



**Кафедра ОПХВ
імені професора Ф.Ю. Ялпачика**

Лабораторна робота №12

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО СПОСОБУ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Методичні вказівки до виконання
лабораторної роботи з дисципліни
«Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання»
Модуль 2 «Ремонт обладнання»
спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
Ступінь вищої освіти БАКАЛАВР

Мелітополь, 2019

Вибір раціонального способу відновлення деталі Методичні вказівки для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Освітній рівень БАКАЛАВР – Таврійський державний агротехнологічний університет, кафедра ОПХВ імені професора Ф.Ю. Ялпачика. Оновлена редакція 2019р - 26 с.

Розробники: к.т.н., доцент Буденко С.Ф.

к.т.н., доцент Олексієнко В.О.

ст. викл. Циб В.Г.

Рецензент:

к.т.н., доцент, завідувач кафедри інформаційних технологій проектування ім. В.М. Найдиша Мацулевич О.Є.

Розглянуто і затверджено на засіданні кафедри ОПХВ імені професора Ф.Ю. Ялпачика

Протокол № 10 від 03.01.2019р.

Рекомендовано методичною комісією факультету «ІКТ»

Протокол № 6 від 31.01 2019 р.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №12

ТЕМА: Вибір раціонального способу відновлення деталі

МЕТА ЗАНЯТТЯ: Закріпити теоретичні знання з застосування основних способів відновлення деталей технологічного обладнання, набутти практичних навичок з обґрунтування та вибору раціонального способу усунення дефектів деталей.

Час проведення роботи: 2 год.

1 Порядок виконання роботи

- Вивчити суть, порядок і методику вибору раціонального способу відновлення зношених поверхонь деталі;
- Виконати практичний розрахунок з метою вибору раціонального способу відновлення конкретних поверхонь зношеної деталі.

2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент повинен розглянути наступні питання:

- суть, характеристики, особливості і області застосування найбільш поширених методів і способів відновлення деталей;
- методику вибору раціонального способу відновлення деталей;

3 Теоретичні відомості

3.1 Загальні відомості про відновлення деталей

У процесі експлуатації технологічного обладнання деталі машин та їх з'єднання втрачають працездатність, що вимагає або їхньої заміни, або відновлення. Ця проблема може бути вирішена не тільки за рахунок заміни зношених деталей новими, що простіше, але й, в основному, за рахунок ремонту та їх відновлення, що значно економічніше. На запасні частини до обладнання витрачається понад 40...50%, металу, що йде на виготовлення машин.

Технологічний процес ремонту машин є значно складнішим за процес виготовлення нових машин, тому що він містить у собі крім всіх процесів машинобудівного виробництва, а саме: виготовлення деталей, складання, обкатування, фарбування і т.д., також додаткові специфічні процеси, що виконуються саме при ремонті – приймання машини в ремонт, очищення, мийку, розбирання, дефектацію та ін.

Дослідженнями встановлено, що 85% деталей машин стають непрацездатними при зносах поверхонь не більш 0,2...0,3 мм, а собівартість відновлення становить 50...60 % від вартості нової деталі. До того ж в останні роки розроблені й застосовуються технології, які дозволяють одержати ресурс відновленої деталі на рівні нової і навіть вище.

Джерелом економії витрат при проведенні ремонтних робіт машин у порівнянні з їх виготовленням є використання придатних для подальшої експлуатації деталей після відновлення. При відновленні деталей витрати на матеріали і заготівельні роботи мінімальні, тобто роль заготовок при цьому виконують зношені деталі. Відновлення зводиться до нарощування невеликої кількості металу поверхневого шару або механічній обробці під необхідний ремонтний розмір. Тому відновлення багатьох деталей є доцільним і економічно вигідним.

3.2 Критерії вибору раціонального способу відновлення

Зношені поверхні деталей можуть бути відновлені, як правило, кількома способами. Для забезпечення кращих техніко-економічних показників у кожному конкретному випадку залежно від конструктивних особливостей деталі, масштабів виробництва необхідно вибирати із числа можливих найбільш раціональний спосіб, який забезпечував би найкращі їх значення.

Вибір раціонального способу відновлення залежить від конструктивно-технологічних особливостей робочої поверхні деталей (форми і розміру, матеріалу і термообробки, поверхневої твердості і шорсткості), від умов їх роботи (характеру навантаження, виду тертя) і зношування, а також від вартості відновлення.

Для врахування всіх цих факторів при виборі раціонального способу рекомендується послідовно користуватися трьома критеріями:

- технологічним (застосовності);
- технічним (довговічності);
- техніко-економічним (собівартості і довговічності).

3.3 Вибір способу за технологічним критерієм

Технологічний критерій (критерій застосовності) ураховує, з одного боку, особливості підлягаючих відновленню поверхонь деталей, а з іншого – технологічні можливості відповідних способів відновлення. Крім того, необхідно враховувати технологічні можливості конкретного підприємства, де буде проводитися відновлення (наявність обладнання, пристосувань, робочих кадрів, матеріалів і т.д.). Технологічні можливості способів відновлення деталей установлюють по їхніх характеристиках, які дані в спеціальній довідковій і технічній літературі.

При цьому можна користуватися наступними рекомендаціями:

- 1 Для відновлення деталей, що утворюють нерухомі з'єднання:
 - при зносі до 0,02 мм застосовувати електроіскрове нарощування;

- при зносі 0,02...0,08 мм доцільно застосовувати електроімпульсне нарощування або гальванічне покриття.

2 Для відновлення деталей, які утворюють з'єднання, що рухаються рекомендується:

- при зносі до 0,5 мм – хромування або тверде осталювання;
- при зносі 0,5...2,0 мм шар металу найбільше доцільно нарощувати вібродуговою наплавкою, наплавленням у середовищі CO₂, газопламеневими методами або електроконтактним напіканням металевих порошків.

3 Для відновлення деталей рухливих сполучень, що працюють на принципі кочення (перекочування) поверхонь при абразивному зношуванні можна застосовувати:

- при зносі поверхні до 0,6 мм – електроімпульсне нарощування електродом, що містять хром, ванадій, марганець (ХВГ);
- при зносі 0,6...5 мм – автоматичну електродугову наплавку під шаром флюсу порошковими матеріалами або вібродугову наплавку;
- при зносі більш 5 мм – електрошлакову наплавку або заливання рідким металом.

При відновленні деталей технологічного обладнання, таких як роздавальні коробки, шнекові пристрої, транспортери, компресори, насоси, тощо рекомендовані способи можуть бути наступні:

- гальванічне нарощування, за допомогою якого доцільно відновлювати плунжерні пари гомогенізаторів, гільзи циліндрів, поршневі пальці, стрижні клапанів, посадкові місця підшипників у чавунних і сталевих корпусних деталях;

- електроіскрове і електроімпульсне нарощування використовують для відновлення посадкових місць під маточини шківів, зубчастих коліс, кільця підшипників кочення на валах і в корпусних деталях;

- електродугову наплавку під шаром флюсу дротом або порошковими стрічковими електродами, яку використовують для відновлення опорних котків і підтримувальних роликів транспортерів, різноманітних масивних валів і т.п.;

- електроконтактним напіканням металевими порошками відновлюють тарілки клапанів, шийки колінчастих валів компресорів, інші деталі;

- вібродуговою наплавкою і наплавкою в середовищі захисних газів з наступною зміцнюючою обробкою відновлюють шейки валів невеликих діаметрів, осі, шліци на валах, шпинделі верстатів і т.п.

