

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Пояснювальна записка до дипломної роботи бакалавра

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність: 132 «Матеріалознавство»

Освітньо-професійна програма: «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

на тему: «Відновлення корпусних деталей автомобільної техніки
полімерними композиційними матеріалами»

Шифр: ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ

Виконав: студент 3 курсу, група МТВАс -20-2  С.В. Антонюк

Керівник

 д.т.н., проф. О.В. Диха

До захисту допускаю:

Зав. кафедри ТАМ  Диха О.В.

_____ 2023_р.

Хмельницький, 2023 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр
Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»
Спеціальність: 132 «Матеріалознавство»
Освітня програма: «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав.кафедрою ТАМ

Диха О.В.

" 20 "березня 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Антонюку Сергію Володимировичу

1. Тема проекту:
«Відновлення корпусних деталей автомобільної техніки полімерними композиційними матеріалами»

керівник проекту: Диха Олександр Володимирович, д.т.н., проф.

Затверджено наказом університету від 10.05 2023р. № 5

2. Строк подання студентом проекту на кафедру: 10.06.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту:

- 1) Технічні умови на полімерні композиційні матеріали.
- 2) Річна програма ремонту.
- 3) Результати літературного огляду і патентного пошуку.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Полімерні композити для відновлення деталей машин
2. Підвищення ефективності змішення компонентів пкм при ультразвуковій обробці
3. Матеріали та технологічні методи визначення властивостей полімерних композитів
4. Результати визначення властивостей композицій на основі еластомеру Ф-40

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання; 20 березня 2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Полімерні композити для відновлення деталей машин	1.05.2023	
2	Підвищення ефективності змішення компонентів пкм при ультразвуковій обробці	15.05.2023	
3	Матеріали та технологічні методи визначення властивостей полімерних композитів	25.05.2023	
4	Результати визначення властивостей композицій на основі еластомеру Ф-40	5.06.2023	
5	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2023	

Студент

 Антоноук С.В.

Керівник роботи

 Диха О.В.

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 92 сторінок, кількість рисунків – 48, таблиць – 12, додатків – 1, кількість джерел згідно із переліком посилань – 60
Студент гр. МТВАс-20-2 Антонюк С.В.

Тема «Відновлення корпусних деталей автомобільної техніки полімерними композиційними матеріалами»

Дана бакалаврська дипломна робота присвячена вивченню шляхів одержання ПКМ на основі дисперсних металевих наповнювачів для відновлення корпусних деталей.





У роботі вирішені такі завдання:

- визначені технологічні параметри ультразвукової обробки, що забезпечують підвищення ефективності диспергуючого змішування та дегазації розчинів ПКМ;
- визначені фізичні властивості композиту на основі еластомеру Ф-40;
- визначені деформаційно-міцнісні та адгезійні властивості композиту на основі еластомеру Ф-40 та оптимізувати режим його термічної обробки;
- розроблена технологія відновлення посадкових отворів корпусних деталей композитом на основі еластомеру Ф-40, що включає ПЗВ.

Перелік ключових слів: композит, полімер, корпусні деталі, ультразвукова обробка, еластомір

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ПОЛІМЕРНІ КОМПОЗИТИ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	8
1.1. Фізико-механічні властивості покриттів із полімерних композиційних матеріалів.....	8
1.2.Застосування ультразвукової обробки для диспергуючого змішування компонентів композиційних полімерних матеріалів, призначених для відновлення корпусних деталей.....	15
1.3.Полімерні композиційні матеріали та технології для відновлення корпусних деталей сільськогосподарської техніки.....	22
2.ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗМІШЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ПКМ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВІЙ ОБРОБЦІ.....	40
2.1.Обґрунтування вибору параметра оцінки якості змішування компонентів ПКМ.....	40
2.2.Режимні та оціночні параметри ультразвукового диспергування розчинів ПКМ.....	44
3.МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ.....	46
3.1.Загальна методика досліджень.....	46
3.2.Методика визначення фізичних властивостей розчинів композицій на основі еластомеру Ф-40.....	48
3.3.Методика дослідження режимних та оціночних параметрів ультразвукового диспергування розчину композиції на основі еластомеру Ф- 40.....	52

ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Антонов			
Перевір.	Диха			
Н.контр.	Бабак			
Затвер	Диха			
Відновлення корпусних деталей автомобільної техніки полімерними композиційними матеріалами			Літ.	Аркуш
			4	84
			ХНУ, гр. МТВАс-20-2	

3.4.Методика дослідження дегазації розчину композиції на основі еластомеру Ф-40 при ультразвуковій обробці.....	54
3.5.Вимірювання когезійної міцності плівок композиції на основі еластомеру Ф-40.....	57
3.6.Вимірювання адгезійних властивостей покриттів композиції на основі еластомеру Ф-40.....	60
3.7.Визначенн дефектності полімерних покриттів із розчину еластомеру Ф-40 та композиції на основі.....	61
3.8.Визначення довговічності посадок підшипників кочення відновлених розчином композиції на основі еластомеру Ф-40.....	61
4.РЕЗУЛЬТАТИ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИЦІЙ НА ОСНОВІ ЕЛАСТОМІРУ Ф-40.....	65
4.1.Визначення фізичних властивостей розчинів композицій на основі еластомеру Ф-40.....	65
4.2.Визначення параметрів ультразвукового диспергування розчину композиції на основі еластомеру Ф-40.....	65
4.3.Дослідження адгезійних властивостей покриттів композиції на основі еластомеру Ф-40.....	69
4.4.Визначення дефектності полімерних покриттів із розчину еластомеру Ф-40 та композиції на його основі.....	70
4.5.Визначення довговічності посадок підшипників кочення відновлених розчином композиції на основі еластомеру Ф-40.....	73
4.6.Технологічні рекомендації.....	76
ВИСНОВКИ.....	78
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	79
Додатки.....	85

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Зношування отворів у підшипникових вузлах корпусних деталей є однією з основних причин передчасного виходу з ладу агрегатів автомобільної техніки. Поверхні посадкових отворів підшипників та склянки у 80% корпусних деталей потребують відновлення [1]. Внаслідок цього на сьогоднішній день виникає необхідність створення та використання виключно нових матеріалів та технологій відновлення, які зможуть відповідати рівню сучасного ремонтного виробництва, забезпечити деталям необхідний післяремонтний технічний ресурс, підвищення надійності вузлів, агрегатів та машини загалом.

Корпусні деталі є найдорожчими деталями у конструкції машин, становлячи до 20% за кількістю та до 45% за масою та вартістю, від інших груп деталей визначаючи надійність роботи агрегату та машини загалом. Існує безліч способів відновлення посадкових місць підшипників кочення: встановлення додаткової деталі, наплавлення, нанесення гальванічних покриттів, електроконтактне приварювання сталевих стрічки та інші способи [29]. Дані методи відновлення найчастіше передбачають вплив на корпусні деталі, що відновлюються, високих температур, які призводять до структурних змін, процесів релаксації матеріалу деталі, внаслідок чого відбувається порушення її параметрів точності. Крім того, не забезпечується необхідна міцність відновлених з'єднань у процесі експлуатації, оскільки не вдається усунути причини ослаблення посадки ПС: технологічні похибки при механічній обробці та виникнення фреттинг-корозійного зношування посадкових отворів. Дані способи відновлення енерго- та трудомісткості вимагають наявності спеціального обладнання та певної кваліфікації персоналу.

В даний час полімерні композиційні матеріали (ПКМ) на основі дисперсних металевих наповнювачів набувають все більшого поширення. Введення наповнювачів у полімерну матрицю дозволяє одержати матеріали із цілком новими експлуатаційними властивостями. Суттєву роль у формуванні споживчих властивостей полімерного композиційного матеріалу грає розподіл

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

частинок наповнювача за обсягом полімерної матриці. Технологічною проблемою є рівномірне розподілення дисперсних частинок наповнювача за обсягом полімерної матриці.

Тому метою роботи є вивчення шляхів одержання ПКМ на основі дисперсних металевих наповнювачів з високою однорідністю розподілу частинок у полімерній матриці.

У роботі сформульовані такі завдання:

– визначити технологічні параметри ультразвукової обробки, що забезпечують підвищення ефективності диспергуючого змішування та дегазації розчинів ПКМ;

– визначити фізичні властивості композиту на основі еластомеру Ф-40;
– визначити деформаційно-міцнісні та адгезійні властивості композиту на основі еластомеру Ф-40 та оптимізувати режим його термічної обробки;

– визначити довговічність посадок "корпус-підшипник", виконаних композитом на основі еластомеру Ф-40;

– розробити технологію відновлення посадкових отворів корпусних деталей композитом на основі еластомеру Ф-40, що включає ПЗВ.

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 ПОЛІМЕРНІ КОМПОЗИТИ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

1.1. Фізико-механічні властивості покриттів із полімерних композиційних матеріалів

Істотну роль у досягненні заданих фізико-механічних властивостей покриттів із полімерного композиційного матеріалу при відновленні корпусних деталей машин відіграє якість підготовки поверхні субстрату перед його нанесенням. Неякісна підготовка поверхні призводить до зниженої адгезії, а в деяких випадках і руйнування полімерного покриття. Найменше відхилення від параметрів технологічного процесу підготовки поверхонь може спричинити зниження адгезійних властивостей матеріалу. Вибраний спосіб підготовки поверхні повинен забезпечувати максимально можливу міцність з'єднання ПКМ із поверхнею субстрату, а також його стійкість в умовах експлуатації.

Основною метою процесу підготовки поверхні субстрату є видалення всіх забруднень та отримання рівномірної по всій площі шорсткості.

Поверхні відновлюваних отворів під підшипники в корпусних деталях у більшості випадків покриті вологою, забрудненнями органічного (жирові плівки на основі масел) і неорганічного (бруд, пісок) походження. Звідси виникає необхідність обов'язкової операції очищення, яку проводять у розчинах синтетичних миючих засобів.

Наступною операцією процесу підготовки поверхні субстрату є її механічне оброблення у вигляді зачистки (шліфування). За наявності на поверхні, що відновлюється, деталі слідів корозії зачищення здійснюють металевими щітками, шліфувальною шкіркою з метою видалення кородованого поверхневого шару. Зачищення проводять до появи металевого

блиску біля поверхні субстрату. У цьому випадку видаляється дефектний поверхневий шар і значно зростає активність поверхні субстрату у формуванні

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

адгезійних зв'язків з молекулами ПКМ.

Додатково механічна обробка надає поверхні шорсткості, за рахунок чого збільшується площа контакту полімерного покриття з субстратом, що позитивно позначається на адгезійних та фізико-механічних властивостях покриття з ПКМ. Після зачистки отвори знежирюють.

Знежирення полягає в протирі зношеної поверхні тканиною, змоченою розчинником. Адгезія полімерних покриттів значною мірою визначається якістю знежирення, тому знежирення має бути ретельним. Не допускається торкання руками знежирених поверхонь перед нанесенням покриттів із ПКМ.

При ідеальній підготовці поверхні руйнування полімерних покриттів відбувається за шаром ПКМ (когезійне руйнування), а не межі розділу ПКМ - субстрат.

Підготовлена поверхня під нанесення ПКМ високоактивна, особливо легко покривається окисною плівкою і здатна поглинати забруднюючі домішки, пил і вологу, що містяться в повітрі. Тому необхідно проводити нанесення покриття якнайшвидше після закінчення підготовки відновлюваних поверхонь.

При використанні металевих порошоків як наповнювачів необхідно враховувати їх специфічні особливості та здійснювати відповідну підготовку до введення в полімерну матрицю. Поверхня частинок мідних та алюмінієвих порошоків покрита окисдною плівкою, а в деяких випадках і специфічним мастилом, яке застосовується в процесі їх виробництва [49]. Це призводить до утруднення адгезійного контакту частинок наповнювачів з полімерною матрицею, що перешкоджає досягненню необхідних показників адгезійної міцності.

Надмірна волога призводить до злипання частинок, погіршення сипкості, збільшення пористості, появи бульбашок (особливо в плівці), деструкції та погіршення фізико-механічних властивостей. Щоб уникнути таких негативних впливів, зниження адсорбції вологи та підвищення адгезії металеві порошки піддають ретельному просушуванню для досягнення необхідних параметрів

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

вологості. Допустима вологість полімерних порошків та гранулятів після сушіння для отримання ПКМ та покриття не повинна перевищувати 0,01 – 0,2% залежно від природи полімеру [50].

Сушіння порошкоподібних наповнювачів, полімерних порошків та гранулятів здійснюють нагрітим повітрям у камерних сушарках полочного типу. Висушений наповнювач або гранулят у процесі зберігання на відкритому повітрі може сорбувати вологу з повітря, що слід враховувати при організації технології отримання ПКМ та покриттів [51].

Розглядаючи питання підготовки поверхні субстрату та компонентів ПКМ не слід забувати про важливість вибору способу безпосереднього поєднання компонентів (змішування) при його створенні.

Змішування – це складні фізико-механічні та фізико-хімічні процеси, пов'язані з впливом силових полів, переміщенням вихідних компонентів суміші в об'ємі змішувального апарату за складними траєкторіями, з утворенням системи, що характеризується статично випадковим розподілом компонентів [52]. Розрізняють два основні механізми змішування: просте та диспергуюче. Під простим змішуванням прийнято розуміти процес, у результаті якого статично випадковий розподіл частинок вихідних компонентів обсягом суміші без зміни їх початкових розмірів. Диспергувальне змішування це процес змішування, який супроводжується зміною (зменшенням) початкових розмірів частинок компонентів, пов'язаний з їх дробленням, руйнуванням агрегатів, деформуванням та розпадом дисперсної фази.

Чим більш рівномірно розподілені частинки наповнювача в обсязі матриці полімеру, тим вище деформаційні та міцнісні властивості ПКМ.

Рівномірність розподілу та відповідно фізико-механічні властивості ПКМ значною мірою залежать від способу змішування компонентів композиції. Розрізняють механічне змішування (ручне або за допомогою мішалок різних конструкцій) та ультразвукове. Метод механічного змішування ПКМ відрізняється простотою, не вимагає складного технологічного обладнання,

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

проте має недоліки: низька ефективність диспергування, тривалість операцій, забруднення матеріалу, що обробляється домішками від тіл, що мелють апаратів, куль і ін., задовільний результат по розподілу частинок в композиції.

Ультразвукове змішування на відміну від механічного дозволяє досягти більш високої якості розподілу частинок за обсягом полімерної матриці, має можливість диспергування агломератів частинок, а також сприяє прискоренню технологічного процесу.

У роботі Тренісової А. Л. композицію на основі епоксидного олігомеру ЕД-20, наповнену глиною Cloisite 30В, готували різними способами змішування: механічне змішування; ультразвукова обробка (ПЗВ) в установці типу "Ванна" при частоті 35 кГц і потужності 50 Вт; застосування ультразвуку з занурювальним хвилеводом з діаметром хвилеводу 1,5 см, при частоті коливань 22 кГц та потужності 100 Вт [53]. Ефективність диспергуючого змішування частинок наповнювача в матриці полімеру оцінювали за варіюванням в'язкості композитів, що містять глину (рисунок 1.1).

Чим вище в'язкість розчину ПКМ, тим вище ефективність диспергуючого змішування частинок наповнювача в полімерній матриці.

При механічному змішуванні ПКМ частинки наповнювача через свою високу поверхневу енергію мають схильність до агрегування один з одним або з іншими частинками, у зв'язку з чим чого відбувається утворення достатньо.

великих грудок. Це призводить до отримання полімерних композиційних матеріалів, що володіють властивостями, відмінними від очікуваних [53].

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

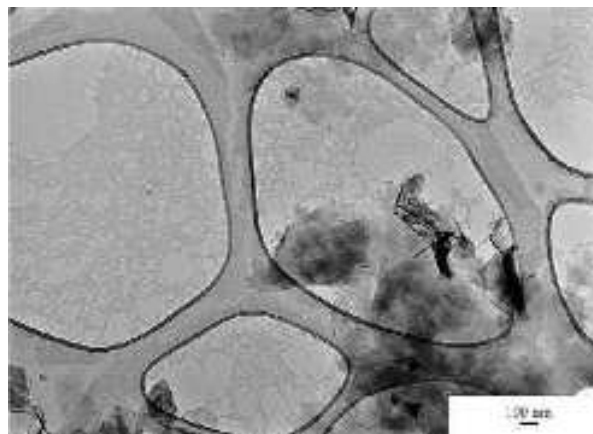
діаміндифенілсульфон (ДАДФС).

Методом електронної мікроскопії автором отримано мікрофотографію епоксидного олігомеру після модифікування наноглиною (рисунок 1.2). Як видно з рисунку 1.2, при впливі ультразвуку відбувається найоптимальніше змішання.

Деформаційно-міцнісні властивості ПКМ істотно залежать від способу змішування. На рисунку 1.3 показана адгезійна міцність ПКМ на основі епоксидного олігомеру ЕД-20, наповненого глиною Cloisite 30В, яку змішували з полімерною матрицею різними способами. Як випливає з рисунку 1.3, найвищі показники міцності досягаються після ПЗВ матеріалу. Дослідженнями встановлено, що після ультразвукової обробки адгезійна міцність ПКМ із глиною Cloisite 30В збільшується до 15%, ударна в'язкість – у 2 рази, тріщиностійкість на 20%.

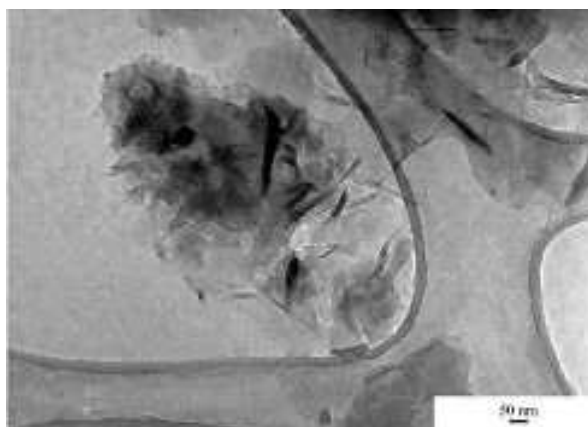
Наповнення силікатними нанотрубками при впливі ультразвуку збільшує ударну в'язкість ПКМ на основі ЕД-20 на 80%, а тріщиностійкість на 25% [54].

В роботі Гаджієва А. А. досліджено вплив ультразвукової обробки на фізико-механічні властивості термореактивних полімерних композицій (ЕД-16 + АСТ-Т), еластифікованих герметиком 6Ф. Встановлено, що при дії ультразвукового поля у ПКМ, що розглядається, твердість збільшується в 1,7 рази, адгезійна міцність – на 65...70%, міцність при розтягуванні – на 60...65%, ударна в'язкість на – 70...75% [55 9].

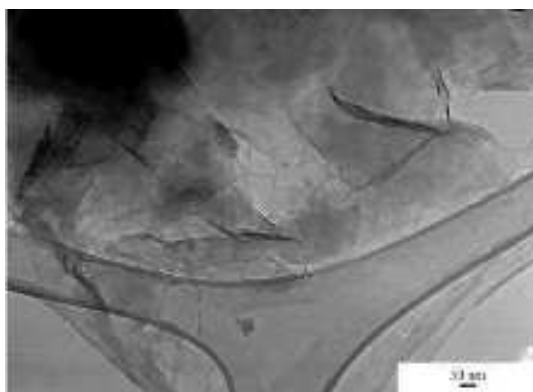


					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

а)



б)



в)

а) – механічне змішування; б) – змішання на високошвидкісній мішалці протягом 20 хв; в) - змішання при дії ультразвуку протягом 12 хв.

