

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МАТЕРІАЛІВ ПАРИ ТЕРТЯ НА ПРОЦЕСИ ЇХ ЕЛЕКТРИЗУВАННЯ

У статті розглянуто результати досліджень здатності підшовних матеріалів до накопичення та розсіювання електростатичних зарядів на своїй поверхні при терті з покриттями підлоги.

The article discusses the results of the research capacity of plantar materials to the accumulation and dissipation of electrostatic charges on its surface frictional surfaces of the floor.

Ключові слова: підшовні матеріали, покриття підлоги, матеріал контртіла, статична електрика, електрофізичні властивості, електризування, напруженість електростатичного поля, поверхнева щільність, знак зарядів, півперіод розсіювання.

Постановка проблеми

Подальший розвиток взуттєвої галузі неможливий без широкого використання полімерних матеріалів. В наш час кожна пара навіть шкіряного взуття містить деталі із синтетичних матеріалів. Особливо це стосується деталей низу, які в переважній більшості виготовляються із хімічних матеріалів. Їх впровадження сприяє не тільки розширенню асортименту взуття, підвищенню його якості, економії дефіцитної і дорогої натуральної шкіри, використанню високопродуктивної та безвідходної технології, а також дає можливість суттєво підвищувати техніку – економічні показники роботи підприємств і знижувати вартість виробів. Разом з тим відомо, що більшість хімічних матеріалів за низкою електрофізичних показників поступаються натуральним матеріалам. Однією із характерних особливостей полімерних матеріалів є високі діелектричні властивості та низька їх електропровідність. Виробництво і експлуатація виробів із таких матеріалів являється однією із основних причин, які впливають на ступінь накопичення та тривалість зберігання електростатичних зарядів як на їх поверхні, так і на тілі людини, що є негативним фактором. При цьому відомо, що одним із шляхів інтенсивного накопичення зарядів на тілі людини є трибоелектризування низу взуття при ходьбі.

У зв'язку з вищезазначеним актуальною проблемою є дослідження електрофізичних властивостей сучасних підшовних матеріалів при експлуатації взуття та встановлення факторів, які впливають на їх здатність накопичувати та розсіювати заряди статичної електрики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Механізму виникнення електростатичних зарядів присвячена значна кількість робіт [1]. Разом з тим до цього часу не існує загальноприйнятої теорії, яка б давала надійну оцінку здатності діелектриків до накопичення електростатичних зарядів в тих чи інших умовах. Згідно виконаних робіт найбільші труднощі і неясності мають місце у питанні вивчення процесів електризації твердих матеріалів, до яких відносяться переважна більшість полімерних взуттєвих матеріалів. В результаті огляду процесів статичної електризації людини при ходьбі найбільший науковий інтерес представляє прямий метод оцінки трибоелектризування взуттєвих матеріалів, сутність якого полягає в генеруванні електричних зарядів на поверхні контактуючих матеріалів при терті. Він є найбільш складним, оскільки на величину генерації зарядів впливає низка важко контролюючих чинників. Як показали дослідження, контактний метод вимагає створення спеціальних пристроїв, які повинні забезпечувати сталі швидкості розділу тіл тертя, тиску і площі контакту, механічних і хімічних властивостей контактуючих поверхонь.

В роботі [2] для оцінки електростатичних властивостей матеріалів підкладки взуття при терті з панчішно-шкарпетковими виробами запропонована методика, яка не забезпечує моделювання умов електризації інших груп матеріалів з урахуванням умов виробництва та експлуатації взуття. В останні роки розроблена експериментальна установка [3] і методика [4], які дають можливість дати реальну кількісну оцінку здатності різних за властивостями та призначенням взуттєвих матеріалів до накопичення та розсіювання електростатичних зарядів при заданих умовах.

Формулювання цілі статті

На основі розробленого методу випробувань встановити ступінь електризування підшовних матеріалів і тривалість зберігання електростатичних зарядів на їх поверхні залежно від матеріалів пари тертя.

Виклад основного матеріалу

Враховуючи умови експлуатації взуття, в основу розробленого приладу положено фрикційний метод зарядки матеріалу, яка здійснюється внаслідок тертя матеріалу підшви з покриттями підлоги. При цьому моделюється реальний процес електризації низу взуття при ходьбі, в тому числі, можливе створення будь-якого співвідношення тертя кочення і ковзання.