Принципова можливість застосування деяких найпоширеніших методів відновлення наведена у таблиці 1 [2].

Характеристика	Способи відновлення										Застосовують	Застосовують	Застосовують	
	Наплавка в CO ₂	Наплавка під шаром флюсу	Наплавка вібродугтова	Дугтова металізація	Газополум'яне напалнення	Плазмове напалнення	Хромування	Осталювання	Електроконтактна приварка металевого шару	Ручна наплавка				Електромеханічна обробка
для металів і сплавів яких застосовують цей спосіб	Сталь	Всі матеріали			Сталь, чавун ковкий і сірий			Всі матеріали			Сталь	Всі матеріали		Сталь
для поверхонь до яких застосовують цей спосіб	Зовнішні циліндричні, плоскі			Зовнішні і внутрішні циліндричні			Зовнішні і внутрішні циліндричні, плоскі			Зовнішні циліндричні			Зовнішні і внутрішні циліндричні, плоскі	
мінімальний зовнішній діаметр верхні, мм	15	50	15	30	30	30	5	12	10	10	30	Визначають за умовами міцності деталей з конструктивних міркувань		
мінімальний внутрішній діаметр верхні, мм	–	–	–	–	–	–	40	40	60	40	–			
мінімальна товщина кригтя, мм	0,5	1,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,05	0,1	0,1	1,0	0,05	–	–	–
максимальна товщина кригтя, мм	3,5	5,0	3,0	3,0	1,5	3,0	0,3	1,5	1,5	6,0	0,12	–	–	–
застосованість для деталей, що зазнають цикперемінні навантаження	Застосовують			Не застосовують			Застосовують							

3.4 Вибір способу за технічним критерієм

Для подальшого скорочення числа можливих способів відновлення користуються технічним критерієм (критерієм довговічності), відповідно до якого відбирають для наступного аналізу тільки ті з них, які забезпечують міжремонтний ресурс відновленої поверхні деталі не нижче мінімально допустимого.

При виборі раціонального способу відновлення за критерієм довговічності користуються коефіцієнтом довговічності, який розраховують за формулою:

$$\hat{E}_A = \hat{E}_C \cdot \hat{E}_A \cdot \hat{E}_{C^*} \cdot \hat{E}_D \quad (1)$$

де K_C - коефіцієнт зносостійкості;

$\hat{E}_A$ - коефіцієнт витривалості;

$\hat{E}_{C^*}$ - коефіцієнт зчеплення;

$\hat{E}_D$ - поправочний коефіцієнт (коефіцієнт роботоздатності).

Чисельні значення коефіцієнтів-аргументів визначають на підставі стендових і експлуатаційних випробувань нових і відновлених деталей.

Зразкові значення коефіцієнтів визначені за результатами досліджень для найпоширеніших методів відновлення наведені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Значення коефіцієнтів, що визначають довговічність роботи відновлених деталей [2, 3]

Спосіб відновлення	$\hat{E}_C$	$\hat{E}_A$	$\hat{E}_{C^*}$	$\hat{E}_D$
Наплавка у середовищі CO ₂	0,95	0,95	1,00	0,82
Вібродугова наплавка	0,95	0,62	1,00	0,82
Наплавка під шаром флюсу	1,10	0,82	1,00	0,86
Дугова металізація	1,15	0,80	0,70	0,80
Газополум'яне напилювання	1,15	0,80	0,70	0,80
Плазмове напилювання	1,25	0,85	0,75	0,80
Хромування (електролітичне)	1,15	0,85	0,70	0,90
Залізнення (електролітичне)	1,10	0,80	0,70	0,80
Електроконтактна наплавка (приварка) металевого шару	1,00	0,80	0,85	0,80
Ручна наплавка	1,00	0,80	1,00	0,80
Полімерні композиції	0,90	0,80	1,00	0,85
Електромеханічна обробка	1,00	1,20	1,00	0,90

Обробка під ремонтний розмір	1,00	1,00	1,00	0,88
Установка додаткової деталі	1,00	0,80	1,00	0,86
Пластичне деформування	0,90	1,00	1,00	0,90

З декількох варіантів способу відновлення зношеної поверхні раціональним за коефіцієнтом довговічності буде той, у якого він має максимальне значення.

Залежно від фізичної сутності процесів, що протікають при відновленні деталей, технологічних і інших ознак існуючі способи ділять на десять груп (додаток А, таблиця А1).

3.5 Вибір способу за техніко-економічним критерієм

Для остаточного вибору способу або, якщо встановлено, що необхідному значенню коефіцієнта довговічності для даної поверхні деталі задовольняють кілька способів відновлення, оптимальний з них вибирають по техніко-економічному критерію, чисельно рівному відношенню собівартості відновлення до коефіцієнта довговічності для цих способів.

У якості раціонального в цьому випадку приймають той спосіб, який забезпечує мінімальне значення техніко-економічного критерію:

$$K_{Ei} = \frac{C_{\hat{a}^3}}{\hat{E}_{A^3}}, \quad (2)$$

де K_{Ei} - техніко-економічний критерій i -того способу відновлення;

$C_{\hat{a}^3}$ - витрати на відновлення поверхні деталі i -тим способом, грн.;

K_{Ai} - коефіцієнт довговічності відновленої поверхні.

У витрати на відновлення поверхні входять: заробітна плата виробничих робітників з нарахуваннями, вартість машино-години роботи устаткування, витрати на матеріали, електроенергію, стиснене повітря, амортизаційні відрахування і т.д.

Якщо витрати на відновлення поверхні заздалегідь невідомі, то їх можна визначити аналітичним шляхом, використовуючи формулу:

$$C_{\hat{a}^3} = \tilde{N}_{\tilde{r}^3} \cdot S \cdot K_{\tilde{r}^3} \quad (3)$$

де C_{ni} - питома собівартість відновлення одиниці площі зношеної поверхні i -тим способом, грн./см²;

S - площа поверхні, що відновлюється см²;

$\hat{E}_{\tilde{r}^3}$ - коефіцієнт річної інфляції, що враховує зміна питомої собівартості відновлення поверхні у зв'язку з рівнем інфляції.

Питома собівартість відновлення коливається в досить великих межах і залежить від технологічних можливостей конкретного ремонтного підприємства.

Зразкові значення питомої собівартості відновлення поверхонь різними способами дослідниками визначені в 2007 році. Вони наведені у таблиці 3 [2]. У випадку відсутності даних за собівартістю рекомендується брати її середнє значення з таблиці з поправкою на коефіцієнт інфляції.