Рисунок 1.2 – Мікрофотографії ПКМ на основі ЕД-20

5 мас.ч. глини Cloisite 30В

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

випромінювачами, прикріпленими до днища. Ультразвукове диспергування дозволяє отримати високодисперсні, однорідні та хімічно чисті суміші при створенні полімерних композиційних матеріалів [56].

Кавітація є одним з основних факторів, що визначає вплив ультразвуку на процеси, що протікають у рідких середовищах. Аналіз літературних джерел дозволив встановити, що ультразвукова кавітація має на увазі виникнення в рідкому середовищі у фазі негативного тиску звукового поля парогазових порожнин. Іншими словами, це порушення цілісності рідини в її слабких місцях, де порушено баланс міжмолекулярних сил зчеплення частинок рідини (газоподібні мікрровключення, тверді мікрочастинки та ін. причини).

Процес розвитку одиночної кавітаційної порожнини складається з трьох послідовних етапів. Перший етап включає розширення кавітаційної порожнини з початкового парогазового зародка, що знаходяться завжди у великій кількості в рідині, обумовлене зниженням тиску (фаза розрядження) в рідині через вплив негативної фази звукового тиску. Даний

процес визначається різницею значень змінного звукового та постійного статичного тиску. На другому етапі відбувається захоплення кавітаційної порожнини, що утворилася, під впливом позитивної фази звукового тиску (фаза стиснення, компресія). Третій етап складається з процесу вторинного миттєвого розширення порожнини кавітації зі швидкістю 250 м/с, що відбувається під дією парогазової суміші стиснутої всередині порожнини до декількох тисяч атмосфер. Даний процес подібний до точкового мікровибуху в результаті якого, і відбувається руйнування та диспергування твердих тіл. Таким чином, вторинне миттєве розширення порожнини зумовлює мікроударну дію кавітації, яка успішно використовується у процесах ультразвукового диспергування [57].

Сутність процесу ультразвукового диспергування полягає у порушенні зв'язків між частинками агломератів порошкового наповнювача. Існує три види таких зв'язків між частинками агломератів: дія капілярних сил, дія сил Ван-дер-

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Ваальса та так звані «містки твердої речовини». Найбільшої величини досягають сили за наявності "містків твердої речовини", що перевищують сили Ван-дер-Ваальса, що досягають значень від 10^{-5} до 10^{-2} Па [58,59].

На підставі проведених досліджень [60], припущено, що в момент захопування бульбашки має місце утворення потужних мікропотоків типу кумулятивних струменів. Поява мікроструменів відбувається через відхилення поверхні бульбашки від сферичної форми. Розвиток кожної окремо взятої кавітаційної бульбашки відбувається не ізольовано від інших бульбашок, а у взаємодії з ними на коротких відстанях. Близькість стінок бульбашок та наявність градієнтів тиску не виключає загальної деформації форми бульбашок та їх сплющування. Вихрові рухи рідини в ультразвукових полях провокують створення розтягуючої напруги, що сприяє викривленню стінки бульбашки, утворенню поглиблень, западин. На заключному етапі захопування кавітаційної бульбашки рідина проникає в глибині, що з'явилися.

лення мікрострумами і пронизує пляшечку з високою швидкістю, що дорівнює кільком тисячам метрів в секунду.

Ударна дія мікрострумів руйнівню впливає на частинки твердих тіл, які знаходяться в зоні захопування кавітаційних бульбашок. Частинки порошку з розмірами порівнянними з величиною поперечного перерізу кумулятивних струменів, спрямовуються струмками і можуть мати кінетичну енергію, необхідну для руйнування гострокутних кромок частинок твердих тіл, а у разі прямого зіткнення здатні руйнувати самі частинки, які мають дефекти.

Ультразвукове диспергування успішно застосовується на практиці, якщо напруга, яка діє на поверхню частки при захопуванні кавітаційної порожнини, перевищує величину міцності матеріалів, що піддаються подрібненню. Звідси випливає, що процес диспергування в акустичному полі з урахуванням наявності кавітації відбувається під ударним впливом хвиль, які утворюються при захопуванні бульбашок і під дією мікроструменів рідини, що виникають при

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

захлопуванні, відмінних від сферичних кавітаційних бульбашок. Превалювання однієї з можливих механізмів при акустичному диспергуванні відбувається з допомогою масштабного чинника, т.к. це залежить від початкової форми кавітаційної бульбашки при захлопуванні. У випадках, коли розміром твердої частки значно менше розміру кавітаційної бульбашки, то відсутні умови для спотворення форми бульбашки на початковій стадії зародка і вона закривається з утворенням ударної хвилі. Якщо ж розміри твердого тіла перевищують розміри бульбашки, його форма стає відмінною від сферичної і при захлопуванні утворюється мікрострум рідини. Оптимізація параметрів ультразвукового диспергування пов'язана зі створенням умов для максимально можливого ступеня розвитку кавітації при незмінній або збільшеній швидкості кавітаційних бульбашок [57].

Аналіз літературних джерел показав, що ефективність ультразвукового диспергування рідких середовищ в першу чергу залежить від ступеня розвиненості кавітації в рідкому середовищі, що обробляються, величини кавітаційної хмари і рівномірності розподілу УЗ коливань по всьому технологічному об'єму. Ступінь розвиненості кавітації залежить від багатьох факторів, основними з яких виступають фізичні характеристики рідини, що підлягає обробці (щільність, в'язкість, коефіцієнт поверхневого натягу), кількість та інтенсивність УЗ коливань).

Тому, щоб забезпечити сприятливі умови для кавітації, потрібні всебічні експериментальні дослідження фізичних властивостей розчину ПКМ, призначеного для відновлення корпусних деталей автомобільної техніки.

Виникнення процесу диспергування частинок наповнювача в рідині, що опромінюється, можливе за наявності звукового поля з певною частотою та інтенсивністю ультразвукових коливань. Інтенсивність ультразвуку повинна перевищувати граничне значення, що зазвичай становить кілька Вт/см² і залежить, у свою чергу, від стану поверхні твердої фази та кавітаційної міцності

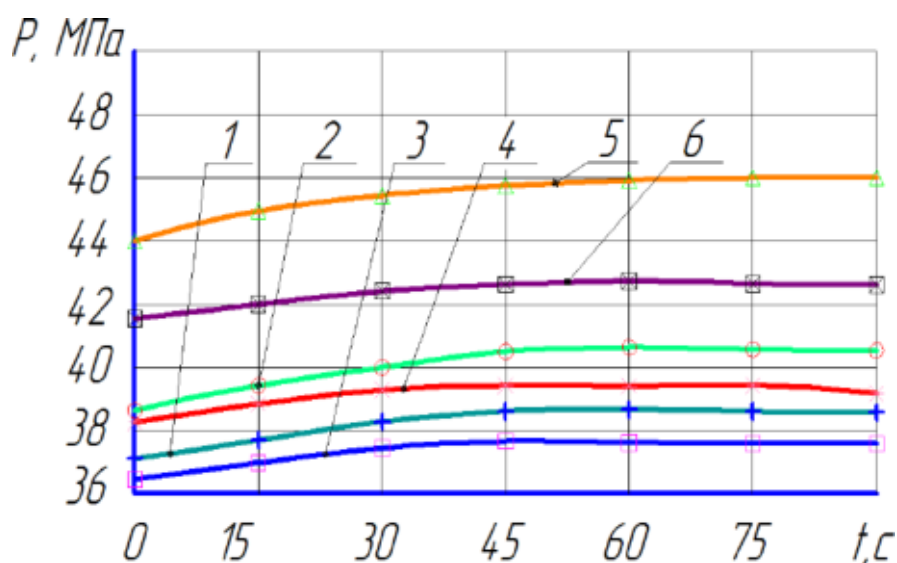
					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

рідини.

Нині питання ультразвукового змішування полімерних композиційних матеріалів, призначених відновлення деталей, вивчений мало.

У роботі Кононенко А. С. після змішування вручну герметиків з нанонаповнювачами композицію обробляли в ультразвуковому полі частотою 22 кГц протягом 15...600 с [56]. Дослідженнями встановлено інтенсивне зростання герметизуючої здатності композицій протягом перших 15...45 з озвучування (рисунок 1.4).

При вплив ультразвуку тривалістю понад 300 с відбувається зниження герметизуючої здатності окремих композицій. Результати досліджень з визначення часу змішування нанонаповнювача Беміт з герметиками в ультразвуковому полі показали, що підвищення герметизуючої здатності складів на основі Автогерметика, Автогермесила, Анатерм-501 та Loctite-518 відбувається протягом 45 с, а Loctite-598 та Loctite-5920 – протягом 60 с.

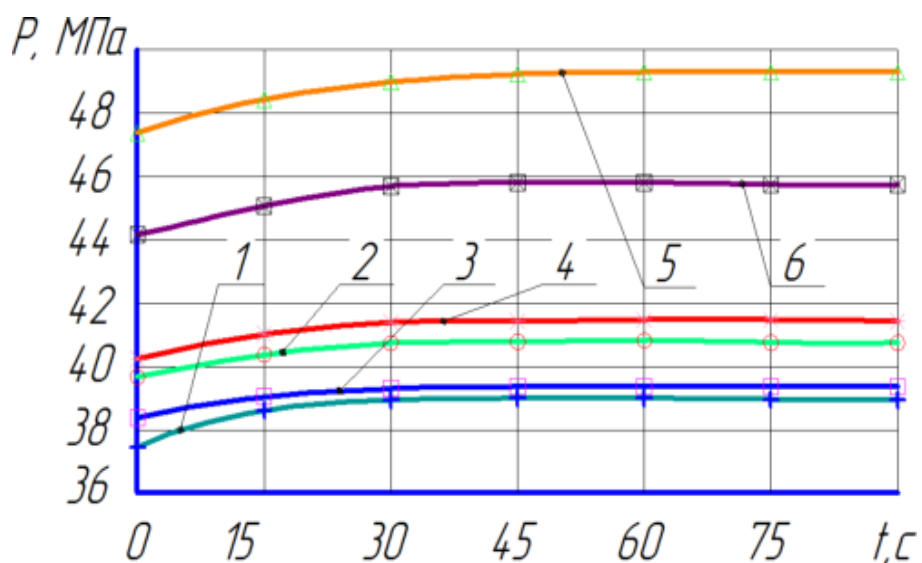


1 – Анатерм-501; 2 – Loctite-518; 3 – Автогерметик; 4 – Автогермесил;
5 – Loctite-598; 6 – Loctite-5920

Рисунок 1.4 – Залежності герметизуючої здатності P композицій з наповнювачем Беміт від часу змішування t в ультразвуковому полі

У нанокomпозицій з урахуванням анаеробних складів вона збільшилася на 5,2...5,4 % і силіконових – на 3,1...4,3 %. Зростання тривалості озвучування до 90 с не суттєво впливає на зміну герметизуючої здатності складів.

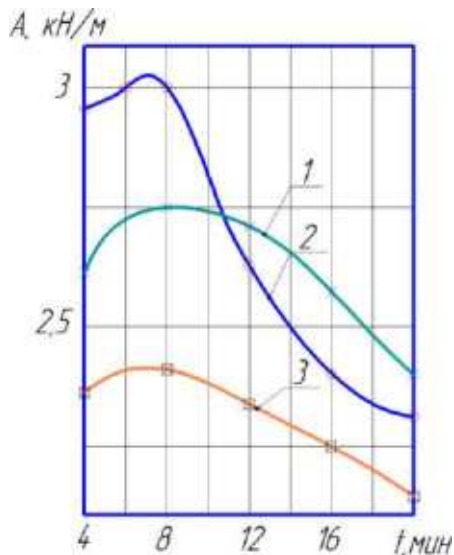
Стрімке підвищення герметизуючої здатності композицій з наночастинками срібла відбувалося за їх ПЗВ протягом 40...45 с: у композиції на основі Анатерм-501 воно досягло 4,6 %, Loctite-518 – 4,1 %, Автогерметика – 2, 6 %, Автогермесила – 3,1 %, Loctite-598 – 4,3 % та Loctite-5920 – 4,1 % (рисунок 1.5). При подальшому ультразвуковому впливі до 90 с герметизуюча здатність нанокomпозицій змінювалася не суттєво. Досліджено вплив ультразвукової обробки на фізико-механічні властивості термореактивних полімерних композицій (ЕД-16 + АСТ-Т), еластифікованих герметиком 6Ф. Основним режимним параметром ПЗВ композиційного матеріалу також є час ПЗВ..



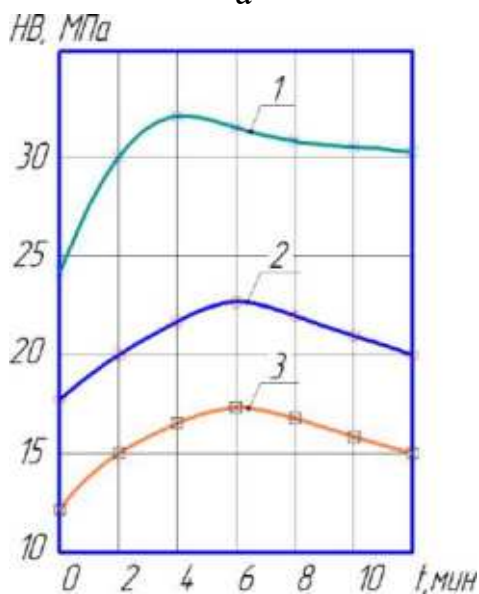
1 – Анатерм-501; 2 – Loctite-518; 3 – Автогерметик; 4 – Автогермесил;
5 – Loctite-598; 6 – Loctite-5920

Рисунок 1.5 - Залежності герметизуючої здатності Р композицій наповнених наночастинками срібла від часу змішування t в ультразвуковому полі
Залежність фізико-механічних властивостей полімерних покриттів від тривалості ПЗВ мають екстремальний характер. Рекомендується обробка ПКМ при потужності ультразвуку 150 Вт та тривалості обробки – 10...20 хв.

Як впливає з вищевикладеного, основним параметром ПЗВ у роботах [53, 55, 61, 62] розглядають час обробки ПКМ, при фіксованій інтенсивності ультразвуку, що явно недостатньо.



а



б

а – адгезійна міцність; б - твердість

Рисунок 1.6 – Залежності адгезійної міцності А та твердості НВ епоксидних композицій від часу ультразвукового впливу t

Властивості матеріалу, параметри акустичного поля, диспергування наповнювачів при ПЗВ не враховуються. Тому необхідні теоретичні

дослідження, які дозволять обґрунтувати режимні, технологічні параметри ультразвукової обробки, що забезпечують підвищення ефективності диспергуючого змішування та дегазації розчинів ПКМ.

Як оцінний параметр якості змішування прийняті споживчі властивості ПКМ (міцність, ударна в'язкість, герметизуюча здатність, твердість та ін.). Однак ці властивості залежать не тільки від якості змішування та диспергування, а й від багатьох інших факторів: якості підготовки підкладки, умов затвердіння та ін. Такий поверхневий підхід не можна вважати достатнім і вичерпним. Необхідно провести аналіз та обґрунтувати вибір оціночних параметрів якості змішування та диспергування.

Науковий, а також практичний інтерес становлять дослідження якості ультразвукового диспергування розчинів ПКМ, призначених для відновлення корпусних деталей.

1.3. Полімерні композиційні матеріали та технології для відновлення корпусних деталей сільськогосподарської техніки

Полімерні композиційні матеріали (ПКМ) знаходять все ширше застосування під час ремонту машин. Серед позитивних властивостей ПКМ слід зазначити високі показники фрикційних та антифрикційних якостей, достатню міцність, стійкість до масла, бензину, води, здатність збереження форми деталі, витримувати певне навантаження та температуру. Окрім наявності цінних фізико-механічних властивостей використання полімерних матеріалів здатне знизити трудомісткість ремонту та технічного обслуговування машин на 20-30% та зменшити витрату дефіцитних матеріалів (чорного та кольорового металу, зварювальних та наплавних матеріалів, припою тощо). на 40–50%. При роботі з полімерними матеріалами відсутня необхідність у складному обладнанні та високій кваліфікації робітників.

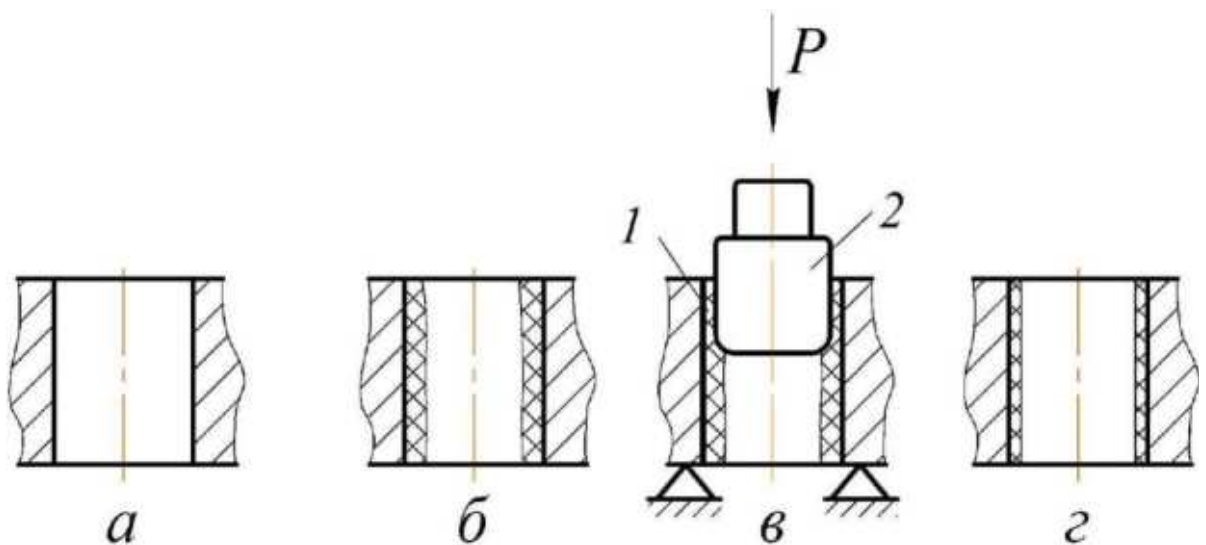
					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Відновлення посадкових місць підшипників корпусних деталей автомобільної техніки здійснюють ПКМ на основі епоксидних смол, анаеробних герметиків, акрилових адгезивів та еластомерів.

Співробітниками ДЕРЖНІТІ розроблено спосіб, який використовується при відновленні посадкових місць підшипників у корпусних деталях полімерним композитом на основі епоксидної смоли ЕД-16 (рисунок 1.7, а...г).

Спосіб містить операції: зачищення до металевого блиску поверхні підшипникового отвору, знежирення, підготовка епоксидного композиту, нанесення композиту шаром 1...1,5 мм на заздалегідь очищену та знежирену поверхню отвору, часткове затвердіння (до стану пластичності)

калібрування відповідно до заданих розмірів та форми, повне затвердіння композиції, видалення напливів, контроль якості покриття візуально.