З метою всебічного вивчення процесів електризування матеріалів передбачено використовувати комплекс показників. В якості основних показників оцінки накопичення зарядів при терті прийняті: напруженість електростатичного поля (ЕСП E , В/см), поверхнева щільність (σ , Кл/м²) і знак зарядів (+, -). Показником для оцінки процесу розсіювання зарядів є півперіод їх стікання ($\tau_{0,5}$, сек.), який визначається

часом зниження максимального рівня електризації на половину.

Предметом даного дослідження обрано асортимент підшовних матеріалів, які відрізняються між собою за хімічним складом, структурою, кольором, технологією виготовлення та фізико-механічними властивостями. В якості контактуючих тіл підібрані матеріали покриттів підлоги, які найбільш широко використовуються в побуті і на виробництві, а саме: лінолеуми ПВХ без основи, на тканий і латексній основі; килими синтетичний, напівшерстяний і на латексній основі; ковролін.

Для вимірювання знаку і величини напруженості електростатичного поля використовували малоінерційний прилад ИНЭП – 11Д з виносним датчиком, що дає можливість встановлювати його безпосередньо над об'єктом дослідження і з високою точністю неперервно визначати кінетику накопичення і спаду зарядів.

Поверхневу щільність зарядів σ (Кл/м²) визначали перерахунком показників приладу за формулою:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E,$$

де ε – електрична постійна, яка дорівнює $8,85 \times 10^{-12}$ Ф/м;

E – величина напруженості електростатичного поля, яка показана приладом (В/см).

З метою отримання порівняльної оцінки трибоелектризування підшовних матеріалів на створеній експериментальній установці за оптимальні параметри випробувань прийняті: питомий тиск $(1,5-2) \times 10^5$ Па; швидкість тертя 0,7– 0,9 м/с; тривалість одного досліду 240с. При цьому, вид тертя встановлюється з урахуванням умов експлуатації взуття.

Підготовка зразків і їх випробування здійснювалось в стандартних кліматичних умовах: при відносній вологості повітря 65 ± 2 % і температурі 20 ± 2 °С.

Отримані результати порівняльної характеристики електризування підшовних матеріалів при терті з покриттями підлоги представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Матеріал підшови	Матеріал контргіла	Напруженість ЕСП E (В/см) і знак заряду	Середня щільність зарядів $\sigma \times 10^{-12}$ (Кл / м ²)	Півперіод спаду заряду $\tau_{0,5}$ (хв.)
1	2	3	4	5
Шкіра для низу взуття ниткових і клейового методів кріплення	Синтетичний килим	-45 ± 6	398,25	0,15
	Напівшерстяний килим	-27 ± 4	238,95	0,08
	Килим на латексній основі	-19 ± 5	168,15	0,06
	Ковролін	-9 ± 3	79,65	0,01
	Килимове покриття для офісів	-110 ± 10	973,5	0,2
	Лінолеум ПВХ на тканий основі	60 ± 9	531	0,17
	Лінолеум ПВХ без основи	41 ± 5	362,85	0,14
Гума «Мипора» РПШ	Лінолеум на латексній основі	80 ± 15	708	0,19
	Синтетичний килим	-2080 ± 95	18408	18
	Напівшерстяний килим	-985 ± 60	8717,25	83
	Килим на латексній основі	-2720 ± 85	24072	10
	Ковролін	-2900 ± 96	25665	20
	Килимове покриття для офісів	-2450 ± 87	21682	17
	Лінолеум ПВХ на тканий основі	990 ± 62	8761,5	32
Гума «Депора»	Лінолеум ПВХ без основи	760 ± 32	6726	22
	Лінолеум на латексній основі	1400 ± 54	12390	30
	Синтетичний килим	-2530 ± 65	22390	30
	Напівшерстяний килим	-2850 ± 94	25222,5	37
	Килим на латексній основі	-3240 ± 85	28674	28
	Ковролін	-3500 ± 54	30975	10
	Килимове покриття для офісів	-4050 ± 100	35842	35
Лінолеум ПВХ на тканий основі	Лінолеум ПВХ на тканий основі	960 ± 65	8496	58
	Лінолеум ПВХ без основи	790 ± 57	6991	43
	Лінолеум на латексній основі	1950 ± 87	17257,5	40