Коефіцієнт інфляції до цін 2007 року і у наступні роки можна вибрати з довідкової літератури або Інтернету. Вони також наведені у таблиці 4. На початок 2015 року $\hat{E}_{\%0} = 2,01$ [7].

Таблиця 3 – Питома собівартість відновлення зношених поверхонь деталей найпоширенішими способами

Спосіб відновлення	Питома собівартість відновлення C_n , грн./см ²
Наплавка в середовищі CO ₂	0,24...0,32
Вібродугова наплавка	0,32...0,40
Наплавка під шаром флюсу	0,48...0,56
Дугова металізація	0,32...0,48
Газополум'яне напилювання	0,32...0,48
Плазмове напилювання	0,40...0,56
Хромування електролітичне	0,16...0,36
Залізнення електролітичне	0,02...0,20
Контактне наплавлення (приварка) металевого шару	0,34...0,48
Ручна наплавка	0,16...0,24
Полімерні композиції	0,12...0,24
Електромеханічна обробка (висадження і згладжування)	0,32...0,36
Обробка під ремонтний розмір	0,03...0,06
Установка додаткової деталі	0,16...0,40
Пластичне деформування	0,03...0,06

Таблиця 4 - Коефіцієнт інфляції по роках (на початок року) [7]

Рік	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Коефіцієнт інфляції $\hat{E}_{\%}$	1,0	1,12	1,27	1,38	1,50	1,59	1,70	1,81	2,01
---------------------------------------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------

4 Методика розрахунку з метою вибору раціонального способу відновлення зношених поверхонь деталі

Завдання на розрахунок: При ремонті масловиготовлювача встановлені зноси гільзи розподільника (зношені поверхні виділені на рисунку 1). Вибрати раціональний спосіб відновлення поверхні 1.

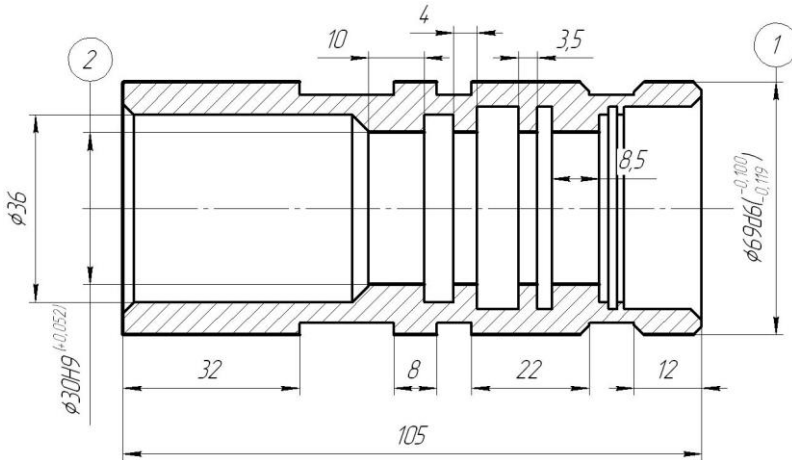


Рисунок 1 – Ескіз деталі, що підлягає відновленню

Вихідні дані. Матеріал: сталь 15Х Кількість на машину: 1.

Дефект 1 – Знос зовнішньої поверхні до діаметра 44,9 мм.

Дефект 2 – Знос внутрішньої поверхні до діаметра 30,4 мм.

Приклад виконання.

Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення проводимо, використовуючи три основні критерії:

а) технологічний, що характеризує принципову можливість застосування кількох способів для відновлення поверхні деталей;

б) технічний – оцінюючий властивості відновленої поверхні деталі. Показником при цьому є значення коефіцієнта довговічності, що визначається за формулою (1):

$$\hat{E}_A = \hat{E}_C \cdot \hat{E}_A \cdot \hat{E}_{C^*} \cdot \hat{E}_D,$$

де K_C , $\hat{E}_A$, $\hat{E}_{C^*}$, $\hat{E}_D$ - коефіцієнти зносостійкості, витривалості, зчеплення і роботоздатності відновленої деталі в умовах експлуатації (нормативні коефіцієнти, прийняті за довідковими даними).

Коефіцієнт довговічності пропорційний терміну служби деталі в експлуатації і раціональним буде спосіб для якого K_D максимальний.

в) техніко-економічний критерій – зв'язує вартість відновлення деталей і її довговічність і оцінюється за формулою (2):

$$K_E = \frac{C_a}{\hat{E}_A},$$

де C_a - витрати на відновлення поверхні деталі, грн.; K_A - коефіцієнт довговічності відновленої поверхні.

Вибір способу за технологічним критерієм

Враховуючи властивості деталі – конфігурацію, матеріал, твердість, ступінь зносу і розміри, згідно з рекомендаціями (таблиця 1) вибираємо кілька способів відновлення. Для розглянутого випадку найбільш прийнятними способами відновлення поверхні 1 гільзи можна вважати наступні способи:

а) наплавку поверхні в середовищі вуглекислого газу: матеріал – сталь, поверхня – зовнішня циліндрична, зовнішній діаметр поверхні більш ніж 15 мм, товщина покриття 0,5...3,5 мм;

б) вібродугова наплавка: матеріал – сталь, поверхня – зовнішня циліндрична, зовнішній діаметр поверхні більш ніж 15 мм, товщина покриття 0,5...3,5 мм;

в) залізнення (осталювання): матеріал – сталь, поверхня – зовнішня циліндрична, зовнішній діаметр поверхні більш ніж 12 мм, товщина покриття 0,1...1,5 мм.

Оцінка способів відновлення деталі за технічним критерієм

Значення коефіцієнтів для вибраних способів приймаємо за таблицею 2:

Спосіб 1 $K_{C1} = 0,95$; $\hat{E}_{A1} = 0,95$; $\hat{E}_{C \times 1} = 1,0$; $\hat{E}_{I1} = 0,82$.

Спосіб 2 $K_{C2} = 0,95$; $\hat{E}_{A2} = 0,62$; $\hat{E}_{C \times 2} = 1,0$; $\hat{E}_{I2} = 0,82$.

Спосіб 3 $K_{C3} = 1,10$; $\hat{E}_{A3} = 0,80$; $\hat{E}_{C \times 3} = 0,7$; $\hat{E}_{I3} = 0,80$.

З урахуванням цього:

а) при наплавці поверхні в середовищі вуглекислого газу

$$\hat{E}_{A1} = 0,95 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 0,82 = 0,74.$$

б) при вібродуговій наплавці

$$\hat{E}_{A2} = 0,95 \cdot 0,62 \cdot 1,0 \cdot 0,82 = 0,483.$$

в) при залізненні (осталюванні)

$$\hat{E}_{A3} = 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,7 \cdot 0,8 = 0,493.$$

Звідси випливає, що раціональним способом відновлення зовнішньої поверхні деталі за технічним критерієм буде наплавка зношеної поверхні в середовищі вуглекислого газу, де $\hat{E}_{\hat{A}1} = 0,74$ має максимальне значення з визначених способів.

