

Винахід відноситься до області нанесення покриття на вироби, що використовуються у промисловому обладнанні у вузлах тертя, пристроях ущільнення та опорах ковзання для підвищення зносостійкості, прискорення прироблення та створення оптимальної шорсткості поверхонь.

Розробка зносостійких полімерних матеріалів, зокрема на основі поліуретанів, в основному проводиться методами регулювання їх властивостей на стадії синтезу шляхом змінення природи та співвідношення компонентів [Трофимович А.Н., Анисимов В.Н., Кураченков В.Н. и др. Роль структурного фактора при оценке износостойкости полиуретанов. - Трение и износ, 1987, №3 Т. 8, С, 493-499] або введенням різноманітних наповнювачів та модифікаторів [Композиционные материалы на основе полиуретанов: Пер. с англ./Под ред. Ф.А. Шутова - М; Химия, 1982. - 340с.; Омельченко С.И., Кадурин Т.И. Модифицированные полиуретаны - Киев. Наук. Думка, .1983. - 228с]. Однак у таких випадках змінення характеристик матеріалу відбувається по всьому об'єму. При цьому спостерігається зростання тільки деяких показників. Одним із способів поєднання високих експлуатаційних характеристик поліуретанів та надання їм заданих властивостей, наприклад зносостійкості, є нанесення на поверхні деталей та конструкцій різноманітних покриттів.

Відомий засіб отримання покриття на виробах шляхом заповнення рідкою полімерною композицією з порошковим наповнювачем порожнини, що створена між поверхнею деталі та оправка, вкритої розділяючим шаром та опудреною наповнювачем [А.с. N1014741, Б.И. №16, 1983, кл. B29F/10. Способ нанесения полимерного покрытия на детали]. З метою підвищення зносостійкості виробів, перед заповненням порожнини полімерною композицією на розділяючий шар оправки наноситься шар порошкоподібного наповнювача (абразивного порошку), який входить до складу цієї композиції.

Такий спосіб має цілу низку суттєвих недоліків. Перед усім, це застосування оправки, що значно ускладнює процес нанесення порошку або робить його практично неможливим, якщо конфігурація деталі досить складна. Наявність оправки не дозволяє також отримувати на поверхні виробів мінімально необхідного порошкового шару (зокрема моношару). Це пов'язано з надзвичайною складністю сміщення оправки та виробу на величину розміру частинки, а також з заповненням вказаного об'єму. Таким чином, маємо покриття порівняльно великої товщини (як свідчать результати досліджень для поліуретанових виробів типу опор ковзання, ущільнюючих елементів та т.п., мінімально можлива товщина шару перевищує 1мм, а у деяких випадках і того більше). Такий шар вже фактично є об'ємно наповненим матеріалом і практично не відрізняється від нього по своїм властивостям. Крім того, у цьому випадку, для збереження достатньої міцності поверхневого шару, неможливо створити високу концентрацію порошку. В насадок цього період прироблення фрикційного спряження, тобто поверхонь з оптимальною шорсткістю, становиться значним, а зносостійкість - низькою. Це явище може привести до передчасного виходу з ладу усієї пари тертя.

Відомий спосіб нанесення полімерного покриття на деталі, який передбачає отримання тонкого шару з порошкових матеріалів типу капрону або капролону [Мотовилин Г.Н. и др. Порошковые полимерные материалы и покрытия, - М; Транспорт, 1974. С. 163.]. Цей шар утворюється вихровим або газополум'яним напленням. Проте, цей спосіб містить вузьке коло полімерних матеріалів, зокрема з високою термічною стійкістю. Нанесення таким способом поліуретанових покриттів пов'язано з високою вірогідністю термічної деструкції.

Найбільш близьким по технічній суті та здобутому результату до заявленого винаходу є спосіб нанесення полімерного покриття на деталі, який полягає у нанесенні на їх поверхню порошкоподібної композиції з в'язучого та армуючого наповнювача з наступним оплавленням шару порошку, та з додатковим нанесенням шару армуючого наповнювача, наприклад кварцового піску [А.с. №502660, Б.И №6, 1976, кл. B05Д3/00. Способ получения полимерного покрытия на изделиях]. Однак, цей процес дуже складен технічно, особливо при отриманні рівномірного шару на деталях складної конфігурації. Нанесення полімерного покриття на вироби здійснюється також шляхом занурення останніх у нерухомий шар порошку, та впливу на всю систему віброзбурення. Однак, такий спосіб для поліуретанів не ефективен, тому що висока когезія їх молекулярних ланцюгів забезпечує високий модуль упругості, міцність на роздир та розрив, що здійснює суттєвий опір вібраційному проникненню частинок покриття у поверхневий шар матеріалу.

