



УКРАЇНА

(19) UA (11) 36401 (13) U
(51) МПК (2006)
C09D 163/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПОЛІМЕРКОМПОЗИТНЕ ЗНОСОСТІЙКЕ ПОКРИТТЯ

1	2
(21) u200806270	карбід кремнію з наступним співвідношенням інгредієнтів у шарах, мас. ч.:
(22) 12.05.2008	адгезійний шар:
(24) 27.10.2008	епоксидна діанова смола 100
(46) 27.10.2008, Бюл.№ 20, 2008 р.	пластифікатор - поліефіролігодіефіракрилат 18-22
(72) ДОБРОТВОР ІГОР ГРИГОРОВИЧ, UA, СТУХЛЯК ПЕТРО ДАНИЛОВИЧ, UA, БУКЕТОВ АНДРІЙ ВІКТОРОВИЧ, UA, МАСЛЯК БОГДАН ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA, НЕДАШКОВСЬКИЙ МИКОЛА ОЛЕКСАНДРОВИЧ, UA, ПІДГАЙНИЙ ЮРІЙ БОРИСОВИЧ, UA	отверджувач - поліетиленполіамін 10-12
(73) ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, UA	мінеральний наповнювач - червоний шлам, 2-10 мкм 30-40
(57) Полімеркомполітне зносостійке покриття, що містить адгезійний, проміжний і зносостійкий шари, які складаються з епоксидної діанової смоли, пластифікатора, отверджувача поліетиленполіаміну та мінерального наповнювача, яке відрізняється тим, що адгезійний шар як пластифікатор містить поліефіролігодіефіракрилат, а як мінеральний наповнювач - червоний шлам, проміжний шар як пластифікатор містить поліефіролігодіефіракрилат, а як мінеральний наповнювач - діоксид титану, зносостійкий шар як пластифікатор містить аліфатичну смолу, а як мінеральний наповнювач -	проміжний шар: епоксидна діанова смола 100 пластифікатор - поліефіролігодіефіракрилат 40-60 отверджувач - поліетиленполіамін 13-15 мінеральний наповнювач - діоксид титану, 2-10 мкм 20-30
	зносостійкий шар: епоксидна діанова смола 100 пластифікатор - аліфатична смола 18-20 отверджувач - поліетиленполіамін 10-12 мінеральний наповнювач - карбід кремнію, 60-80 мкм 80-100.

Корисна модель належить до області отримання полімеркомполітних покриттів для захисту деталей машин і механізмів від спрацювання у машинобудуванні, радіотехнічній, харчовій і хімічній промисловості.

Для захисту технологічного устаткування від спрацювання та з метою зниження залишкових напружень і підвищення фізико-механічних характеристик деталей машин використовують полімеркомполітні покриття, які містять в якості зв'язуючого епоксидні смоли і дисперсні наповнювачі. Усунути недоліки деталей, які сформовані методом лиття, і підвищити їхні експлуатаційні властивості можливо шляхом нанесення багатшарових полімеркомполітних покриттів.

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 крем-

нію, кварцева мука або порошок андезиту. Недоліком даної композиції є недостатні тиксотропні властивості наповненої системи, що зумовлює виникнення значних залишкових напружень на межі поділу фаз «покриття - основа». Це призводить до швидкого старіння матеріалу та руйнування покриття у процесі роботи технологічного устаткування в умовах гідроабразивного впливу.

Відоме полімерне покриття [а.с. SU №1434762 А1, ДСК], що містить адгезійний шар, який складається з епоксидної діанової смоли, пластифікатора, отверджувача та мінерального наповнювача і поверхневий шар, який складається з епоксидної діанової смоли, пластифікатора, отверджувача та мінерального наповнювача - червоного шлему. Недоліком відомого покриття є недостатньо високі показники адгезійної міцності, стійкості до спрацювання та низькі технологічні характеристики при нанесенні композицій на деталі складного профілю.

UA (13)

UA (11) 36401

UA (19)

Найбільш близькою за технічною суттю до покриття, яке заявляється, є полімеркомпозитне зносостійке покриття [а.с. SU №1793605 А1, ДСК], що містить адгезійний, проміжний і зносостійкий шари, які складаються з епоксидної діанової смоли, пластифікатора, отверджувача поліетиленполіаміну та мінерального наповнювача.

Недоліком відомого покриття є невисока стійкість до гідроабразивного спрацювання. Значна седиментація дисперсного наповнювача призводить до утворення залишкових гредієнтних напружень на межі «адгезив - субстрат» і в об'ємі композиту, які у процесі експлуатації устаткування в умовах гідроабразивного і кавітаційного впливу зумовлюють локальне відшарування відомого покриття від металевої основи.