а – зношене отвір, очищене та знежирене; б – нанесений, частково затверділий шар епоксидної композиції; в – калібрування; 1 – епоксидна композиція; 2 – калібр; г – покриття епоксидної композиції після повного затвердіння

Рисунок 1.7 – Схема послідовності етапів відновлення корпусної деталі калібруванням

Відновлення посадкових місць підшипників корпусних деталей розмірним калібруванням епоксидні композиції, крім достатньої адгезії до металу, високої міцності та зносостійкості, не повинні бути схильні до стікання з вертикальних поверхонь деталі. Для цього використовують у композиції різного роду наповнювачі. Рекомендуються такі композиції (в мас. ч.):

- епоксидна смола ЕД-16 – 100, залізний порошок – 120, портландцемент марки 500 – 60, олігоамід Л-19 – 35;

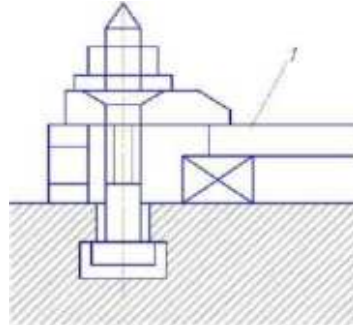
- епоксидна смола ЕД-16 - 100, дибутилфталат - 15, залізний порошок - 160, поліетиленполіамін - 11.

Представленими складами здійснюють відновлення посадкових місць підшипників корпусів водяних насосів, коробок перемикач передач, роздавальних коробок, кришок розподільних шестерень двигунів і т.д. при зношуванні отворів до 0,2 мм. Калібр закріплюють у шпинделі верстата. Центрування осі калібру по відношенню до відновлюваного посадкового отвору здійснюють по поверхні отвору, що не піддається зносу. У разі коли знос охоплює всю поверхню посадкового отвору використовується технологічна база деталі, що приєднується. Монтують кришку підшипника, закріплюючи болтами в різьбових отворах корпусної деталі. Калібр центрують по поверхні отвору кришки підшипника, яка не зношена. Пристрій калібру показано на рисунку 1.7, в. Західна частина калібру має закруглену форму. Калібр виготовляється з огляду на припуски на калібрування (припуски враховують усадку полімерного матеріалу), які для окремих складових епоксидних композицій, розміру отворів, що підлягають відновленню, умов калібрування слід визначати дослідним шляхом.

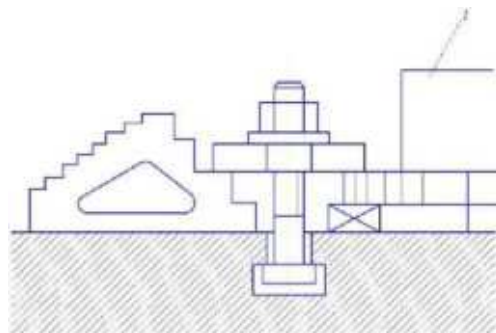
Робочі поверхні калібрів піддають хромуванню, шліфування та поліруванню, після чого проточують маслорозсіювальні канавки, за винятком випадків, коли висота калібру невелика. Переміщуючи калібр вздовж осі отвору,

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

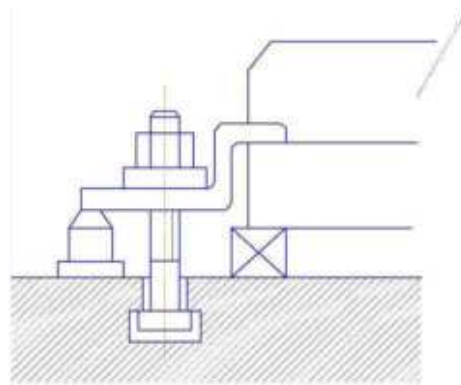
відбувається усунення відхилень від правильної геометричної форми, отвору набуває остаточного розміру з одночасним ущільненням шару полімерного матеріалу.



а)



б)



в)

Рисунок 1.8-Схема кріплення корпусних деталей

Після калібрування деталь підлягає відновленню тримають при кімнатній температурі протягом 10 год або при 60°C – 2 год, при використанні поліетиленполіамін для затвердіння.

Застосовуючи затверджувач гарячого затвердіння олігоамід Л-19 після

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

калібрування, деталь тримають при температурі 50°C – 2 год, потім при 100°C – 1 год і 150°C

- 1 год.

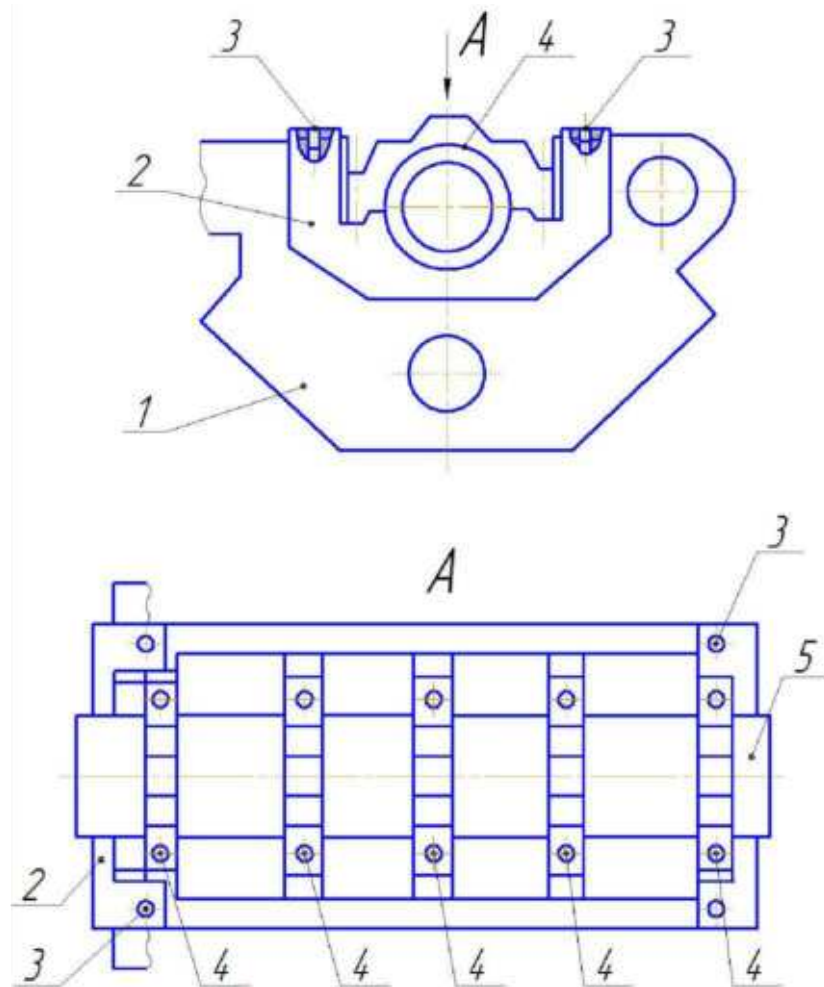
Відновлювана деталь охолоджується разом із термошафою зі швидкістю 1 град/хв. Після остаточного охолодження деталі вимірюють діаметр відновленого отвору.

Спосіб має недоліки: підвищена шорсткість поверхні відновлених отворів, геометрична похибка форми отворів, недостатня життєздатність композиції. Полімерні покриття мають низький ресурс через те, що епоксидна смола після затвердіння знаходиться у склоподібному стані. Тому в сучасній практиці спосіб відновлення посадкових отворів розмірним калібруванням епоксидних складів практично не застосовується.

Котіним А. В. зі співробітниками розроблено склад ПКМ на основі анаеробного герметика АН-6В та спосіб відновлення отворів у корпусних деталях. Як наповнювач використовують мідний порошок при наступному співвідношенні компонентів, мас.ч.: анаеробний герметик АН-6В - 99 ... 98,5; мідний порошок – 1...1,5. Спосіб реалізують при відновленні гнізд під вклади корінних підшипників блоків циліндрових двигунів (рисунок 1.9). Склад наносять на поверхні зношених отворів і формують його оправленням, встановленим на опори, прив'язані до заводських технологічних баз. На площину роз'єму блоку циліндрів 1 встановлюють спеціальні опори 2 таким чином, щоб настановні пальці 3 увійшли в технологічні отвори блоку.

Попередньо зачищені поверхні опор під вкладиші корінних підшипників та кришки знежирюють. Після нанесення складу на опори 2 встановлюють качалку 5, попередньо змащену маслом М-8, і закріплюють кришки підшипників 4.

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27



1 – блок циліндрів двигуна; 2 – спеціальні опори; 3 – настановні пальці; 4 – кришки підшипників; 5 – качалка [73]

Рисунок 1.9 – Схема реалізації способу відновлення корпусних деталей

Полімеризацію здійснюють протягом 2 год., після чого відвертають болти кріплення кришок, знімають їх, знімають качалку 5 і опори 2 і наприкінці проводять контроль відновлених отворів.

Даний винахід дозволяє підвищити зносостійкість гнізд до 65%, удвічі підвищити ресурс агрегату. Запропоновано склад ПКМ на основі анаеробного герметика: анаеробний герметик АН-111 - 78,08; наповнювачі: порошок акрилового лаку АК-506 – 21,7, порошок металу заліза з нікелем нанорозмірний – 0,22%. Міцність сполук відновлених ПКМ на основі АН-111 становить 28,2 МПа,

									Арк.
									28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ				

що на 22% більше міцності клейових сполук не наповненого герметика АН-111.

Поряд з перевагами ПКМ має недоліки:

1. Нанорозмірні порошки мають високу вартість; точності відбору компонентів потребує високого ступеня точності;
2. Міцність клейових сполук композиції порівняно з міцністю клейових сполук не наповненого герметика АН-111 підвищується незначно;
3. Час затвердіння клейових сполук композиції анаеробного герметика АН-111 під час введення наповнювачів не скорочується.

У роботі [51] розроблено ПКМ на основі анаеробного герметика АН-112, який призначений для відновлення нерухомих з'єднань важко навантажених підшипників кочення. Склад ПКМ (в %): анаеробний герметик АН-112 - 100, алюмінієвий порошок ПАП-1 - 12; бронзова пудра БПП - 0,35. Клейові сполуки, виконані вищезгаданим ПКМ, відрізняються великою міцністю, високою швидкістю полімеризації, багаторазовим до 23 разів збільшенням теплопровідності клейового шва. Нагрів при циклічному навантаженні нерухомих з'єднань підшипників, відновлених ПКМ на основі АН-112, зменшився на 120С. Температура відновленого підшипника 209 проти стандартним підшипником з посадкою Js7/16 вбирається у 3...5 оС.

Ресурс клейових сполук ПКМ на основі АН-112 збільшився до 30% порівняно з не наповненим герметиком АН-112.

Діяльність Бутіна А.В. запропоновано полімерно-полімерний композиційний матеріал (ППКМ) на основі акрилового клею АН-105. Склад полімер-полімерної композиції: акриловий клей АН-105 - 100 мас.ч.; еластомір Ф-40 - 12 мас.ч. Введення розчину еластомеру Ф-40 у полімерну матрицю АН-105 збільшив еластичність матеріалу. Питома робота деформації при аксіальному

зсуву клейових сполук ППКМ збільшилася на 70%, порівняно з ненаповненим клеєм АН-105. Модуль механічних втрат ППКМ на основі адгезиву АН-105 зменшився на 54%. Зменшилася віброактивність

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

підшипникових вузлів. Амплітуда вібрації підшипникового вузла відновленого ПКМ на основі клею АН-105 зменшилася до 9% порівняно з вузлом відновленим не наповненим клеєм.

Завдяки еластомеру суттєво збільшилася витривалість та ресурс відновлених нерухомих з'єднань підшипників при циклічному навантаженні. Максимальна допустима товщина клейового шва при відновленні нерухомих з'єднань клеєм АН-105 становить 0,125 мм, а ППКМ на його основі – 0,15 мм. Ресурс підшипника при відновленні нерухомих сполук ППКМ на основі клею АН-105 становить при циклічному навантаженні 186,72 млн.об., що в 4,4 рази вище за розрахункову і на 15% вище ніж у ненаповненого полімеру. Вартість ППКМ в 1,3 рази нижча за ціну адгезиву АН-105.

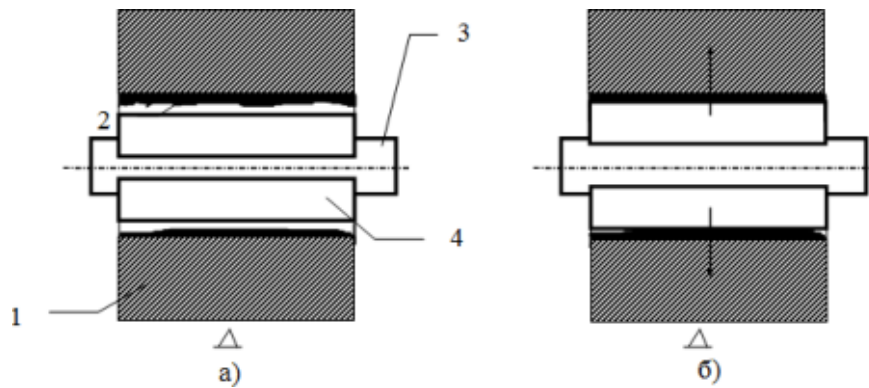
Щоб клей рівномірно розподілився по зазору в поєднанні деталей, що склеюються, останні встановлюють вертикально (рисунок 1.10).

Проблема центрування деталей, що склеюються, істотно зростає при відновленні нерухомих з'єднань підшипників у корпусних деталях агрегатів трансмісії. Складно фіксувати вал із підшипниками та шестернями у вертикальному положенні, вибирати технологічні бази та ін.

Склад ПКМ: герметик Анатерм-6В – 100 мас.год., тальк – 20 мас.год., бронзова пудра – 2 мас.год.

На рисунку 1.11 показано схему формування композиції. Розроблено технологію відновлення зношених посадкових отворів у корпусних деталях, яка включає наступні операції: монтаж корпусної деталі 1 на технологічну базу; підготовка посадкових отворів методом зачистки та знежирення їх поверхонь; нанесення шару ПКМ; формування отвору з полімерним покриттям під заданий розмір. Для цього в отвір вводять оправу 3 з розсувними кільцями 4, що знаходяться в стислому стані.

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30



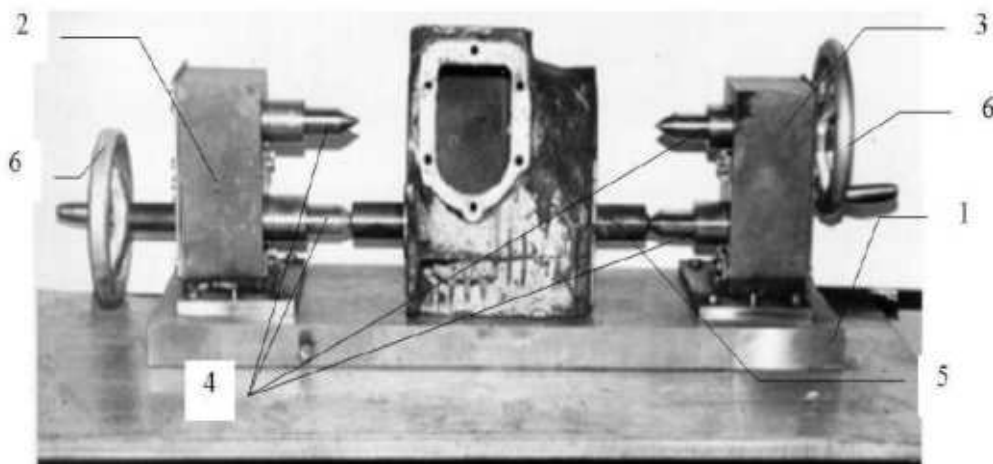
а) оправлення з кільцями у стислому стані; б) калібрування полімерної композиції кільцями, що розтискаються; 1 – корпусна деталь; 2 – шар полімерної композиції; 3 – оправлення; 4 – розсувні півкільця

Рисунок 1.11 – Схема формування полімерної композиції на поверхні зношених отворів корпусних деталей

Обидві стійки мають два центри 4, що центрують качалки 5. Маховиками центри 3 стійок можуть переміщатися в горизонтальній площині. Відстань від центру до центру пристрою дорівнює $100,625 \pm 0,05$ мм. Перекіс та непаралельність загальної осі центрів на базовій довжині 250 мм не перевищує 0,04 мм. Завершивши нанесення композиції на основі анаеробного герметика АН-6В на поверхні, що відновлюються, обертанням маховиків, робочі частини скалок повільно вводяться в отвори. Після чого їх робочі поверхні розтискаються, при цьому відбувається калібрування полімерного шару в необхідний розмір. У завершенні затвердіння композиції конуси видаляють з оправок, обертанням маховиків виводять качалки з відновлених отворів, і деталь демонтують із пристосування.

Експлуатаційними випробуваннями встановлено, що середній наробіток до відмови дослідної партії коробок передач склав 175980 км, що в 2,01 рази перевищує аналогічний показник безвідмовності контрольної партії коробок передач, відремонтованих на АТ АРЗ «Саранський» за типовою технологією (55100 км).

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



1 – плита; 2 – ліва стійка; 3 – права стійка; 4 – центри; 5 – нижня качалка; 6 – маховики [73]

Рисунок 1.12 – Пристосування для відновлення отворів корпусу коробки передач автомобіля ГАЗ-53

Розроблений ПКМ на основі еластомеру Ф-40С, наповнений дисперсними алюмінієвим та бронзовим порошками. Склад ПКМ, мас.ч.: еластомеру Ф-40С - 87,0; алюмінієва пудра ПАП-1 – 16,0; Бронзовий порошок БПП-1 - 1,8 [79]. Введення наповнювачів збільшило модуль пружності композиту на 11, а адгезійні властивості на 10%, податливість опор, відновлених композицією, знизилася від 1,29 до 1,37 разів, коефіцієнт теплопровідності до 74 разів, порівняно з не наповненим матеріалом. Компенсований максимально допустимий діаметральний знос отворів збільшився на 0,05 мм, тобто. до 0,25 мм.

На основі результатів досліджень розроблено технологію відновлення посадкових отворів підшипників у корпусних деталях, що включає наступні операції: підготовка посадкових отворів очищенням; виявлення зносу

виміром посадкових отворів; знежирення посадкових отворів; підготовка композиції; нанесення полімерного композиту на підготовлені посадкові отвори підшипників; термічна обробка нанесених полімерних покриттів; контроль

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

якості полімерних покриттів у відновленій деталі.

