

5. Макашвили Г.А. Методы биологической стабилизации плодов в процессе хранения: монография / Г.А. Макашвили. – М.: Экономика, 1975. – 202 с.
6. Метлицкий Л.В. Основы биохимии плодов и овощей /Л.В. Метлицкий. – М.: Экономика. 1976. – 347 с.
7. Жук Ю.Т. Консервирование грибов / Ю.Т. Жук. – М.: Экономика. – 272 с.
8. Попова Н.А. Качество свежих шампиньонов при хранении в модифицированной газовой среде: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / Н.А. Попова. – Донецк. – 156 с.
9. Hammond J. Changes in respiration and soluble carbohydrates during the Post-harvest Storage of mushrooms / J. Hammond, R. Nickols // G. Se / Fd. Agis. – 1975 – Vol. 26. – P. 835-842.
10. Демина Г.А. Сохраняемость шампиньонов в модифицированной газовой среде: автореф. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / Г.А. Демина. – М., 1990. – 20 с.
11. Фомин В.А. Биоразлагаемые полимеры, состояние и перспективы использования / В.А Фомин, В.В. Гужев // Пластические массы. – 2011. – № 2. – С. 42.

УДК 621.574

Датьков В.П., Антропова Л.М., Гладка А.Д., кандидати техн. наук, доценти, Шевченко П.І., Коновал Г.С. (ДонНУЕТ, Донецьк)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПРИПРАЦЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ КОМПРЕСОРІВ ХЛАДОНОВИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН ПІСЛЯ РЕМОНТУ

У статті наведено результати досліджень щодо визначення ефективності добавок високомолекулярного з'єднання – поліізобутилену – до мастила для прискореного припрацювання деталей компресорів. Для практичного застосування рекомендується використовувати 0,5...1,0% розчин поліізобутилену для компресорів герметичних холодильних агрегатів та 1,0...2% розчин для сальникових компресорів.

Ключові слова: *припрацювання деталей, поліізобутилен, компресор.*

Постановка проблеми та її зв'язки з найважливішими науковими та практичними завданнями. Одним із важливих технологічних методів оброблення деталей компресорів малих холодильних машин є припрацювання. Характерна особливість цього методу полягає в тому, що заключний процес оброблення деталей здійснюється в зібраній машині.

Основні якості робочої поверхні деталі, що утворюється, за технологічного припрацювання, і в цій же поверхні після деякого періоду експлуатації істотно відрізняються один від одного. У початковому періоді тертя сполучених деталей відбувається трансформація початкового стану поверхні і перехід до робочого (експлуатаційного) стану. У цей і подальші періоди відбувається зміна геометрії, мікрогеометрії і субмікрогеометрії поверхні, а також її поверхневих шарів у їх напруженому стані. У період припрацювання деталей компресорів,

навіть за вдалого підбору пар тертя і гарних умов припрацювання завжди мають місце випадки появи процесів схоплювання першого і другого роду, що обумовлюється великими питомими навантаженнями через малі значення площ фактичного контакту [1].

Великі локальні тиски, недостатній захист сполучених поверхонь вторинними структурами викликають контактування ювенільних ділянок металу. За деформування ділянок поверхні в цьому випадку з'являється підвищена дифузійна активність атомів металу, що, у свою чергу, викликає утворення металевих зв'язків, їх зміцнення і руйнування.

Пошкодження в період припрацювання поверхонь тертя можуть продовжувати розвиватися і в період експлуатації компресорів, що призведе до значного скорочення їх терміну служби.

Мета статті – дослідження процесу припрацювання деталей компресорів хладонових холодильних машин, у зв'язку зі зміною властивостей тонких поверхневих шарів деталей тертя, виникненням специфічних вторинних структур, які блокують поверхні чистих металів від безпосереднього контакту.

Завдання досліджень – визначення ефективності добавок до мастила високомолекулярного з'єднання – поліізобутилену для створення захисних плівок під час самого процесу припрацювання унаслідок адсорбційного пластифікування металу.

