



УКРАЇНА

(19) UA (11) 34724 (13) U  
(51) МПК (2006)  
C09D 1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

ОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) МОДИФІКОВАНЕ ЕПОКСИКОМПОЗИТНЕ ПОКРИТТЯ

1

2

(21) u200801631

(22) 08.02.2008

(24) 26.08.2008

(46) 26.08.2008, Бюл.№ 16, 2008 р.

(72) БУКЕТОВ АНДРІЙ ВІКТОРОВИЧ, UA, СТУХЛЯК ПЕТРО ДАНИЛОВИЧ, UA, ДОБРОТВОР ІГОР ГРИГОРОВИЧ, UA, ЯРЕМА ІГОР ТЕОДОРОВИЧ, UA

(73) ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ, UA

(57) Модифіковане епоксикомпозитне покриття, що містить оброблений постійним магнітним полем адгезійний шар і поверхневий шар, який оброблений постійним магнітним полем з наступним ультрафіолетовим опроміненням, виконані з композиції, яка містить епоксидну діанову смолу, отверджувач та дисперсний наповнювач, яке від-

різняється тим, що композиція адгезійного шару як дисперсний наповнювач містить ферит, а композиція поверхневого шару як дисперсний наповнювач містить дисперсні частки оксиду міді та карбід титану при наступному співвідношенні інгредієнтів у шарах, мас. ч.:

адгезійний шар:	
епоксидна діанова смола	100
отверджувач	8-12
дисперсний наповнювач:	
ферит, 10-20мкм	30-50
поверхневий шар:	
епоксидна діанова смола	100
отверджувач	8-12
дисперсний наповнювач:	
оксид міді, 63мкм	70-90
карбід титану, 40мкм	30-50.

Корисна модель відноситься до області отримання композитних покриттів для збільшення ресурсу роботи деталей машин та механізмів технологічного устаткування в машинобудуванні, радіотехнічній, хімічній і харчовій промисловості.

Відоме полімеркомпозитне покриття [а.с. SU №1434762 А1, ДСК "Полімеркомпозитне покриття"], що містить адгезійний і поверхневий шари, виконані з композиції, яка містить епоксидну діанову смолу, отверджувач та дисперсний наповнювач.

Недоліком відомого покриття є невисокі показники стійкості до спрацювання захисних покриттів. Вказаний недолік зумовлений швидким старінням покриття внаслідок невисокої його адгезійної і когезійної міцності.

Найбільш близькою за технічною суттю до покриття, яке заявляється, є модифіковане епоксикомпозитне покриття [Букетов А.В. Адгезійна міцність покриттів з епоксикомпозитів, що оброблялись комплексом зовнішніх полів //Вісник ТДТУ.-2005.-№1.-С.60-68], що містить оброблений постійним магнітним полем адгезійний шар і поверхневий шар, який оброблений постійним магнітним полем з наступним ультрафіолетовим опроміненням, виконані з композиції, яка містить

епоксидну діанову смолу, отверджувач та дисперсний наповнювач.

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення стійкості до спрацювання захисного покриття шляхом виконання модифікованого епоксикомпозитного покриття, що містить оброблений постійним магнітним полем адгезійний шар і поверхневий шар, який оброблений постійним магнітним полем з наступним ультрафіолетовим опроміненням, виконані з композиції, яка містить епоксидну діанову смолу, отверджувач та дисперсний наповнювач, причому композиція адгезійного шару як дисперсний наповнювач містить ферит, а композиція поверхневого шару як дисперсний наповнювач містить дисперсні частки оксиду міді та карбід титану, з наступним співвідношенням інгредієнтів у шарах, мас.ч.:

Адгезійний шар:	
епоксидна діанова смола	100
отверджувач	8-12
дисперсний наповнювач:	
ферит, 10-20мкм	30-50
Поверхневий шар:	
епоксидна діанова смола	100
отверджувач	8-12
дисперсний наповнювач:	

UA (19) 34724 (11) U (13) U

оксид міді, 63мкм	70-90
карбід титану, 40мкм	30-50

Як зв'язувач для захисного покриття вибрано низькомолекулярну епоксидну діанову смолу марки ЕД-20 [ГОСТ 10687-76], яка у скловидному стані характеризується високими фізико-механічними властивостями та незначними показниками залишкових напружень. Для зшивання епоксидного зв'язувача використано отверджувач поліетиленполіамін (ПЕПА) [ТУ 6-02-594-73]. Отверджувач у зв'язувач вводили при стехіометричному співвідношенні компонентів.

Ферит вводили для збільшення адгезійної взаємодії на межі поділу фаз "захисне покриття - металева основа", що дозволяє водночас підвищити когезійну міцність захисного покриття.

Введення у адгезійний шар наповнювача фериту до 30мас.ч. на 100мас.ч. смоли ЕД-20 призводить до зменшення об'єму полімеру у стані поверхневих шарів, при цьому адгезійна і когезійна міцність покриття знижується. Введення фериту понад 50мас.ч. на 100мас.ч. смоли ЕД-20 зумовлює підвищення залишкових напружень у покритті внаслідок значної кількості дефектів поверхневих шарів навколо дисперсних часток наповнювача. В такому випадку адгезійна міцність матеріалу є не достатньо високою і покриття швидко руйнується.

Введення у поверхневий шар як основного дисперсного наповнювача оксиду міді та додаткового карбіду титану при оптимальному вмісті забезпечує формування стійкого до седиментації шару покриття з високою когезійною міцністю. Збільшення вмісту оксиду міді та карбіду титану зумовлює виникнення напруженого стану та дефектів у поверхневих шарах, що призводить до зменшення когезійної міцності і, відповідно, до зменшення показників стійкості до спрацювання покриття.

