

Аналіз існуючих методів відновлення деталей машин та їх застосовність в технології ремонту гвинтових компресорів

В. Б. Тарельник¹⁾, П. В. Косенко²⁾

^{1), 2)} Сумський національний аграрний університет, вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, 40021, Україна

Article info:

Paper received:

30 January 2015

The final version of the paper received:

17 May 2015

Paper accepted online:

18 June 2015

Correspondent Author's Address:

^{1), 2)} tarelnik@i.ua

Досліджено основні методи відновлення деталей машин. Проаналізовано переваги й недоліки цих методів. Запропоновано найбільш раціональний метод для реновації деталей гвинтових компресорів.

Ключові слова: відновлення, деталь, знос, компресор, гвинт, поверхневий шар.

1. ВСТУП

Гвинтові компресорні установки не мають вузлів, що виконують зворотно-поступальний рух, тому відсутні супутні знакозмінні навантаження на деталі і підвищений знос відповідальних пар тертя, як це має місце в поршневих компресорах. Тому їхній ресурс дуже високий. При дотриманні необхідних умов експлуатації ресурс гвинтових компресорів досягає 40 тисяч годин і більше. Вузлами, що обмежують ресурс гвинтових компресорів, є підшипники, у яких установлені ведучий і ведений гвинти. Для нормальної й тривалої роботи підшипників необхідне виконання двох умов: забезпечення їхнього температурного режиму в припустимих межах (не більше 80 °C) та високоякісне мастило.

2. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Якщо в експлуатації мають місце тривала робота компресора на гарячому мастилі, якщо виробляються часті пуски й зупинки компресора, а також інші перевантаження, підшипники кочення можуть передчасно вийти з ладу. Це може спричинити аварію компресора, пов'язану із заклинюванням гвинтів, «схоплюванням» матеріалів гвинтів і корпусу, руйнуванням дотичних поверхонь гвинтів. Ремонт такого компресора може бути виконаний тільки в заводських умовах, а іноді потрібна заміна компресорного блоку на новий.

У гвинтів компресора в процесі роботи в основному зношуються посадкові місця під підшипники й робочі поверхні зубів (рис. 1). Знос, як правило, не перевищує 0,3 мм на діаметр, однак він може призвести до значного зниження продуктивності компресора, оскільки первісний зазор між гвинтами знаходиться на рівні 0,05 мм.

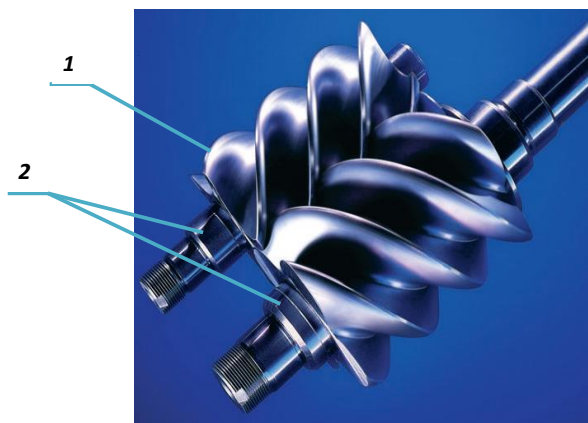


Рис. 1. Місця зносу гвинтів гвинтового компресора: 1 – робочі поверхні гвинтів; 2 – посадкові місця під підшипники

Щоб попередити подібні ситуації, необхідно періодично робити діагностичний огляд стану підшипників за допомогою спеціальних портативних приладів. Ця апаратура повинна бути включена до обов'язкової інструментарію експлуатаційних і ремонтних служб на підприємствах, що використовують компресорне устаткування.

Однак гвинти гвинтових компресорів, що вийшли з ладу, (особливо зі значним зносом крайок зубів), як правило, замінюють на нові. Звичайно, це досить затратно з економічної точки зору.

