

Практичне заняття 3

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА ОБРОБКА

Сутність 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 роликками, 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 ТВЧ.

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 відносне збільшення твердості сталі 45 в 2,7 рази, а У10 – в 3,8 рази, тобто зміцнення сталей з великим вмістом вуглецю більш ефективно.

Таблиця
*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

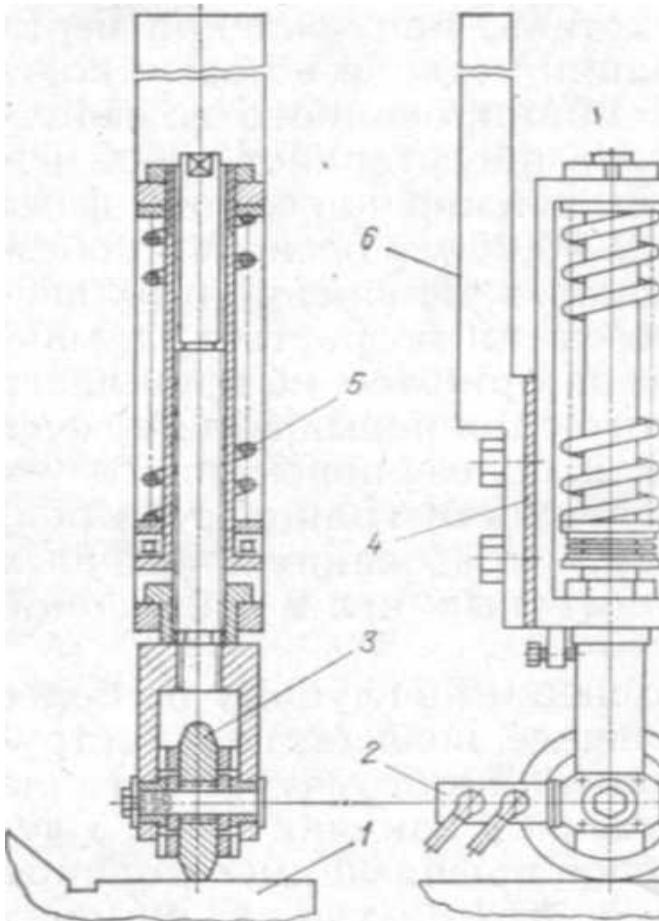


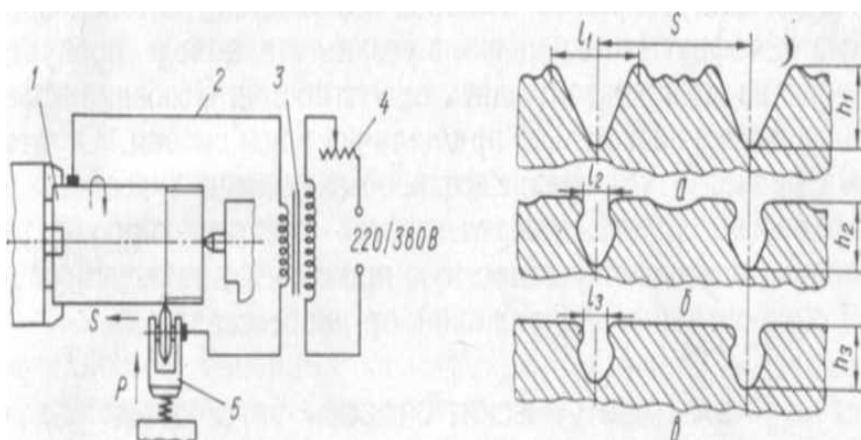
Рис.1. Схема електромеханічного накатування

У результаті ЕМО зубчастих коліс [39] 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 $Ra = 0,63 \dots 0,16$ 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.

Перспективне застосування ЕМО для відновлення



*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.
 Мікрорельєф 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 роликком зі створенням на поверхні профільних гвинтових канавок. При цьому метал, що видавлюється роликами, утворює по краях канавок гвинтові виступи, і вони збільшують діаметр зношеної поверхні. Потім виконується електромеханічне обкатування або електромеханічне вигладжування поверхні деформуючим циліндричним твердосплавним роликком 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 зношування 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.

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ

1. У чому полягає основна суть методу електромеханічної обробки?

- А) У розплавленні металу електричною дугою.
- Б) У поєднанні механічного тиску інструменту та термічного впливу електричного струму великої сили в зоні контакту.

- В) У хімічному розчиненні поверхневого шару під дією електроліту.
- Г) У механічному різанні металу з використанням мастильно-охолоджувальних рідин.

2. Який тип струму найчастіше використовується при електромеханічній обробці?

- А) Змінний струм високої напруги.
- Б) Постійний струм низької напруги (2-6 В) та великої сили.
- В) Імпульсний струм високої частоти.
- Г) Трьохфазний промисловий струм.