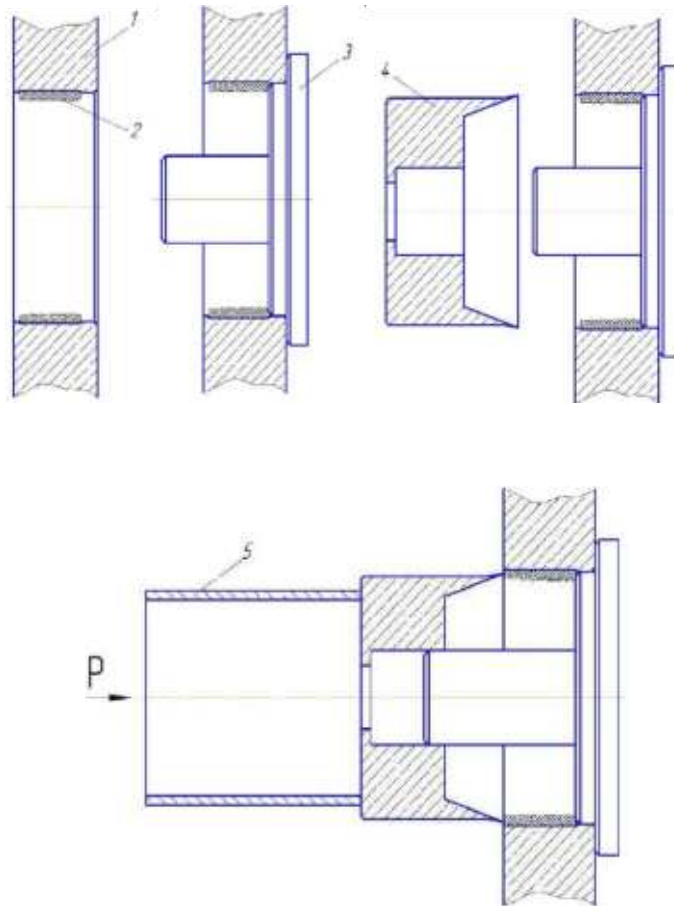
Значну роль у підвищенні якості відновлення отворів у корпусних деталях полімерними матеріалами відіграє питання забезпечення точності розмірів відновлених отворів. Кірсановим Ф. А. запропоновано спосіб, який виключає вплив усадки полімерного матеріалу при затвердінні, на основі способу розроблено технологію та технологічне оснащення, що забезпечують підвищення точності розміру отворів з полімерним покриттям.

Технологія відновлення містить операції: підготовка посадкових місць підшипників у вигляді очищення; вимір підлягають відновленню підшипникових отворів для виявлення зносу; знежирення посадкових отворів; нанесення еластомеру Ф-40С на посадочні місця підшипників; термічна обробка полімерних покриттів після нанесення; калібрування покриття еластомеру Ф-40С під заданий розмір та форму; контроль якості полімерних покриттів у корпусній деталі.

Калібрування виконують в такий спосіб. До упору в торець вставляють в отвір корпусної деталі деталь, що базує. При цьому ступінь середнього діаметра базуючої деталі базується по не зношеній поверхні отвору деталі, що сполучається (рисунок 1.13). У разі зносу всієї поверхні посадкового отвору використовується технологічна база деталі, що приєднується [61].

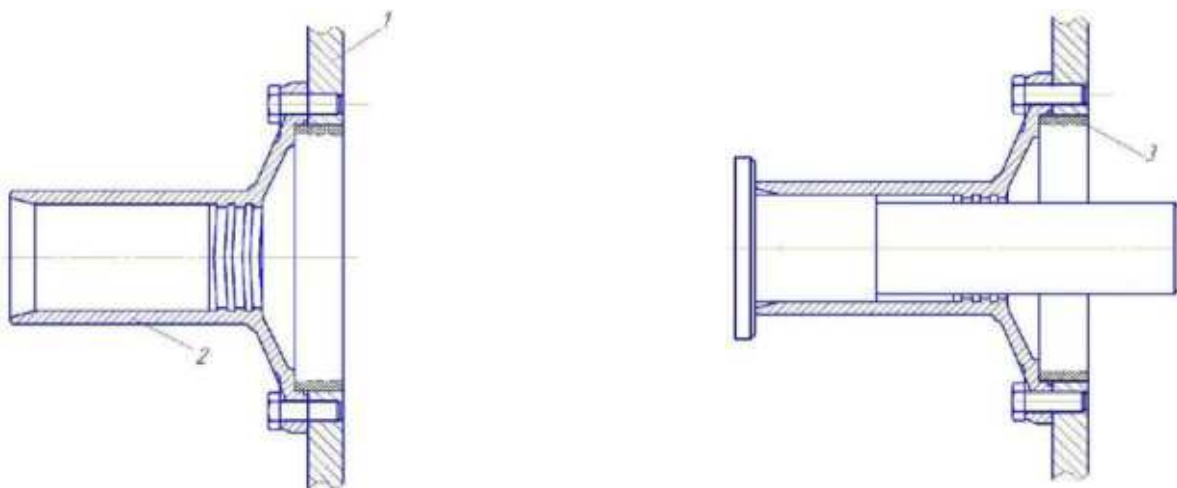
Монтують кришку підшипника, закріплюючи болтами в різьбових отворах корпусної деталі. В отвір кришки підшипника вставляють деталь, що базує, при цьому ступінь середнього діаметра базуючої деталі базується по не зношеній поверхні отвору (рисунок 1.14).

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34



а – зношене отвір з нанесеним полімерним покриттям; б - встановлення базуючої деталі в отвір корпусної деталі; в – установка калібру на хвостовик деталі, що базує; г) калібрування; 1 – корпусна деталь; 2 – полімерне покриття; 3 – деталь, що базує; 4 – калібр; 5 – монтажна труба

Рисунок 1.13 – Схема послідовності етапів калібрування отвору з полімерним покриттям у корпусній деталі (підшипниковий щит, корпус водяного насоса двигуна)

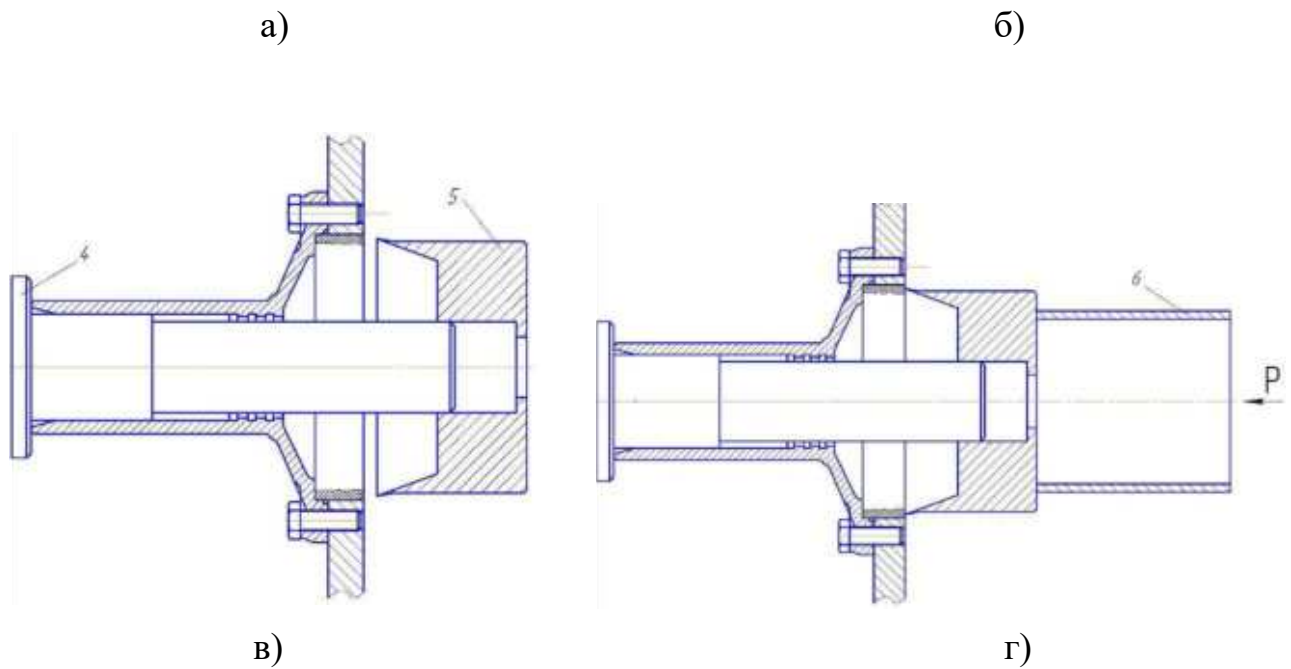


Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ

Арк.

35



а – зношені отвори в корпусній деталі та в кришці підшипника з нанесеним полімерним покриттям; б - установка базуючої деталі в не зношений отвір деталі, що сполучається; в – установка калібру на хвостовик деталі, що базує; г) калібрування; 1 – корпусна деталь; 2 – кришка підшипника; 3 – полімерне покриття; 4 – деталь, що базує; 5 – калібр; 5 – монтажна труба

Рисунок 1.14 – Схема послідовності етапів калібрування отвору з полімерним покриттям у корпусній деталі (корпус коробки, корпус роздавальної коробки автомобіля або трактора)

Повертають корпусну деталь таким чином, надаючи вертикальній позиції, що базує деталі. Після чого з протилежного боку отвори надягають калібр на хвостовик базуючої деталі, на який встановлюють торцем монтажну трубу і легкими ударами молотка переміщують калібр вздовж отвору з полімерним покриттям, поки в торцеву стінку калібру не впирається торець хвостовика. Переміщаючись, калібр ріжучою кромкою зрізає зайвий шар полімерного матеріалу і таким чином витримується необхідний розмір та форма отвору полімерним покриттям.

						ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			36

Автором запропоновано геометричні параметри калібру-різця прийняті за оптимальні: передній кут = 70 °, задній кут = 10°, що дозволяють до-битися високої якості та точності покриття: площа зруйнованого покриття еластомеру Ф-40С після обробки калібром-різцем не перевищує 4,2 %, а відхилення від круглості знаходиться в межах 3 мкм.

Відновлення отворів у корпусних деталях автомобільної техніки ПКМ на основі еластомеру Ф-40 і Ф-40С відрізняється більшою економічною ефективністю, тобто. меншими витратами порівняно з ПКМ на основі анаеробних герметиків або акрилових адгезивів. За порівнянною ціною наповнювачів, ціна анаеробних герметиків та акрилових адгезивів становить від 18000 до 22000 руб/кг, тоді як еластомер Ф-40 – 410 руб/кг. Технологічне оснащення, що застосовується для калібрування покриттів з ПКМ на основі еластомеру Ф-40 (малюнки 1.13. та 1.14), конструктивно значно простіше, ніж оснастка на рисунку 1.12 і, отже, її ціна менша. Тому для дослідження впливу ПЗВ на якість полімерних покриттів вибрали розчин ПКМ на основі еластомеру Ф-40.

Одним з дефектів покриттів, що знижують якість, з розчину ПКМ на основі еластомеру Ф-40 є пористість. Причиною пористості є випаровування парів ацетону при полімеризації еластомеру Ф-40.

При ПЗВ рідких металів має місце дегазація. На рисунку 1.15 показано дегазацію водню в розплаві алюмінію при ПЗВ [80]. Як видно з рисунку 1.15, при вихідному вмісті водню в розплавах алюмінію 0,3 і 0,6 см³/100 г швидкість дегазації в останньому більша, проте через 6 хв ПЗВ концентрація водню стабілізується в обох випадках на рівні 0,12 см³/100 г .

Питання впливу ПЗВ на дегазацію розчину ПКМ на основі еластомеру Ф-40 не вивчено і потребує всебічного дослідження. Дегазація розчину ПКМ на основі еластомеру Ф-40 в ході ПЗВ повинна зменшити пористість та підвищити якість покриттів, нанесених із цього матеріалу.

Після ПЗВ обробки матеріалу суттєво змінюються його фізичні

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

властивості, тому необхідно скоригувати режим термічної обробки покриттів із розчину ПКМ на основі еластомеру Ф-40.

Представляють науковий та практичний інтерес дослідження, спрямовані на подальше підвищення ефективності технології відновлення посадкових отворів у корпусних деталях автомобільної техніки ПКМ на основі еластомеру Ф-40 за рахунок УЗО матеріалу.

Розробка нових полімерних композитів є перспективним спрямуванням у підвищенні ефективності відновлення посадкових отворів у корпусних деталях автомобільної техніки. Використання наповнювачів у складі полімеру дозволяє досягти цілеспрямованої зміни споживчих властивостей матеріалу і, як правило, зниження його вартості. Створення матеріалів з новим комплексом властивостей є основною тенденцією на шляху розробки нових технологічних процесів відновлення корпусних деталей автомобільної техніки, що сприяють подальшому підвищенню довговічності підшипникових вузлів та зниженню витрат на ремонт.

Практичний інтерес становлять дослідження ПКМ наповнених дисперсними металевими порошками, що пояснюється поліпшенням низки споживчих властивостей матеріалу (механічних, теплофізичних та ін.)

Введення частинок може покращити ці характеристики, проте необхідне хороше диспергування частинок наповнювачів у полімері. У зв'язку з цим актуальною проблемою є дослідження шляхів одержання ПКМ з високою однорідністю розподілу частинок наповнювача у полімерній матриці. Підвищення якості змішування компонентів є перспективним напрямом покращення ПКМ.

Рівномірність розподілу та відповідно фізико-механічні властивості ПКМ значною мірою залежать від способу змішування компонентів композиції. Розрізняють механічне змішування (ручне або за допомогою мішалок різних конструкцій) та ультразвукове. Метод механічного змішування ПКМ відрізняється простотою, не вимагає складного технологічного обладнання,

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

проте має недоліки: низька ефективність диспергування, задовільний результат по розподілу частинок у композиції, тривалість операцій, забруднення матеріалу, що обробляється домішками від мелючих тіл апарату та ін.

Ультразвукове змішування вигідно відрізняється більш високою ефективністю диспергування агломератів частинок, забезпечує високу якість розподілу частинок за обсягом полімерної матриці, покращені фізико-механічні властивості ПКМ, сприяє прискоренню технологічного процесу. Тому представляють науковий та практичний інтерес дослідження ПЗВ ПКМ, призначених для відновлення посадкових отворів корпусних деталей автомобільної техніки.

Диспергування частинок наповнювача в рідині, що опромінюється, можливе за наявності ультразвукового поля з певною частотою і інтенсивністю ультразвукових коливань. Інтенсивність ультразвуку залежить від міцності кавітації рідини і стану поверхні твердої фази.

Нині питання ультразвукового змішування полімерних композиційних матеріалів, призначених відновлення деталей, вивчений мало. Властивості матеріалу, параметри акустичного поля, диспергі-

вання наповнювачів при ПЗВ не враховуються. Тому необхідні теоретичні дослідження, які дозволять обґрунтувати режимні, технологічні параметри ультразвукової обробки, що забезпечують підвищення ефективності диспергуючого змішування компонентів у розчині ПКМ.

Як оцінний параметр якості змішування прийняті споживчі властивості ПКМ (міцність, ударна в'язкість, герметизуюча здатність, твердість та ін.). Однак ці властивості залежать не тільки від якості змішування та диспергування, а й від багатьох інших факторів: якості підготовки підкладки, умов затвердіння та ін. Такий поверхневий підхід не можна вважати достатнім і вичерпним. Необхідно провести аналіз та обґрунтувати вибір оціночних параметрів якості змішування та диспергування, досліджувати залежності

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

оціночних параметрів диспергуючого змішування розчину ПКМ, призначеного для відновлення корпусних деталей, від режиму ультразвукової обробки матеріалу.

Відновлення отворів у корпусних деталях автомобільної техніки ПКМ на основі еластомеру Ф-40 і Ф-40С відрізняється більшою економічною ефективністю, тобто. меншими витратами порівняно з ПКМ на основі анаеробних герметиків або акрилових адгезивів. Тому для дослідження впливу ПЗВ на якість полімерних покриттів вибрали розчин ПКМ на основі еластомеру Ф-40.

Одним з дефектів покриттів, що знижують якість, з розчину ПКМ на основі еластомеру Ф-40 є пористість. Причиною пористості є випаровування парів ацетону при полімеризації еластомеру Ф-40. Питання впливу ПЗВ на дегазацію розчину ПКМ на основі еластомеру Ф-40 не вивчено і потребує всебічного дослідження. Дегазація розчину ПКМ на основі еластомеру Ф-40 в ході ПЗВ зменшить пористість та підвищить якість покриттів, нанесених з цього

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

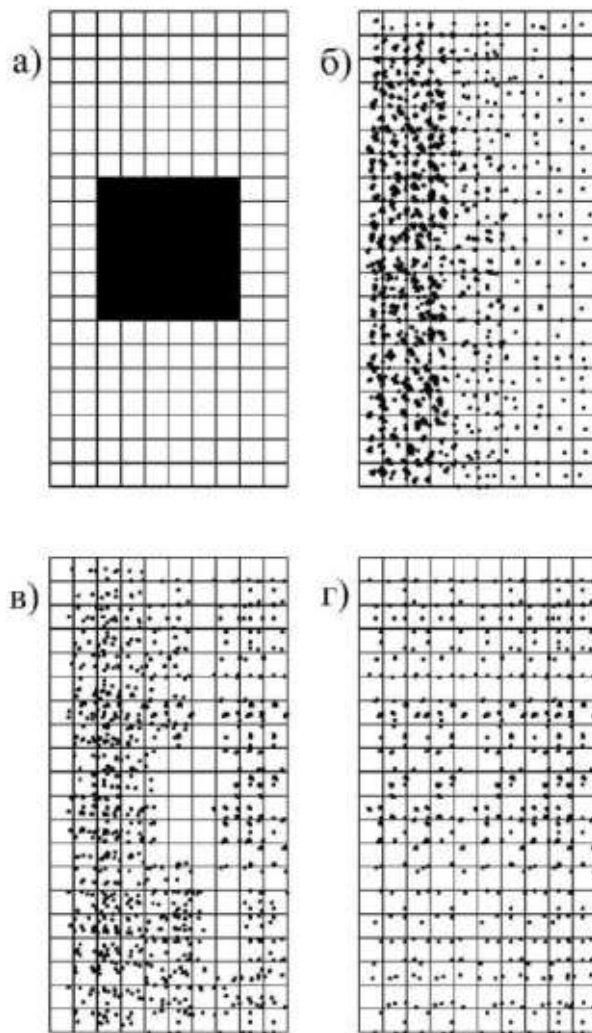
2.ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗМІШЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ПКМ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВІЙ ОБРОБЦІ

2.1.Обґрунтування вибору параметра оцінки якості змішування компонентів ПКМ

Різноманітність вихідних компонентів, їх агрегатного стану, конструкцій апаратів для змішування, призначення суміші при отриманні ПКМ дозволяє зробити принциповий висновок щодо відносності поняття якості змішування [81]. Найчастіше під процесом змішування розуміється одержання з однорідної неоднорідної суміші, яка характеризується статистично випадковим розподілом компонентів в обсязі.

Використані методи кількісного опису процесу змішування ґрунтуються на статистичному аналізі, на порівнянні генеральної дисперсії з фактичним значенням середньоквадратичного відхилення концентрацій речовини, що диспергується. На рисунку 2.1 показана картина переходу від абсолютно незмішаної вихідної системи (а) до статистично випадкового розподілу частинок компонента, що диспергується (чорні точки) в обсязі (б, в, г) дисперсного середовища (біле поле). При ідеальному статистичному змішуванні розподіл $P(x)$ частки диспергованого компонента (x) речовини в пробах, що відбираються, підпорядковується біномі-нальному закону. Величина I змінюється в інтервалі від 0 (незмішана система) до 1 (система ідеально змішана).