Таким чином, метою роботи є підвищення ефективності ремонтних робіт компресорного обладнання шляхом розробки рекомендацій стосовно вибору методу відновлення для реновації поверхонь гвинтів та посадкових місць під підшипники гвинтових компресорних блоків на основі оцінювання цих методів за конструкційними, технологічними та економічними критеріями.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Більшість способів відновлення слід розглядати як альтернативні. Один і той же матеріал покриття може бути нанесено декількома способами. При цьому істотно можуть відрізнятись як властивості покриття, так і витрати на його нанесення. Умови нанесення можуть в широких межах змінювати комплекс механічних властивостей матеріалу основи, так що експлуатаційні характеристики деталі з покриттям істотно залежать від способу його нанесення.

Відновити зношену деталь або зношене сполучення – це означає відновити первинні (або близькі до них) геометричні, фізико-механічні, фізико-хімічні та інші їх характеристики (властивості), тобто усунути експлуатаційні дефекти, відновити розміри, геометричну форму, структуру й фізико механічні властивості у відповідності з технічними вимогами. Відновлення деталей та сполучень – найважливіше завдання ремонтного виробництва.

Згідно [1] працездатність і ресурс відновлених деталей складає в середньому 60–80 % цих показників для нових. Проте на цей час відомі технологічні методи (електромеханічні, електрофізичні та ін.), за допомогою яких можна повністю відновити первинний ресурс деталей або навіть збільшити його.

Відновлення деталей дозволяє заощадити значну кількість дефіцитних матеріалів, в 2–3 рази продовжити термін їх служби, зменшити випуск товарних запасних частин на заводах-виробниках і знизити собівартість ремонту машин та устаткування. Впровадження централізованого відновлення деталей, широке застосування потокових ліній, автоматизації процесів ремонту деталей, сприяють подальшому підвищенню ефективності ремонтного виробництва.

Існує багато різних технологічних методів компенсації зношеного шару металу деталей [1–4]. Одним із шляхів поліпшення якості поверхневого шару й зниження вартості ремонту машин є багаторазове відновлення форми деталей металопокриттям та забезпечення їх взаємозамінності.

Найбільш поширені методи, їх переваги та недоліки представлені в табл. 1.

Аналізуючи дані табл. 1, можна дійти висновку, що кожен з перерахованих методів має свої переваги та недоліки. Але для підбору методу відновлення для більш вузького застосування (а саме для реновації поверхонь гвинтів та посадкових місць під підшипники гвинтових компресорних блоків) необхідно брати до уваги ряд критеріїв.

У виборі найбільш раціонального способу відновлення деталей керуються трьома критеріями: застосуваності, довговічності та техніко-економічний [5].

Критерій застосовуваності є технологічним і визначає принципову можливість застосування різних способів відновлення відносно конкретних деталей. Цей критерій описується функцією:

$$K_s = f_1(M_d; \Phi_d; D_d; C_d; H_d; \sum_{i=1}^m T_i),$$

де M_d – матеріал деталі; Φ_d – форма відновлюваної поверхні деталі; D_d – діаметр відновлюваної поверхні деталі; C_d – спрацювання деталі;

H_d – навантаження, яке сприймає деталь; $\sum_{i=1}^m T_i$ – сума технологічних особливостей способу, які визначають галузь його раціонального застосування.

За цим критерієм вибирають конкурентні способи для подальшого оцінювання їх за допомогою інших критеріїв.

Критерій довговічності визначає роботоздатність відновлюваних деталей. Його виражають через коефіцієнт довговічності, під яким розуміють відношення довговічності відновленої деталі до довговічності нової цієї ж назви. Він представляє собою функцію вида:

$$K_d = f_2(k_C; k_B; k_{3u}),$$

де k_C – коефіцієнт стійкості проти спрацювання; k_B – коефіцієнт витривалості; k_{3u} – коефіцієнт зчеплюваності.

Техніко-економічний критерій – функція двох аргументів:

$$K_{m,e} = f_3(k_{np}; e),$$

де k_{np} – коефіцієнт продуктивності способу; e – показник економічності способу.

Економічний ефект від впровадження розробленого технологічного процесу відновлення деталі визначають за формулою:

$$e = \left[C_{n(\delta)}^B - C_{n(i)}^B - E_n (K_i - K_\delta) \right] \cdot N_B,$$

де $C_{n(\delta)}^B$ – повна собівартість відновлення за базовим варіантом технологічного процесу; $C_{n(i)}^B$ – повна собівартість відновлення за i -м (впроваджуваним) технологічним процесом; E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень; K_i, K_δ – капіталовкладення відповідно за впровадженим та базовим; технологічними процесами (затрати на обладнання, інструмент, його проектування, виготовлення, монтаж на місці тощо); N_B – програма відновлення деталей.