3. Який фізичний ефект є основним для розігріву металу при ЕМО?

- А) Ефект Пельтьє.
- Б) Ефект Холла.
- В) Виділення джоулевого тепла в місці контактного опору.
- Г) Магніострикція.

4. До якої температури зазвичай розігрівається метал у зоні контакту при зміцнювальній ЕМО?

- А) 100–200 °С.
- Б) 500–600 °С.
- В) 800–1000 °С (вище критичних точок перетворення).
- Г) До температури кипіння металу.

5. Який інструмент найчастіше використовується як робочий орган при електромеханічному зміцненні?

- А) Абразивний круг.
- Б) Твердосплавна пластина з гострою кромкою.
- В) Ролик або пластина з твердого сплаву з радіусною робочою поверхнею.
- Г) Алмазний різець.

6. Який основний результат електромеханічного зміцнення поверхні?

- А) Збільшення шорсткості.
- Б) Утворення загартованого шару високої твердості та згладжування мікронерібностей.
- В) Зменшення діаметра деталі на 5-10 мм.
- Г) Зміна хімічного складу всього об'єму деталі.

7. Чим досягається ефект загартовування при ЕМО без використання спеціальних охолоджувальних середовищ?

- А) Повільним природним охолодженням на повітрі.
- Б) Миттєвим відведенням тепла вглиб холодної маси самої деталі.
- В) Використанням рідкого азоту.
- Г) Хімічною реакцією з киснем.

8. Яка сила струму (приблизно) необхідна для ЕМО деталей середніх розмірів?

- А) 1–10 А.
- Б) 50–100 А.
- В) 400–1500 А.
- Г) Понад 10 000 А.

9. Який параметр найбільше впливає на глибину зміцненого шару при ЕМО?

- А) Швидкість обертання шпинделя.
- Б) Сила електричного струму.
- В) Колір деталі.
- Г) Матеріал інструментального тримача.

10. Для яких матеріалів метод ЕМО є найбільш ефективним?

- А) Для пластмас та деревини.
- Б) Для кольорових металів (алюміній, мідь).
- В) Для сталей та чавунів, схильних до термічного гартування.

- Г) Для кераміки.

11. Яка операція ЕМО дозволяє відновити розміри зношених деталей?

- А) Електро механічне згладжування.
- Б) Електро механічне висаджування (накатування).
- В) Електро механічне різання.
- Г) Електро механічне полірування.

12. Який пристрій використовується для підведення струму до деталі, що обертається?

- А) Трансформатор.
- Б) Струмознімач (щітковий механізм).
- В) Магнітний пускач.
- Г) Конденсаторна батарея.

13. Як впливає ЕМО на зносостійкість деталей?

- А) Зносостійкість зменшується.
- Б) Зносостійкість не змінюється.
- В) Зносостійкість значно підвищується (у 2-5 разів).
- Г) Деталь стає крихкою і руйнується.

14. Який головний недолік ЕМО порівняно з пічним гартуванням?

- А) Велика енерговитратність на всю деталь.
- Б) Неможливість обробки внутрішніх отворів великої довжини.
- В) Нерівномірність глибини зміцнення при різкій зміні режимів.
- Г) Обов'язкове використання вакуумних камер.

15. Що відбувається з мікроструктурою сталі в зони ЕМО?

- А) Утворюється грубозернистий перліт.
- Б) Утворюється дрібнодисперсний мартенсит.
- В) Метал повністю втрачає кристалічну структуру.

- Г) Відбувається лише механічне зминання зерен без фазових перетворень.

16. Який тиск (зусилля притискання інструменту) зазвичай використовується при зміцнювальній ЕМО?

- А) 10–50 Н.
- Б) 300–1000 Н.
- В) 10 000–50 000 Н.
- Г) Тиск не має значення.

17. Чи потребує деталь фінішного шліфування після електромеханічного згладжування?

- А) Так, обов'язково.
- Б) Ні, оскільки ЕМО забезпечує низьку шорсткість (клас 8-10).
- В) Так, для зняття нагару.
- Г) Тільки якщо деталь виготовлена з чавуну.

18. Як називається зона під зміцненим шаром, яка піддалася лише відпуску?

- А) Зона оплавлення.
- Б) Перехідна зона.
- В) Ядро деформації.
- Г) Зона термічного впливу.

19. Яка напруга подається на вторинну обмотку трансформатора установки для ЕМО?

- А) 220 В.
- Б) 380 В.
- В) 2–10 В.
- Г) 1000 В.

20. У якому стані перебуває метал безпосередньо під інструментом під час процесу ЕМО?

- А) У твердому холодному стані.

- Б) У пластичному стані (близькому до температури плавлення).
- В) У стані плазми.
- Г) У рідкому стані з розбризуванням металу.