УДК 621.793.75: 666. 97

ПОКРИТТЯ ІЗ БЕТЕЛУ-М ДЛЯ БОРОТЬБИ З ЗАРЯДАМИ СТАТИЧНОЇ ЕЛЕКТРИКИ

М.С. Лемешев, О.В. Христич

Вступ

Проблема боротьби із накопиченням електростатичного заряду актуальна для багатьох галузей промисловості, в яких мають місце процеси роздрібнення, переливання, тертя, розпилення, стиску або взагалі порушення контакту між тілами.

Статична електрика в даний час перетворилася в недолік ряду галузей виробництва і приносить великий збиток народному господарству. Зокрема, часто є причиною вибухів і пожеж, забруднення і браку продукції [1]. Електростатичний заряд накопичується не тільки на устаткуванні і матеріалах, але і на людях. За певних умов напруга між людським тілом і землею може досягти 15 кВ і більше. При доторкуванні наелектризованої людини до заземленого електропровідного предмета відбувається іскровий розряд, що може викликати електричний удар і навіть шок [1, 2].

Найбільш ефективним засобом захисту у вибухонебезпечних приміщеннях є влаштування електропровідних підлог, виготовлених із доступних недорогих матеріалів. Таким матеріалом може бути бетел-м (бетон електропровідний металонасичений), який використовується для виготовлення низькотемпературних електронагрівачів [3].

Для використання бетела-м у зазначених цілях необхідно було розробити технологію виготовлення покриття, підібрати склад бетела, що забезпечував би електричний опір розтіканню, який повинен бути не більше 10^6 Ом відносно землі при вимірювані плоским електродом площею 20 $см^2$ [2].

Розробка антистатичного покриття із бетела

Сировиною для одержання бетела-м при експериментальних дослідженнях були: портландцемент марки 400 Кам'янець-Подільського цементного заводу (в'яжуче); дрібнодисперсний шлам Вінницького шарикопідшипникового заводу з питомою поверхнею 5000-20000 $см^2/г$ (провідна фаза); пісок кварцовий із частинками від 0,1 до 0,3 мм (мілкий наповнювач); мармурова крихта фракції 5- 10мм (крупний наповнювач).

Для визначення впливу умов твердіння бетела на його кінцеві характеристики були прийняті два режими твердіння. За режимом 1 партія зразків 3 доби тверділа в камері нормального твердіння (W = 98% і t = 20°С), а потім 25 діб у повітряно-сухих умовах (W = 60%, t = 20°С). За режимом 2, зразки усі 28 діб тверділи в камері нормального твердіння, після чого висушувались.

У процесі твердіння бетела вимірювався електричний опір через кожні 7 діб. Опір замірявся мостом Р-38 при зусиллі притиснення вимірювальних електродів 0,5 МПа, яке утворювалося пресом.

Результати електричних випробувань бетелових зразків, виготовлених на кварцовому піску, наведені в табл. 1. Аналізуючи їх можна помітити, що електричний опір збільшується в бетелі усіх зразків при твердінні протягом 28 діб як за 1, так і за 2 режимом твердіння, крім партії зразків №3. Збільшення електричного опору, пояснюється тим, що протягомі всього часу твердіння відбувається збільшення ступеня гідратації клінкерних мінералів, а також перекристалізація гелеподібних продуктів в з'єднання з більш вираженою кристалічною структурою [4]. В результаті цього виникають внутрішні напруги, які викликають деструктивні руйнування і утворення мікротріщин. Це призводить до руйнування контактів між електропровідними частинками (металом), а значить до збільшення електричного опору.

Для того щоб отримати електропровідний бетон зі стабільним електричним опором необхідно зупинити гідратацію цементу, а це значить вилучити хімічно незв'язану і частково хімічно зв'язану воду, методом висушування. Із табл. 1 видно, що при висушуванні зразків з концентрацією провідної фази $б_у$ = 0,20 опір додатково зростає. Сушіння бетела з більшою концентрацією ($б_у$ = 0,32 – 0,4) провідної фази призводить до зниження електричного опору.