Визначення вартості відновлення зношеної поверхні гільзи

У зв'язку з відсутністю довідкових даних, визначаємо вартість відновлення поверхні деталі для кожного вибраного способу, використовуючи формулу (3):

Площа поверхні 1 дорівнює сумі площ бічних поверхонь чотирьох циліндрів діаметром $D = 45$ мм при довжині:

$$l_1 = 32 \text{ мм}; l_2 = 8 \text{ мм}; l_3 = 22 \text{ мм}; l_4 = 12 \text{ мм}.$$

Площа бічної поверхні циліндра визначається за формулою:

$$S = \pi \cdot D(l_1 + l_2 + l_3 + l_4) \quad (4)$$

$$S = 3,14 \cdot 45(32 + 8 + 22 + 12) = 10461,5 \text{ мм}^2 \approx 105 \text{ см}^2$$

Підставивши у формулу (3) знайдене значення площі поверхні і беручи до уваги $K_{\text{зб}}$, одержимо собівартість відновлення поверхні гільзи вибраними способами:

а) наплавка поверхні у середовищі вуглекислого газу, при питомій вартості $C_{n1} = 0,28$ грн./см² (таблиця 3):

$$C_{a1} = 0,28 \cdot 105 \cdot 2,01 = 59,1 \text{ грн.}$$

б) вібродугова наплавка, при $C_{n2} = 0,36$ грн./см² (таблиця 3):

$$C_{a2} = 0,36 \cdot 105 \cdot 2,01 = 76,0 \text{ грн.}$$

в) залізнення, при $C_{n3} = 0,11$ грн./см² (таблиця 5):

$$C_{a3} = 0,11 \cdot 105 \cdot 2,01 = 23,2 \text{ грн.}$$

Порівнюючи знайдені значення, встановлюємо, що за собівартістю відновлення поверхні гільзи самим економічним є спосіб, витрати по якому мінімальні, тобто де $C_{a3} = 23,2$ грн. Це спосіб електролітичне залізнення.

Вибір раціонального способу за техніко-економічним критерієм
Оцінку способів відновлення зношеної поверхні деталі за техніко-економічним критерієм проводимо, використовуючи формулу (2):

У цьому випадку будемо мати:

а) для наплавлення поверхні в середовищі вуглекислого газу

$$K_{E1} = \frac{59,1}{0,74} = 79,86 \text{ грн.}$$

б) для вібродугової наплавки

$$K_{E2} = \frac{76,0}{0,483} = 157,35 \text{ грн.}$$

в) для електролітичного залізнення

$$K_{E3} = \frac{23,2}{0,493} = 47,05 \text{ грн.}$$

Як видно зі знайдених значень, раціональним способом відновлення поверхні гільзи за техніко-економічним критерієм є спосіб залізнення, тому що значення $K_{E3} = 47,05$ грн. Серед аналізованих способів цей критерій має найменше значення.

Остаточний вибір раціонального способу відновлення гільзи за отриманими значенням критеріїв

Аналізуючи обрані способи за всіма трьома критеріями, відзначаємо, що кожний з них можна використовувати при відновленні зношеної поверхні, однак раціональним способом відновлення гільзи за технічним критерієм буде наплавлення поверхні в середовищі вуглекислого газу, де $K_A = 0,74$ (має максимальне значення), а раціональним способом відновлення поверхні гільзи за техніко-економічним критерієм є спосіб залізнення, тому що значення $K_{E3} = 47,05$ грн., що має найменшу величину серед способів, які досліджувались.

Остаточний вибір робимо за техніко-економічним критерієм, тобто в якості раціонального способу відновлення приймаємо залізнення, що дозволяє з мінімальними витратами відновити зношену поверхню гільзи, забезпечивши при цьому достатню довговічність її роботи, лише на 33 %, що уступає наплавленню в середовищі вуглекислого газу, у той час як витрати на відновлення цим способом суттєво менші – на 41 %. Надалі розробляється технологічний процес залізнення поверхні гільзи, визначаються режими обробки і норми часу.

5 Порядок оформлення звіту

Звіт розрахункової роботи включає наступні розділи:

- назва практичної роботи;
- мета роботи;
- теоретична частина, в якій наводяться короткі загальні відомості про критерії вибору і обґрунтування раціонального способу відновлення деталей;
- розрахункова частина, в якій приводиться розрахунок з метою вибору раціонального способу відновлення зношених поверхонь конкретної деталі технологічного обладнання;
- висновки за результатами розрахунку.

6 Контрольні запитання

1 Обґрунтуйте доцільність та наведіть переваги і недоліки відновлення деталей в процесі ремонту технологічного обладнання.

2 Перерахуйте всі відомі вам методи і способи відновлення роботоздатності деталей обладнання.

3 Які конструктивно-технологічні особливості робочої поверхні деталі слід враховувати при розрахунках з метою вибору раціонального способу відновлення її роботоздатності?

4 Які значення зносів характерні для найбільш розповсюджених з'єднань і спряжень технологічного обладнання?

5 За якими основними ознаками можна оцінювати застосовність того або іншого способу відновлення для усунення конкретного дефекту деталі, що відновлюється?

6 Назвіть три основних критерії вибору раціонального способу відновлення і охарактеризуйте кожний з них.

7 За якими характеристиками оцінюється той або інший спосіб відновлення при застосуванні технологічного критерію?

8 Від яких факторів залежить розрахункове значення коефіцієнта довговічності при застосуванні технічного критерію?

9 У яких одиницях визначається питома собівартість того чи іншого способу відновлення зношених поверхонь?

10 У яких випадках можливе прийняття для виконання не самого раціонального способу відновлення деталі?

Рекомендована література

1 Курчаткин В.В. Тельнов, Н.Ф. Ачкасов, К. А. и др. Надёжность и ремонт машин.; Под ред. Курчаткина В. В. - М.: Колос, 2000. - 526 с.

2 Пучин Е.А. Технология ремонта машин / Е. А. Пучин, В.С. Новиков, Н. А. Очаковский и др.; Под ред. Е. А. Пучина. - М.: КолосС, 2007.- 488 с.

3 Чеботарёв М. И. Выбор рационального способа восстановления изношенной поверхности детали. Учебно-методическое пособие / М.И. Чеботарёв, М.Р. Кадыров, Г.И. Савин. . - Краснодар, КубГАУ, 2015. - 33 с.

4 Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. / Е.Л. Воловик. - М.: Колос, 1981. - 351 с.

5 Черноиванов В.И. Восстановление деталей сельскохозяйственных машин. / В.И. Черноиванов, В.И. Андреев. - М.: Колос, 1983. -288 с.

6 Черноиванов В.И. Восстановление деталей машин (Состояние и перспективы) / В.И. Черноиванов, И.Г. Голубев. - М.: ФГНУ „Росинформагротех“, 2010. - 376 с.

