульсній обробці найбільше часто застосовують індустриальне 12 і трансформаторне масла, при електроіскровий – гас і воду.

2. Електроіскрова та електроімпульсна обробка

Електроіскрова обробка широко застосовується для обробки деталей із твердих сплавів і інших струмопровідних матеріалів, які важко оброблюються «класичним» методами обробки різанням. Вона використовується при виготовленні порожнин, наскрізних отворів складної конфігурації, для обробки зовнішніх поверхонь різного профілю, вирізання вузьких щілин і пазів, виконання операцій таврування, видалення

зламаного інструмента тощо. Електроіскровий метод забезпечує одержання прецизійних отворів, щілин при виготовленні сит, діафрагм, сіток, фольґер, штампів, інших відповідальних деталей машинобудування, приладобудування, мікроелектроніки, суднобудівної, інструментальної й інших галузей промисловості.

Електроіскрова обробка характеризується використанням іскрових розрядів малої тривалості ($\tau = 10^{-4} \dots 10^{-7}$ с). Енергія кожного імпульсу невелика (4-5 Дж). Електроіскрова обробка виконується при прямої полярності підключення електродів: електрод-інструмент є катодом, електрод-заготовка – анодом.

Залежно від режиму електроіскрової обробки (оздоблювальний, чистовий, чорновий) продуктивність електроіскрової обробки становить 20-800 мм³/хв.

Електроіскрова обробка забезпечує досить високу якість обробленої поверхні. Шорсткість обробленої поверхні зменшують, знижуючи енергію імпульсу за рахунок збільшення частоти проходження цих імпульсів і зниження середньої потужності, що вводиться в зону обробки.

Оскільки при електроіскровій обробці в зоні обробки реалізується значна теплова енергія, на обробленій поверхні утворюється дефектний шар (зі зміненою структурою), товщина якого залежно від режимів обробки становить 0,15-0,35 мм.

Точність електроіскрової обробки залежить від точності й похибок настроювання верстата, установки заготовки й електрода-інструмента, матеріалу електродів, точності виготовлення електрода-інструмента. При виборі оптимальних умов обробки досяжна точність електроіскрової обробки 0,005-0,2 мм.

Оброблюваність металів при електроерозійній обробці залежить від теплофізичних властивостей металів і електричних параметрів процесу. При електроіскровій обробці оброблюваність залежно від складу матеріалу коливається незначно.

Переваги електроіскрової обробки перед іншими: високі точність обробки і якість обробленої поверхні, незначна глибина дефектного шару, можливість порівняно легкої автоматизації й механізації процесу й зміни режимів обробки в широких межах.

До недоліків обробки слід віднести порівняно низьку

продуктивність обробки, досить високе зношування електродів-інструментів, порівняно високу вартість устаткування для реалізації обробки.

Області застосування електроімпульсної обробки досить великі. Цей метод використовують, як правило, у тих випадках, коли потрібна висока продуктивність обробки при порівняно невисоких точності обробки і якості обробленої поверхні деталі. Метод успішно застосовується для виготовлення кувальних, гибочних штампів, прес-форм і ливарних форм, одержання порожнин складної форми в різних деталях, виготовлених із загартованих сталей, твердих сплавів, струмопровідних матеріалів, які важко піддаються обробці різанням. При електроімпульсній обробці використовуються імпульсні дугові розряди великої тривалості ($\tau > 10^{-4} \dots 10^{-1}$ с), великої енергії (до декількох десятків джоулів). Полярність електродів при електроімпульсній обробці зворотна: інструмент є анодом, заготовка – катодом.

Електроімпульсна обробка визначається тими ж технологічними параметрами, що й електроіскрова. Характер залежностей цих параметрів від режимів електроімпульсної обробки багато в чому подібний характеру аналогічних залежностей при електроіскровій обробці.

Електроімпульсна обробка характеризується більшим зніманням матеріалу в одиницю часу. Залежно від потужності джерела живлення продуктивність електроімпульсній обробки може досягати 12000-25000 мм³/хв.

Оброблюваність матеріалу електроімпульсним методом залежить від його властивостей. Наприклад, жароміцні сталі, нержавіючі сталі, магнітні сплави, алюміній і його сплави краще піддаються обробці, ніж вуглецеві сталі. Погано обробляється мідь і її сплави. Оброблюваність загартованих сталей на 25-30% вища, чим незагартованих.

Установлено, що якість поверхні деталей із загартованої сталі вища, чим деталей із незагартованої сталі.

У результаті термічного впливу імпульсів великої енергії на матеріал поверхневі шари його перетерплюють структурні зміни.

Час чорнової електроімпульсної обробки поверхонь, площа яких не перевищує 200 см², приблизно пропорційна глибині

прошивання й майже не залежить від площі.

Час чистової електроімпульсної обробки, при якій сила робочого струму не може підвищуватися, тому що обмежується вимогою високої якості обробленої поверхні, збільшується пропорційно її площі.

