

ЛЕКЦІЯ 2

ТЕРМОМЕХАНІЧНІ І ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ СПОСОБИ ОБРОБКИ І НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ

1. ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА ОБРОБКА

Сутність електромеханічної обробки (ЕМО) полягає в тому, що на оброблювану деформуючим інструментом поверхню одночасно впливає тиск інструмента й тепло, що виникає в результаті проходження струму між інструментом і деталлю. Це викликає зміцнення як за рахунок підвищення фізико-механічних властивостей поверхневого шару, так і поліпшення параметрів мікрорельєфу самої поверхні. При цьому інструментом може бути нерухомо закріплена пластина з тороїдальною робочою поверхнею або ролик. Найпоширеніший спосіб електромеханічного зміцнення роликами, тому що їхня стійкість набагато вища, ніж плоских пластин. Деформуючий ролик звичайно виготовляється зі швидкорізальної сталі Р6М6 твердістю 62...64HRC і шорсткістю $Ra = 0,1...0,4$ мкм.

ЕМО циліндричних деталей здійснюється на токарних верстатах, силовою установкою при цьому є зварювальний трансформатор змінного струму ТСД-1000, що дозволяє плавно змінювати силу струму від 0 до 800 А при робочій напрузі - 1,5-2 В. При цьому сила струму й вторинна напруга регулюється залежно від площі контакту, вихідної шорсткості й вимог до якості поверхневого шару. Оброблювана деталь обертається з окружною швидкістю V , м/с, а інструмент здійснює поступальний рух уздовж оброблюваної деталі (S – подача ролика, мм/об; t – число ходів). Тиск згладжування P , Н настраюється поперечним супортом верстата.

Тепловиділення при ЕМО відбувається внаслідок тертя інструмента об оброблювану деталь, проходження через неї електричного струму й деформації металу в поверхневому шарі. У результаті такого комбінованого впливу структура в поверхневому шарі являє собою здрібнений мартенсит. За рахунок виділення карбідної фази поверхневий шар на глибині 0,2-0,25 мм відбувається зменшення кількості вуглецю. Кількість карбідних включень і їхня дисперсність зі збільшенням зусиль

обкатування зростає, а максимальна величина ступеня наклепу при цьому не перевищує 15-16 %. Міцність поверхневого шару підвищується за рахунок збільшення щільності дислокацій і більше рівномірного їхнього розподілу, збільшення довжини границь субзерен, створення дислокаційних бар'єрів, утворення вторинних фаз, що зменшує розміри мартенситних голок у загартованій структурі.

Доцільним є зміцнення на глибину не більше 0,75-1,0 мм, тому що деформуючий вплив інструмента на більш глибокі шари змін у структурі металу не викликає й не відрізняється від звичайного загартування струмом високої частоти.

Зміна твердості по глибині поверхневого шару при ЕМО залежить від режимів обробки, тиску, вмісту вуглецю в сталі. Так, зміцнення сталей 45, У10 при $I = 600$ А, $V = 0,05$ м/с; $S = 0,2$ мм/об; $P = 0,7$ кН дозволяє одержати відносно збільшення твердості сталі 45 в 2,7 рази, а У10 – в 3,8 рази, тобто зміцнення сталей з великим вмістом вуглецю більш ефективно.

Таблиця 1

*Вплив параметрів режимів обробки на міцність
поверхневого шару*

Основні параметри режиму обробки				Глибина зміцнен о-го шару h , мм
I, A	U, B	$V, м/с$	P, H	
320	4,5	0,012	0,6	0,43
330	5,0	0,012	0,6	0,52
410	5,4	0,009	1,6	0,72
440	6,0	0,012	0,6	0,74
520	6,2	0,009	1,6	1,04