7 <http://рівень інфляції. ua/>

Додаток А
(довідковий)

Таблиця А1 – Способи відновлення деталей при ремонті машин

Номер групи	Метод відновлення	Спосіб відновлення
1	2	3
1	Слюсарно-механічна обробка	1.1 Обробка під ремонтний розмір (РР). 1.2 Постановка додаткової ремонтної деталі. 1.3 Механічна обробка до виведення слідів зносу і надання правильної геометричної форми. 1.4 Перекомплектування.
2	Пластичне деформування	2.1 Витяжка, відтягнення. 2.2 Виправлення (на пресах, наклепом). 2.3 Механічна роздача. 2.4 Гідротермічна роздача. 2.5 Електрогідравлічна роздача. 2.6 Розкочування. 2.7 Механічне обтиснення. 2.8 Термопластичне обтиснення. 2.9 Осадка. 2.10 Видавлювання. 2.11 Накатка. 2.12 Електромеханічне висаджування.
3	Нанесення полімерних матеріалів	3.1 Напилювання: газопламеневе; у псевдосзрідженому шарі (вихрове, вібраційне, вібровихрове), ін. 3.2 Обпресування. 3.3 Лиття під тиском. 3.4 Зовнішнє нанесення покриттів (грунтовка, шпаклівка).
4	Ручне зварювання і наплавка	4.1 Газова. 4.2 Дугова. 4.3 Аргонодугова. 4.4 Ковальська. 4.5 Плазмова. 4.6 Термітна. 4.7 Контактна.
5	Механізоване дугове зварювання і наплавка	5.1 Автоматична під флюсом. 5.2 У середовищі захисних газів (аргон, CO ₂ і ін.). 5.3 Дугова з газопламеневим захистом. 5.4 Вібродугова. 5.6 Порошковим дротом або стрічкою. 5.7 Широкошлейфна. 5.8 Лежачим електродом. 5.9 Плазмова (стисненою дугою). 5.10 Багатоелектродна. 5.11 З одночасним деформуванням.

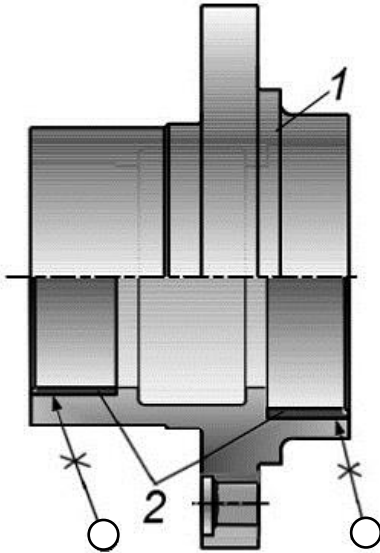
Продовження таблиці А1

1	2	3
6	Механізовані бездугові способи зварювання і наплавки	6.1 Індукційна (високочастотна). 6.2 Електрошлакова. 6.3 Контактне зварювання і наварка. 6.4 Тертям. 6.5 Газова. 6.6 Ультразвукова. 6.7 Дифузійна. 6.8 Лазерна. 6.9 Термітна. 6.10 Вибухом. 6.11 Магнітно-імпульсна.
7	Газотермічне нанесення (металізація)	7.1 Дугове. 7.2 Газопламеневе. 7.3 Плазмове. 7.4 Детонаційне. 7.5 Високочастотне. 7.6 Електроімпульсне. 7.7 Іонно-плазмове.
8	Гальванічне і хімічне покриття	8.1 Залізнення (осталювання) постійним струмом. 8.2 Залізнення (осталювання) змінним струмом. 8.3 Залізнення (осталювання) проточне. 8.4 Залізнення (осталювання) місцеве (безванне). 8.5 Хромування ванне. 8.6 Хромування проточне, струминне. 8.7 Міднення. 8.8 Цинкування. 8.9 Нанесення сплавів. 8.10 Нанесення композиційних покриттів. 8.11 Електроконтактне нанесення (електронатирання). 8.12 Гальваномеханічний спосіб. 8.13 Нікелювання.
9	Термічна і хімікотермічна обробка	9.1 Загартування, відпуск. 9.2 Дифузійне насичення бором. 9.3 Дифузійне цинкування. 9.4 Дифузійне насичення титаном. 9.5 Дифузійне хромування. 9.6 Дифузійне хромотітанування. 9.7 Дифузійне хромоазотування. 9.8 Обробка холодом.
10	Інші способи	10.1 Заливання рідким металом. 10.2 Наморожування. 10.3 Напікання. 10.4 Пайка. 10.5 Пайкозварювання. 10.6 Електроіскрове нарощування, легування

Характеристика способів відновлення

1 група - зноси поверхонь усувають шляхом механічної або ручної обробки зі змінням їх первісних розмірів.

Для відновлення з'єднань і одержання необхідних посадок застосовують, що сполучаються деталі зі зміненими конструктивними



параметрами або встановлюють компенсатори зносу (кільця, втулки, бандажі та т.п.). Додаткові деталі можуть установлювати з натягом, за допомогою пайки, зварювання або ж склеювання (рисунк А1). Після установки додаткову деталь можуть піддати механічній обробці.

Іноді поверхні деталі обробляють до надання їй правильної геометричної форми (натискні диски фрикційних муфт, гальмових барабанів, площини корпусних деталей).

1 - деталь; 2 - втулки додаткові.

Рисунок А1 – Схема відновлення посадкових місць підшипників

2 група – зношені поверхні відновлюють за рахунок перерозподілу металу від неробочих ділянок деталі до робочих. Перевага способів полягає в їхній простоті, високих продуктивності і якості, при цьому не потрібно присадочний матеріал.

3 група – зношені поверхні відновлюють шляхом нанесення полімерних матеріалів. Достоїнства цих способів визначається їхньою простотою і доступністю, порівняно низькою собівартістю, високими продуктивністю і якістю.

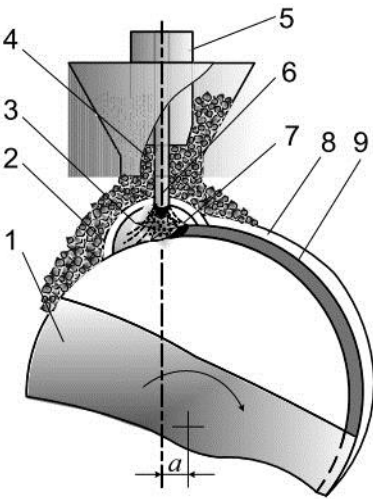
4 група – відновлення здійснюється шляхом нанесення розплавленого металу або з'єднання ним деталей, що сполучаються. Способи доступні, часто використовуються для термінового усунення раптових дефектів, але матеріалоемні, малопродуктивні, не завжди забезпечують потрібної якості.

5 група – способи відновлення мають широке розповсюдження, можуть бути автоматичними або напівавтоматичними. Більшість цих способів забезпечують достатньо високі продуктивність і якість.