Виклад основного матеріалу досліджень. Аналіз матеріалів, що присвячується вивченню процесів припрацювання деталей хладонових компресорів, вказує на те, що одним з основних завдань забезпечення необхідної довговічності окремих вузлів і компресора в цілому є, виходячи із загальних проблем тертя, змащення та зношування деталей, як можна більш швидкий і сприятливий перехід до робочого стану поверхні тертя сполучених деталей. Період початкового зношування або період припрацювання істотно впливає на всю подальшу роботу вузла тертя.

Дослідження, що проводились, показали, що зношування деталей нових компресорів ФГ-0,7~3 у період їх припрацювання становив: ексцентриків 3...8 мкм, поршневих пальців у зоні контакту з шатуном 15...28 мкм, верхніх головок шатунів 18...15 мкм, нижньої головки шатуна 3...8 мкм. Для аналогічних пар тертя в ремонтних компресорах зношування становило: ексцентриків 7...14 мкм, поршневих пальців у зоні контакту з шатуном 16...32 мкм, нижньої головки шатуна 6...12 мкм [2].

Знеособлення деталей під час потокового методу ремонту компресорів малих холодильних машин і заміна зношених деталей новими призводить до того, що процес припрацювання після ремонту відбувається повторно. При цьому в період інтенсивного припрацювання має місце більш високе збільшення технологічного зазору в парі тертя, до настання періоду зношування, що установився, ніж під час припрацювання нових деталей.

Більш інтенсивне зношування поверхні тертя в період повторного припрацювання в умовах ремонтних підприємств можна пояснити тим, що поверхні деталей, що були в експлуатації, зношені нерівномірно і в новому сполученні утворюються металеві зв'язки, що руйнуються. Руйнування відбувається за ви-

ступами цих нерівностей, а сталий режим зношування настає в цьому випадку тільки після того, як поверхня набуває оптимальної мікрогеометрії. Підвищене зношування у парі тертя ремонтної деталі і нової обумовлено також тим, що на поверхневих шарах третьової деталі, що була в експлуатації, у деяких випадках є вторинні структури, які викликають руйнування поверхневих шарів нової деталі.

Крім швидкості переміщення припрацьованих поверхонь, на якість припрацювання впливає і питоме навантаження. У зв'язку з цим рекомендується здійснити припрацювання спочатку без протитиску на нагнітальній стороні компресора («холодне обкатування»), а потім із протитиском. Відсутність «холодного обкатування» може спричинити виникнення пошкоджень поверхні тертя і привести до передчасного виходу компресора з ладу. Крім того, за відсутності «холодного обкатування» продукти зносу, які виділяються в період інтенсивного припрацювання, залишаються в системі холодильної машини. Наявність в мастилі продуктів зносу буде сприяти більш інтенсивного зношування всіх сполучень компресора, а в герметичних компресорах сприяти руйнуванню ізоляції статора електродвигуна [3].

Для прискореного припрацювання деталей компресорів можуть бути використані високомолекулярні сполучення, такі як поліізобутилен і натуральний каучук.

У процесі проведення промислових випробувань припрацьованих герметичних компресорів на ремонтному підприємстві «Мегасервіс» як присадка до мастила використовувався поліізобутилен. Модифікація мастила полімерними присадками сприяє прискоренню нівелювання технологічних нерівностей деталей, що контактують, поліпшенню структури приповерхневого шару.

Дослідження припрацьованих герметичних компресорів здійснювалося на стендах обкатування. На стендах як привід компресора використовувалися асинхронні електродвигуни з частотою обертання 1450 об/хв. Компресори встановлювалися на стенди після збирання. Під посадочними плитами встановлювалися ємності з мастилом: на двох стендах із мастилом ХФ22с-16 на третьому з цим же мастилом, модифікованим поліізобутиленом (молекулярна вага 67000-100000).

Поліізобутилен перед розчиненням подрібнювався і замочувався в мастилі ХФ22с-16 на 48 годин. Навіска набряклого поліізобутилену додавалася в 1/4 об'єму мастила. Ємність з цією сумішшю розташовувалась на водяну баню і за температури $t = 70 \dots 80^\circ\text{C}$ інтенсивно перемішувалася до отримання однорідного розчину. Розчин, що отримали, заливався в ємність з мастилом на припрацьованому стенді. У модифікованому припрацьованому мастилі містилося 0,5...2% (за вагою) поліізобутилену. Зазначені оптимальні концентрації присадки в мастилі були визначені за проведення досліджень припрацювання пар тертя в лабораторних умовах на машині тертя МІ-1.

