

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

Полімеркомпозитні матеріали забезпечують необхідний комплекс фізико-механічних властивостей, корозійну та зносостійкість, а також високу ремонтоздатність за рахунок не однократного відновлення поверхонь деталей композитами, що використовуються в якості покриттів. Особливістю полімеркомпозитних покриттів є формування гетерогенної структури композитів внаслідок адсорбційної взаємодії полімерної матриці з наповнювачем та поверхнею металу. У зв'язку з цим, велике наукове і практичне значення має розробка методів зниження внутрішніх напружень, направлених на поліпшення в системі міжмолекулярної взаємодії шляхом регулювання дифузійних та адсорбційних процесів у гетерогенних системах.

Відома полімерна композиція (пат. Японії №63142021, 11.03.88 "Епоксидна композиція") містить (мас. ч.): епоксидна смола - 100, етилтриметоксилан - 0.7, крезольна новолачна смола - 20, новолачна фенолоформальдегідна смола - 9.2, наповнювач SiO₂ - 65.5. Недоліком даної композиції є складність технології формування та нанесення захисного покриття на деталі складного профілю.

Відома композиція для покриттів (а. с. №1148855, опубл. в Б.И., 1985, №13 "Композиція для покриттів"), що містить епоксидно-діанову смолу, кислий глифталевий діефір в якості отверджувача і мінеральний наповнювач - карбід кремнію, кварцева мука або порошок андезиту. Недоліком даної композиції є недостатня теплостійкість та високі показники внутрішніх напружень. Це призводить до руйнування матеріалу під час експлуатації захисних покриттів при високих температурах.

Відома полімерна композиція (пат. Японії №63183914, 29.07.88 "Епоксидна композиція для силових електричних пристроїв") містить (мас. ч.): епоксидна смола на основі дифенілпропану - 30, фенольноноволачна смола - 4, прискорювач тверднення на основі імідазолу - 2 та наповнювач - Al₂O₃ - 60. Недоліком даної композиції є невисокі тискотропні 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 композиції, яка заявляється, є полімерне покриття (а. с. SU №1434762 А1, ДСК), що містить шпательний і поверхневий шари, які складаються з епоксидної діанової смоли, отверджувача та неорганічного наповнювача.

Недоліком відомої композиції є низька теплостійкість та адгезійна міцність до металевих поверхонь. Значна седиментація дисперсного наповнювача призводить до утворення залишкових гредієнтних внутрішніх напружень на межі адгезив-субстрат і в об'ємі композиту, які в процесі експлуатації спричиняють появу мікротріщин у захисних покриттях. Дані недоліки зумовлюють локальне відшарування відомої композиції від основи, а також суттєво звужують діапазон температурної експлуатації деталей і механізмів технологічного устаткування.

В основу винаходу поставлено задачу підвищення фізико-механічних і теплофізичних характеристик захисних покриттів технологічного устаткування, шляхом виконання епоксикомпозитного покриття, що містить шпательний і поверхневий шари, які складаються з епоксидної діанової смоли, отверджувача та неорганічного наповнювача, причому шпательний шар в якості неорганічного наповнювача містить коричневий шлам, а поверхневий шар в якості неорганічного наповнювача містить оксид міді та газу сажу, з наступним співвідношенням інгредієнтів у шарах, мас. ч.:

Шпательний шар	
Епоксидна діанова смола	100
Отверджувач	8-10
Неорганічний наповнювач:	
Коричневий шлам, 2-10мкм	40-60
Поверхневий шар	
Епоксидна діанова смола	100
Отверджувач	8-10
Неорганічний наповнювач:	
Оксид міді, 60-80мкм	80-100
Газова сажа, 2-10мкм	20-40

Як базовий компонент для полімерної матриці захисного покриття вибрано низькомолекулярну епоксидну діанову смолу ЕД-20 (ГОСТ 10587-84), яка у скловидному стані характеризується високими фізико-механічними властивостями та адгезійною міцністю до чорних металів і сплавів. Для зшивання епоксидного в'язучого використовували отверджувач холодного отвердження - поліетиленполіамін (ПЕПА) (ТУ 6-02-594-73). Вміст отверджувача у в'язучому визначали на основі оптимального поєднання високих фізико-механічних властивостей з технологічністю виготовлення композиції.

Нанесення на металеву основу шпательного шару товщиною 0.7-1.0мм, який містить 40-60мас.ч. феромагнітного коричневого шламу, забезпечує вирівнювання поверхні основи, нівелювання пор, раковин та інших дефектів. Вміст коричневого шламу в композиції у вказаних межах забезпечує значну седиментаційну стійкість гетерогенних систем, що зумовлює суттєвий ступінь зшивання епоксидної матриці і високі показники когезійної міцності епоксикомпозитів.