Задача винаходу - розробка способу нанесення на деталі покриття, яке поєднує високі експлуатаційні характеристики поліуретану з заданими властивостями, шляхом створення на його поверхні шару з абразивного матеріалу.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі нанесення покриття на вироби з ТПУ, згідно винаходу, вони поміщуються у абразивний порошок з розмірами частинок 5-30мкм та проводиться термічна обробка при 160-180°C у продовж 60-80хв.

Відомо, що при нагріванні поліуретанів до температур вищих 70°C у них відбувається розрив водень-уретанових зв'язків, а вище 150°C - уретан-уретанових зв'язків [Тищенко Г.П., Кураченков В.Н. Анисимов В.Н. и др. Совершенствование методов исследования физико-химических свойств полимерных материалов и защитных покрытий.: Обз. инф. М: НИИГЭХИМ 1985, вып. 12/242, 36с.]. При цьому помітно підвищується адгезія матеріалу до твердої поверхні. Використання частинок карбиду кремнію, які мають молекулу з поляризованим ковалентним зв'язком, забезпечує їх міцне зчеплення з поверхнею полімеру. Нанесення шару порошку на поверхню виробу за запропонованим способом відбувається як за рахунок термодифузійного насичення поверхні частинками, так і за рахунок їх часткового налипання. В останньому випадку за рахунок високої адгезії міцність зчеплення достатньо велика і частинки при терті не викирковуються, забезпечуючи високу швидкість прироблення та зносостійкість пари за умов експлуатації.

Вироби з ТПУ, при обробці у заданому діапазоні температур не втрачають своєї форми та не деформуються. Це свідчить про те, що матеріал не розм'якшується та не розплавляється.

Як свідчать результати аналізу зразків термопластичного поліуретану з таким шаром, при терті по сталевій поверхні, а також оптичні дослідження поверхонь тертя, наявність абразивного порошку дозволяє зменшити більше ніж у 10 разів період прироблення металево-полімерної пари. Поверхні з однаковою шорсткістю формуються у кратчайший термін і забезпечують підвищення зносостійкості пари тертя у 5-6 разів.

Після процесу прироблення, тертя фактично відбувається між металом та вихідним поліуретановим матеріалом. При цьому фізико-механічні характеристики залишаються на високому рівні. В порівнянні із способом нанесення шару між оправкою та деталлю, запропонований спосіб значно простіший, більш технологічніший та не потребує великих затрат абразивного порошку.

З літературних джерел відомо, що порошок карбіду кремнію використовується для введення у полімери з метою підвищення опору зношуванню [Наполнители для полимфных композиционных материалов. - Справочное пособие: - Под ред. Каца Г.С., - М: Химия, 1981, С. 216]. Однак, у відомих випадках він застосовується у якості об'ємного наповнювача.

Відомо також, що нанесення наповнювача на поверхню поліуретану відбувається у той момент, коли він ще не до кінця затвердів. В основному, це характерно для литтєвих поліуретанів або компаундів (наприклад СКУ, "Вілади" та їх закордонні аналоги). Нанесення таким способом порошків на ТЛУ, які підлягають переробці шляхом лиття під тиском, екструзією та т.і. не можливо. Формування виробу відбувається у замкненій пресформі та його витягнення можливе тільки після повного затвердження матеріалу. Нанесення порошку карбіду кремнію по запропонованому способу відбувається вже на поверхні сформованого виробу з ТПУ.

Реалізація способу досягається наступним чином. Виріб з ТЛУ, отриманий будь яким з відомих способів переробки термопластів (лиття під тиском, екструзія та т.і.) поміщують у ємність з абразивним порошком, наприклад карбіду кремнію з дисперсністю частинок 5мкм на глибшу наприклад 30мкм, нагрівають у термокамері до температури 160°C та витримують на протязі 60хв.

Контроль температури відбувається за допомогою термопари, яка поміщена у шар порошку карбіду кремнію на глибину, наприклад, 30-40мм. Контроль прогріву виробу до заданої температури по всьому об'єму не потрібен. Тому що процес має тільки поверхневий характер. У подальшому вироби витягують з шару порошку та трохи обтрушують. Після охолодження вони готові до використання за призначенням.