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41



чорна клітина - розмір речовини, що
 диспергується; біла клітка –
 розмір проби

Рисунок 2.1 – Упорядкований (а, б, в) та
 випадковий (г) розподіл частинок
 у суміші

Хороша якість змішування, досягається за певного мінімального значення деформації зсуву ($\gamma_{мін}$) при ламінарному змішуванні систем рідина – твердий компонент, рідина – рідина, яка для промислового змішувального обладнання становить 800...3000 рад. Так при змішуванні в змішувачах Бенбері $\gamma_{мін} =$

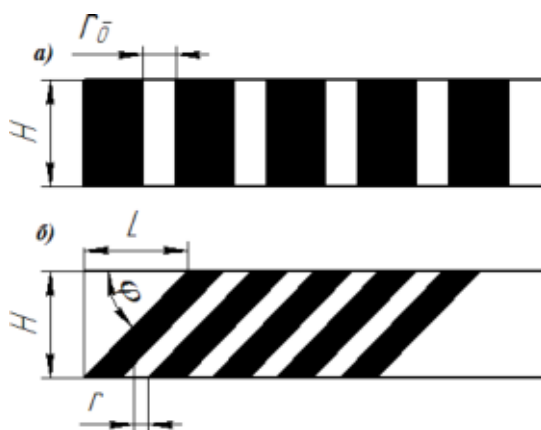
800...300 рад, в екструдерах – 1000...2100 рад, на вальцях та каландрах – 2100...2600 рад [81].

Змішування високов'язких рідин (розплави полімерів) здійснюється за рахунок зсувних деформацій у робочих органах машин, внаслідок чого відбувається процес деформування компонентів суміші. Цей процес супроводжується витягуванням диспергованого компонента в смуги товщини, що зменшується, збільшенням поверхні розділу фаз і статистично випадковим розподілом вихідних компонентів у суміші. Одним із зручних методів оцінки

Якість змішування таких сумішей є визначення середньої ширини смуг.

Реальне змішування розплавів полімерів з щільністю близько 103 кг/м³ і в'язкістю в межах 102...106 Па·с відбувається у ламінарному режимі течії при значеннях критерію Рейнольдса менше 2320 [81].

Таким чином, досягнення гарної якості змішування потребує більшого часу, що економічно не вигідно.



а – вихідний стан; б – після деформування

Рисунок 2.2 – Вплив деформації зсуву на ширину смуг

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Для досягнення високої рівномірності розподілу малих кількостей компонента суміші використовують стадію попереднього отримання концентрату, що містить до 30% дисперсної фази з подальшим його введенням в основний компонент.

Деформація зсуву впливає на статистичні критерії якості змішування, а також властивості дисперсно-наповнених полімерних композиційних матеріалів.

Час змішування, досягнення деформації зсуву з мінімальним значенням визначається конструкцією змішувача, параметрами змішування, властивостями

вихідних компонентів та його взаємодією межі розділу фаз [81].

Серед інших методів оцінки якості змішування використовують: хімічний метод кількісного аналізу (ваговий чи об'ємний); електрохімічний метод; метод заснований на вимірі електропровідності; спектральний аналіз (Рентгеноскопія чи інфрачервона спектроскопія).

Використовуючи статистичні критерії, необхідно приділяти особливу увагу визначенню кількості частинок у пробі N, оскільки ця величина сильно впливає на генеральну дисперсію.

Розглянуті вище методи оцінки якості змішування вимагають великої кількості матеріалу та зразків, відрізняються складністю та значною трудомісткістю, не відображають розподіл часток у матриці на момент диспергування.

На відміну від способів, розглянутих вище, віскозиметричний спосіб відрізняється простотою, досить точно відображає розподіл частинок у полімерній матриці на момент оцінки якості змішування.

Проаналізувавши вищевикладені методи, у цій роботі для оцінки

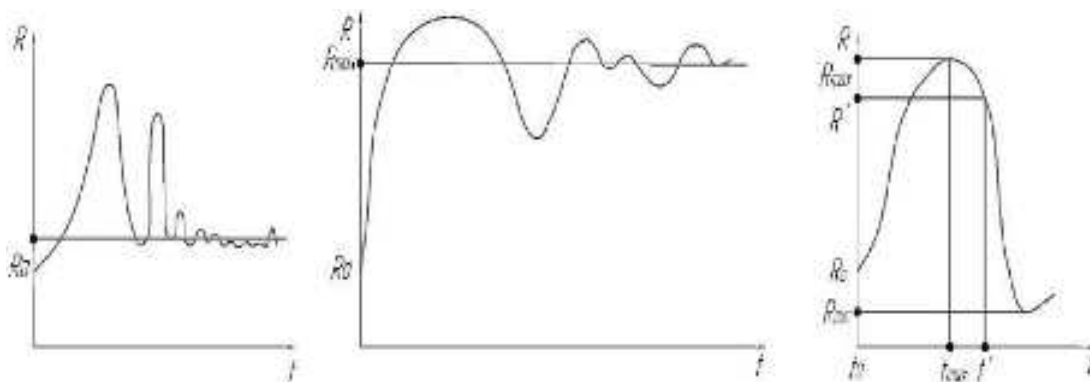
					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

якості змішування компонентів полімерного композиційного матеріалу на основі еластомеру Ф-40 вибрали для використання віскозиметричний метод.

2.2.Режимні та оціночні параметри ультразвукового диспергування розчинів ПКМ

При ультразвукових коливаннях рідини виникає кавітація – утворення порожнин за рахунок місцевого зниження тиску. Розрізняють три групи порожнин. Початковий розмір порожнин першої групи R_0 менше критичного R_k . Вони пульсують, не змінюючи свій початковий розмір, протягом значної кількості періодів коливань (рисунок 2.3, а). Пульсують порожнини виникають за умови, коли амплітуда звукового тиску P_A значно менше гідростатичного тиску P_0 .

Другу групу представляють пульсуючі порожнини, початковий розмір яких R_0 більший за резонансний R_r . При розширенні вони суттєво збільшуються, проте у фазі стиснення порожнини не встигають захлопнутися та пульсують у певного середнього максимального радіусу.



а) б) в) а - $P_A \ll P_0$; б - $P_A \gg P_0$; в - $P_A \geq P_0$ [60]

Рисунок 2.3 – Характерні пульсації порожнин, що формуються в акустичному полі

Порожнини третьої групи значно збільшуються у розмірах у фазі

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

розширення і встигають зачинитись у фазі стиснення. Пульсації порожнин, що захлопуються, викликають пікове зростання тиску в мікрооб'ємах набагато порядків, що перевищує амплітуду тиску, що створюється зовнішнім джерелом коливань. Порожнини третьої групи мають місце при амплітуді звукового тиску P_A , що дорівнює або не значно перевищує гідростатичний тиск P_0

(Рисунок 2.4, в). При захлопуванні порожнин у мікрооб'ємах виникають високі тиски до 100 МПа, а температура підвищується до 1000°C. Тому необхідною умовою ефективного диспергування наповнювача, більш рівномірного розподілу його частинок за обсягом полімерної матриці є наявність при ПЗВ ПКМ порожнин третьої групи, що захлопуються.

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

3.МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ

3.1.Загальна методика досліджень

Для вирішення завдань досліджень, сформульованих у першому розділі дисертації, розроблено загальну схему досліджень (рисунок 3.1).

Об'єктами досліджень служили:

- розчини еластомеру Ф-40 та полімерних композицій різних складів на його основі;
- плівки еластомеру Ф-40 та полімерної композиції на його основі;
- покриття з композиції на основі еластомеру Ф-40;
- підшипникові вузли з посадками, відновленими еластомером Ф-40 та полімерною композицією на його основі.

Еластомер Ф-40 (ТУ 6-06-246-92) являє собою розчин композиції каучуку та модифікованої фенольної смоли в органічному розчиннику.

Еластомер Ф-40 поставляється готовим до використання у вигляді розчину в поліетиленових повітронепроникних каністрах різного об'єму.

Склад еластомеру Ф-40:

- 1) смола ФКУ (феноло-формальдегідна смола на основі заміщеного фенолу вінілацетиленової структури) – 8 мас.%;
- 2) каучук синтетичний бутадієн-нітрильний марки СКН-40С - 12 мас.%;
- 3) ацетон технічний, ГОСТ 2768-84 - 80 мас.%.

Еластомер Ф-40 – прозора рідина коричневого кольору без механічних включень, що характеризується такими показниками:

- масова частка сухого залишку - 20%;
- міцність зв'язку зі сталлю при зсуві при 200С не менше - 5,0 МПа.

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Як наповнювачі використовували дисперсні металеві порошки:
алюмінієву пудру ПАП-1 та бронзовий порошок БПП-1.

Алюмінієву пудру (ГОСТ 5495-95) виготовляють стиранням
первинного алюмінію марки не нижче А5 за ГОСТ 11069 або його відходів,
що за хімічним складом не поступаються алюмінію марки А5 [91].

Одержують пудру п'яти марок: ПАП-1 ПАП-2 ПАГ-1 ПАГ-2 ПАГ-3
(таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 - Характеристика алюмінієвої пудри [91]

Марк а	Кроюча здатність на воді, см ² /г, не менше	Гранулометричний склад: залишок на ситах, %, не більше			Хімічний склад, %							Випливання, %, не менше
		+ 008	+ 0056	+ 0045	Al активний, не менше	Домішки, не більше						
						Fe	Si	Cu	Mn	волог и	жирови х доба- вок	
ПАП - 1	7000	1,0	-	-	-	0,5	0,4	0,05	0,01	0,2	3,8	80
ПАП - 2	10000	-	0,3	0,5	-	0,5	0,4	0,05	0,01	0,2	3,8	80
ПАГ - 1	6000	1,5	-	-	9 0	-	-	-	-	-	2,4	-
ПАГ - 2	8000	-	0,7	-	8 8	-	-	-	-	-	3,0	-
ПАГ - 3	10000	-	-	0,5	8 6	-	-	-	-	-	3,2	-

Алюмінієва пудра ПАП-1 (ГОСТ 5494-95) є в широкому продажу.

Бронзову пудру готують з використанням як вихідну сировину марок бронз,
близьких за складом до одержуваної продукції або спеціально приготованих
сплавів. Пудри отримують фрезеруванням заготовок сплавів, розмолотом
крупки в кульовому млині, поліруванням частинок у барабані, що
обертається. Частинки одержуваних пудр мають пелюсткоподібну форму.
Склад пудр, %: 72 – 92 Cu, 1,2 Al, <1,0 Fe, домішок трохи більше 0,8, цинк –
інше (таблиця 3.2).

Бронзовий порошок БПП-1 (ТУ 48-21-150-72) є у широкому продажу. Постачається в поліетиленових пакетах у кількості 10 та 50 г (таблиця 3.2).

Для вимірювання валів та зовнішніх кілець підшипників використовували важільну скобу (ГОСТ 11098-75) з ціною розподілу 0,002 мм. Розмір внутрішніх кілець підшипників і посадкових отворів під підшипники вимірювали індикатор.

торним нутроміром НІ-100 (ГОСТ 868-72) з індикаторною головкою І-МІГ (ГОСТ 9696-82), яка має ціну поділу 0,001 мм.

Забезпечення зазору у нерухомих з'єднаннях підшипників до відновлення здійснювали механічною обробкою отвору під підшипник.

Таблиця 3.2 - Характеристика бронзової пудри [92]

Марка	Масова частка компонентів*, %		Залишок на ситі з сеткою, не більше		Площа покриття, см ² /г, не менше	Насипна маса після утряски, г/см ²
БПП-1	83 – 87	0,8	2,0	-	1200	1,8 - 2,6
БПП-2	83 – 87	1,0	-	0,5	-	-
БПП-3	72 – 76	0,8	2,0	-	1200	1,8 - 2,2
БПП-4	88 – 92	0,8	2,0	-	1200	1,8 - 2,2

*До 1,2% Al; інше – цинк; вміст жирів трохи більше 0,5 %.

Під час проведення експериментальних досліджень застосовували обладнання та прилади, що випускаються промисловістю, а також спеціально розроблені та виготовлені стенди, установки та пристрої.

Дослідження проводили відповідно до приватних методик, наведених нижче.

3.2.Методика визначення фізичних властивостей розчинів композицій на основі еластомеру Ф-40

Досліджували фізичні властивості модифікацій композиції на основі еластомеру Ф-40:

- склад №1: еластомер Ф-40 – 100 мас.год., високодисперсний алюмінієвий

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

порошок ПАП-1 (ГОСТ 5494-95) – 5 мас.год., високодисперсний бронзовий порошок БПП-1 (ТУ 48-21-150) -72) - 0,6 мас.ч.;

- склад №2: еластомер Ф-40 – 100 мас.год., алюмінієвий порошок ПАП-1 – 16 мас.год., бронзовий порошок БПП-1 – 1,8 мас.год.;

- склад №3: еластомер Ф-40 100 мас.ч., алюмінієвий порошок ПАП-1 – 25 мас.ч., бронзовий порошок БПП-1 - 2,6 мас.ч.

Дослідження густини вищевказаних складів ПКМ проводили за відомою методикою [93]. Сутність методу полягала в зануренні ареометра АОН-1 за ГОСТ 18481-81 відградуйованого по нижньому меніску (рисунок 3.2) до випробуваного складу, зняття показань за шкалою ареометра при температурі визначення і перерахунку результатів на густину відповідності². Діапазон використовуваного щодо щільності досліджуваних складів ареометра АОН-1 становить 700-1840 кг/м³.



Рисунок 3.2 – Ареометр АОН-1

ДЕРЖСТАНДАРТ, що регламентує дослідження коефіцієнта адіабатичної стисливості розчинів ПКМ, відсутня. У цьому відношенні

обсягу V

при збільшенні тиску на значення ΔP визначали експери-

ментально, використовуючи оригінальну методику та п'єзометр оригінальної конст-

рукції, розроблений та виготовлений на кафедрі "Транспортні засоби та

IV

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

техносферна безпека" ЛДТУ. Принципова схема п'єзометра показана на рисунку 3.3, рисунку 3.4 – фото п'єзометра.

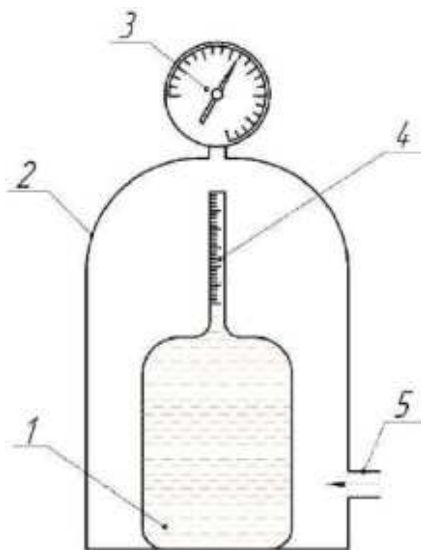


Рисунок 3.3 – Принципова схема п'єзометра

Скляну посудину 1, наповнену розчином ПКМ, поміщали в посудину 2 і по штуцеру 5 повітря нагнітали поршневим компресором марки FIAS FX 224 ГОСТ 20073-81 [94]. При цьому останній створював надлишковий тиск усередині судини 2 і через відкриту горловину судини 4 впливав на досліджуваний розчин ПКМ. Посудина 1, піддаючись однаковому тиску як зовні, так і зсередини, практично не змінював свого обсягу. Розчин ПКМ при цьому стискався,

і рівень його у горловині 4 знижувався. Прохідний переріз горловини 4 виконано малих розмірів, а на зовнішній поверхні нанесено розмітку, що дозволяє фіксувати будь-які зміни об'єму досліджуваного розчину ПКМ. Тиск, при якому змінювався об'єм розчину, фіксували манометром 3 марки МТ-100 згідно з ГОСТ 2405-88 [95].

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51



Рисунок 3.4 – П'єзометр

Тиск насиченої пари (ДНП) досліджуваних складів ПКМ визначали за ГОСТ 1756-2000. Спочатку рідинну камеру апарату (рисунок 3.5 б) наповнювали пробюю випробуваного матеріалу, охолодженого до температури $37,8^{\circ}\text{C}$, після чого її приєднували до повітряної камери (рисунок 3.5, а).

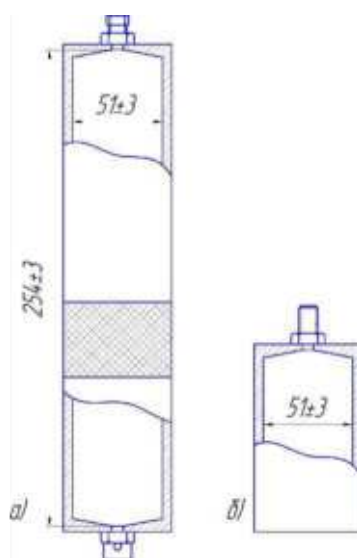


Рисунок 3.5 – Бомба для визначення тиску пари: а) – повітряна камера; б) – рідинна камера

Потім апарат занурювали у водяну баню з температурою $(37,8\pm 0,1)^{\circ}\text{C}$ і

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

періодично струшували доти, доки не встановиться постійний тиск, який фіксував манометр типу Бурдона модель 212.20 ГОСТ 14254-96, приєднаний до апарату. Отримане на манометрі показання відповідним чином скориговане приймали за тиск насичених пар складів ПКМ по Рейду [96].

Швидкість поширення звукових хвиль у рідині розраховували за формулою (2.17).

3.3.Методика дослідження режимних та оціночних параметрів ультразвукового диспергування розчину композиції на основі еластомеру Ф-40

Значення звукового тиску РА при ПЗВ розчину ПКМ на основі еластомеру Ф-40 (склад №2) розраховували за формулою (2.19).

Значення критерію ерозійної активності визначали за формулою (2.12).

Якість змішування металевих наповнювачів з полімерною матрицею при ПЗВ оцінювали в'язкістю розчину ПКМ на основі еластомеру Ф-40.

Ультразвукову обробку складу №2 проводили в ультразвуковій ванні GRAD 0,5 HOME STYLE (рисунок 3.6).

У таблиці 3.3 показані технічні характеристики ультразвукової ванни GRAD 0,5 HOME STYLE.

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики ультразвукової ванни "GRAD 0,5 HOME STYLE"

Об'єм, л	Потужність, Вт		Розміри, мм		вага, кг
	Споживана	Генератора	Габаритні розміри	Місткість	
0,5	55	55	160×90×200	145×85×55	1,7

Компоненти зважували на аналітичних вагах марки ВЛА-200М з ціною розподілу 0.0001 р. Потім відібрані компоненти завантажували в

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

ємність ультразвукової ванни. Тривалість ПЗВ розчину ПКМ становила від 2 до 22 хв, з інтервалом 4 хв. Після закінчення кожного інтервалу озвучування обробку розчину ПКМ припиняли та визначали в'язкість останнього. В'язкість вимірювали віскозиметр типу ВПЗ-2 відповідно до ГОСТ 18249-72 (рисунок 3.7).



Рисунок 3.6 – Ультразвукова ванна "GRAD 0,5 HOME STYLE"

Для вимірювання одягали гумову трубку на відповідну трубку 3. Потім, перекривши коліно 2 пальцем і перевернувши віскозиметр, коліно 1 опускали в посудину з досліджуваним розчином ПКМ і за допомогою гумової груші засмоктували його до мітки М2, звертаючи увагу, за відсутністю в рідині бульбашок повітря. При досягненні рівнем полімерної композиції мітки М2 з судини виймали віскозиметр і швидко перевертали у вертикальне положення. Прибравши надлишок рідини із зовнішнього боку кінця коліна 1, приєднували до нього гумову трубку. Після віскозиметр поміщали в термостат так, щоб рівень рідини був вищим за розширення 4. Витримавши в термостаті близько 15 хв засмоктували рідина коліно 1

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

приблизно до 1/3 висоти розширення 4, після чого з'єднували коліно 1 з атмосферою і заміряли час руху меніска розчину від мітки M1 до M2.