Термін окупності від впровадження нової технології визначають за виразом:

$$\tau_{ок} = \frac{\Delta K}{(C_{П(\delta)}^B - C_{П(i)}^B) \cdot N_B},$$

де $\Delta K = K_i - K_\delta$ – додаткові капіталовкладення.

Визначаючи продуктивність праці, враховують ту обставину, що процес відновлення деталей включає в загальному випадку підготовку деталі, нанесення матеріалу на підготовлену деталь та її обробку. Тому за продуктивністю окремо оцінюють спосіб відновлення в цілому й процес нанесення матеріалу цим способом.

Для візуалізації об'єктивного оцінювання методів відновлення для конкретної сфери застосування розглянемо табл. 2.

Таблиця 1 – Методи відновлення зношених поверхонь

Метод	Переваги	Недоліки
Наплавлення	Підвищення твердості і зносостійкості, можливість необмежено нарощувати зношену поверхню.	Утворення тріщин, висока пористість, наявність шлакових включень, зниження втомної міцності, жолоблення, підвищена екологічна безпека.
Гальванопокриття	Зберігає структуру деталі, висока зносостійкість і твердість поверхні.	Низьке припрацювання, зниження втомної міцності, низька адгезія, підвищена екологічна безпека.
Металізація	Механічні властивості матеріалу деталі не змінюються і деталь не піддається викривленню, висока зносостійкість	Висока пористість (до 10 %), зниження втомної міцності, низька адгезія, підвищена екологічна безпека.
Пластичне деформування	Підвищує твердість, зменшує шорсткість, підвищує зносостійкість.	Низька продуктивність, можливе деформування поверхні на 5–10 мкм і більше, можуть виникати рівномірні напливи металу товщиною 0,03–0,3 мм.
Електроерозійне легування	Локальна обробка поверхні – легування можна проводити на окремих ділянках від декількох мм і більше не захищаючи решту поверхню; міцне з'єднання перенесеного і основного металу; відсутність спільного нагріву деталі в процесі обробки, можливість використання в якості оброблюваних матеріалів: чистих металів, сплавів, металокерамічних композицій, тугоплавких сполук; підвищення твердості, жаро-, зносо- і корозійної стійкості; відсутність необхідної підготовки поверхні.	Підвищення шорсткості, виникнення в поверхневому шарі розтягуючих залишкових напружень, зниження втомної міцності.
Нанесення полімерних матеріалів	Можливість необмежено нарощувати зношену поверхню, близькі до металу деформаційні характеристики, висока адгезія.	Необхідність спеціальної підготовки поверхні, в тому числі формування шорсткості поверхні. Порівняно невисока твердість.

4. ВИСНОВКИ

За результатами проведеного дослідження методів відновлення для реновації поверхонь гвинтів та посадкових місць під підшипники гвинтових компресорних блоків було встановлено:

1. Для реновації деталей гвинтових компресорів найдоцільніше використовувати комбіновані методи.

2. Для відновлення поверхонь гвинтів пропонується комбінований метод електроерозійного легування з подальшим нанесенням полімерних матеріалів.

3. Для відновлення посадкових місць під підшипники пропонується комбінований метод – цементації електроерозійним легуванням з подальшим іонним азотуванням та безабразивною фінішною обробкою.