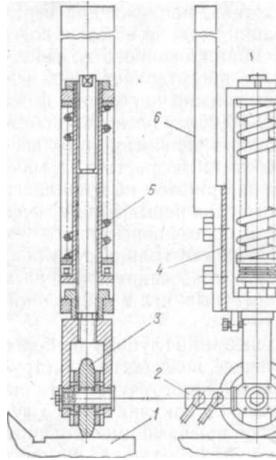


Рис.1. Схема електромеханічного накатування

У результаті ЕМО зубчастих коліс зі сталі 40Х з вихідною шорсткістю $Rz = 16.. .30$ мкм на режимах в інтервалах: $I = 850...1650$ А; $P = 1,6...5,6$ кН; $V = 0,003...0,02$ м/с; $S = 1,1...1,3$ мм/подв. хід показали, що найбільша твердість 800-840 HV і найменша шорсткість $Ra = 0,63-0,32$ мкм, при ЕМО зубчастих коліс отримані на режимах обробки: $I = 1650$ А; $V = 0,012$ м/с; $P = 3,6$ кН; $S = 0,7$ мм/подв. хід, при цьому товщина зубів змінилася не більше 0,04 мм.

ЕМО застосовується для зміцнення напрямних станин, які попередньо оброблені до $Rz = 20...6,3$ мкм. ЕМО рекомендується проводити на повздовжно-стругальному верстаті з використанням твердосплавного деформуючого ролика. Сполучення теплового впливу із ППД знижує шорсткість до $Ra = 0,63...0,16$ мкм, збільшує радіуси її скруглення до 800-1000 мкм, підвищує фізико-механічні властивості поверхневого шару. Напрямні станин після ЕМО підвищують зносостійкість в 1,7-2,5 рази.

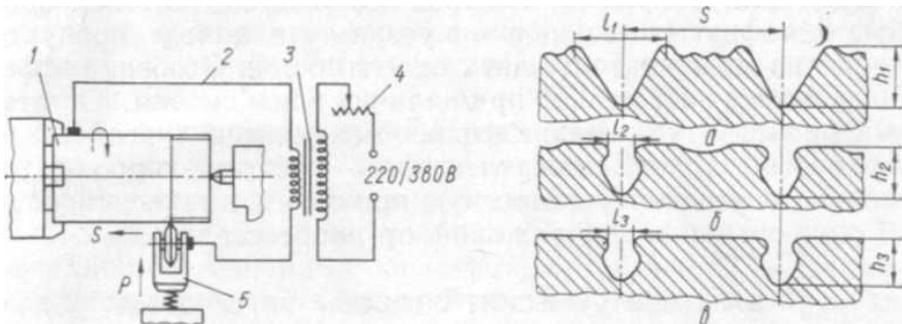


Рис. 2. Схема установки електромеханічного відновлення й зміцнення зношених деталей:

1 – оброблювана деталь; 2 – електромеханічний ланцюг трансформатор – ролик – деталь;

3 – трансформатор; 4 – реостат; 5 – накатний ролик.

Мікрорель'єф поверхні після накатування профільним роликом (а), після наступного обкатування циліндричним роликом (б) або вигладжування (в).

Застосування традиційних способів відновлення зношеного шару наплавленням, напилюванням, гальванічним осадженням металів, покриттям зношених поверхонь полімерним матеріалом вимагає трудомісткої попередньої обробки поверхонь і їх остаточної розмірної обробки. Причому міцність і адгезійні здатності відновленого шару при малих його товщинах, як правило, менші, ніж основного металу. Кращі результати забезпечує спосіб ЕМО зношеної поверхні без нанесення на неї стороннього шару і його наступної механічної обробки.

Сутність процесу полягає в тому, що зношена поверхня піддається електромеханічному обкатуванню фасонним твердосплавним роликом зі створенням на поверхні профільних гвинтових канавок. При цьому метал, що видавлюється роликами, утворить по краях

канавок гвинтові виступи, і вони збільшують діаметр зношеної поверхні. Потім виконується електромеханічне обкатування або електромеханічне виглад-жування поверхні деформуючим циліндричним твердосплавним роликом або вигладжувачем до необхідного діаметра.

За рахунок деформування виступів бічних сторін гвинтових канавок утворюються гвинтові напівзакриті канали, які позитивно впливають на зносостійкість і довговічність роботи відновленої поверхні.