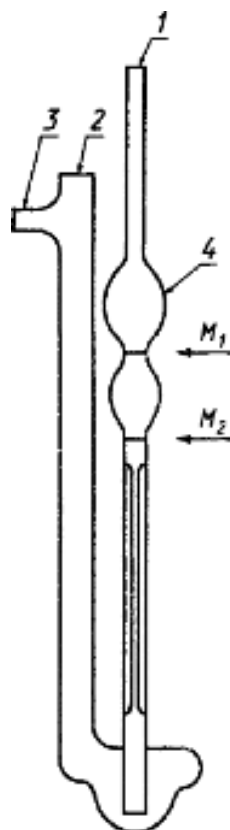


Рисунок 3.7 – Віскозиметр типу ВПЗ-2

За оптимальну тривалість озвучування досліджуваного складу прийняли мінімальний час обробки, при якому значення в'язкості розчину ПКМ стабілізувалися.

3.4.Методика дослідження дегазації розчину композиції на основі еластомеру Ф-40 при ультразвуковій обробці

Для дослідження процесу дегазації розчину полімерного композиційного матеріалу на основі еластомеру Ф-40 використовували лабораторну установку, яка включала: ультразвукову ванну "GRAD 0,5 HOME STYLE" – 1, ваги лабораторні ВК 3000.1 – 2, інфрачервоний пір 830-Т4 (рисунок 3.8).

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55



1 – ультразвукова ванна; 2 – ваги лабораторні ВК 3000.1; 3 – інфрачервоний пірометр Testo 830-T4

Рисунок 3.8 – Лабораторна установка для дослідження дегазації розчину полімерної композиції

Контроль залишкової маси розчину полімерної композиції здійснювали за допомогою лабораторних ваг ВК 3000.1 з ціною поділу 0,1 г.

Температуру розчину ПКМ фіксували інфрачервоним пірометром Testo 830-T4 протягом усього періоду диспергуючого змішування з інтервалом в 2 хв.

У таблиці 3.4 представлені технічні характеристики ваг ВК 3000.1, таблиці 3.5 - інфрачервоного пірометра Testo 830-T4. Між ультразвуковою установкою та ваговою платформою поміщали поролон.

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики ваг ВК 3000.1 [97]

НГЗ, г	НМПВ, г	d, г	e, г	Інтервали зважування	СКО, г	Межі допустимої погрішності, г	
						Первинною	Періодичський
3000	5	0,1	0,1	Від 5 до 500 г вкл.	0,05	± 0,05	±0,1
				Св. 500 г до 2 кг вкл.		±0,1	±0,2
				Св. 2 кг до 3 кг вкл.		± 0,15	±0,3

Таблиця 3.5 - Технічні характеристики інфрачервоного пірометра Testo 830-T4 [98]

Параметри	Testo 830-T4
Тип К (NiCr-Ni)	
Діапазон вимірювань	-50 ... +500 °C
Похибка	±0,5 °C + 0,5 % від змін. знач.
Розширення	0,1 °C
Частота вимірів	1,75 с.
Інфрачервоний вимір	
Діапазон вимірювань	-30 ... +400 °C
Похибка	±1,5 °C (-20 ... 0 °C) ±2 °C (-30 ... -20,1 °C) ±1 °C або ±1 % від змін. знач. (В зуп. Діапазоні)
Розширення	0,1 °C
Частота вимірів	0,5 с.
Загальні технічні дані	
Корпус	ABS
Коефіцієнт випромінювання	налаштований (від 0,2 до 1,0)
Спектральний діапазон	8 ... 14 μm

						ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			57

3.5. Вимірювання когезійної міцності плівок композиції на основі еластомеру Ф-40

Когезійну міцність плівок композиту на основі еластомеру Ф-40 оцінювали міцністю при одновісному розтягуванні.

Зразками були плівки прямокутної форми $60 \times 15 \times 0,15$ мм. Розрахункова довжина зразка дорівнювала 30 мм.

З метою отримання плівок полімерної композиції було виготовлено спеціальну форму-оснащення (рисунок 3.9), що складається з опорної пластини 1 розмірами $200 \times 160 \times 4$ мм та рамки-трафарета 2. Як матеріал для опорної пластини 1 використовували Фторопласт -4 ГОСТ 14906-77. Рамку-трафарет виготовили із Сталі 3 ГОСТ 380-94 з розмірами $180 \times 140 \times 0,8$ по зовнішньому контуру. Усередині рамки передбачено три вікна для плівок розміром 60×15 мм.

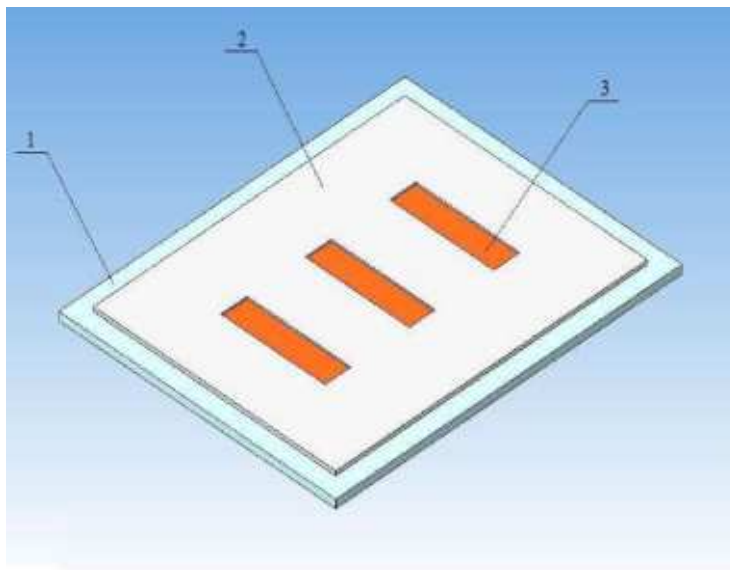
Усі деталі форми-оснащення піддавали очищенню та дворазовому знежиренню ацетоном з подальшим просушуванням протягом 10 хв. Попередньо встановили опорну пластину 1 на виставлену повірочну плиту ГОСТ 10905-86, потім на неї встановлювали рамку-трафарет 2, яку у свою чергу заповнювали, завдаючи волосяним пензлем №5 пошарово композицію на основі еластомеру Ф-40. Заповнивши рамку, поверхню покриття формували фторо-пластової пластиною, для забезпечення рівнотовщинності полімерної плівки. Зразки піддавали термічній обробці за режимами, зазначеними в таблиці. Після термічної обробки зразки витримували протягом 16 годин при стандартній атмосфері 230°C [100]. Потім за допомогою леза за внутрішнім контуром рамки-трафарета відсікали межі плівок по довжині та ширині. Граничні відхилення розмірів зразків за довжиною та шириною не перевищували $\pm 0,1$ мм.

Випробування зразків виконували з використанням розривної машини IP 5082-50 (рис. 3.10).

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

При випробуваннях швидкість навантаження була постійною та становила 50 мм/хв.

У вискоеластичних полімерах швидкість поширення хвиль становить 30...50 м/с і близько 1000 м/с у склоподібних полімерах [101], у зв'язку з цим була прийнята швидкість навантаження яка забезпечувала рівномірне розподіл напруг за зразком.



1 – опорна пластина; 2 – рамка-трафарет; 3 – плівка

Рисунок 3.9 – Форма-оснащення для отримання плівок

Для визначення оптимального режиму термічної обробки матеріалу було реалізовано багатофакторний експеримент за симетричним композиційним планом В2.

Як функцію відгуку Y прийняли руйнівну напругу σ_r , МПа, а незалежними факторами: x_1 – температуру термічної обробки, °С, x_2 – час затвердіння, год.

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59



Рисунок 3.10 – Дослідження когезійної міцності плівок композиції на основі еластомеру Ф-40

У таблиці 3.6 представлені рівні та інтервали варіювання факторів.

Таблиця 3.6 – Рівні та інтервали варіювання факторів

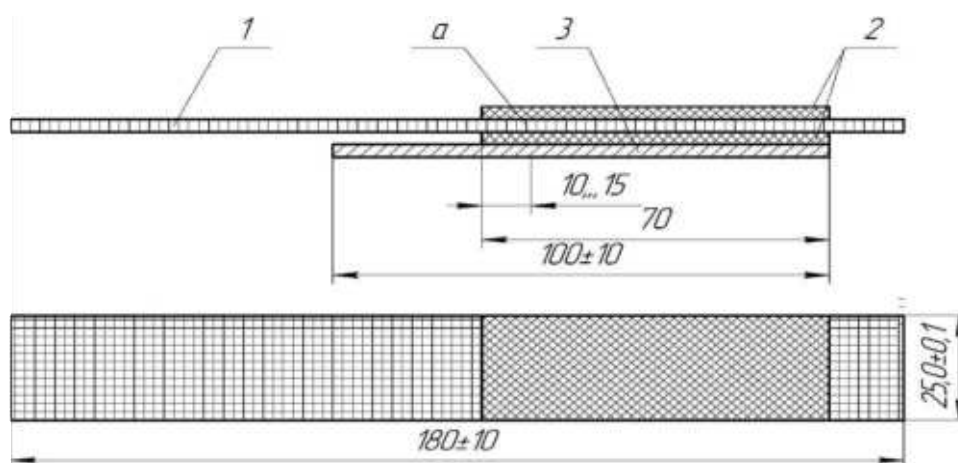
Найменування фактора	Кодоване позначення фактора	Рівні варіювання фактор А			Інтервал варіювання фактора ΔX_i
		нижній X_{iH}	нульовий X_{i0}	верхній X_{iB}	
Температура, ОС Час, год	x1 x2	100 2	120 2,5	140 3	20 0,5

3.6. Вимірювання адгезійних властивостей покриттів композиції на основі еластомеру Ф-40

Дослідження адгезійних властивостей покриттів з композиції на основі еластомеру Ф-40 проводили методом визначення міцності зв'язку герметика з металом при відшаровуванні [106].

В якості зразків при визначенні показника міцності використовували металеві пластини з розмірами $100 \times 25 \times 3$ мм, виготовлені зі сталі 45, з шорсткістю поверхні Ra 0,63 з покриттям з композиції на основі еластомеру Ф-40, між шарами якого розміщена металева сітка. (Рисунок 3.11.).

На попередньо знежирену та просушену протягом 10 хвилин поверхню металевої пластини 3 наносили пошарово пензлем №5 покриття 2 з ПКМ на основі еластомеру Ф-40 товщиною 2,5 мм. Кожен шар покриття просушували протягом 0,25 год. Потім покриття накладали металеву сітку 1 ГОСТ 3826-82, таким чином, щоб з двох сторін пластини залишилися надлишки сітки: з одного боку 15 мм, з іншого 40 мм. Після на сітку 1 наносили черговий шар полімерної композиції 2 до моменту припинення візуальної фіксації фактури сітки.



1 – сітка металева; 2 – покриття еластомеру Ф-40С;

3 – металева пластина; а – місце підрізу

Рисунок 3.11 – Зразок для дослідження адгезійних властивостей покриттів ПКМ на основі еластомеру Ф-40

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Далі проводили термічну обробку зразків протягом 2,5 год при температурі 1200С. Після термічної обробки зразки кондиціонували протягом 16 годин при температурі 230°С.

За результат випробування прийняли середнє арифметичне показання всіх паралельних дослідів (повторність дослідів п'ятикратна).

3.7.Визначенн дефектності полімерних покриттів із розчину еластомеру Ф-40 та композиції на основі

Як зразки служили плівки еластомеру Ф-40 і композиції на його основі. Відповідно до ГОСТ 9407-84 дефектність зразків оцінювали площею зруйнованого покриття, розмірами (діаметр бульбашок) та кількістю пухирців на одиницю площі [107].

Для визначення площі зруйнованого покриття поверхню плівки накладали пластину з прозорого матеріалу з сіткою зі стороною квадрата 5 мм. Площа зруйнованого покриття у відсотках визначали за значенням частотного показника.

Вимірювання розміру пор (бульбашок) проводили мікроскопом МПБ-2, що забезпечує 24-х кратне збільшення

3.8.Визначення довговічності посадок підшипників кочення відновлених розчином композиції на основі еластомеру Ф-40

Як об'єкти досліджень використовували підшипникові вузли з посадками, відновленими композитом на основі еластомеру Ф-40. Покриття на посадкові місця підшипників наносили з розчинів ПКМ на основі еластомеру Ф-40, виготовлених ручним змішуванням та ПЗВ.

Проведення випробувань на довговічність здійснювали на спеціальному стенді оригінальної конструкції, в основі якого був використаний

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

електромеханічний вібратор марки ІВ-107А, що забезпечує циклічне навантаження відновлених посадок підшипників типорозміру 209 (рисунок 3.13).



Рисунок 3.12 – Стенд для дослідження довговічності при циклічному навантаженні посадок підшипників на базі електромеханічного вібратора ІВ-107А

Замість підшипникових щитів, що входять до конструкції вібратора, використовували щити оригінальної конструкції (рисунок 3.14), у які запресовані спеціально виготовлені чавунні кільця з матеріалу СЧ-20.

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

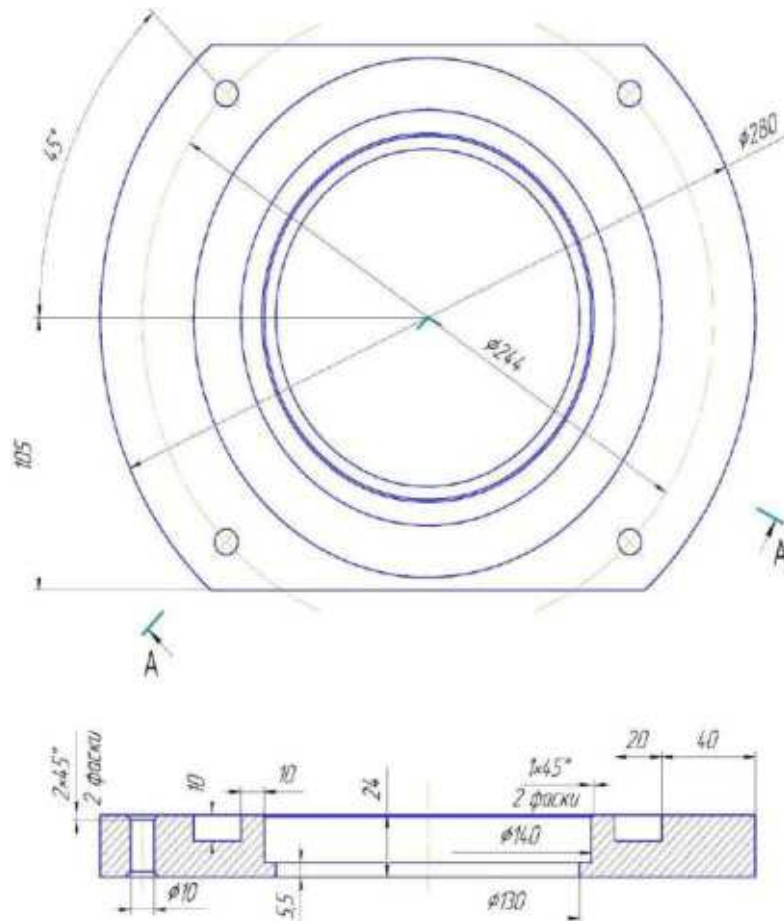


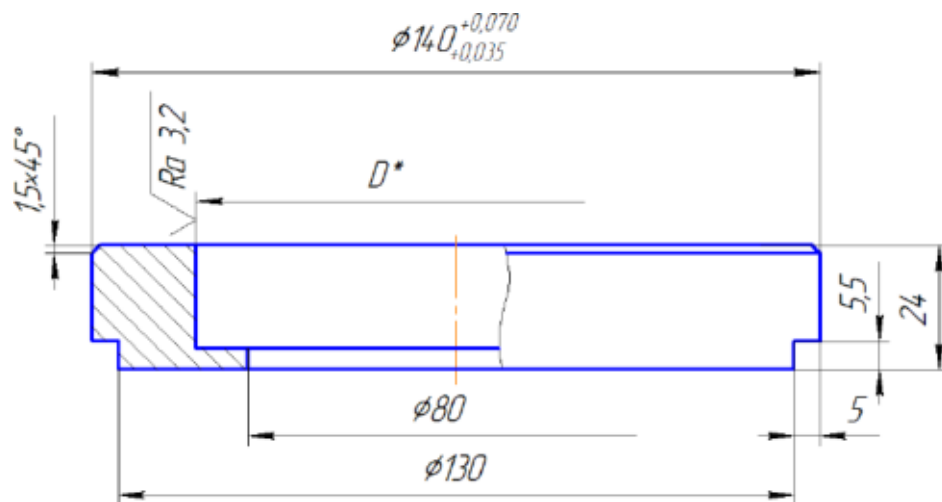
Рисунок 3.13 – Підшипниковий щит вібратора

Зміну зазорів у відновлюваному з'єднанні підшипників забезпечували розточуванням діаметра посадкової поверхні чавунного кільця D* (рисунок 3.14).

Посадковий отвір під підшипник у щиті зачищали до металевого блиску шліфувальною шкіркою Е5М1А №16. Потім оброблену поверхню знежирювали ацетоном з подальшим просушуванням протягом 10 хв.

Далі на поверхню отвору пензлем №4 наносили пошарове покриття з розчину ПКМ на основі еластомеру Ф-40 необхідної товщини. Потім підшипникові щити з полімерним покриттям піддавали термічній обробці на оптимальному режимі в сушильній шафі СНОЛ-3.5,3.5,3.5/3. Після термічної обробки покриття кондиціонували протягом 16 годин при стандартній температурі.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



D^* – діаметр поверхні, що сполучається в залежності від зазору у відновлюваному з'єднанні

Рисунок 3.14 – Кільце чавунне

Складання підшипникових вузлів здійснювали запресовуванням валу ротора з підшипниками 209 в щити з покриттям ПКМ на основі еластомеру Ф-40. Випробування проводили при циклічному радіальному навантаженні на підшипникові вузли $P = 20$ кН (знакозмінний симетричний цикл), яке задавали зміною положення дебалансів. Частота обертання ротора вібратора становила 3000 хв-1. За рахунок використання лічильника, який з'єднували з валом стенду, фіксували кількість циклів навантаження.

Критерієм довговічності було прийнято час напрацювання підшипникового з'єднання до початку зсуву зовнішнього кільця підшипника в посадковому отворі щита, що фіксували зміщенням рисок, помічених фарбою на торцях талей нерухомого з'єднання. Якщо протягом 330 годин роботи стенда ($5,94 \cdot 10^7$ циклів навантаження) зсуву зовнішнього кільця підшипника в отворі щита помічено не було, випробування припиняли і цю товщину полімерного покриття приймали за максимально допустиму при відновленні.

