

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

Полімеркомпозитні матеріали забезпечують необхідний комплекс фізико-механічних властивостей, корозійну та зносостійкість, а також високу ремонтоздатність за рахунок неоднократного відновлення поверхонь деталей композитами, що використовуються в якості покриттів. В цьому напрямку цікавим є використання матеріалів на основі епоксидних смол, які крім вказаних властивостей мають значну адгезію до металевої основи, технологічність при формуванні у якості покриттів на довговимірних поверхнях складного профілю, розвинуту сировинну базу.

Відома полімерна композиція [пат. Японії №63183914, 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
наповнювач - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60.

Недоліком даної композиції є невисокі тискотривкі властивості наповненої системи, що зумовлює виникнення значних внутрішніх напружень на межі поділу фаз "покриття-основа". Даний фактор сприяє проникненню агресивних середовищ в об'єм покриттів забезпечуючи локальне руйнування і відшарування композиту від площини субстрату.

Найбільш близькою за технічною суттю до покриття, яке заявляється, є полімеркомпозитне покриття [а.с. SU №1434762A1, ДСК "Полімеркомпозитне покриття"], що містить адгезійний шар, який складається з епоксидної діанової смоли, отверджувача та неорганічного наповнювача і поверхневий шар, виконаний з композиції, що містить епоксидну діанову смолу, пластифікатор, отверджувач і неорганічний наповнювач.

Недоліком відомого покриття є невисокі фізико-механічні властивості матеріалу і низька корозійна тривкість. Значна седиментація дисперсного наповнювача призводить до утворення залишкових гредієнтних внутрішніх напружень на межі поділу фаз "полімер-наповнювач" і у об'ємі композиту, що в процесі експлуатації спричиняє появу мікротріщин у захисних покриттях. Вказані недоліки зумовлюють локальне відшарування відомої композиції від основи, а також суттєво звужують діапазон експлуатації деталей і механізмів технологічного устаткування під впливом агресивних середовищ у різних галузях промисловості.

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення фізико-механічних властивостей та підвищення корозійної тривкості захисних покриттів шляхом виконання епоксидного композитного корозійнотривкого покриття, що містить адгезійний шар, який складається з епоксидної діанової смоли, отверджувача та неорганічного наповнювача і поверхневий шар, виконаний з композиції, що містить епоксидну діанову смолу, пластифікатор, отверджувач і неорганічний наповнювач, причому адгезійний шар як неорганічний наповнювач містить газову сажу, а поверхневий шар як пластифікатор містить аліфатичну смолу, а як неорганічний наповнювач - дисперсні частинки коричневого шламу та діоксиду титану, з наступним співвідношенням інгредієнтів у шарах, мас.ч.:

Адгезійний шар:	
епоксидна діанова смола	100
отверджувач	8-12
неорганічний наповнювач:	
газовасаж, 10-20мкм	35-45
Поверхневий шар:	
епоксидна діанова смола	100
аліфатична смола	10-20
отверджувач	11-12
неорганічний наповнювач:	
коричневий шлам, 40мкм	35-45
діоксид титану, 10-20мкм	55-65.

Як базовий компонент для полімерної матриці 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. При формуванні поверхневого шару з метою поліпшення фізико-механічних і реологічних властивостей епоксидну матрицю пластифікували аліфатичною смолою ДЕГ-1 (ТУ 6-05-1645-73), яка являє собою дигліцидиловий ефір диетиленгліколю. При уведенні пластифікатора у кількості до 10мас.ч. на 100мас.ч. ЕД-20 погіршуються реологічні властивості композиції, а збільшення концентрації ДЕГ-1 понад 20мас.ч. на 100мас.ч. ЕД-20 зумовлює зниження ступеня зшивання полімерної матриці, що погіршує експлуатаційні характеристики захисного покриття. Для зшивання епоксидного в'язучого використовували отверджувач холодного стверджування - поліетиленполіамін (ПЕПА) (ТУ 6-02-594-73). Вміст твердника у в'язучому визначали на основі оптимального поєднання високих фізико-механічних властивостей з технологічністю виготовлення композиції.

Газову сажу, як достатньо доступний та структурноактивний неорганічний наповнювач, вводили з метою забезпечення адсорбційної взаємодії на межі поділу фаз "полімер-наповнювач". Уведення у адгезійний шар наповнювача газової до 35мас.ч. на 100мас.ч. ЕД-20 призводить до зменшення об'єму полімеру у стані поверхневих шарів, при цьому когезійна міцність покриттів знижується. Уведення газової сажі понад 45мас.ч. на 100мас.ч. ЕД-20 зумовлює підвищення внутрішніх напружень у композиті внаслідок значної дефектності поверхневих шарів навколо дисперсних частинок наповнювача.

Уведення у поверхневий шар базальтової тканини, що містить волокна діаметром 9-12мкм забезпечує підвищення когезійної міцності і корозійної тривкості захисних покриттів. Також використання вказаного наповнювача забезпечує суттєве зменшення термічного коефіцієнта лінійного розширення, що у свою чергу,

підвищує експлуатаційні характеристики захисних покриттів.

Уведення у поверхневий шар, як основного неорганічного наповнювача коричневого шламу та додаткового - діоксиду титану при оптимальній концентрації забезпечує формування стійкої до седиментації тиксотропної системи з високими показниками фізико-механічних властивостей. Збільшення концентрації вказаних наповнювачів зумовлює виникнення напруженого стану та дефектів у поверхневих шарах, що спричиняє суттєве підвищення внутрішніх напружень композитних матеріалів. Це збільшує корозійну тривкість захисних покриттів.