Автоматична наплавка під шаром флюсу (рисунок А2) – один із способів, що широко застосовуються при відновленні деталей на ремонтних підприємствах.

Сутність цього способу полягає в наступному. До дуги 7, що утворюється між електродом 6 і поверхнею деталі 1, яка обертається, через мундштук 5 спеціальним пристроєм (автоматом) безупинно подається електродний дріт, а з бункера 4 насапється гранульований флюс. Дуга, утоплена в масі флюсу, горить під рідким шаром 2 розплавленого флюсу у газовому просторі 3. Рідкий шар 2 флюсу надійно охороняє розплавлений метал від навколишнього повітря, у великому ступені зменшує розбризкування металу, поліпшує формування шва 9, вико-

ристання теплоти дуги і матеріалу електродного дроту. Шлакова кірка 8, що утворюється при остиганні деталі, сповільнює охолодження розплавленого металу і поліпшує умови формування його структурних перетворень.



- 1 - деталь; 2 - шар флюсу; 3 - газовий простір; 4 - бункер із флюсом;
- 5 - мундштук; 6 - електрод; 7 - дуга електрична; 8 - шлакова кірка;
- 9 - наплавлений шар (шов)

Рисунок А2 – Схема автоматичної наплавки під шаром флюсу

Спосіб має досить суттєвий недолік – великі вкладання теплоти в тіло деталі і його застосування обмежується масою і розміром деталі, що відновлюється (не менш ніж 50...60 мм).

У багатьох випадках, коли важко, неможливо або занадто дорого застосовувати зварювання під шаром флюсу, використовують інші захисні середовища: аргон, вуглекислий газ, водяна пара і т.п. Найбільше застосування в ремонті машин одержала автоматична наплавка у середовищі вуглекислого газу (CO_2).

Сутність процесу наплавки у середовищі вуглекислого газу полягає в наступному. Газ подається в зону зварювання зі спеціальних пальників, які монтуються на автоматичних зварювальних головках, а також за допомогою спеціальних апаратів, призначених для зварювання в середовищі вуглекислого газу (рисунок А3).

З балона по трубці вуглекислий газ надходить у газове сопло 5 пальника 3, прикріпленого до мундштука 1.

Обмиваючи наконечник 4 і електродний дріт 2, вуглекислий газ відтискує повітря від дуги 6, що горить між дротом 2 і деталлю 9, тим самим, захищаючи зону зварювання (зварювальну ванну 7) та поверхню шва 8 від впливу азоту і кисню. Подібне конструктивне рішення мають пальники для використання інших видів захисних газів.

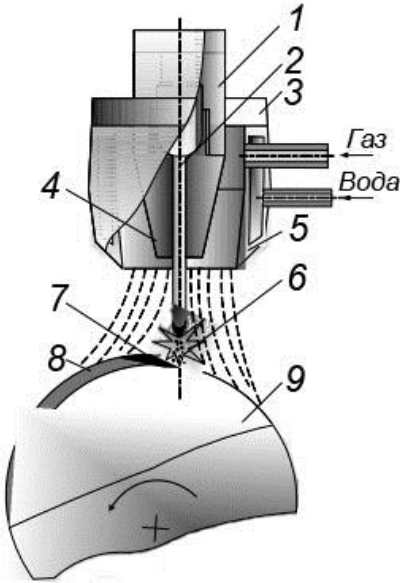


Рисунок А3 – Схема автоматичної наплавки у середовищі CO_2

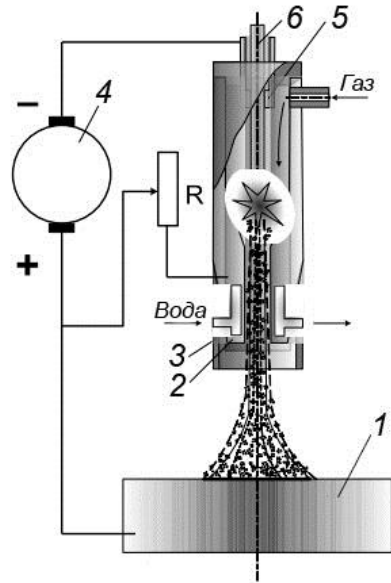


Рисунок А4 – Схема плазмового пальника прямої дії

Плазмова наплавка (рисунок А4) заснована на використанні тепла плазмової дуги, що горить між поверхнею деталі 1 і електродом 6 (пальник прямої дії) або струменя плазми (дуга горить між електродом і соплом 2, яке охолоджується водою). Плазма являє собою потік іонізованих часток газу, що мають великою енергією.

Для одержання плазмового струменя між катодом і анодом збуджують електричну дугу від джерела постійного струму 4. Електрична дуга, що горить між катодом і анодом, нагріває газ, що подається у плазмотрон до температури плазми, тобто до стану електропровідності. У потік нагрітого газу вводять матеріал для зварювання і наплавки. Розплавлені частки матеріалу виносяться потоком гарячого газу із сопла 3 і наносяться на поверхню виробу. У якості плазмоутворюючих газів використовують аргон, азот, гелій і аргон-азотну суміш.

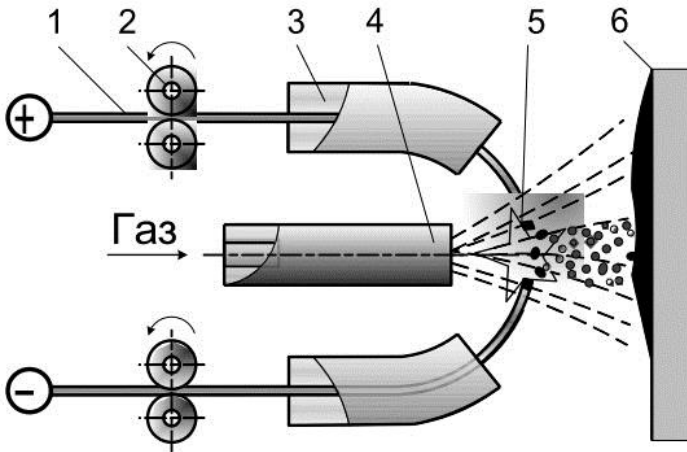
6 група визначається тим, що для відновлення зношених поверхонь використовують присадочний матеріал, плавлення якого здійснюють, використовуючи тепло не електричної дуги, інших джерел.

При бездугових способах таким джерелом служить тепло від вихрових струмів високої частоти (СВЧ), джоулева теплота (електрошлакова наплавка, контактна приварка), теплота спалених газів та ін.

Ручні і механізовані зварювально-наплавочні способи набули найбільшого застосування у ремонтній практиці (75...80 % від загального обсягу відновлення). Їхні недоліки – суттєвий термічний вплив на зону сплавлення та на основний метал, у тому числі на поверхні, що не відновлюються, деформація деталей, значні припуски на механічну обробку. Застосування більшості із цих способів доцільне для відновлення сильно зношених деталей.