Електроімпульсна обробка має наступні переваги:

- 1) висока продуктивність;
- 2) широкий діапазон зміни режимів обробки;
- 3) можливість автоматизації й механізації процесу обробки;
- 4) мале зношування електродів-інструментів.

Недоліки електроімпульсної обробки:

- 1) низька якість обробленої поверхні й порівняно невисока точність;
- 2) значна глибина дефектного шару;
- 3) порівняно висока вартість устаткування.

Інструменти для електроіскрової й електроімпульсної обробки.

При електроіскровій і електроімпульсій обробці можливі різні схеми обробки деталі (рис. 1).

Найбільше часто обробка порожнин здійснюється за принципом прошивання з об'ємним копіюванням форми електрода (рис. 1.а).

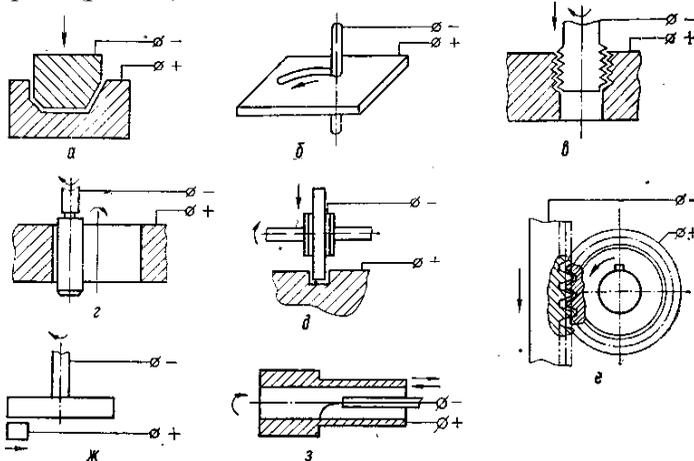


Рис. 1. Схеми обробки деталей

Для виконання розрізних операцій застосовується електрод-дріт, що переміщається щодо деталі по заданій траєкторії (рис. 1.б). Крім руху подачі інструменту може бути наданий додатковий рух для виконання процесу формоутворення деталі. Завдяки цим додатковим рухам можна нарізати різи (рис. 1.в), виконувати внутрішнє шліфування (рис.1.г), вирізати пази (рис.1.д), нарізати зуби (рис.1.е), виконувати плоске шліфування (рис.1.ж), тонке внутрішнє шліфування (рис.1.з).

Залежно від схеми формоутворення деталі й методу обробки застосовують різні інструменти. Розрізняють профільовані й непрофільовані інструменти. При використанні профільованого електрода-інструмента в оброблюваній деталі відбивається частково або повністю форма електрода-інструмента. Формоутворення деталі за допомогою непрофільованого електрода-інструмента здійснюють, надаючи інструменту-електроду або оброблюваній деталі певний закон переміщення.

Профільований (фасонний) електрод-інструмент складається з робочої частини, поверхні якої визначають форму профілю обробки, і допоміжних частин, що служать для кріплення інструмента і його базування. Непрофільований електрод – це дріт різного діаметра.

У якості матеріалів електродів-інструментів використовують мідь марок М1 і М2, латунь, алюмінієві сплави марок Д1, АК7, АЛ3, сірий чавун, вольфрам. Найбільше широко при електроіскровій обробці застосовують латунь ЛС-59. Латунні й мідні електроди забезпечують гарні результати обробки, однак інструменти із цих матеріалів піддаються досить великому зношуванню.

Розміри профільованого електрода-інструмента визначаються залежно від схеми формоутворення деталі, величини припуску під наступну обробку, припустимої похибки електроерозійної обробки. При цьому необхідно враховувати величину міжелектродного зазору (розміри електрода повинні бути менше розмірів деталі на подвійну величину зазору).

Обробка великих кувальних штампів – один з типових випадків застосування електроімпульсного методу обробки. При виготовленні штампа до 60% усієї трудомісткості становить

обробка формотворних порожнин.

Застосування електроімпульсної обробки замість слюсарно-механічної дає можливість проводити обробку попередньо загартованих заготовок штампів. Найбільше широко електроімпульсний метод обробки впроваджений на підприємствах автотракторної промисловості при виготовленні штампів на шатуни й кришки шатунів, хрестовини диференціала, колінчаті вали.

Обробка рабочего колеса турбіни електроімпульсним методом знижує трудомісткість виготовлення в 10-12 раз у порівнянні із фрезеруванням.

При виготовленні турбінних і компресорних лопаток застосування електроімпульсної обробки як попередньої (чорнової) у комбінації з наступною електрохімічною дає можливість практично повністю виключити з технологічного процесу різальний інструмент і значно знизити собівартість і трудомісткість виготовлення.

Можна одержувати канали прямокутні, еліптичні, розміщати їх у важкодоступних місцях виключати зовнішні трубопроводи. Можливість з'єднання робочих порожнин у деталях з більшою кількістю каналів без додаткових свердлінь і технологічно заглушок підвищує продуктивність праці при проектуванні й виконанні гідро- і пневмоапаратури, створення передумови для підвищення компактності агрегатів, герметичності з'єднань.