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

4.РЕЗУЛЬТАТИ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИЦІЙ НА ОСНОВІ ЕЛАСТОМЕРУ Ф-40

4.1.Визначення фізичних властивостей розчинів композицій на основі еластомеру Ф-40

У цій роботі досліджували фізичні властивості модифікацій композиції на основі еластомеру Ф-40:

- склад №1: еластомер Ф-40 – 100 мас.год., високодисперсний алюмінієвий порошок ПАП-1 (ГОСТ 5494-95) – 5 мас.год., високодисперсний бронзовий порошок БПП-1 (ТУ 48-21-150) -72) - 0,6 мас.ч.;
- склад №2: еластомер Ф-40 – 100 мас.год., алюмінієвий порошок ПАП-1 – 16 мас.год., бронзовий порошок БПП-1 – 1,8 мас.год.;
- склад №3: еластомер Ф-40 100 мас.ч., алюмінієвий порошок ПАП-1 - 25 мас.ч., Бронзовий порошок БПП-1 - 2,6 мас.ч.

4.2 Визначення параметрів ультразвукового диспергування розчину композиції на основі еластомеру Ф-40

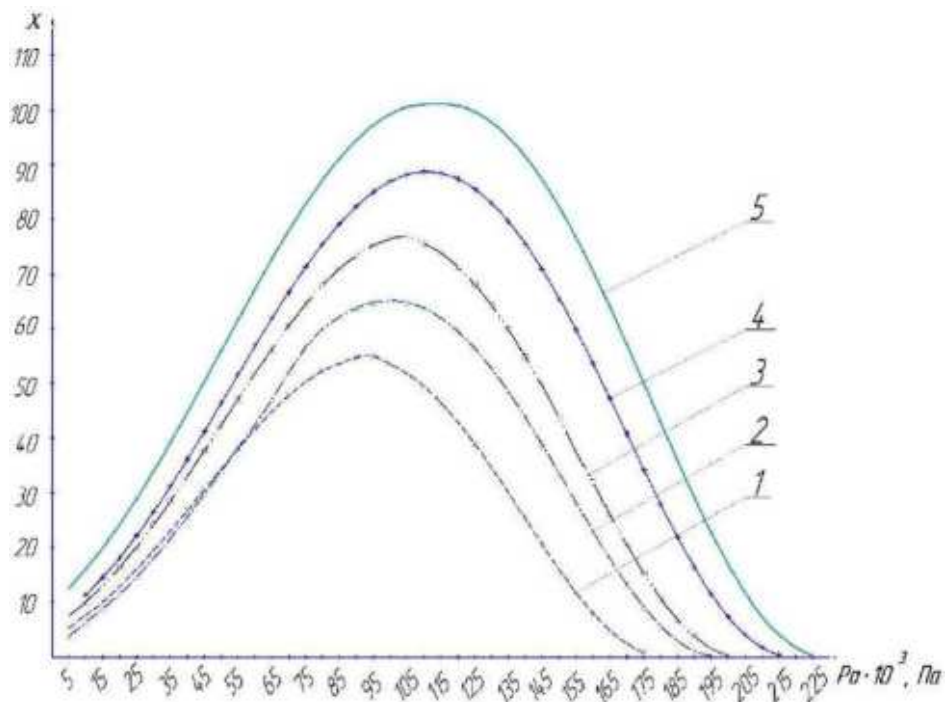
Дослідження фізичних властивостей розчину ПКМ на основі еластомеру Ф-40 дозволило розрахувати за формулою (2.19) значення звукового тиску P_A , а потім за формулою (2.12) значення критерію ерозійної активності χ . На рисунку показані залежності критерію ерозійної активності від гідростатичного тиску P_0 .

Залежно при фіксованій потужності W ультразвукової обробки розчину ПКМ мають екстремум у вигляді максимуму. При мінімальній потужності $W = 40$ Вт залежність 1 має екстремум у вигляді максимуму критерію ерозійної активності $\chi = 55,054$ при значенні гідростатичного тиску $P_0 = 95000$ Па.

Зі збільшенням потужності до $W = 50$ Вт залежність 3 має екстремум у вигляді максимуму критерію ерозійної активності $\chi = 76,948$ при значенні

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

гідростатичного тиску $P_0 = 105000$ Па. Критерій ерозійної активності в порівнянні з потужністю ПЗВ $W = 40$ Вт збільшився в 1,4 рази.



1 – за потужності озвучування $W = 40$ Вт; 2 - $W = 44,78$ Вт; 3 - $W = 50$ Вт; 4 - $W = 55$ Вт; 5 - $W = 60$ Вт

Рисунок 4.1 – Залежність критерію ерозійної активності від гідростатичного тиску P_0

При потужності $W = 55$ Вт залежність 4 має екстремум у вигляді максимуму критерію ерозійної активності $= 88,764$ при значенні гідростатичного тиску $P_0 = 110000$ Па. Критерій ерозійної активності в порівнянні з потужно-

ністю ПЗВ $W = 40$ Вт збільшився в 1,61 рази, потужністю $W = 50$ Вт - 1,15 рази.

При максимальній потужності $W = 60$ Вт залежність 5 має екстремум у вигляді максимуму критерію ерозійної активності $\chi = 101,148$ при значенні гідростатичного тиску $P_0 = 115000$ Па. Критерій ерозійної активності при максимальній потужності ПЗВ має максимальне значення і, в порівнянні з потужністю ПЗВ $W = 40$ Вт, збільшився в 1,84 рази, потужністю $W = 50$ Вт -

1,31 рази, потужністю $W = 55$ Вт - 1,14 рази.

Максимуми критерію ерозійної активності χ забезпечуються: при потужності $W = 40$ Вт при значенні гідростатичного тиску нижче атмосферного ($P_0 = 95000$ Па), при потужностях ПЗВ $W = 50; 55$ та 60 Вт – вище атмосферного ($P_0 = 105000; 110000$ та 115000 Па).

У технічному плані набагато простіше варіювати амплітудою звукового тиску, ніж гідростатичним тиском. Для цього достатньо оснастити ультразвукову ванну регулятором потужності, тоді як в останньому випадку потрібні вакуумна камера або камера з компресором, що ускладнює та здорожує технологію ПЗВ. Тому з точки зору економічної ефективності далі досліджували вплив потужності ПЗВ на критерій ерозійної активності розчинів ПКМ при гідростатичному тиску, що дорівнює атмосферному, $P_0 = 100000$ Па. З залежності 4 випливає, що екстремум у вигляді максимуму критерію ерозійної активності $\chi = 65,219$ має місце при гідростатичному тиску рівному атмосферному $P_0 = 100000$ Па та потужності ПЗВ $W = 44,7802 \approx 45$ Вт.

Звідси випливає важливий висновок: для розчину ПКМ на основі еластомеру Ф-40 із щільністю $\rho = 906,15$ кг/м³ та коефіцієнтом адіабатичної стисливості рідини $1,185 \cdot 10^{-9}$ м²/Н, при гідростатичному тиску рівному атмосферному $P_0 = 100000$ Па, мінімальною допустимою потужністю при якій забезпечуватиметься ефективне диспергування матеріалу є потужність ПЗВ $W = 45$ Вт.

На рисунку 4.2 представлено залежність звукового тиску P_A від потужності ПЗВ W .

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

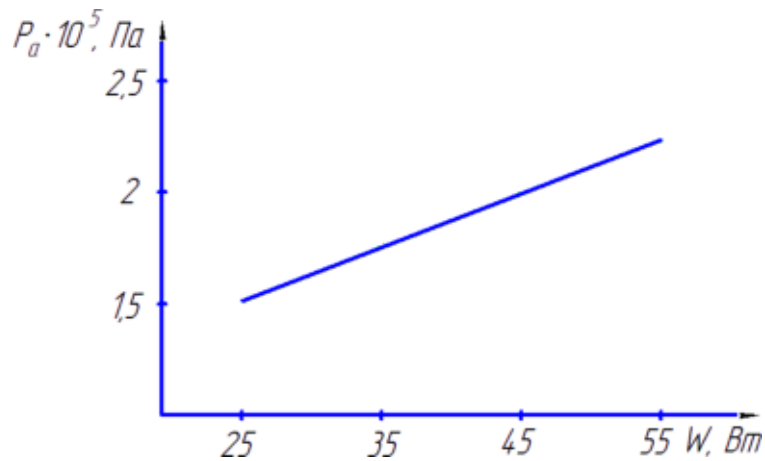


Рисунок 4.2 – Залежність звукового тиску P_A від потужності ультразвукової обробки W

На рисунку 4.3 представлена залежність критерію ерозійної активності від потужності ПЗВ W . Як впливає з малюнка 4.3, чим більша потужність ультразвукової обробки W , тим вища ефективність диспергування розчину ПКМ. В іншому випадку утворюватимуться порожнини 1 або 2 групи, і ефективність диспергування буде низькою [60]. З урахуванням того, що максимальна потужність ультразвукової ванни "GRAD 0,5 HOME STYLE" становить $W = 55$ Вт, це значення потужності прийняли як рекомендовану при ПЗВ розчину ПКМ на основі еластомеру Ф-40.

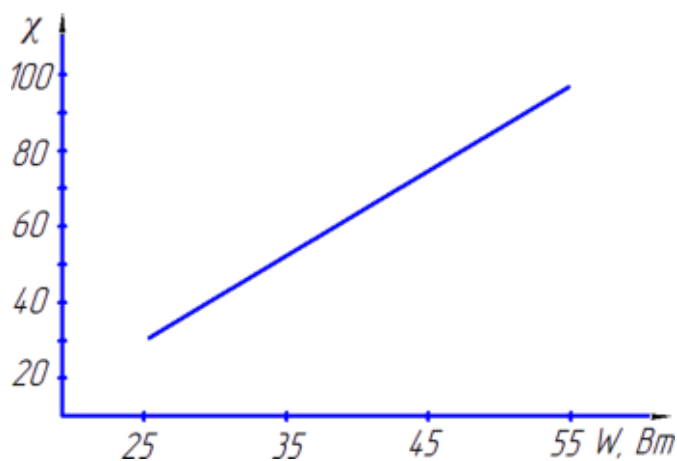


Рисунок 4.3 – Залежність критерію ерозійної активності розчину ПКМ на основі Ф-40 від потужності ультразвукового випромінювання W

Дослідження якості змішування розчину композиції на основі еластомеру Ф-40 при ультразвуковій обробці для різної тривалості ультразвукового диспергування проводили методом капілярної віскозиметрії за ГОСТ 18249-72.

Експеримент показав, що в'язкість розчину ПКМ із збільшенням часу ПЗВ підвищується від 0,22 до 0,6 Па·с.

Максимального значення в'язкості $\eta = 0,6$ розчин ПКМ досягає при часі ПЗВ $t = 20$ хв, при великих значеннях часу ПЗВ в'язкість зростає не значно. Тому при потужності ПЗВ 55 Вт оптимальним часом обробки розчину ПКМ на основі еластомеру Ф-40, при якому досягається максимальна якість змішування наповнювачів полімерної матриці, є час $t = 20$ хв.

На наступному етапі досліджували якість змішування при різному рівні розчину ПКМ в ультразвуковій ванні. Якість змішування, тобто. рівномірність розподілу наповнювача в полімерній матриці, у роботі [54] оцінюють за в'язкістю ПКМ.

Чим вище в'язкість, тим більш рівномірно розподілений наповнювач за обсягом полімерної матриці.

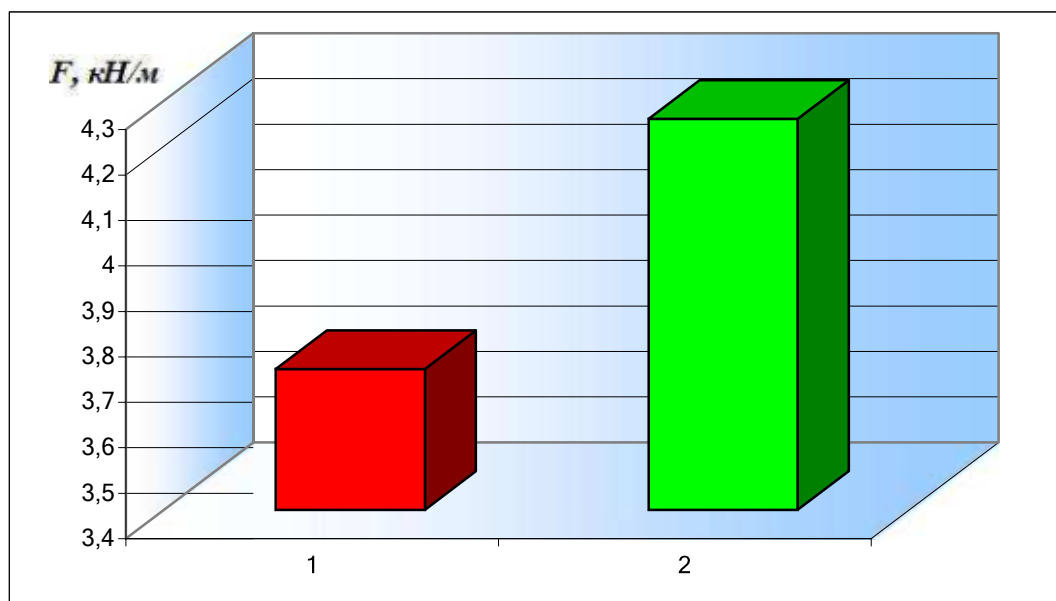
4.3. Дослідження адгезійних властивостей покриттів композиції на основі еластомеру Ф-40

Важливою характеристикою, яка значною мірою визначає працездатність покриттів полімерних композиційних матеріалів при відновленні отворів корпусних корпусних деталей, є адгезія. На рисунку 4.16 показані результати дослідження адгезійних властивостей покриттів композиції на основі еластомеру Ф-40 з ручним механічним змішуванням та після ультразвукової обробки.

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Як впливає з рисунка 4.4. міцність адгезійної композиції на основі еластомеру Ф-40 приготовленої ручним механічним змішуванням становить $F = 3,71 \text{ кН/м}$, адгезійна міцність композиції еластомеру Ф-40 після УЗ обробки становить $F = 4,26 \text{ кН/м}$. Композиція еластомеру Ф-40 схильна до ультразвукового впливу має більш високі адгезійні показники. Адгезійна міцність композиції еластомеру Ф-40 після УЗ обробки на 15% перевищує аналогічний показник композиції, приготовленої ручним механічним змішуванням.

При використанні ультразвукової обробки адгезійні властивості полімерної композиції на основі еластомеру Ф-40 підвищуються в 1,15 рази порівняно з матеріалом, приготованим вручну механічним способом.



1 – ручне механічне змішування; 2 - УЗ обробка

Рисунок 4.4 – Адгезійна міцність полімерної композиції еластомеру Ф-40

4.4.Визначення дефектності полімерних покриттів із розчину еластомеру Ф-40 та композиції на його основі

Дефектність полімерного покриття істотно впливає на його ресурс у процесі експлуатації. Наявність пір мікротріщини при статичному і

динамічному навантаженні покриття можуть виступати джерелом зростання тріщин і викликати подальше руйнування. Пори, які утворюються в ході випаровування парів ацетону при затвердінні покриття, є головним дефектом полімерних покриттів з еластомеру Ф-40. Для зниження пористості застосовують шарове нанесення покриття з просушуванням кожного шару протягом 10 хв при нормальній температурі. Однак при термічній обробці покриття конвекційним способом не вдається повністю уникнути пористості. Введення дисперсних металевих наповнювачів у розчин еластомеру Ф-40С сприяє зменшенню розміру пор до 2,5 разів, знижує концентрацію пор на 24 %, площа зруйнованого покриття зменшується до 2,25 рази. Встановлено, що кількість ацетону, що випарувався, при ПЗВ в 2,5 рази більша, ніж при ручному змішуванні розчину полімерної композиції еластомеру Ф-40, що повинно знизити пористість і підвищити якість його полімерних покриттів. Мета цих експериментальних досліджень – оцінка впливу способу змішування (ручне змішування та ПЗВ) на дефектність покриттів з не наповненого еластомеру Ф-40 та ПКМ на його основі.

На рисунку 4.5 показані плівки з еластомеру Ф-40 без та після ультразвукової обробки та плівки з композиції еластомеру Ф-40 без та після ультразвукової обробки. Як видно з малюнків, дефектність полімерних покриттів після ПЗВ знизилася. Площа зруйнованого покриття знизилася з 6,1% у полімерних покриттях еластомеру Ф-40 без ПЗВ до 4,76% у покриттях після ПЗВ матеріалу. Показник дефектності знизився до 1,28 разів. За допомогою мікроскопа МПБ-2, що забезпечує 24-х кратне збільшення, вдалося встановити, що середній діаметр пір в покриттях еластомеру Ф-40 без ПЗВ становить $d = 0,4 \dots 0,5$ мм, а в покриттях після ПЗВ - $0,3 \dots 0,4$ мм. Розмір часу зменшився до 1,6 разів. Крім зменшення розмірів пор, концентрація пор (кількість бульбашок на 1 см^2) у покриттях після ПЗВ знизилася. У покритті еластомеру Ф-40 без ПЗВ кількість бульбашок на 1 см^2 становить 69, у покриттях після ПЗВ аналогічний показник знизився до 53. Концентрація пір

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

у покритті при використанні ПЗВ зменшилася на 30 %.



а)



б)

Рисунок 4.5 - Плівки з еластомеру Ф-40 без ПЗВ а), після ПЗВ б)

Середній діаметр пір у покриттях композиції, отриманих після ручного змішування, становив $d = 0,2...0,3$ мм, а в покриттях після ПЗВ – $0,15...0,25$ мм. Розмір часу зменшився до 2 разів.

Крім зменшення розмірів пор, концентрація пор (кількість пухирків на 1 см^2) у композиції знизилася. У покриттях композиції еластомеру Ф-40, отриманих після ручного змішування, кількість пухирців на 1 см^2 склала 45, у покриттях після ПЗВ аналогічний показник – 33. Концентрація пір у покритті після ПЗВ знизилася на 36 %.

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73



а)



б)

Рисунок 4.6 – Плівки з композиції еластомеру Ф-40 без ПЗВ а), після ПЗВ б)

4.5.Визначення довговічності посадок підшипників кочення відновлених розчином композиції на основі еластомеру Ф-40

Довговічність посадок підшипників, відновлених полімерними покриттями, знижується зі збільшенням товщини останніх. Залежності, побудовані у напівлогарифмічних координатах, мають нелінійний характер (рисунок 4.7 та 4.8). Такі залежності називають кривими Веллера. Стрілки у точок вказують на відсутність реєстрації факту провороту кільця підшипника під час випробувань. За базу випробувань на довговічність прийняли $N=5,94 \times 10^7$ циклів навантаження, що відповідає 330 годинам роботи стану.

Стендові випробування при циклічному навантаженні покриттів ПКМ на основі еластомеру Ф-40, отриманих ручним змішуванням, показали, що при товщині покриття $h = 0,2$ мм найменша довговічність з'єднання і становить 11 год. Пояснення носить імовірнісний характер. Зі зростанням

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

полімерного покриття при радіальному навантаженні 20 кН.