7 група характерна тим, що при напилюванні розплавлений присадочний матеріал (дріт або порошок) за допомогою стисненого повітря розпорошується і наноситься на підготовлену поверхню деталі. Способи напилювання розрізняють залежно від джерела теплоти: дугове – теплота електричної дуги, газопламеневе – теплота газового полум'я і т.д. Напиляють метали, полімери та ін. При напилюванні металу процес називають металізацією.

Електродугова металізація знаходить усе більше застосування на ремонтних підприємствах (рисунок А5).

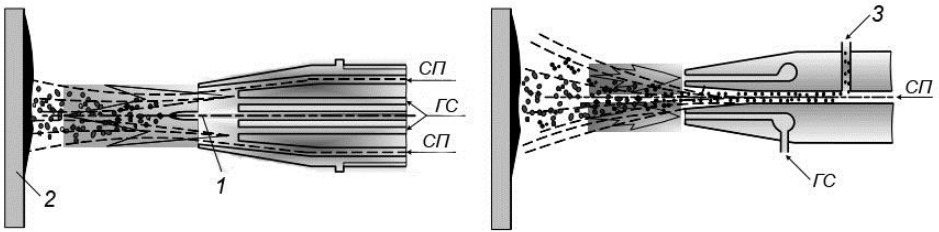


- 1 - електродний дріт; 2 - механізм подачі дроту;
 1 - електродний дріт; 2 - механізм подачі дроту; 3 - наконечник;
 4 - канал для газу; 5 - електрична дуга; 6 - деталь

Рисунок А5 – Схема електродугової металізації

Два ізольовані один від іншого електродних дроти 1 подаються з однаковою швидкістю спеціальним механізмом 2. При виході з накопечників 3 між дротами запалюється електрична дуга. Газ, що подавався під тиском по каналу 4 у зону дуги 5, розпорошує розплавлений метал і напиллює його на деталь 6.

При газопламеневій металізації метал, що напиллюється розплавляється полум'ям суміші горючого газу (ацетилену, пропан-бутану та ін.) і кисню, а розпорошується стисненим повітрям або інертним газом. Газопламенева металізація дозволяє одержувати порівняно високу якість покриттів при незначному вигорянні легуючих елементів. Газопламеневі апарати (металізатори) за видом присадочного матеріалу можна розділити на дровові і порошкові (рисунк А6).

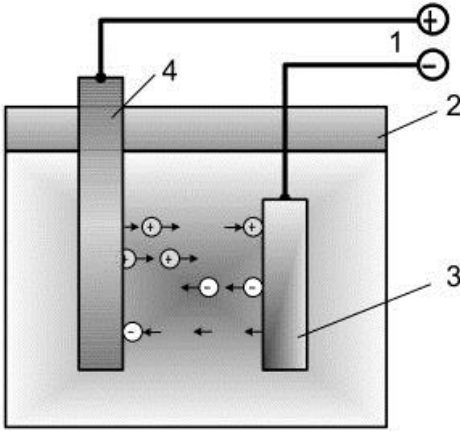


1 - електродний дріт; 2 - деталь; 3 – порошок; СП- стиснене повітря;
ГС- горюча суміш.

Рисунок А6 – Схема дровової а) і порошкової газопламеневої розподільчої головки

Більшість способів напилювання характеризується високою продуктивністю, дозволяє досить точно регулювати товщину покриття і припуск на механічну обробку. Серйозний недолік напилювання – низьке зчеплення покриттів з основою. Для його підвищення застосовують нанесення спеціального підшару, наступне оплавлення та ін.

8 група – гальванічні способи, в основі яких лежить явище електролізу. Їх розрізняють по виду металу, що осаджується, роду струму, що використовується, способу осадження та ін. Гальванічні способи високопродуктивні, не супроводжуються термічним впливом на деталь, дозволяють точно регулювати товщину покриттів і звести до мінімуму або ж зовсім виключити механічну обробку, забезпечують високу якість покриттів при дешевих вихідних матеріалах. Такі способи застосовують для відновлення деталей з малими зносами. Недоліки гальванопокриттів – складність обладнання, трудомісткість підготовчих етапів операцій і екологічна шкідливість технології.



1- джерело струму; 2 - ванна; 3 - катод; 4 - анод

Рисунок А7 – Схема процесу електролітичного наросування металів

Металевий осад, який виділяється на катоді, і називають електричним (гальванічним) покриттям.

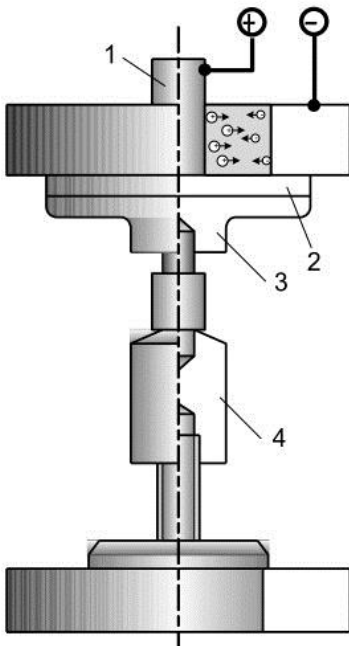


Рисунок А8 – Пристосування для місцевого залізнення

При проходженні постійного струму через електроліт (розчин солей, кислот, або лугів) у ньому утворюються позитивно заряджені іони електроліту (катіони) і негативно заряджені (аніони).

Катіони водню та металу рухаються до катода і утворюють на ньому металевий осад (відкладення) або виділяються у вигляді газу (рисунок А7).

Місцеве залізнення (осталювання) застосовують для відновлення посадкових поверхонь корпусних деталей. Поверхня деталі, підготовлену до залізнення, протравлюють розчином соляної кислоти і промивають. Потім монтується т. з. місцеву „ванну“ (рисунок А8), яка створюється з гумової прокладки 2 товщиною 3...5 мм і діаметром на 20...30 мм більшим за отвір, що відновлюється, унизу якої встановлюють алюмінієву або сталеву кришку 3 і щільно притискають її розпірною гайкою 4 до отвору.

Встановлюють електрод з малоуглецевої сталі і заливають електроліт. Підключають деталь до анода і проводять залізнення.

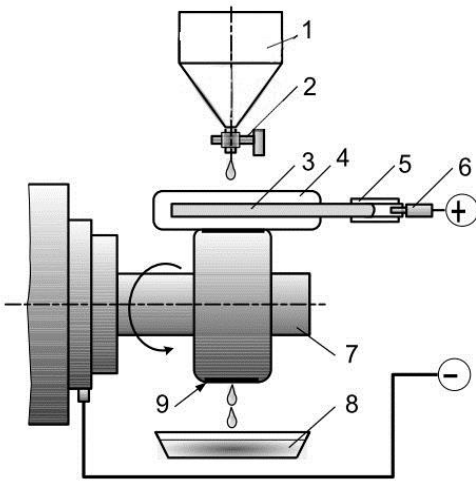


Рисунок А9 – Схема процесу електролітичного натирання

Тампон 4, підключений до позитивного полюсу джерела живлення штекером 6, за рукоятку 5 утримується оператором установки і переміщується по поверхні 9, що нарощується. Залишки електроліту стікають до ванночки 8 і по мірі її наповнення повертаються до резервуару 1.