Якість (ступінь) припрацювання поверхонь зразка і контртіла, що контактують, у лабораторних умовах визначалася за площею фактичного контакту або лінією контакту (машина МІ-1). Дослідження показали, що збільшення площі фактичного контакту зі значно більшою швидкістю відбувається за роботи пари в середовищах, що містять поліізобутилен.

У процесі дослідження на роликівих зразках із гладкою циліндричною поверхнею на машині МІ-1 встановлено, що мікротвердість на поверхні більш інтенсивно підвищується за роботи пари в мастилі ХФ22с-16 із полімерною присадкою. Характер зміни мікротвердості сталевого кільця зі сталі 45 показано на рисунку 1. Із графіка видно, що швидкість збільшення мікротвердості в початковий період обкатування є більш високою за використання модифікованого мастила. Присутність в мастилі присадки сприяє зміцненню структури на досить велику глибину за малого інтервалу часу. Після цього настає період диспергування поверхневих шарів зміцненого металу.

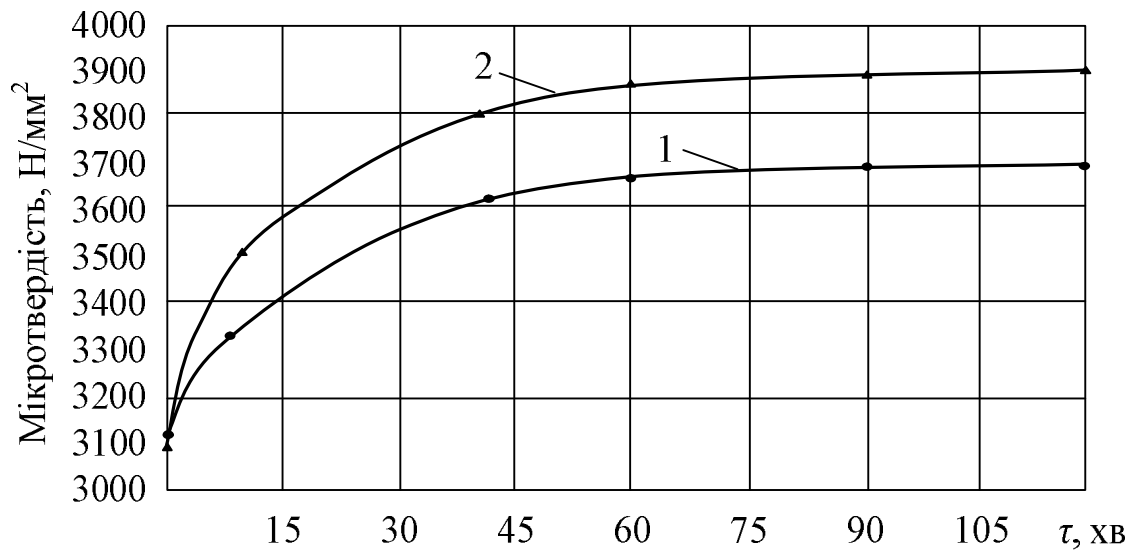


Рисунок 1 – Зміна мікротвердості поверхні зразка залежно від тривалості обкатування в мастилі ХФ22с-16 (1) та в мастилі ХФ22с-16 із добавкою 2% поліізобутилену (2)

Механізм диспергувальної дії полімерів може бути поданий у наступному вигляді: в умовах механічного навантаження відбувається адсорбційна взаємодія продуктів механодеструкції (продуктів руйнування молекул полімеру з утворенням активних радикалів) із поверхнею металу. Це призводить до зменшення поверхневої енергії металу, а в приповерхневому шарі металу створюються сприятливі умови для переміщення і зародження дислокацій.

Швидке насичення структури дислокаціями обумовлює збільшення швидкості поверхневого диспергування металу, що призводить до екранування металевих поверхонь, запобігаючи їх зближенню і взаємному пошкодженню. За високих тисків утворюються продукти механодеструкції і високі контактні напруження, що обумовлюють диспергування поверхневого шару. Імовірність появи високих питомих тисків у сполученнях є найбільшою в період припрацювання. Це обумовлює спільний вплив адсорбційного і механічного факторів, що використовується для підвищення інтенсивності припрацювання деталей у компресорі.