Таблиця 1

Питомий електричний опір зразків із бетелу-м на мілкому наповнювачі

№ партії зразків	Режим твердіння бетела	Об′ємна концентрація провідної фази $б_у$	Питомий електричний опір бетела через N діб після формування, Ом·см			
			N=7	N=14	N=28	Після висушування
1	1	0.20	10230	15212	19542	29940
2		0.32	5200	7750	11400	6380
3		0.40	745	610	546	165
4	2	0.20	11590	15900	16070	17397
5		0.32	2653	3688	3850	3093
6		0.40	258	284	360	122

Необхідно відзначити, що електропровідність бетону здійснюється за рахунок як провідної фази (металу), так і рідкої (іонної складової), причому рідка фаза має більш високий опір порівняно з металом. При висушуванні відбувається усадка бетела і видалення рідкої фази, яка знаходиться між електропровідними частинками. Видалення рідкої складової, працюючої паралельно з металевим провідником, призводить до незначного збільшення електричного опору системи. За рахунок усадки утворюється безпосередній контакт між електропровідними частинками за певних умов (при достатній концентрації електропровідної фази і її дисперсності) [4], що призводить до зменшення електричного опору.

Таким чином, зменшення або збільшення електричного опору бетела після сушіння буде залежати від концентрації електропровідної фази і структури яка утвориться. Так, при малій кількості металу ($б_у$=0,20) збільшення опору бетела за рахунок зникнення іонної провідності переважає над зменшенням опору за рахунок зближення частинок металу. Це пояснюється тим, що при $б_у$=0,20 багато частинок знаходяться на значній відстані одна від одної, і видалення рідкої фази не призводить до утворення прямого контакту між ними, а тверді речовини, що залишилися між частинками металу (продукти гідратації цементу й ін.), мають набагато меншу провідність, ніж видалена рідка фаза.

При більшій концентрації провідної фази в бетелі, (при $б_у$=0,32 – 0,40) багато частинок металу розділені між собою тонкою плівкою адсорбованої води і продуктами гідратації цементу. При висушувані відбувається усадка і видалення води, в результаті чого між електропровідними частинками утворюється безпосередній контакт або контакт через тонку діелектричну плівку (до 30Å), яка забезпечує вільне протікання електронів [3, 4], що призводить до зменшення електричного опору бетела в цілому. В даному випадку зменшення опору за рахунок зближення частинок металу в результаті усадки бетела переважає над збільшенням опору за рахунок видалення рідкої фази.

Оскільки основні дослідження були проведені для бетела з кварцовим піском, то зразки з мармуровою крихтою випробовувалися тільки за $2^{им}$ режимом твердіння. Вимірювання електричного опору (табл. 2) і визначення механічної міцності проводилися так само, як і для зразків із кварцового піску.

Таблиця 2

Питомий електричний опір зразків із бетелу-м на крупному наповнювачі

Концентрація металу	Питомий електричний опір через N діб, Ом·см			
	N=7	N=14	N=28	Після висушування
0.20	4750	7620	8332	16330
0.32	950	1220	1010	545
0.40	100	145	120	63

Порівнюючи характеристики бетелу на кварцовому піску (табл. 1) і мармуровій крихті (табл. 2), слід зазначити, що при однаковій концентрації провідної фази бетел у першому випадку має більший питомий електричний опір порівняно з другим.

Таким чином, на підставі всього комплексу експериментальних досліджень було встановлено, що для виготовлення антистатичного покриття, яке відповідає вимогам з електропровідності найліпше підходить використовувати бетел на мармуровій крихті з об'ємною концентрацією металу не менше 0,32.

Висновки

- Для боротьби з зарядами статичної електрики можуть бути використані покриття із бетела, технологія виготовлення яких досить проста і не потребує дорогих матеріалів і спеціального устаткування.
- Для одержання антистатичного покриття із бетела, що відповідає вимогам електропровідності, краще використовувати крупний наповнювач.

Список літератури

1. Максимов Б. К. Статическое электричество в промышленности и защита от него / Максимов Б.К., Обух А.А. – М., Энергия, 1989. – 80 с.
2. Elektrostatisches Verhalten von Bodenbenbelagen // Zentralblatl fur Inductricbau. – 1988, №1, S.7-10.
3. Сердюк В.Р. Бетон электропроводный металлонасыщенный / Сердюк В.Р. – Винница: Континент, 1993. – 239 с.
4. Лемешев М.С. Формування структури електропровідного бетону під впливом електричного струму / Лемешев М.С. // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2006. – №3. – С. 36-40.

Лемешев Михайло Степанович – к.т.н., доцент кафедри менеджменту будівництва, охорони праці та безпеки життєдіяльності Вінницького національного технічного університету.

Христич Олександр Володимирович – к.т.н., доцент кафедри менеджменту будівництва, охорони праці та безпеки життєдіяльності Вінницького національного технічного університету.