Безперервна подача електроліту на анодний тампон і переміщення анода по поверхні, що покривається, деталі дають можливість застосовувати достатньо високу щільність струму і забезпечують підвищену продуктивність.

9 група включає термічну обробку, яку застосовують для зміцнення і відновлення фізико-механічних властивостей деталей (пружності пружин та ін.). При хіміко-термічних способах відбувається дифузійне насичення поверхні деталі тугоплавкими металами (хромом, титаном і ін.) при деякому зміні розмірів. Ці способи застосовують для відновлення та підвищення зносостійкості мало зношених деталей (штоків, плунжерів та ін.).

10 група поєднує способи, що не ввійшли до попередніх дев'яти. При відновленні сильно зношених деталей або при виправленні великих місцевих дефектів у відливках використовують заливання рідким металом. Заливанням рідким металом доцільно відновлювати великогабаритні вироби або значну кількість дрібних однотипних деталей. Цей спосіб забезпечує високі продуктивність і якість.

Електролітичне натирання один зі способів нанесення покриттів електролітичним способом без ванни.

Деталь 7 (рисунок А9), підключена до катода, закріплюють у шпинделі або центрах токарного верстата. Анодом 3 служить вугільний стержень, обгорнений спеціальним адсорбуючим матеріалом і утворюючий тампон 4. Електроліт надходить із резервуара 1 і протягом усього процесу підживлює тампон 4. Подачу електроліту регулюють краном 2.

Електроконтактне напикання металевих порошків застосовується для відновлення деталей типу валів і осей. Між деталлю 4 (рисунки А10), установленою в патрон токарного верстата, і мідним роликом-електродом 2 подають присадочний порошок 3. Ролик 2 за допомогою пневмо- або гідроциліндра 1 притискається до деталі. При прокручуванні деталі й ролика та у результаті великого електричного опору в місці їх контакту порошок нагрівається до температури $1000\ldots 1300^{\circ}\text{C}$. Розпечені частки порошку спікаються між собою та з поверхнею деталі.

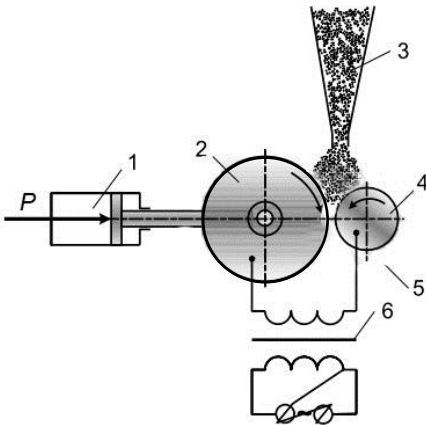
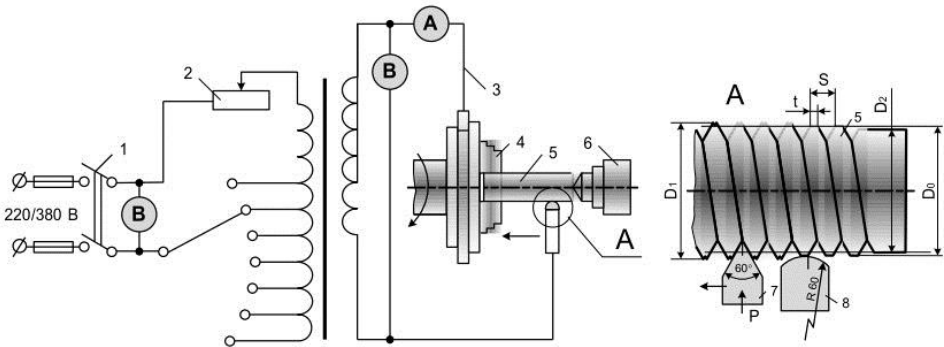


Рисунок А10 – Електроконтактне напикання металевих порошків

Електроіскрова обробка металевих поверхонь заснована на використанні електричних розрядів між електродами в газовому середовищі. Сутність технології відновлення поверхонь полягає в тому, що в проміжку між металевими електродами руйнується матеріал анода, продукти ерозії переносяться на катод (заготовку). Нанесення твердих зносостійких покриттів цим способом товщиною до 0,1 мм відносять до зміцнення, а нанесення покриттів більшої товщини – до наплавлення. Спосіб застосовують для відновлення шийок валів і осей, поверхонь отворів під підшипники, зміцнення, замість термообробки, поверхонь тертя, створення зносостійкого поверхневого шару товщиною до 0,5 мм.

Електромеханічну обробку застосовують для відновлення валів і осей з невеликими зносами, а також як заключну операцію при обробці деталей. Схема цього способу показана на рисунку А10. До деталі 5, установленій у патроні 4 токарного верстата і підтримуваної центром задньої бабки через електроконтактне пристосування 3 підводять один провідник від вторинної обмотки трансформатора; інший провідник підводять до інструмента 7 або 8, ізольованого встановленому в різцетримачі супорта верстата. У зону контакту деталі і інструмента підводять струм, величина якого регулюється реостатом 2. Струм миттєво нагріває метал у зоні контакту до високої температури; у результаті поліпшується якість обробки, а наступний швидкий відвід теплоти усередину деталі сприяє загартуванню поверхневого шару.



1 - рубильник; 2 - реостат; 3 - провідник вторинної обмотки; 4 - патрон верстата;
5 - деталь; 6 - задня бабка; 7, 8 - інструмент, що висаджує і, що згладжує

Рисунок А11 – Схема відновлення електромеханічною обробкою

Нагрітий у зоні контакту метал видавлюється, утворюючи виступи, аналогічні різьбі. У результаті діаметр деталі D_2 збільшується до розміру D_1 . Другим проходом інструмента, що згладжує, висаджену поверхню обробляють до необхідного розміру.

Цим способом можна одержати шорсткість поверхні порядку до $Ra = 1,6$ мкм (як при шліфуванні) і одночасно значно поліпшити механічні властивості поверхневого шару деталі за рахунок його загартовування на глибину до 0,1 мм.

Цим способом відновлюють переважно поверхні валів нерухомих з'єднань (посадкові місця під підшипники, стержні, шків та ін.) зі зносами не більш ніж 0,25 мм. Відновлена поверхня виходить переривчастою, і площа контакту зменшується.

Якщо площа контакту залишається більше 60% від первісної суцільної, то міцність сполучення із гладкою поверхнею втулки (кільця підшипника) виявляється цілком достатньою завдяки більш високій твердості, отриманій при обробці.

З описами, характеристиками і областями застосування інших способів відновлення працездатності деталей, що не ввійшли в дані методичні вказівки, можна ознайомитись з літературних джерел за темою заняття, зокрема з довідника [4 - 6].