Полімерні присадки до мастила додають йому позитивних властивостей. В'язкість модифікованого мастила в початковий період роботи пари тертя є ви-

сокою, а потім починає знижуватися. Це нівелює тиски на поверхнях, що контактують, і запобігає схоплюванню і появі задирів. З іншого боку, як було показано вище, присадки сприяють більш інтенсивному диспергуванню поверхневих шарів (вирівнюванню мікронерівностей).

У початковий проміжок часу зношування поверхонь тертя в полімермастильному середовищі зростає більш ніж на 200%. Зі збільшенням площі фактичного контакту зменшується швидкість механодеструкції полімеру і зменшується зношування пари тертя, наближаючись до експлуатаційного. За введення в мастило полімерної добавки збільшується чистота припрацювання поверхні за той же період, як і при роботі на чистому мастилі ХФ22с-16.

Результати випробувань припрацювання кільця зі сталі 45 на машині тертя наведені на рисунку 2.

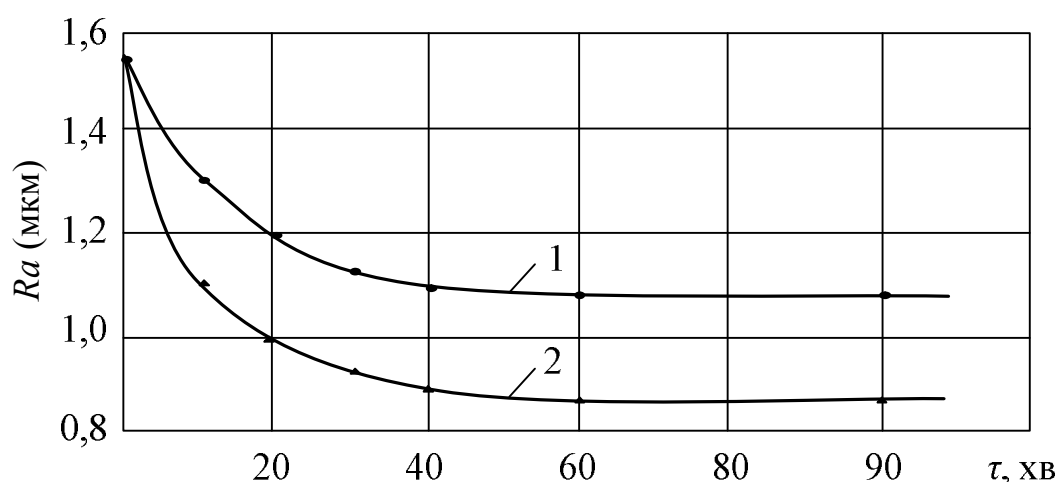


Рисунок 2 – Зміна чистоти поверхні кільця в процесі припрацювання з різним складом змащення в мастилі ХФ22с-16(1) та в мастилі ХФ22с-16 із добавкою 2% поліізобутилену (2)