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення зносостійкості захисних покриттів, що працюють в умовах гідроабразивного і кавітаційного впливу, шляхом виконання полімеркомпозитного зносостійкого покриття, що містить адгезійний, проміжний і зносостійкий шари, які складаються з епоксидної діанової смоли, пластифікатора, отверджувача поліетиленполіаміну та мінерального наповнювача, причому адгезійний шар як пластифікатор містить поліефіролігодіефіракрилат, а як мінеральний наповнювач - червоний шлам, проміжний шар як пластифікатор містить поліефіролігодіефіракрилат, а як мінеральний наповнювач - діоксид титану, зносостійкий шар як пластифікатор містить аліфатичну смолу, а як мінеральний наповнювач - карбід кремнію, з наступним співвідношенням інгредієнтів у шарах, мас.ч.:

Адгезійний шар	
епоксидно-діанова смола	100
поліефіролігодіефіракрилат	18-22
отверджувач	10-12
мінеральний наповнювач:	
червоний шлам, 2-10мкм	30-40
Проміжний шар	
епоксидно-діанова смола	100
поліефіролігодіефіракрилат	40-60
отверджувач	13-15
мінеральний наповнювач:	
діоксид титану, 2-10мкм	20-30
Зносостійкий шар	
епоксидно-діанова смола	100
аліфатична смола	18-20
отверджувач	10-12
мінеральний наповнювач:	
карбід кремнію, 60-80мкм	80-100

Як основний компонент для полімерної матриці захисного покриття вибрано низькомолекулярну епоксидно-діанову смолу ЕД-20, яка у складовидному стані характеризується високими фізико-механічними властивостями та адгезійною міцністю до чорних металів і сплавів. Виконання адгезійного шару товщиною 80-100мкм, який містить епоксидно-діанову смолу ЕД-20 та наповнювач червоний шлам (30-40мас.ч.) дозволяє суттєво підвищити адгезійну міцність полімеркомпозитного покриття та знизити залишкові напруження внаслідок формування навколо дисперсних частинок поверхневих прошарків високої густини та щільного впакування макромолекул полімеру. Введення

наповнювача до 30мас.ч. на 100мас.ч. ЕД-20 призводить до зменшення об'єму полімеру у стані поверхневих прошарків, що знижує адгезію композитного матеріалу до основи. Введення червоного шламу понад 40мас.ч. на 100мас.ч. ЕД-20 зумовлює підвищення залишкових напружень у композиті внаслідок значної дефектності поверхневих прошарків навколо дисперсних частинок наповнювача. Для зшивання епоксидного зв'язуючого використовували отверджувач - поліетиленполіамін (ПЕПА) (ТУ 6-02-594-73). Вміст отверджувача у матриці визначали на основі оптимального поєднання високих фізико-механічних властивостей з технологічністю виготовлення композиції. Введення отверджувача понад 12мас.ч. на 100мас.ч. ЕД-20 зумовлює передчасне старіння матеріалу та зниження адгезії. Введення отверджувача до 10мас.ч. на 100мас.ч. ЕД-20 призводить до неповного зшивання матриці.

Формування між адгезійним та зносостійким шаром проміжного шару товщиною 0,1-0,3мм, який містить епоксидну матрицю, пластифіковану поліефіролігодіефіракрилатом ПДЕА-4 (40-60мас.ч.), дозволяє поліпшити міжфазну адгезію епоксикомпозиту та знизити залишкові напруження у процесі експлуатації покриття, внаслідок зменшення модуля пружності матеріалу.

Введення, як пластифікатора, поліефіролігодіефіракрилату ПДЕА-4 при концентрації до 40мас.ч. призводить до зменшення інтенсивності дифузійних процесів у системі та міжшарової взаємодії, а збільшення концентрації пластифікатора понад 60мас.ч. зумовлює зниження релаксаційних характеристик проміжного шару та збільшення тривалості тверднення покриття. Введення діоксид титану при вмісті 20-30мас.ч. на 100мас.ч. ЕД-20 забезпечує максимальне підвищення фізико-механічних характеристик проміжного шару.