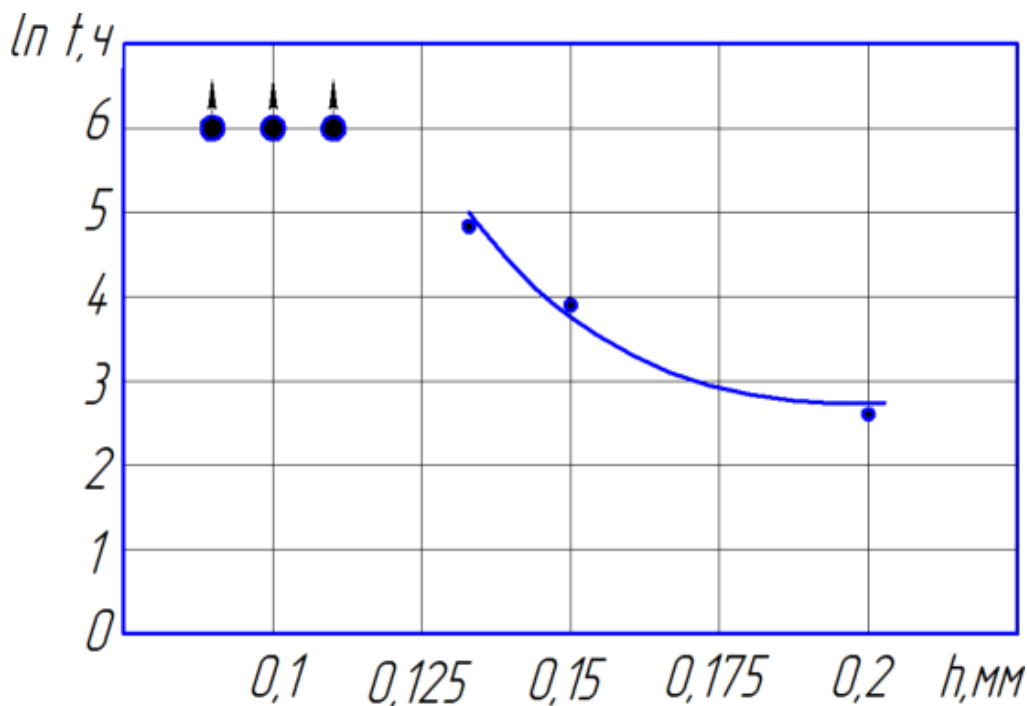


Рисунок 4.8 - Залежність ресурсу t посадок підшипників 209, відновлених ПКМ на основі еластомеру Ф-40 (ПЗВ), від товщини полімерного покриття h при радіальному навантаженні 20 кН

При товщині покриття $h = 0,2$ мм довговічність з'єднання найменша і становить 16 год. Пояснення, як згадувалося вище, має ймовірний характер. У порівнянні з ручним змішуванням ресурс з'єднання після ПЗВ збільшився у 1,45 раза.

При товщині покриття $h = 0,15$ мм довговічність підвищується порівняно з $h = 0,2$ мм в 3,07 рази і становить 49 год.

Суттєве зростання довговічності має місце при товщині покриття $h = 0,135$ мм – 111 год. мм.

При товщині покриття $h = 0,125$ мм зсув зовнішнього кільця підшипника протягом 330 годин роботи стенда зафіксувати не вдалося.

Тому максимальною допустимою товщиною покриття ПКМ на основі еластомеру Ф-40 (ПЗВ) для відновлення корпусних деталей при циклічному

радіальному навантаженні $P = 20 \text{ кН} \in 0,125 \text{ мм}$.

1 Підшипникові посадки в корпусних деталях, відновлені ПКМ на основі еластомеру Ф-40 після ПЗВ, мають вищий, до 1,45 рази ресурс, порівняно з аналогічними посадками, відновленими ПКМ, отриманими ручним змішуванням.

2 Полімерним композитом на основі еластомеру Ф-40 після ПЗВ рекомендується відновлювати зношені посадкові отвори під підшипники в корпусних деталях з діаметральним зносом до 0,25 мм.

4.6. Технологічні рекомендації

В результаті узагальнення матеріалів теоретичних та експериментальних досліджень розроблено технологію відновлення підшипникових отворів корпусних деталей композицією на основі еластомеру Ф-40 після ультразвукової обробки.

Технологія відновлення містить такі операції:

- 1) очищення посадкових отворів під підшипники у корпусній деталі;
- 2) вимірювання посадкових отворів визначення зносу;
- 3) знежирення посадкових отворів;
- 4) приготування композиції на основі еластомеру Ф-40 з використанням ультразвукової обробки;
- 5) нанесення композиції на основі еластомеру Ф-40 на посадкові отвори в корпусній деталі;
- 6) термічна обробка нанесених полімерних покриттів;
- 7) калібрування отворів із полімерним покриттям;
- 8) контроль якості полімерних покриттів у корпусній деталі.

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА

Відновлення посадкових отворів корпусних деталей композицією на основі еластомеру Ф-40 після ультразвукової обробки

№ п/п	зміст операції	Обладнання, пристосування, інструмент, матеріали	Технічні умови
1	Очистити посадкові місця підшипників у отворах корпусної деталі від слідів корозії	Верстат слюсарний ОРГ 1468А, лещата, шкірка шліфувальна Е5М1А №16	Обробити поверхні до металевого блиску
2	Виміряти посадкові отвори для визначення зносу	Нутромір індикаторний	Діаметральне зношування не повинно перевищувати допустимого значення 0,25 мм
3	Знежирити посадкові місця підшипників в отворах корпусної деталі	Стіл з витяжною шафою ОП-2038, технічний ацетон, ватний тампон, обгорнутий марлею	Витримати на повітрі протягом 10 хв.
4	Приготувати композицію	Еластомер лак Ф-40 (ТУ 6-06-246-92), алюмінієва пудра ПАП-1 (ГОСТ 5494-95), бронзовий порошок БПП-1 (ТУ 48-21-150-72), ваги ВК 3000.1	Склад композиції: еластомер Ф-40С – 100 мас.-год.; алюмінієвий порошок ПАП-1 - 16 мас.-ч.; бронзовий порошок БПП-1 – 1,8 мас.-год.
5	Провести УЗ обробку композиції	Ванна ультразвукова "GRAD 0,5 HOME STYLE"	Час ПЗВ $t = 20$ хв (0,33 год), рівень розчину ПКМ в ультразвуковій ванні $h \leq 14$ мм
6	Нанести пошарову композицію на посадочні місця підшипників в отворах корпусної деталі	Пензлик волосяний №6...8	Кожен шар покриття сушити протягом 10 хв.
7	Провести термічну обробку сінних полімерних покриттів	Шафа сушильна СНОЛ-3.5,3.5,3.5/3 або сушиль-камера	Термічну обробку проводити при температурі 120оС протягом 2,5 год
8	Провести калібрування отвору з полі-мірним покриттям	Пристрій для калібрування, монтажна труба, електрогідравлічний прес	-
9	Провести контроль якості полімерних покриттів у корпусній деталі	Лупа 8-10 кратного збільшення	Візуальний огляд

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

- 1) Визначено фізичні властивості розчинів ПКМ на основі еластомеру.
- 2) Визначено технологічні параметри ефективного ультразвукового диспергування розчину ПКМ на основі еластомеру Ф-40 в ультразвуковій ванні.
- 3) Визначено оптимальний режим термічної обробки плівок композиції на основі еластомеру Ф-40.
- 4) Розроблено технологію відновлення посадкових отворів під підшипники в корпусних деталях композицією на основі еластомеру Ф-40, що включає ПЗВ матеріалу.

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Батищев, А. К. Посібник гальваніка - ремонтника / Батищев О.К.; - К.: Колос, 1980. - 240 с.
- 2 Голубєв, І. Г. Дослідження довговічності нерухомих сполук, відновлених залізненням під час ремонту сільськогосподарської техніки: дис... канд. техн. наук/Голубєв І.Г. - К., 1981, - 135 с.
- 3 Поляченко, О. В. Збільшення довговічності деталей, що відновлюються контактним приварюванням зносостійких покриттів в умовах сільськогосподарських ремонтних підприємств: автореф. дис... докт. техн. наук/Поляченко О.В. - К., 1984. - 44 с.
- 4 Черноіванів, В. І. Удосконалення технології та підвищення якості відновлюваних деталей сільськогосподарської техніки: автореф. дис... докт. техн. наук/Черноіванов В.І. - К., 1984. - 53 с.
- 5 Бугаєв, В. Н. Відновлення деталей та підвищення ресурсу паливної апаратури тракторних та комбайнових дизелів: автореф. дис... докт. техн. наук. / Бугаєв В.К. - К., 1987. - 32с.
- 6 Курчаткін, В. В. Відновлення посадок підшипників кочення сільськогосподарської техніки полімерними матеріалами: дис... докт. техн. наук. / Курчаткін В.В. - К., 1989, - 407 с.
- 7 Сидоров, А. І. Відновлення деталей сільськогосподарської техніки плазмовим наплавленням: автореф. дис... докт. техн. наук. / Сидоров А.І. - К., 1989. - 34 с.
- 8 Мошенський, Ю. А. Технологічні основи підвищення надійності автотракторних валів при відновленні їх наплавленням та термічною обробкою: автореф. дис... докт. техн. наук. / Мошенський Ю.А. - Пушкін, 1990.- 43 с.
- 9 Черноівіл, К.І. Технологічні засади відновлення деталей

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

- сільськогосподарської техніки композиційними покриттями: автореф. дис... докт. техн. наук. / Чорновіл К.І. - К., 1992. - 35 с.
- 10 Башкирцев, Ст Н. Відновлення деталей машин та обладнання адгезивами: дис докт. техн. наук. / Башкирцев Ст Н. – К., 2004, – 397 з.
- 11 Гаджієв, А. А. Технологічне забезпечення довговічності підшипні-
- 12 кових вузлів машин застосуванням полімерних матеріалів: автореф. дис... докт. техн. наук. / Гаджієв А. А. - К., 2005. - 35 с.
- 13 Кузнєцов, Ю. А. Відновлення та зміцнення деталей машин та обладнання АПК мікродуговим окисдуванням: автореф. дис... докт. техн. наук. / Кузнєцов Ю. А. - К., 2006. - 35 с.
- 14 Казанцев, С. П. Розробка комбінованої технології отримання залізоборидних покриттів при відновленні та зміцненні деталей сільськогосподарської техніки: автореф. дис... докт. техн. наук. / Казанцев С. П. - К., 2006. - 32 с.
- 15 Чорноіванів, В. І. Стан та основні напрямки розвитку техніки
- 16 ного сервісу на селі / Чорноіванів В. І. // Механізація та електрифікація сільського господарства. - 2000. - № 6, - С. 2 - 5.
- 17 Івченко, Д. І. Відновлення корпусних деталей анаеробними полімерними композиціями: На прикладі картерів коробок передач автомобілів сімейства ГАЗ: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03/ Івченко Дмитро Іванович. - К., 2001. - 198 с.
- 18 Воловик, О. Л. Довідник з відновлення деталей / Воловик О. Л.; - К.: Колос, 1981. - 350 с.
- 19 Поляченко, О. В. Відновлення та зміцнення деталей сільськогосподарської техніки електроконтактним приварюванням присадкових матеріалів / Поляченко О. В., Рогінський Л.Б. // Сучасне обладнання та технологічні процеси для відновлення та зміцнення деталей машин. - К., 1988. - 35 с.
- 20 Ворошилов, І. А. Дослідження та оптимізація процесу плазмової

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

металізації при відновленні внутрішніх циліндричних поверхонь автомобільних корпусних деталей: автореф. дис. ...канд. техн. наук / Ворошилов І. А. , 1973. - 25 с.

21 Авдєєв, К. В. Технологія ремонту машин та обладнання / Авдєєв К. В., Воловик Є. Л., Ульман І. Є.; - К.: Агропромиздат, 1986. - 247 с.

22 Грибініченка, Ст Н. Відновлення ступиць коліс автомобілів та причепів / Грибініченко, В.К. та ін // Сучасне обладнання та технологічні процеси для відновлення та зміцнення деталей машин, 1988. - 88 с.

23 Крупецький, В. А. Відновлення посадкових отворів установкою кілець / Крупецький В. А. // Техніка у сільському господарстві. - 1981, - № 9. - С. 56 - 57.

24 Аскіназі, Б. К. Підвищення ефективності відновлення деталей електромеханічної обробкою з додатковим металом / Аскіназі Б. К., Шеголев Є. А., Мінібаєв Г. Г. // Сучасне обладнання та технологічні процеси для відновлення та зміцнення деталей машин, 1988. - 76 с.

25 Надійність та ремонт машин / Курчаткін В. В., Тельнов Н. Ф., Ачкасов К. А., Батищев А. Н. та ін; За ред. В. В. Курчаткіна. - К.: Колос, 2000, - 776 с.

26 Батищев, А. К. Монтаж, експлуатація та ремонт технологічного обладнання / Батищев А. Н., Голубєв І. Г., Курчаткін В.В.; - К.: Колос, 2007. - 424с.

27 Клінков, А.С. Проектування змішувачів періодичної дії при отриманні композитів заданої якості із відходів термопластів / О.С. Клінков, К.В. Соколов, В.Г. Однолько, П.С. Беляєв. - К.: Видавничий дім "Спектр", 2012. - 196 с.

28 Ахматова, О.В. Композиційні матеріали на основі модифікованого епоксидного олігомеру та нанонаповнювачів: автореф. дис. ...канд. техн.

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

- наук: 05.17.06 / Ахматова Оксана Володимирівна. - К., 2011. - 18 с.
- 29 Кононенко, О.С.Герметизація нерухомих фланцевих з'єднань анаеробними герметиками при ремонті сільськогосподарської техніки: дис.. канд. техн. наук : 05.20.03: / Кононенко А.С. - К., 2001. - 156 с.
- 30 Голих, Р.К.Підвищення ефективності ультразвукової кавітаційної обробки в'язких та дисперсних середовищ / Голих Р.К., Хмелев В.К., Хмелев С.С., Барсуков Р.В., Шалунов А.В. // ТОВ "Центр ультразвукових технологій". – 2011. – с. 321.
- 31 Новий довідник хіміка та технолога [Електронний ресурс]. – К.: електронна версія 2.1. Т. 2: Аналітична хімія. Ч. 2 / за заг. ред. І. П. Калінкіна, 2007. - 1 електрон. опт. диск (CD-ROM).
- 32 Агранат, Б.А.Основи фізики та техніки ультразвуку: навч. посібник для вузів / Б. А. Агранат [та ін]. - К.: Вищ. шк., 1987. - 352 с.
- 33 Винников, І. З. Сверловщик / Винников І. З., Френкель К. І., – К.: Вищ. школа, 1971. - 288 с.
- 34 Лахно, А. В.Відновлення деталей машин із полімерних матеріалів / Лахно А. В., Рильякін Є. Г. // Молодий учений. - 2014. - №8. - С.196 - 199.
- 35 Ремонт машин/За ред. Тельнова Н. Ф. - К.: Агропромиздат, 1992, 560с. 66
Технологія ремонту машин та обладнання. За заг. ред. І. С. Левитського. Вид. 2-ге, перероб. та дод. К.: "Колос", 1975.
- 36 Андрієвський, Р.А.Наноструктурні матеріали К.: Академія, 2007 - 179 с.
- 37 Геллер, Ю.А.Матеріалознавство. - К.: Металургія, 1989. - 456 с.
- 38 Головін, Ю.І.Введення у нанотехніку. - К.: Машинобудування, 2007. - 496 с.
- 39 Дальський, А.К.Технологія конструкційних матеріалів. - К.: Машинобудування, 1985. - 448 с.
- 40 Беркович, К. З.Дослідження та підвищення довговічності підшипникових вузлів тракторних трансмісій: дис... канд. техн. наук. /Беркович К.С. - К.,

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

1972, - 130 с.

41 Капустіна, О.А. Фізичні основи ультразвукової технології/О.А. Капустіна: в 3-х т. / Л. Д. Розенберг [та ін.]. - К.: Наука, 1970. - Т.3.-689 с.

42 Металеві порошки та порошоків матеріали: довідник / Б. Н. Бабич, Є. В. Вершиніна, В. А. Глебов та ін. / За ред. Ю. В. Левінського. - К.: ЕКОМЕТ,2005. - 520с.

43 ГОСТ 3900-1985. Нафта та нафтопродукти. Методи визначення густини. - Замість ГОСТ 3900-47; введ. 2006-02-01. - К.: Вид-во стандартів, 2006. - 141 с.

44 ГОСТ 20073-81. Компресори повітряні поршневі стаціонарні загального призначення. - Замість ГОСТ 20073 - 74; введ. 1981-04-13. - К.: Вид-во стандартів, 1981. - 28 с.

45 ГОСТ 2405-1988. манометри. Вакуумметри. Мановакуумметри. Напороміри. Тягоміри. Тягонапороміри. Нафтопродукти. Визначення тиску насиченої пари. - Замість ГОСТ 2405-80; введ. 1989-07-01. - К.: ІПК вид-во стандартів, 1989. - 33 с.

46 ГОСТ 1756-2000. Нафтопродукти. Визначення тиску насиченої пари. - Замість ГОСТ 1756-52; введ. 2000-11-03. - К.: Вид-во стандартів, 2000. - 47 с.

47 Ваги лабораторні ВК. Модифікації ВК 150.1, ВК 300, ВК 300. дство з експлуатації. РЕ ВК, 2008. -52 аркуші.

48 Пірометр Testo 830-T4. Посібник користувача. - 9 аркушів.

49 ГОСТ 12423-66.Пластмаси. Умови кондиціонування та випробування зразків (проб). - К.: Вид-во стандартів, 1989. - 6 с.

50 ГОСТ 14236-81.Плівки полімерні. Метод випробування на розтяг. - К.: Вид-во стандартів, 1982. - 10 с.

51 Хайліс, Г. А.Дослідження сільськогосподарської техніки та обробка дослідних даних / Хайліс Г. А., Коваль К. К.; - К.: Колос, 1994. - 169 с.

52 Аугамбаєв, К. І.Основи планування науково-дослідного експерименту /

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

- Аугамбаєв К., Іванов А.З., Терехов Ю.І.; – Ташкент. Укитувчі, 1993. - 336 с.
- 53 ГОСТ 21981-76.Метод визначення міцності зв'язку з металом при відшаровуванні (проб). - К.: Вид-во стандартів, 1976. - 7 с.
- 54 ГОСТ 9.407-84.Лакофарбові покриття. Метод оцінки зовнішнього вигляду. - К.: Вид-во стандартів, 1984. - 8 с.
- 56 Стромберг, А. Г.Фізична хімія/Семченко Д. П.; - К.: Вища школа, 1999. - 527 с.
- 57 Даніельс, Ф.Фізична хімія / Олберті Р. - К.: Світ, 1978. - 645 с. 112 ГОСТ 18249-72. Пластмаси. Метод визначення в'язкості розведених розчинів полімерів. - К.: Вид-во стандартів, 1974. - 6 с.
- 58 Шпилько, О. В.Методика визначення економічної ефективності технологій та сільськогосподарської техніки / Шпилько А.В., Драгайцев В.І., Тулапін П.Ф. та ін.; - К.: Видавництво журналу "Аграрна наука", 1998. - 127 с.
- 59 Конкін, Ю. А.Економічне обґрунтування впровадження заходів науково-технічного прогресу в АПК / Конкін Ю. А., Пацкалев А. Ф., Осипов В. І. та ін; - К.: МПСП, 1992. - 47с.
- 60 Кравченко, І. К.Техніко - економічне обґрунтування інженерних рішень з експлуатації та ремонту машин / Кравченко І. Н., Шиліна Н. В., Попова Л. Н., Карцев С. В., Пучин Є. А., Карєв А. К.; - Видавництво УМЦ "Тріада", 2006. - 144с.

					ДРБМТВА 23.20094.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