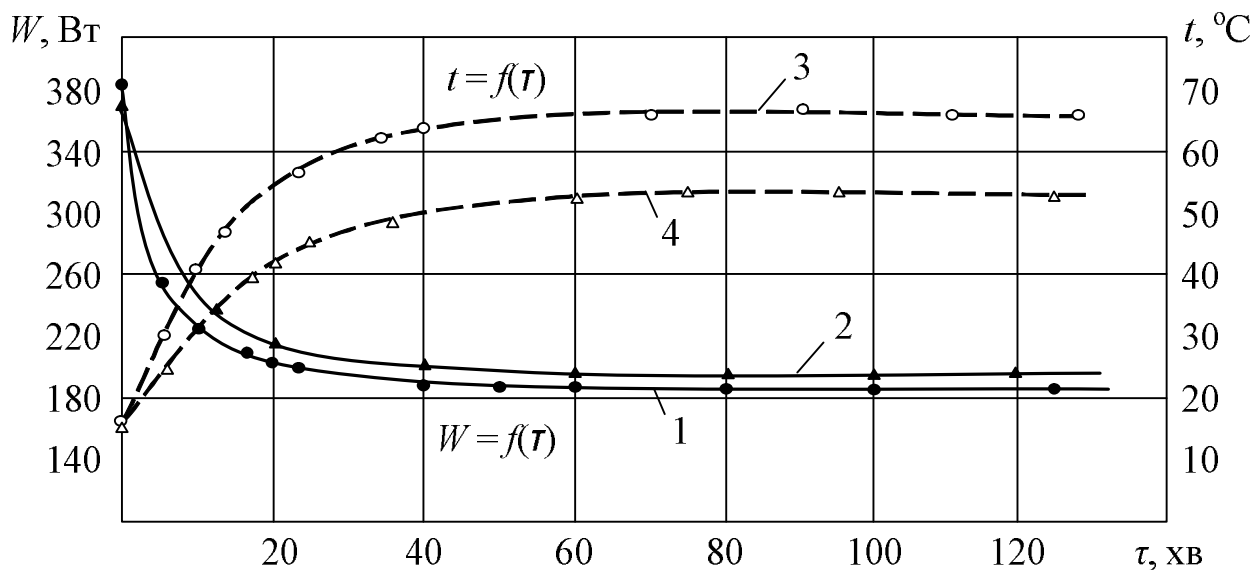
Об'єктивну оцінку якості припрацювання поверхні тертя може бути зроблено тільки за знання таких факторів, як зміна чистоти поверхні, оптимальна товщина і властивість вторинних структур (у т.ч. мікротвердість) і залишкових напружень у поверхневих шарах.

Стабілізація зазначених параметрів, як показують випробування, настає за питомих тисків, характерних для сполучень компресорів холодильних машин, через 40-100 хв після початку припрацювання. Отже, це і є той період, за який відбувається в компресорі інтенсивне припрацювання, що характеризується інтенсивним утворенням продуктів зносу.

За дослідження припрацювання герметичних компресорів на ремонтному підприємстві «Мегасервіс» як критерій, що характеризує ступінь припрацювання, використовували зміну величини роботи зовнішнього тертя в часі.

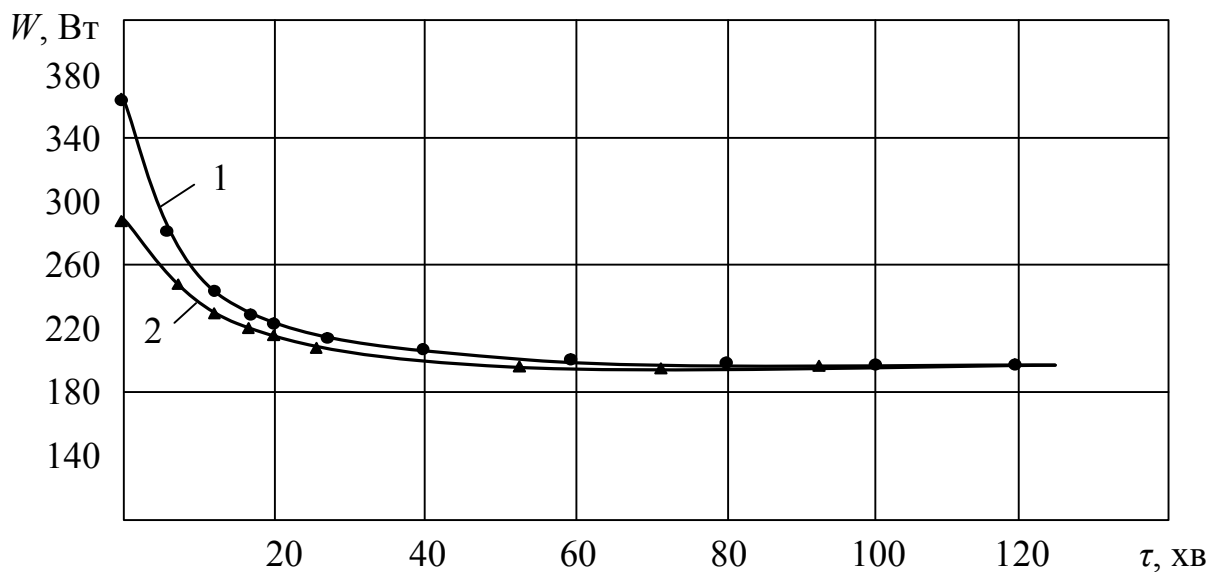
Величину зовнішньої роботи тертя вимірювали за допомогою комплексу вимірювальних приладів К-50, як об'єкт досліджень використовувалися герметичні компресори ФГ-0,45~3. Обкатування здійснювали в режимі без протитиску на нагнітальній стороні. Потужність вимірювали з інтервалами 5...10 хв.