Таблиця 2 – Результати оцінювання критеріїв методів відновлення для реновації поверхонь гвинтів та посадкових місць під підшипники гвинтових компресорних блоків

Назва методу	Критерій													
	Адгезія	Екологічна безпека	Собівартість	Зносостійкість	Твердість	Шорсткість	Товщина шару	Продуктивність	Короблення	Пористість	Попередня підготовка поверхні	Зміна структури та фізичних властивостей основного металу	Зручність у застосуванні	Середній бал
Наплавлення	4	1	2	4	5	2	3	4	2	2	4	2	3	2,9
Гальванопокриття	2	1	1	4	4	3	2	2	3	4	1	4	2	2,5
Металізація	2	1	2	4	4	2	2	3	4	1	2	4	2	2,5
Електроерозійне легування	5	3	4	4	4	2	4	4	3	4	5	4	5	3,9
Нанесення полімерних матеріалів	4	4	3	3	1	3	5	5	5	5	1	5	5	3,8
Комбінований метод (ЕЕЛ+ПМ) ¹	5	4	4	5	5	4	5	5	4	4	4	4	5	4,5
Комбінований метод (ЦЕ-ЕЛ+ІА+БУФО) ²	5	4	4	5	5	5	4	4	5	4	5	5	5	4,6

Примітки:

1 – електроерозійне легування з подальшим нанесенням полімерних матеріалів;

2 – цементація електроерозійним легуванням [6] з подальшим іонним азотуванням та безабразивною фінішною обробкою.

Analysis of existing methods for recovery of machine parts and their applicability in technology repair screw compressors

V. B. Tarelnyk¹⁾, P. V. Kosenko²⁾

^{1), 2)} Sumy National Agrarian University, 160, G. Kondratyeva Str., 40021, Sumy, Ukraine

The basic methods of recovery of machine parts. The advantages and disadvantages of the se methods. We propose the most appropriate method for there novation of parts of screw compressors.

Key words: restoration, detail, deterioration, compressor, screwsurfacelayer.

Анализ существующих методов восстановления деталей машин и их применимость в технологии ремонта винтовых компрессоров

В. Б. Тарельник¹⁾, П. В. Косенко²⁾

^{1), 2)} Сумский национальный аграрный университет, ул. Герасима Кондратьева, 160, 40021, г. Сумы, Украина

Исследованы основные методы восстановления деталей машин. Проанализированы преимущества и недостатки этих методов. Предложены наиболее рациональный метод для реновации деталей винтовых компрессоров.

Ключевые слова: восстановление, деталь, износ, компрессор, винт, поверхностный слой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чабанний В. Я. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник / В. Я. Чабанний. – Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. – 720 с.
2. Иванов В. П. Технология и оборудование восстановления деталей машин / В. П. Иванов. – Минск: Техноперспектива, 2007. – 458 с.
3. Ищенко А. А. Технологические основы восстановления промышленного оборудования современными полимерными материалами / А. А. Ищенко. – Мариуполь: ПГТУ, 2007. – 250 с.
4. Восстановление деталей машин: Справочник / [Ф. И. Пантелеенко, В. П. Лялякин, В. П. Иванов и др.]. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
5. Савуляк В. І. Відновлення деталей машин: Навчальний посібник / В. І. Савуляк, В. Т. Івацько. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – Ч. 1. – 93 с.
6. Спосіб цементації сталевих деталей електроерозійним легуванням / В. С. Марцінковський, В. Б. Тарельник, А. В. Белоус // Патент України на винахід. – № 82948, 23С 8/00. Опубл. 25.03.2008, бюл. № 10.

REFERENCES

1. Chabanny V. Ya. (2007). Remont avtomobiliv. Kirovohrad. Kirovohradska rayonna drukarnya. 720 p. [in Ukraine].
2. Ivanov V. P. (2007). Teknologiya i oborudovanie vostanovleniya detalej mashin. Minsk. Technoperspektiva. 458 p. [in Russian].
3. Ishhenko A. A. (2007). Teknologicheskie osnovy vosstanovleniya promyshlennogo oborudovaniya sovremennymi polimernymi materialami. Mariupol. PGU. 250 p. [in Russian].
4. Panteleenko F. I., Lyalyakin V. P., Ivanov V. P. i dr. (2003). Vosstanovlenie detalej mashin: Spravochnik. M. Mashinostroenie. 672 p. [in Russian].
5. Savulyak V. I., Ivats'ko V. T. (2004). Vidnovlennya detaley mashyn. Vinnytsya. VNTU. Issue 1. 93 p. [in Ukraine].
6. Patent Ukrayiny na vynakhid. 82948, 23S 8/00. Opubl. 25.03.2008, byul. 10. [in Ukraine].