Електромеханічна обробка зношених у результаті фреттинг-корозії поверхонь дозволяє не тільки відновити геометричні розміри й точність деталей, але й зміцнити поверхневий шар, створити умови, що перешкоджають розвитку фреттинг-корозії, чим підвищити фреттинг-стійкість оброблених даним способом поверхонь у порівнянні з обробленими звичайними способами у 1,5-2 рази. За рахунок наявності залишкового рельєфу у вигляді напівзакритих канавок знижується інтенсивність дії фреттинг-корозії у результаті виводу продуктів зношуван-ня із зони контакту двох поверхонь. Особливо ефективний залишковий рельєф при наявності в ньому змащення. Залишковий рельєф і поліпшення фізико-механічних властивостей поверхневого шару знижують ефект фреттинг-корозії, підвищують міцність, а також зменшують концентрацію напруг від напрусування.

2. НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ

Зміцнення конденсацією з іонним бомбардуванням (КІБ) на установці «Булат» застосовується для підвищення стійкості різального інструменту й зносостійкості поверхонь деталей машин.

При насиченні на установці «Булат-3М» різального інструменту зі швидкорізальної сталі Р6М5 нітридом титана його зносостійкість підвищується залежно від виду інструмента у 2,5-5 разів, а деталей, наприклад плунжерів гідронасосів, у 8-12 разів. Оптимальна глибина зміцненого шару різального інструменту становить 0,010...0,011 мм. У зв'язку з недостатнім

зчепленням зміцненого шару з основним металом інструмента цей вид зміцнення небажаний при роботі інструмента зі значними динамічними навантаженнями.

Ефективне застосування КІБ для зміцнення й підвищення зносостійкості твёрдосплавного інструмента. Так, стійкість пластин Т15К6 після зміцнення збільшується у 2 рази. При зміцненні матриць і пуансонів для холодного й напівгарячого видавлювання, деталей вимірювального інструмента, оправок для вимірювальних приладів, калібрів досягається значне підвищення їхньої зносостійкості. При нанесенні на поверхню шару нітриду титана точність розмірів може бути досягнута до 0,5 мкм, що особливо важливо при виробництві вимірювального інструмента, а також пуансонів і матриць штампів для листового штампування тонких і надтонких смуг.

Перед зміцненням на установці «Булат-3М» інструменти або деталі машин повинні бути ретельно очищені й промиті по черзі бензином, ацетоном і спиртом. Вони завантажуються в камеру, у якій створюється розрідження від $2,7 \cdot 10^{-3}$ до 0,67 Па за час 20-30 хв, а потім використовуються три режими. Для запобігання конденсації й видалення пар води й газу з поверхні стінок камери здійснюється прогрів гарячою водою. Режим очищення призначений для очищення підкладки від забруднень. Він здійснюється іонним травленням поверхонь виробу перед напилюванням, для чого до виробу прикладають високий негативний потенціал. Іони металу катода, що утворюються в результаті електродугового розряду, прискорюються під дією високовольтного потенціалу й вибивають із поверхні виробу атомний поверхневий шар. Напилювання протікає в атмосфері азоту або іншого газу при розрідженні в робочому обсязі камери від $1,34 \cdot 10^{-2}$ до 0,67 Па. У режимі напилювання відбувається конденсація на підкладку випаруваного матеріалу катода, який взаємодіє з атомами легуючого газу, що приводить до утворення на оброблюваній поверхні покриття, що містить нітрид матеріалу катода (рис.1).

Розрідження створюється за допомогою двох насосів. Спочатку відкриваються вентилі 5,6 і включається форкамерний насос 7, що створює розрідження до 10^{-3} Па. Далі вентиль 6 закривається, відкриваються вентилі 8 і 11 і в роботу вступає

дифузійний насос 9. Форкамерний насос 7 при цьому видаляє залишки повітря. Ступінь розрідження контролюється до тиску 10^{-2} МПа по термоманометричному перетворювачі 3, а далі по манометричному іонізаційному перетворювачі 4. Випарник установки призначений для створення потоку плазми з матеріалу катода в момент дії дугового розряду. По досягненні в камері необхідного розрідження на котушку 13 пристрою подають імпульс електричного струму, і сердечник зі штоком 12, втягуючись у цю котушку, переміщає електрод.