Уведення наповнювача до 40мас.ч. на 100мас.ч. ЕД-20 призводить до зменшення об'єму полімеру у стані поверхневих прошарків, при цьому когезійна міцність композитного матеріалу знижується. Уведення коричневого шламу понад 60мас.ч. на 100мас.ч. ЕД-20 зумовлює підвищення внутрішніх напружень у композиті внаслідок значної дефектності поверхневих прошарків навколо дисперсних частинок наповнювача.

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

окис заліза	46-48
окис алюмінію	7-9
окис кремнію	12-14
окис кальцію	18-21
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

З метою вилучення інших домішок перед просіюванням проводили очищення коричневого шламу методом ультразвукової обробки у водному розчині з наступним просушуванням при температурі $T=443\pm 2K$ протягом 1.5-2.0 годин.

Поверхневий шар товщиною 1.5-2.0мм наносять на поверхню шпаклювального шару після його полімеризації протягом 25-30хв. при температурі $T=343-353K$. Такий режим тверднення забезпечує формування проміжного шару внаслідок дифузійних фізико-хімічних процесів, які проходять у композиційній системі при полімеризації. Уведення, як основного наповнювача оксиду міді та додаткового - газової сажі при оптимальній концентрації забезпечує формування стійкої до седиментації тиксотропної системи з високими фізико-механічними та теплофізичними властивостями. Збільшення концентрації даних наповнювачів зумовлює виникнення напруженого стану та дефектів у поверхневих прошарках, що спричиняє зниження термостабільності і довговічності захисних матеріалів. Таким чином, у порівнянні з відомими технічними рішеннями заявлений об'єкт має суттєві відмінності, а отримання позитивного ефекту зумовлено усією сукупністю властивостей компонентів.

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

Композицію формують і наносять на поверхню за наступною технологією.

Шпаклювальний шар.

Дозування компонентів, гідродинамічне суміщення наповнювача і епоксидної діанової смоли (ЕД-20) до отримання однорідної суміші, введення отверджувача (ПЕПА), вакуумування композиції протягом 40-60хв. Отриману композицію протягом 60-80хв. наносять на попередньо обезжирену поверхню методом пневматичного розпилення, після чого затверджують за режимом $T=343-353K$, $\tau = 25 - 30$ хв.

Поверхневий шар.

Технологія приготування поверхневого шару аналогічна технології приготування шпатлювального шару.

Після нанесення композиції покриття термообробляють при температурі $T=393-403K$ протягом $\tau = 2.0 - 2.5$ год.

Внутрішні напруження визначали консольним методом. Руйнівне напруження при згинанні визначали згідно ГОСТ 4648-71. міцність покриття при ударі досліджували при допомозі маятникового копра згідно ГОСТ 4765-73. Теплостійкість (за Мартенсом) полімеркомпозитних матеріалів визначали згідно ГОСТ 21341-75.

Як видно з таблиці оптимальний вибір інгредієнтів дозволяє у порівнянні з прототипом підвищити фізико-механічні властивості та теплостійкість, а також знизити внутрішні напруження гетерогенних матеріалів. Крім того, низька вартість та доступність компонентів і матеріалів розробленого покриття у порівнянні з прототипом зумовлює більш широке його використання у промисловості для підвищення ресурсу роботи технологічного устаткування.

Таблиця

№	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
Шпатлювальний шар																	
1	Епоксидна смола (ЕД-20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	Отверджувач - поліетиленаполіамін (ПЕПА)	8	9	10	7	7	11	12	8	10	9	9	8	10	10	12	15
3	Наповнювач Склобій, 600мкм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	120	160
4	Аеросил	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	4
5	Коричневий шлам, 2-10мкм	40	50	60	20	30	70	80	60	40	40	60	50	50	-	-	-
Поверхневий шар																	
6	Епоксидна смола (ЕД-20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
7	Отверджувач - поліетиленаполіамін (ПЕПА)	8	9	10	7	7	11	12	10	8	8	10	9	9	10	12	15
8	Наповнювач Оксид міді (60-80мкм)	80	90	100	60	70	110	120	90	90	100	80	90	90	-	-	-
9	Газова сажа (2-10мкм)	20	30	40	5	10	50	60	20	40	20	40	20	40	-	-	-
10	Червоний шлам, 2-10мкм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	50	60
11	Тугоплавка комплексна сполука	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	140	180
Характеристики композитного матеріалу																	
1	Внутрішні напруження, МПа	4,14	3,92	3,81	4,21	4,18	4,10	4,08	4,18	4,13	4,02	4,26	4,22	4,19	6,32	6,08	5,85
2	Руйнівне напруження при згинанні, МПа	101	106	109	91	93	94	90	104	106	108	102	104	108	63	68	71
3	Ударна в'язкість,	9,2	9,4	9,8	8,6	8,7	9,4	9,2	9,0	9,2	9,7	9,3	9,1	9,4	6,2	6,4	6,7

	кДж/м ²																
4	Теплостійкість, К	394	397	398	382	384	387	382	392	395	396	388	389	391	341	346	347