Оброблення епоксидної композиції з дисперсним наповнювачем для адгезійного шару у постійному магнітному полі (до введення отверджувача) поліпшує змочування часток наповнювача епоксидним олігомером за рахунок підвищення температури зв'язувача, а також забезпечує міжфазову взаємодію між доменами макромолекул зв'язувача і частками наповнювача, що поліпшує адгезійну та когезійну міцність захисного покриття.

Оброблення епоксидної смоли для поверхневого шару ультрафіолетовим опроміненням забезпечує утворення вільних активних радикалів у зв'язувачі. Незалежно оброблення наповнювача постійним магнітним полем забезпечує його намагнічування і активацію. Подальше введення у опромінену ультрафіолетом епоксидну смолу активованих дисперсних часток оксиду міді і карбіду титану забезпечує інтенсивну взаємодію утворених вільних радикалів з активними центрами на поверхні наповнювачів. Це дозволяє суттєво підвищити когезійну міцність поверхневого шару, а, відповідно, і його стійкість до спрацювання.

Нанесення на сталюю основу (Ст.3) методом пневматичного розпилення адгезійного шару з товщиною 0,1-0,3мм, який містить 30-50мас.ч. фе-

риту дозволяє суттєво підвищити адгезійну міцність покриття. Термообробка адгезійного шару при температурі  $T=323\pm 2K$  протягом  $\tau=1,5-2,0$ год. забезпечує високий ступінь зшивання епоксидної смоли на межі поділу фаз "захисне покриття - металева основа". Виконання адгезійного шару з товщиною, яка менша 0,1мм і більша від 0,3мм, підвищує показники залишкових напружень у захисному покритті. Крім того, термообробка шару при температурі, яка вища оптимальних режимів та з тривалістю, більшою за  $\tau=2,0$ год., зумовлює зменшення міжшарової взаємодії, що погіршує фізико-механічні властивості і стійкість до спрацювання покриття.

Поверхневий шар з товщиною 1,0-1,5мм наносять на адгезійний шар після його попереднього полімеризації методом пневматичного розпилення. При подальшому твердненні це зумовлює добру взаємодію між шарами покриття, що значно поліпшує його стійкість до спрацювання. Введення в епоксидну матрицю як основного наповнювача оксиду міді та додаткового карбіду титану і формування поверхневого шару при оптимальній товщині забезпечує значне поліпшення стійкості до спрацювання покриття. Таким чином, у порівнянні з відомими технічними рішеннями заявлений об'єкт та спосіб його формування має суттєві відмінності, а отримання позитивного ефекту зумовлено усею сукупністю ознак.

В таблиці наведено приклади конкретного виконання композиції: технічні рішення згідно з заявою, контрольні приклади прототипу, а також їхні порівняльні властивості.

Відносну стійкість до гідроабразивного спрацювання матеріалів визначали за методикою випробування матеріалів і покриттів на газоабразивне спрацювання з використанням відцентрового прискорювача [ГОСТ 23201-78]. Методика дозволяє моделювати реальні процеси спрацювання деталей механізмів під дією гідроабразиву. Швидкість обертання ротора відцентрового прискорювача становила 3000об/хв. Як гідроабразивну суспензію використано суміш технічної води і абразивних часток (5:1 у об'ємі). Випробування зразків з розміром  $20\times 10\times 4$ мм проводили при зміні кута атаки гідроабразивної суміші в межах від 30 до 90°. Для порівняння отриманих результатів експериментальних досліджень як еталон використано зразок зі сталі Ст.3.

Відносну стійкість до спрацювання визначали за формулою:

$$\varepsilon = \frac{\delta_e}{\delta_3}$$

де:

$\delta_e$  - втрата маси сталюого зразка, кг;

$\delta_3$  - втрата маси досліджуваного зразка, кг.

Зважування зразків перед дослідженнями і після випробувань проводили на аналітичних вагах ВЛР-200 з точністю до  $\pm 0,001$ г.

Таблиця 1

## Модифіковане епоксикомпозитне покриття

№	Компоненти	Композиція згідно з корисною моделлю			Контрольні приклади										прототип		
		I	II	III	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	I	II	III
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Адгезійний шар																
1	Епоксидна діанова смола	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	Отверджувач - поліетилен-поліамін (ПЕ-ПА)	8	10	12	6	6	12	8	10	10	12	8	14	15	10	12	15
	Наповнювач																
3	Ферит, 10-20мкм	30	40	50	10	20	30	40	50	30	40	50	60	70	-	-	-
4	Склобій, 60мкм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	120	160
5	Аеросил	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	4
6	Оброблення композиції у постійному магнітному полі	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Поверхневий шар																
7	Епоксидна діанова смола	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
8	Новолачна фенольна смола	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	40	50
9	Отверджувач - поліетилен-поліамін (ПЕ-ПА)	8	10	12	6	6	12	8	10	10	12	8	14	15	10.0	10.0	10.0
	Наповнювач																
10	Оксид міді, 63мкм	70	80	90	40	60	80	80	80	80	70	90	100	120	-	-	-
11	Карбід титану, 40мкм	30	40	50	10	20	30	50	30	50	40	40	60	70	-	-	-
12	Тугоплавка комплексна сполука	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	140	180
13	Червоний шлам, 10-20мкм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	50	60
14	Оброблення композиції ультрафіолетовим опроміненням і постійним магнітним полем	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Характеристики епоксикомпозитного покриття																	
1	Відносна стійкість до спрацювання, $\epsilon$ (при куті атаки гідроабразивної суміші 45°)	0,74	0,70	0,71	0,66	0,62	0,70	0,77	0,74	0,68	0,66	0,64	0,60	0,58	0,28	0,32	0,30
Примітка: + оброблення композиції енергетичними полями; - оброблення композиції енергетичними полями не проводили.																	