



УКРАЇНА

(19) UA (11) 53946 (13) U  
(51) МПК (2009)  
C09D 163/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ОТРИМАННЯ МОДИФІКОВАНОГО ЕПОКСИКОМПОЗИТНОГО ПОКРИТТЯ

1

2

(21) u201004171

(22) 12.04.2010

(24) 25.10.2010

(46) 25.10.2010, Бюл.№ 20, 2010 р.

(72) БУКЕТОВ АНДРІЙ ВІКТОРОВИЧ, СТУХЛЯК ПЕТРО ДАНИЛОВИЧ, ГРУБИЙ ІВАН МИХАЙЛОВИЧ, ЯЦЮК ВАСИЛЬ МИКОЛАЙОВИЧ, МИКИТИШИН АНДРІЙ ГРИГОРОВИЧ

(73) ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

(57) Спосіб отримання модифікованого епоксикомпозитного покриття, що включає нанесення на

металеву основу обробленого у електроіскровому полі адгезійного шару, з подальшою його полімеризацією при температурі  $T=373\pm 2$  К протягом  $\tau=1,5-2,0$  год., після цього наносять оброблений ультрафіолетовим опроміненням, а потім постійним магнітним полем поверхневий шар з наступним твердненням покриття при температурі  $T=293-298$  К протягом  $\tau=72-76$  год., який відрізняється тим, що адгезійний шар попередньо обробляють у постійному магнітному полі.

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.

Відома корозійностійка композиція та спосіб її отримання (пат. №97020588, опубл. в "Промислова власність України", 1997, №5 "Корозійностійка композиція та спосіб її одержання"), що містить стирол, полістирол, перекис бензолу, диметиланілін та етилсилікат при способі формування захисного покриття, що ґрунтується на полімеризації стиролу в масі полістиролу, перекису бензолу і диметиланіліну, яка відбувається наступним чином: вихідну кількість стиролу і полістиролу ділять на дві частини у співвідношенні (45-55):(55-45), потім розчиняють першу і другу частини полістиролу відповідно у першій і другій частинах стиролу в окремих ємкостях, після чого при неперервному перемішуванні у першу частину суміші вводять диметиланілін і етилсилікат, далі отримані композиції зливають в ємкість і перемішують разом.

Недоліком відомого покриття та способу його отримання є трудомісткість формування покриття на деталях складного профілю та значні показники залишкових напружень, що зумовлюють низькі фізико-механічні властивості матеріалу у процесі експлуатації.

Найбільш близькою за технічною суттю до результату, який досягається і способом, що заявляється, є спосіб отримання покриття (пат. №33126

"Спосіб отримання модифікованого епоксикомпозитного покриття", опубл. в "Промислова власність України"), що полягає у нанесенні на металеву основу обробленого у електроіскровому полі адгезійного шару, з подальшою його полімеризацією при температурі  $T = 373\pm 2$  К протягом  $\tau = 1,5-2,0$  год, після цього наносять оброблений ультрафіолетовим опроміненням, а потім постійним магнітним полем поверхневий шар з наступним твердненням покриття при температурі  $T = 293-298$  К протягом  $\tau = 72-76$  год.

Недоліком вказаного способу формування покриттів є високі показники залишкових напружень на межі поділу фаз "захисне покриття -металева основа" і низькі значення руйнівного напруження при згинанні матеріалу.

У основу корисної моделі поставлено задачу зниження показників залишкових напружень на межі поділу фаз "захисне покриття - металева основа" і підвищення руйнівного напруження при згинанні матеріалу шляхом виконання способу отримання модифікованого епоксикомпозитного покриття, який полягає у нанесенні на металеву основу обробленого у електроіскровому полі адгезійного шару, з подальшою його полімеризацією при температурі  $T = 373\pm 2$  К протягом  $\tau = 1,5-2,0$  год, після цього наносять оброблений ультрафіолетовим опроміненням, а потім постійним магнітним полем поверхневий шар з наступним твердненням покриття при температурі  $T = 293-298$  К протягом  $\tau = 72-76$  год., причому адгезійний шар

(19) UA (11) 53946 (13) U

попередньо обробляють у постійному магнітному полі.

Композицію формують і наносять на поверхню за такою технологією. При формуванні адгезійного шару проводять дозування компонентів, перемішування епоксидної смоли і наповнювача, оброблення композиції постійним магнітним полем, після чого вводять отверджувач (ПЕПА). Отриману композицію протягом  $\tau = 10-15$  хв наносять на попередньо обезжирену поверхню методом пневматичного розпилення, після чого термообробляють за режимом:  $T = 343 \pm 2$  К,  $\tau = 1,5-2,0$  год.

При формуванні поверхневого шару проводять дозування компонентів, перемішування епоксидної смоли і наповнювача, оброблення композиції спочатку ультрафіолетовим опроміненням, а потім постійним магнітним полем, після чого вводять отверджувач (ПЕПА). Отриману композицію протягом  $\tau = 10-15$  хв наносять на адгезійний шар методом пневматичного розпилення, після чого затверджують покриття при температурі  $T = 293-298$  К протягом 72-76 год.

Як зв'язуюче для захисного покриття вибрано низькомолекулярну епоксидно-діанову смолу марки ЕД-20 (ГОСТ 10687-76), яка у скловидному стані характеризується високими фізико-механічними властивостями та адгезійною міцністю до чорних металів і сплавів. Для зшивання епоксидного зв'язуючого використовували отверджувач поліетиленшюліамін (ПЕПА) (ТУ 6-02-594-73). Отверджувач у зв'язуюче вводили при стехіометричному співвідношенні компонентів.