Дослідження на зносостійкість проводились на дисковій машині тертя у режим тертя без змащення. Схема досліджень; диск-палець (диск - сталь 45, HRC 45-48; палець - полімерний зразок діаметром 10мм та висотою 10мм). Умови досліджень; навантаження $P=0,2\text{МПа}$, швидкість $V=0,4\text{м/с}$ [Тищенко Г.П., Кураченко В.Н., Анисимов В.Н. и др. Совершенствование методов исследования физико-химических свойств полимерных материалов и защитных покрытий; Обз. инф. М: НИИТЭХИМ, 1985, вып. 12/242, 36с.]. Вимірювання глибини та товщини нанесення шару проводилось на оптичному структурному аналізаторі Eriquant та мікроскопі NU-2E.

Запропонований спосіб ілюструється прикладами конкретного використання (таблиця 1). Вибір часових та температурних режимів обробки в заданому діапазоні обумовлений тим, що при температурах нижчих 160°C та часу витримки менше 60хв., процеси термодифузійного насичення протікали незначно та помітного впливу на властивості матеріалу не виявляли. При температурах вищих 180°C та часу витримки більше 80хв., у матеріалі відбувались незворотні зміни внаслідок процесів термодеструкції і пов'язаних з ними падіння міцності та деформаційної стійкості.

Таблиця 1

Глибина проникнення частинок порошку карбіда кремнію у поверховий шар поліуретану (мкм)

Дисперсність частинок порошку карбіда кремнію, мкм	Час обробки, хв																								
	40					60					70					80					100				
	Температура, °C																								
	140	160	170	180	190	140	160	170	180	190	140	160	170	180	190	140	160	170	180	190	140	160	170	180	190
1	0	0	0,35	0,5	0,35	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5
5	0,5	0,5	1,5	2,0	2,0	1,5	2,0	2,5	2,5	2,5	1,5	2,0	2,5	2,5	2,5	1,5	2,0	2,5	2,5	2,5	2,0	2,5	2,5	1,5	2,5
20	4	5	5	6	6	6	7	8	8	8	6	7	8	8	8	7	8	9	9	9	8	9	9	9	9
30	4	7	12	15	15	11	14	15	15	15	11	14	15	15	15	11	14	15	15	15	13	15	15	15	15
60	11	15	20	20	20	18	25	30	30	30	18	25	30	30	30	18	25	30	30	30	25	30	30	30	30

Як видно з наведених у таблиці 2 даних, найбільш оптимальним є використання фракцій порошку карбіду кремнію з розміром частинок 5-30мкм. При більших розмірах частинки погано закріплюються у поверхневому шарі матеріалу та у процесі тертя швидко викрошуються. Диспергування у зону контакту таких крупних частинок призводить до виникнення на поверхні тертя задирів, розривів та супроводжується ростом зносу матеріалу. Насичення поверхні тертя частинками карбіду кремнію менше 5мкм також не дає суттєвих позитивних результатів через інтенсивне викрошування під впливом мікронерівностей сталевго контртіла.

Таблиця2

Інтенсивність зношування поліуретанів з поверхневим шаром, насиченим абразивними частинками карбіду кремнію

Показник	Прототип*	Час обробки, хв.				
		40	60	70	80	100
		Температура, °C				
		140	160	170	180	190
		Розмір частинок карбіду кремнію, мкм				

		1**	5	20	30	60***
Час прироблення, хв.		-	60	100	110	-
Інтенсивність зношування при терті без змащення, мг/км						
- Вітур Т0213-90	2,5	2,5	0,25	0,3	0,4	9
- Вітур Т1413-85	4	4	0,7	0,7	08	14
<p>* Тривалість прироблення сумірна з часом зносу нанесеного шару,</p> <p>** Стадія прироблення відсутня. Внаслідок швидкого викришування частинок, у початковий період, тертя практично існує між сталлю та вихідним матеріалом;</p> <p>*** Стадія прироблення відсутня. На поверхні тертя сліди абразивного наносу у вигляді глибоких борозн та роздирів.</p>						

Дані по зносостійкості наведені для умов експлуатації після режиму прироблення, в умовах стаціонарного тертя парі метал-вихідний полімер.

Використання запропонованого способу планується у ремонтно-механічних цехах на підприємствах хімічної, металургійної та горноздобуваючої промисловості України.