Результати випробувань компресорів на чистому мастилі ХФ22с-16 і на цьому ж мастилі з добавками 0,5% поліізобутілену подано у вигляді залежностей потужності, що споживається, від часу роботи, а також залежності зміни температури від часу роботи компресора на рисунках 3 і 4.



- 1 – $W = f(\tau)$ під час обкатування на мастилі ХФ22с-16;
- 2 – $W = f(\tau)$ під час обкатування на мастилі ХФ22с-16+0,5% ПІБ;
- 3 – $t = f(\tau)$ під час обкатування на мастилі ХФ22с-16;
- 4 – $t = f(\tau)$ під час обкатування на мастилі ХФ22с-16+0,5% ПІБ.

Рисунок 3 – Зміна потужності, що споживається, і температури циліндра компресора в процесі обкатування

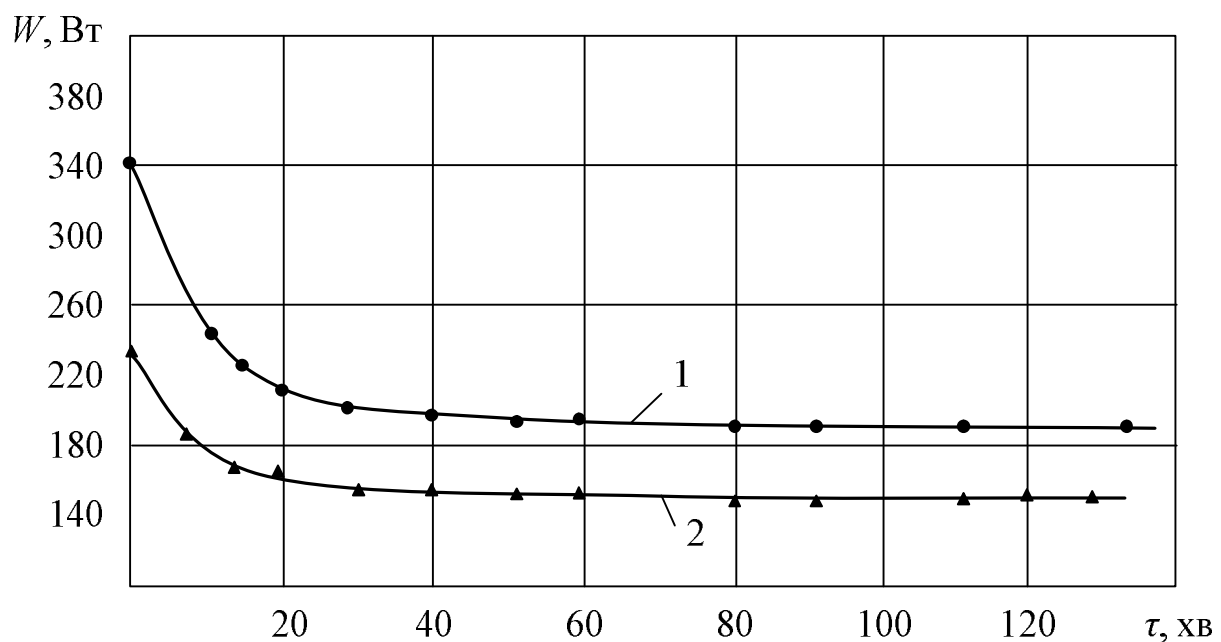


- 1 – первинне обкатування; 2 – повторне обкатування.