Нанесення на металеву основу методом пневматичного розпилення адгезійного шару з товщиною 0,1-0,3 мм дозволяє підвищити адгезійну міцність захисного покриття. Оброблення композиції адгезійного шару на основі епоксидного зв'язуючого і дисперсного наповнювача у постійному магнітному полі 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, когезійну міцність захисного покриття, а також зумовлює зменшення залишкових напружень на межі поділу фаз "захисне покриття - металева основа".

Термообробка адгезійного шару при температурі  $T = 343 \pm 2$  К протягом  $\tau = 1,5-2,0$  год забезпечує утворення фізичних і хімічних зв'язків

між макромолекулами зв'язуючого і активними центрами на поверхні дисперсних часток, що зумовлює підвищення адгезійної міцності покриттів. Термообробка адгезійного шару при температурі, яка вища оптимальних режимів та тривалістю, більшою за  $\tau = 2,0$  год, зумовлює зменшення міжшарової взаємодії, що погіршує фізико-механічні властивості покриття. Термообробка адгезійного шару при температурно-часових режимах, які нижчі від оптимальних значень, забезпечує збільшення залишкових напружень у матеріалі покриття.

Поверхневий шар з товщиною 1,0-1,5 мм наносять методом пневматичного розпилення на поверхню адгезійного шару після його попередньої термообробки. Оброблення композиції поверхневого шару ультрафіолетовим опроміненням забезпечує утворення вільних активних радикалів, що у подальшому підвищує ступінь зшивання матриці у зовнішніх поверхневих шарах. На наступному етапі оброблення композиції поверхневого шару на основі епоксидного зв'язувача і дисперсного наповнювача постійним магнітним полем забезпечує орієнтацію доменів макромолекул і активних радикалів у напрямку напруженості постійного магнітного поля, що сприяє кращому їх впакуванню біля поверхні наповнювача і інтенсивній взаємодії з активними центрами твердої фази. Це приводить до поліпшення когезійної міцності захисних покриттів..

Тверднення покриття при температурі  $T = 293-298$  К протягом  $\tau = 72-76$  год, забезпечує утворення максимального ступеня гель-фракції у матриці при незначних залишкових напруженнях, що зумовлює поліпшення фізико-механічних властивостей розробленого покриття порівняно з прототипом. Таким чином, у порівнянні з відомими технічними рішеннями заявлений об'єкт та спосіб його формування має суттєві відмінності, а отримання позитивного ефекту зумовлено усією сукупністю ознак.

В таблиці 1 наведено приклади конкретного виконання композиції: технічні рішення згідно з заявкою, контрольні приклади прототипу, а також їхні порівняльні властивості при різних температурно-часових режимах формування і після оброблення композицій адгезійного і поверхневого шарів енергетичними полями.

Таблиця 1

## Спосіб отримання модифікованого епоксикомпозитного покриття

№	Параметри покриття	Режими формування згідно з винаходом			Контрольні приклади										Прототип		
		I	II	III	I	II	Ш	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
1	Тривалість тверднення адгезійного шару, год.	1,5	1,7	2,0	0,5	1,0	1,5	1,7	2,0	1,5	1,7	2,0	2,5	3,0	0,2	0,3	0,5
2	Температура термообробки адгезійного шару, К	343	343	343	323	333	343	343	343	343	343	343	353	363	313	323	333
3	Оброблення композиції адгезійного шару у постійному магнітному полі	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
4	Температура термообробки покриття, К	293	295	298	288	293	298	293	295	295	293	298	323	295	295	295	295
5	Тривалість термообробки покриття, год	72	74	76	40	60	72	76	72	76	76	72	85	100	60	72	80
6	Оброблення композитного шару ультрафіолетовим опроміненням	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
7	Оброблення композиції поверхневого шару постійним магнітним полем	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	"	-
Характеристики модифікованого епоксикомпозитного покриття																	
1	Залишкові напруження, МПа	5,0	5,3	5,4	5,9	5,8	5,3	5,6	5,6	5,0	4,8	4,9	5,8	5,3	7,6	7,8	7,8
2	Руйнівне напруження при згинанні, МПа	66,9	67,0	66,4	59,7	57,1	66,3	65,8	64,9	66,6	67,2	64,8	61,2	60,0	36,1	36,4	35,8

Примітка: + обробка композицій для адгезійного і поверхневого шарів енергетичними полями; - обробку композицій енергетичними полями не проводили.

Для визначення залишкових напружень у полімеркомпозитних покриттях використовували консольний метод. Величину  $\sigma_{вн}$  визначали за формулою:

$$\sigma_{вн} = \frac{HE\delta^3}{3L^2(\delta + \delta^*)\delta^*},$$

де:

H - відхилення пластинки-підкладки від початкового положення, м;

E - модуль пружності пластинки-підкладки ( $E = 2 \cdot 10^5$  МПа),

L - довжина пластинки-підкладки з покриттям, м;

$\delta$  - товщина пластинки-підкладки, м;

$\delta^*$  - товщина покриття, м.

Залишкові напруження в покритті визначали залежно від природи та вмісту наповнювачів. Покриття формували на сталій основі з товщиною 0,3 мм.

Руйнівне напруження при згинанні композитів визначали згідно з ГОСТ 4648-71.