Зносостійкий шар з товщиною 1,5-2,0мм наносять на поверхню проміжного шару після його полімеризації протягом $\tau=1,0-1,5$ год. Введення як пластифікатора аліфатичної смоли при оптимальному вмісті (18-20мас.ч. на 100мас.ч. ЕД-20) забезпечує поліпшення технологічних характеристик поверхневого шару та еластичних властивостей матеріалу при ударі потоку гідроабразивних частинок. Введення в композицію, як мінерального наповнювача, карбиду кремнію (80-100мас.ч.), забезпечує значне підвищення зносостійкості і, водночас, седиментаційної стійкості зносостійкого шару. Введення даного наповнювача при вмісті за межами оптимальних значень не є доцільним через зниження зносостійкості захисного покриття.

Таким чином, порівняно з відомими технічними рішеннями заявлений об'єкт має суттєві відмінності, а отримання позитивного ефекту зумовлено усією сукупністю ознак.

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

Композицію формують і наносять на поверхню за наступною технологією.

Адгезійний шар.

Дозування компонентів, змішування епоксидної смоли з пластифікатором, наповнювачем та твердником. Отриману композицію протягом 30-40 хвилин наносять на попередньо обезжирену поверхню методом пневматичного розпилення, після чого полімеризують за режимом: T=313-333K, τ=30-40хв.

Проміжний шар.

Дозування компонентів, змішування епоксидної смоли з пластифікатором смол, підігрівання їх на водяній ванні до температури T=323-333K і охолодження суміші до 293-303K, додають на-

повнювач, після перемішування композиції вводять твердник (ПЕПА). Полімеризацію проводять при температурі T=353-363K протягом τ=1,0-1,5год.

Зносостійкий шар.

Технологія приготування зносостійкого шару аналогічна технології приготування адгезійного та проміжного шарів. Тверднення покриття після нанесення зносостійкого шару методом пневматичного розпилення здійснюють при температурі T=443-463K протягом τ=2,0-2,5год.

Таблиця 1

Полімеркомпозитне зносостійке 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 смола (ЕД-20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	поліефіролігодіефіракрилат	18	20	22	14	16	20	20	18	22	18	22	24	26	-	-	-
3	отверджувач (ПЕПА)	10	11	12	8	9	10	12	12	10	11	11	13	14	10	11	12
мінеральний наповнювач																	
4	Кварцевий пісок, 250-400мкм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90	140	190
5	Фарфор, 40-60мкм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	60	80
6	Червоний шлам, 2-10мкм	30	35	40	20	25	30	40	35	35	40	30	45	50	-	-	-
Проміжний шар																	
7	епоксидна смола (ЕД-20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	8	10	12
8	поліефіролігодіефіракрилат	40	50	60	30	25	50	50	50	50	40	60	70	100	-	-	-
9	отверджувач (ПЕПА)	13	14	15	11	12	13	15	14	14	14	14	16	17	100	100	100
10	триетаноламін (ТЕА)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3,5	4
мінеральний наповнювач																	
11	діоксид титану, 2-10мкм	20	25	30	10	15	30	20	20	30	30	20	35	40	-	-	-
Зносостійкий шар																	
12	епоксидна смола (ЕД-20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
13	аліфатична смола (ДЕГ-1)	18	19	20	15	10	18	20	19	19	20	18	25	35	18	20	22
14	отверджувач (ПЕПА)	10	11	12	9	7	11	11	10	12	10	12	14	16	10	11	12
мінеральний наповнювач																	
15	карбід кремнію, 60-80мкм	80	90	100	60	70	100	80	100	80	90	90	120	140	-	-	-
16	Карбідоксидна кераміка, 60-80м	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	160	240
17	Червоний шлам, 50-70мкм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	60	70
Характеристики композитного покриття																	
1	Відносна зносостійкість*	1,3	1,6	1,5	0,6	0,7	1,4	1,4	1,6	1,3	1,3	1,4	1,0	0,8	0,6	0,5	0,5

Примітка: * зносостійкість відносно сталі Ст.3

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 20x10x4мм проводили при куті атаки гідроабразивної суміші, що становить 45°. 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:

δ_e - втрата маси сталюого зразка, кг;

δ_s - втрата маси досліджуваного зразка, кг.

Зважування зразків перед дослідженнями і після випробувань проводили на аналітичних вагах ВЛР-200 з точністю до $\pm 0,0001$ г.

Як видно з таблиці оптимальний вибір інгредієнтів дозволяє у порівнянні з прототипом підвищи-

ти зносостійкість захисних покриттів. Крім того, невисока вартість та доступність компонентів і матеріалів розробленого покриття зумовлює широке його використання у промисловості для підвищення ресурсу роботи технологічного устаткування.