

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 полімерна композиція [пат. Японії №63183914, Кл. 29.07.88 "Епоксидна композиція для силових електричних пристроїв"] містить (мас. ч.): епоксидна смола на основі дифенілпропану - 30, фенольноволачна смола - 4, прискорювач тверднення на основі імідазолу - 2 та наповнювач - Al_2O_3 - 60. Недоліком композиції є невисокі тиксотропні властивості наповненої системи, що зумовлює погіршення фізико-механічних властивостей захисних покриттів.

Найбільш близькою за технічною суттю до покриття, яке заявляється, є полімеркомпозитне покриття [а.с. SU №1434762 А1, Кл. 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 високі показники залишкових напружень і низькі фізико-механічні властивості, зокрема руйнівне напруження при згинанні. Вказані недоліки зумовлюють швидке старіння покриття, що сприяє погіршенню його фізико-механічних властивостей.

В основу корисної моделі поставлено задачу зниження залишкових напружень і підвищення показників руйнівного напруження при згинанні захисного покриття шляхом виконання модифікованого епоксикомпозитного покриття, що містить адгезійний і поверхневий шари, виконані з композиції, яка містить епоксидну діанову смолу, отверджувач та дисперсний наповнювач, причому оброблена постійним магнітним полем композиція адгезійного шару як дисперсний наповнювач містить газову сажу, а оброблена постійним магнітним полем з наступним ультрафіолетовим опроміненням композиція поверхневого шару як дисперсний наповнювач містить дисперсні частки оксиду міді та фериту, з наступним співвідношенням інгредієнтів у шарах, мас.ч.:

Адгезійний шар:

епоксидна діанова смола	100
отверджувач	8-12

дисперсний наповнювач: газова сажа, 10-20мкм	10-20
---	-------

Поверхневий шар:

епоксидна діанова смола	100
отверджувач	8-12

дисперсний наповнювач: оксид міді, 63мкм	80-100
ферит, 40мкм	10-30.

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 поліетилен-поліамін (ПЕПА) (ТУ 6-02-594-73). Отверджувач у зв'язувач вводили при стехіометричному співвідношенні компонентів.

Газову сажу вводили для збільшення адгезійної взаємодії на межі поділу фаз "захисне покриття - металева основа", а також для поліпшення когезійної міцності адгезійного шару покриття. Введення у адгезійний шар наповнювача газової сажі до 10мас. 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 газової сажі понад 20мас. 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 при експлуатації покриття швидко руйнується.

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

Обробка 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.

Обробка епоксидної композиції з дисперсним наповнювачем для поверхневого шару у постійному магнітному полі з наступним ультрафіолетовим опроміненням (до введення отверджувача) забезпечує фізичну взаємодію доменів макромолекул на початковому етапі, а у подальшому - утворення вільних активних радикалів у зв'язувачі і подальшу їх рекомбінацію з активними центрами на поверхні дисперсних часток, що підвищує руйнівне напруження при згинанні захисного покриття.

Нанесення на сталеву основу (Ст.3) методом пневматичного розпилення адгезійного шару з товщиною 0,1-0,3мм, який містить 10-20мас.ч. газової сажі дозволяє суттєво підвищити адгезійну і когезійну міцність, а також знизити залишкові напруження у розробленому покритті. 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 покриття. Полімеризація шару при температурно-часових режимах, які нижчі від оптимальних значень, погіршує технологічні умови формування захисних покриттів.

Поверхневий шар з товщиною 1,0-1,5мм наносять на адгезійний шар після його попередньої полімеризації методом пневматичного розпилення. При подальшому твердненні це зумовлює добру взаємодію між шарами покриття, що значно поліпшує його фізико-механічні властивості. Введення в епоксидну матрицю як основного наповнювача оксиду міді та додаткового фериту і формування поверхневого шару при оптимальній товщині забезпечує значне поліпшення когезійної міцності і, як наслідок, руйнівного напруження при згинанні 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.

Таблиця 1

Модифіковане епоксикомпозитне покриття

№	Компоненти	Композиція згідно з винаходом			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 (ПЕПА)	8	10	12	6	6	12	8	10	10	12	8	14	15	10	12	15
	Наповнювач																
3	Газова сажа, 10-20мкм	10	15	20	5	8	15	15	10	20	10	20	30	40	-	-	-
4	Склобій, 60мкм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	120	160
5	Аеросил	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	4
6	Обробка 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 (ПЕПА)	8	10	12	6	6	12	8	10	10	12	8	14	15	10.0	10.0	10.0
	наповнювач																
10	Оксид міді, 63мкм	80	90	100	60	70	80	100	90	90	100	80	120	140	-	-	-
11	Ферит, 40мкм	10	20	30	5	8	30	10	10	30	20	20	40	50	-	-	-
12	Тугоплавка комплексна сполука	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	140	180
13	Червоний шлам, 10-20мкм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	50	60
14	Обробка композиції постійним магнітним полем з наступним ультрафіолетовим опроміненням	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Характеристики епоксикомпозитного покриття																	
1	Залишкові напруження, МПа	4,3	4,5	4,3	4,9	4,8	4,4	4,6	4,7	4,6	4,5	4,2	4,8	4,7	7,6	7,8	7,8
2	Руйнівне напруження при згинанні, МПа	72,4	75,3	73,2	68,7	69,3	70,0	72,8	78,4	77,4	73,9	76,2	70,1	68,3	36,1	36,4	35,8

Примітка: + обробка композиції енергетичними полями; - обробку композиції енергетичними полями не проводили.

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

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

де:

N - 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;

δ - товщина пластинки-підкладки, м;

δ^* - товщина покриття, м.

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

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