Електроімпульсна обробка дозволила знизити витрати праці у 2-3 рази у порівнянні з механічною обробкою. При обробці валів діаметром 200-400 мм і довжиною 600-2500 мм цим методом можна одержати шорсткість 10 до 300 мкм. Продуктивність обробки валків білого зносостійкого чавуну при максимальній шорсткості й площі обробки 12000-15000 мм² перебуває в межах 1500-2000 мм³/хв.

Оскільки електроімпульсна й електроіскрова обробка здійснюється практично без прикладання зусиль до деталі, їх успішно застосовують для виготовлення отворів, пазів у тонкостінних деталях типу фільтрів, сит, бандажів тощо. При цьому широко використовується багатоінструментна обробка (одночасно можна обробляти до декількох тисяч отворів і пазів

за один прохід).

За принципом копіювально-прошивальних операцій трубчастим електродом (електроерозійним руйнуванням залишків інструмента) здійснюють електроерозійне видалення зламаного інструмента (мітчиків, свердлів і ін.) Швидкість прошивання трубчастим електродом у цьому випадку досягає 2-3мм/хв при діаметрі інструмента 3-25 мм Електроерозійне видалення зламаного інструмента значно знижує брак і собівартість виготовлення продукції, особливо при випуску великогабаритних деталей.

Розрізні операції дротовим електродом поширені на багатьох підприємствах машинобудівної, приладобудівної, електронної промисловості. При цих операціях обробка ведеться непрофільованим електродом-дротом, постійно поновлюваним перемотуванням. Швидкість перемотування дроту залежить від її діаметра матеріалу електрода, оброблюваної деталі й інших факторів. Оптимальна швидкість перемотування, наприклад, мідного дроту діаметром 0,15 мм, при обробці твердого сплаву ВК-20 товщиною 15 мм лежить у межах 3 мм/хв. Діаметр дроту визначається шириною різки, яка дорівнює сумі діаметра й подвоєної величини міжелектродного проміжку. Найкращим матеріалом для дротового електрода є мідь. Однак дріт діаметром менш 0,08 мм застосовувати важко через недостатню міцність. У таких випадках застосовують вольфрамовий або молібденовий дріт діаметром 0,025-0,040 мм. Існуюче устаткування забезпечує продуктивність обробки до 10 мм²/хв.

Обробка непрофільованим електродом застосовується для розрізування високоточних деталей, для прорізання тонких прямих і фігурних щілин і наскрізних отворів постійного перетину, для виготовлення сталевих і твердосплавних матриць і вирубних штампів, фасонних різців і іншого інструмента.

Технологічні операції електроіскрової й електроімпульсної обробки можуть виконуватися як на універсальних, так і на спеціальних верстатах. Найбільше застосування в промисловості одержали універсальні верстати для копіювально-прошивальних операцій. Універсальні верстати й установки для копіювально-прошивальних операцій мають вертикальне компонування, при якому деталь закріплюється на робочому столі, оснащеному

піднімальною ванною для діелектричного середовища, а шпindelь верстата забезпечує прямолінійне переміщення електрода-інструмента. У верстатах є система подачі й чищення робочої рідини (насос, фільтри й відстійники); система стеження, яка автоматично або напівавтоматично забезпечує оптимальну величину міжелектродного зазору; схеми блокування й захисту від короткого замикання. У деяких верстатах шпindelю з електродом-інструментом надається обертання, що розширює коло виконуваних технологічних операцій.

На базі універсального копіювально-прошивального верстата моделі 4723 створений спеціальний двошпindelний верстат 4723Д. Він призначений для обробки робочих коліс турбін діаметром до 300 мм для обробки лопаток турбінних коліс, а також для обробки штампів і інших деталей.

Для виготовлення високоточних отворів в деталях паливної апаратури електроіскровим прошиванням випускаються спеціальні верстати, що працюють у напівавтоматичному й автоматичному режимах. Наприклад, верстат моделі 34М2 використовується для одержання отворів діаметром 0,15-0,4 мм у дизельних розпилювачах. На ньому також можна обробляти різноманітні циліндричні й конічні деталі з різною кількістю отворів, розташованих по колу. Час обробки отворів діаметром 0,3 мм на глибину 0,7 мм становить 15 сек.

Вирізання дровим електродом може здійснюватися як по копірові, так і з використанням програмного керування.

3. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Основні характеристики електроерозійних, електрохімічних, ультразвукових, комбінованих та променевих методів обробки деталей.

2. Електроерозійні процеси обробки деталей.

3. Області застосування електроімпульсної обробки деталей, недоліки та переваги.

4. Обробка деталей профільованим та непрофільованим електродами.

5. Процеси тонкого шліфування, обробки складної геометрії виробів електроімпульсною обробкою.