Коричневий шлам, як доступний та структурноактивний наповнювач, вводили з метою здешевлення композиції та збільшення адсорбційної взаємодії на межі поділу фаз "полімер-наповнювач", внаслідок значної кінетичної, хімічної і магнітної активності дисперсних частинок. Коричневий шлам складається з суміші окисів (мас.ч.):

окис заліза	46-48
окис алюмінію	7-9
окис кремнію	12-14
окис кальцію	8-21
окис магнію	1-2
окис титану	4-7
окис ванадію	1.5-2.5
окис олова	0.9-1.6
окис барію	0.7-1.0
інші окиси	до 100.

Нанесення на сталеву основу (Ст. 3) методом пневматичного розпилення адгезійного шару товщиною 0.1-0.3мм, який містить 35-45мас.ч. газової сажі дозволяє суттєво підвищити корозійну тривкість і адгезійну міцність полімер композитного покриття. Поліпшення зазначених характеристик пов'язано зі значним впливом дисперсних частинок на процеси структуроутворення у гетерогенних матеріалах та здатністю макромолекул полімеру до адсорбції. Попередня полімеризація даного шару при температурі 313-333К протягом 20-30 хвилин забезпечує високий ступінь зшивання макромолекул в єдину сітку та зміну їхніх конформацій, що зумовлює підвищення адгезійної міцності та фізико-механічних властивостей покриттів. Виконання адгезійного шару товщиною, яка менша 0.1мм, погіршує протікання дифузійних процесів при полімеризації захисного покриття. Виконання адгезійного шару товщиною, яка більша 0.3мм, знижує величину адгезійної міцності гетерогенних матеріалів. Крім того, полімеризація шару при температурі, яка вища оптимальних режимів та тривалістю, більшою 30 хвилин, зумовлює зменшення міжшарової взаємодії, що погіршує захисні властивості полімеркомпозитів. Полімеризація шару при температурно-часових режимах, які нижчі від оптимальних значень, погіршує технологічні умови формування захисних покриттів.

Поверхневий шар товщиною 1.5-2.0мм наносять укладанням базальтової тканини на адгезійний шар після його попередньої полімеризації. У подальшому методом пневматичного розпилення епоксидну композицію наносять на поверхню тканини. При подальшій полімеризації композиту це зумовлює краще впакування макромолекул матриці у поверхневих шарах навколо дисперсного наповнювача, що значно поліпшує захисні властивості гетерогенних матеріалів. Уведення в епоксидну матрицю як основного наповнювача коричневого шламу та додаткового - діоксиду титану і формування поверхневого шару при оптимальній товщині забезпечує значне підвищення антикорозійних властивостей розробленого покриття порівняно з прототипом. Вибір даних наповнювачів зумовлений тим, що вони характеризуються високими показниками твердості, міцності, а матеріали, наповнені дисперсними частинками, відзначаються достатньо високими фізико-механічними властивостями та низькими внутрішніми напруженнями. 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

Епоксидне композитне корозійнотривке 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 - поліетиленполіамін (ПЕПА)	8	10	12	6	6	10	10	8	12	12	8	14	15	10	12	15
Наповнювач																	
3	Газова сажа, 10-20мкм	35	40	45	15	25	35	45	40	40	35	45	50	60	-	-	-
4	Скlobій, 60мкм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	120	160
5	Аеросил	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	4
Поверхневий шар																	
6	Епоксидна діанова смола	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
7	Аліфатична смола	10	15	20	5	5	15	15	20	20	15	10	40	60	-	-	-

	(ДЕГ-1)																
8	Новолачна фенольна смола	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	40	50
9	Отверджувач - поліетиленполіамін (ПЕПА)	11.0	11.5	12.0	8.0	10.0	11.0	12.0	11.5	11.5	11.0	12.0	14.0	16.0	10.0	10.0	10.0
наповнювач																	
10	Базальтова тканина, 9-12мкм (кількість шарів)*	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	3
11	Коричневий шлам, 40мкм	35	40	45	10	20	40	40	35	45	35	45	60	80	-	-	-
12	Діоксид титану, 10-20мкм	55	60	65	20	40	55	65	65	55	60	60	75	90	-	-	-
13	Тугоплавка комплексна сполука	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	140	180
14	Червоний шлам, 10-20мкм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	50	60
Характеристики композитного покриття																	
1	Внутрішні напруження, МПа	4.7	5.2	4.8	5.4	5.0	4.8	5.2	5.3	5.2	4.7	5.3	4.7	4.9	8.2	7.8	7.2
2	Адгезійна міцність, МПа	62	64	65	47	51	60	63	59	58	59	60	55	52	38	36	32
3	Корозійна тривкість в 3%-ному розчині NaCl**, R, Ом·см <sup>2</sup>	6.2	6.7	6.6	4.9	5.1	6.1	6.3	6.2	6.0	6.3	6.4	5.3	5.0	3.7	3.5	3.0

\* Враховуючи те, що базальтову тканину укладають на адгезійний шар з подальшим нанесенням епоксидної композиції поверхнього шару у таблиці подано варіанти кількості шарів тканини.

\*\* Значення опору визначали після витримки покриттів у агресивному середовищі протягом 140 діб

Внутрішні напруження у покриттях визначали консольним методом. Дослідження адгезійної міцності проводили згідно ГОСТ 14760-69 шляхом вимірювання опору відриву клейових з'єднань сталевих зразків на розривній машині Р-5 при швидкості навантаження 10Н/с. Дослідження корозійної тривкості проводили методом імпедансної спектроскопії при частоті прикладеного струму 1кГц з використанням автоматичного моста змінного струму Р-5083. Імпедансні спектри знімали на приладі "Солатрон 1250" з застосуванням трьохелектродної схеми вимірювань. Як корозійне середовище використовували 3%-ний розчин хлориду натрію.