Рисунок 4 – Залежність потужності, що споживається, від тривалості обкатування компресора

Як видно з рисунків, стабілізація потужності, що споживається, настає після закінчення 20...30 хв із початку роботи компресора. За цей період відбувається і стабілізація температури компресора за рахунок теплового розігрівання. Потужність, що споживається, залежить від ступеня розігрівання компресора. Так, за повторного запуску компресора після обкатування протягом 100 хв спостерігалось підвищення потужності під час пуску холодного компресора. Після повторного розігрівання значення потужності, що споживається, співпало зі значенням початкового періоду обкатування (рисунок 4).

У процесі досліджень також встановлено, що потужність, що споживається, у процесі обкатування на холостому ходу (без протитиску) залежить від зазорів у сполученнях компресора, особливо в парі тертя поршень-циліндр. Це належить до випадку обкатування на звичайному і модифікованому мастилах. Дослід проводився на двох партіях компресорів із нормальними зазорами в парі тертя і з мінімально допустимими зазорами. Для цих партій компресорів зменшення потужності в початковий період обкатування (що збігається зі стабілізацією температури розігрівання) відбувалося через 20...25 хв, однак у компресорах із мінімально допустимим зазором у парі тертя поршень-циліндр у сталому режимі обкатування протягом тривалого періоду роботи потужність, що споживається, не змінювалася і була більше на 30...35%, ніж потужність, що споживається, у звичайних компресорах (рисунок 5).



1 – компресорі з мінімально допустимими зазорами в парі тертя поршень-циліндр; 2 – звичайний компресор (середній припустимий зазор).

Рисунок 5 – Залежність потужності, що споживається, від тривалості обкатування компресора

У процесі обкатування «тугих компресорів» на звичайному мастилі неодноразово спостерігалися випадки сплесків потужності, що споживається, зумов-

лених виникненням пошкоджень на поверхні тертя поршень-циліндр, які викликали явища схоплювання. Явища схоплювання приводили до заклинювання циліндро-поршневої групи компресорів. Після добавки полімеру до мастила на обкатному стенді припинилися випадки заклинювання циліндро-поршневої групи в процесі припрацювання. Припинялося також підклинювання, якщо компресор переставлявся зі стенда зі звичайним мастилом на стенд із модифікованим мастилом.

У процесі обкатування на модифікованому мастилі істотно знижувалася температура компресора і температура мастила (рисунок 3).

Дослідження, що проводилось, показує переваги використання модифікованих мастил для обкатування компресорів холодильних машин. Це відноситься як до герметичних компресорів, так і до сальникових компресорів різної продуктивності.

Висновки.

1. Припрацювання деталей компресора є одним із важливих технологічних методів оброблення. У перші години роботи відбувається виділення зі сполучення значної кількості продуктів зношування металу.

2. Перспективним методом підвищення якості і швидкості припрацювання є добавка до мастила різних присадок. Для компресорів холодильних машин як присадку доцільно використовувати поліізобутилен (0,5...1,0% розчин для компресорів герметичних агрегатів, 1...2% розчин для сальникових компресорів).

3. Для компресорів із підвищеною потужністю, що споживається, («тугих») доцільно збільшити тривалість припрацювання до 3...6 годин з обов'язковою перевіркою потужності, що споживається, за температури компресора, що дорівнює 20...21°C (або температури навколишнього повітря).

4. На модифікованому мастилі не спостерігається процесів пошкодження поверхонь, що призводять до схоплювання і заклинювання пар тертя, підвищується чистота припрацювання поверхні та її мікротвердість.

Таким чином, дослідження, що проводились, показали доцільність використання високомолекулярного з'єднання – поліізобутилену з мастилом для прискореного припрацювання деталей компресорів хладонових холодильних машин.

Список літератури

1. Надежность и долговечность машин / Б.И. Костецкий [и др.]. – К.: Техніка, 1975. – 405 с.
2. Датьков В.П. Експериментальні і теоретичні дослідження чинників, що сприяють спрацьовуванню деталей герметичних компресорів / В.П. Датьков, Л.М. Антропова, П.І. Шевченко // Обладнання та технології харчових виробництв. – 2004. – Вип. 11. – С. 167-176.
3. Датьков В.П. Дослідження факторів, які сприяють виходу з ладу електродвигунів герметичних компресорів торговельного устаткування / В.П. Датьков, Л.М. Антропова, П.І. Шевченко // Обладнання та технології харчових виробництв. – 2000. – Вип. 4. – С. 224-227.