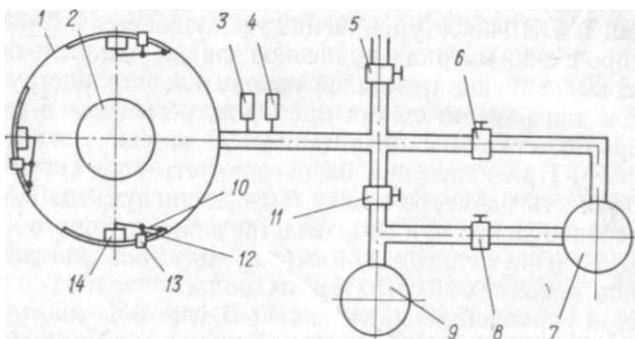


Рис. 1. Схема установки для нанесення покриттів способом КІВ

Він замикає проміжок між катодом 14 і пристроєм підпалу, який електрично з'єднаний через обмежувальний опір з анодом, роль якого виконує камера 1. По закінченні імпульсу котушка 13 пристрою підпалу знеструмлюється і сердечник зі штоком 12 вертається у вихідне положення, відходить від катода 14 і електричний ланцюг між катодом і анодом переривається, збуджуючи мікродугу, що переростає в дуговий розряд.

Катодні плями, що переміщуються по кругових траєкторіях на кінці катода є джерелами плазмених струменів. Змінюючи величину магнітного поля котушки, установлюють такий середній радіус траєкторій катодних плям, щоб забезпечити рівномірний випар матеріалу на торці катода. Для забезпечення рівномірного покриття поворотний пристрій 2 обертає оброблювані деталі. Номінальний робочий струм дуги 75-180 А.

Номинальна напруга на виході високовольтного випрямляча дорівнює 1,28-2,2 кВт. Катод виготовляється з титану. Іони титану проходять через атмосферу азоту, та утворюють на оброблюваній поверхні покриття *TiN* товщиною 6...8 мкм. Час нанесення покриття – 30 хв. Для забезпечення рентабельності обробки прагнуть завантажити в камеру установки максимально можливу кількість деталей. Загальний час обробки однієї партії деталей коливається в діапазоні 1,5-2,5 години.

При зміцненні на установці «Булат-3М» варто враховувати, що температура в зоні конденсації є найважливішим чинником, який визначає високі експлуатаційні характеристики зміцненого поверхневого шару деталей. Вона залежить від тиску в камері, струму дуги, відстані від катода, маси оброблюваних заготовок, а також від співвідношення між масою й площею поверхні.

Електроіскрове зміцнення виконується при зворотній полярності відносно розмірної електроіскрової обробки. Оброблювана деталь при цьому способі обробки приєднується до катода, а електрод-інструмент, виготовлений з феррохрому, сплаву Т15К6, графіту – до анода. Під впливом електричних розрядів у поверхневих шарах електрода й деталі відбуваються фізичні й хімічні явища, які супроводжуються переносом металу електрода на поверхню деталі (легуванням оброблюваної поверхні деталі за рахунок металу електрода), а також поглинанням розплавленим металом азоту й вуглецю з навколишнього середовища, що утворює гартівні структури в поверхневому шарі деталі.

Глибина й твердість зміцненого шару залежать від режиму зміцнення. При потужності 1 кВт загальна глибина зміцненого шару досягає 0,12 мм, а при 17 кВт – 5 мм. Твердість поверхні, зміцненої феррохромовим електродом, досягає 650HV. Величина стискаючих залишкових напруг перевищує 90 МПа.

Електроіскрове зміцнення поверхонь деталей, наприклад, валків прокатних станів гарячої прокатки, лопаток дробострумних апаратів, ножів землечерпалок, підвищує їхню зносостійкість у 2-3 рази. Зміцнення лопаток турбін збільшує, крім того, їхню корозійну стійкість.

3. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Сутність процесів електромеханічної обробки деталей.
2. Режими електромеханічної обробки та геометрія інструмента для пластичного деформування.
3. Зміна структури поверхневих шарів деталей при електромеханічній обробці.
4. Склад установки електромеханічного відновлення й зміцнення зношених деталей.
5. Суть процесу зміцнення конденсацією з іонним бомбардуванням на установці «Булат» для підвищення стійкості різального інструменту та зносостійкості поверхонь деталей машин.
6. Схема установки для нанесення покриттів способом КІБ.
7. Електроіскрове зміцнення поверхонь деталей.