1	2	3	4	5
Шкірволон	Синтетичний килим	-760 ± 82	6726	11
	Напівшерстяний килим	-145 ± 10	1283	8
	Килим на латексній основі	-50 ± 9	442,5	53
	Ковролін	-370 ± 64	3274,5	15
	Килимове покриття для офісів	-1100 ± 85	9735	20
	Лінолеум ПВХ на тканий основі	460 ± 65	4071	22
	Лінолеум ПВХ без основи	240 ± 34	2124	23
	Лінолеум на латексній основі	780 ± 50	6903	25
Поліуретан	Синтетичний килим	-395 ± 65	3495,75	0,5
	Напівшерстяний килим	-40 ± 10	354	0,17
	Килим на латексній основі	-36 ± 8	318,6	0,12
	Ковролін	-80 ± 21	708	0,17
	Килимове покриття для офісів	-580 ± 47	5133	0,5
	Лінолеум ПВХ на тканий основі	920 ± 6	8142	0,2
	Лінолеум ПВХ без основи	300 ± 65	2655	0,67
	Лінолеум на латексній основі	970 ± 97	8584,5	0,67

Із наведених даних в таблиці 1 видно, що ступінь електризування залежить від властивостей матеріалів пари тертя. При цьому підшовні матеріали характеризуються різною здатністю до накопичення зарядів на своїй поверхні при терті з одним і тим же покриттям підлоги.

Найбільшою здатністю до накопичення електростатичних зарядів на своїй поверхні володіють гуми пористої структури марок «Мипора» РПШ і «Депора» при терті з килимовими покриттями підлоги і ковроліном. Так, при їх контакті величина напруженості ЕСП знаходиться в межах 2080 – 4050 В/см, що відповідно в 10 – 20 разів перевищує гранично допустимий поріг [5].

Значно нижчий рівень електризування мають в порівнянні з пористими гумами такі підшовні матеріали як шкірволон і поліуретан. Значення напруженості ЕСП на їх поверхні залежно від виду покриття підлоги знижується в декілька десятків разів. При цьому дещо вищу здатність до генерування зарядів на своїй поверхні має шкірволон. Разом з тим, наявність активних наповнювачів, штучних волокон у хімічному складі шкірволону і підвищена щільність, очевидно, сприяють суттєвому зниженню його ступеня електризуванню в порівнянні з іншими марками гум.

Дослідження підтвердили, що за стандартних кліматичних умов навіть при інтенсивному терті з усіма вибраними покриттями підлоги напруженість ЕСП на поверхні натуральної шкіри не перевищує гранично допустимого порогу. Відомо [5], що з підвищенням вологості повітря вірогідність генерування електричних зарядів на поверхні шкіри різко зменшується.

Отримані експериментальні дані свідчать, що рівень електризування взуттєвих матеріалів залежить як від їх властивостей так і властивостей контактуючого матеріалу. При заміні одного контртіла на інше величина напруженості ЕСП і порядок розташування матеріалів по ступеню їх електризування можуть значно змінюватися. Так, наприклад, напруженість ЕСП гуми «Депора» при терті з килимовим покриттям для офісів становить 4050 В/см, а з лінолеумом ПВХ без основи – 790 В/см.

В результаті проведених досліджень встановлено, що найбільш інтенсивне електризування гум пористої структури має місце при контакті з усіма вибраними килимовими покриттями підлоги і ковроліном шкіроподібної гуми – з синтетичним килимом і лінолеумом на латексній основі, поліуретану – з лінолеумом на тканий і латексній основі. Всі випробувані зразки взуттєвих матеріалів при терті з лінолеумом на латексній основі мають найвищий рівень накопичення зарядів у порівнянні з іншими видами лінолеуму, а найнижчий – з лінолеумом ПВХ без основи.

Що стосується знаку заряду, який виникає на поверхні взуттєвих матеріалах, то він може бути як позитивним так і негативним і в значній мірі залежить від хімічної природи контактуючих матеріалів. Експериментально встановлена закономірність, що досліджені підшовні матеріали при контакті з усіма килимами отримують негативний заряд, а з лінолеумами – позитивний. Принято вважати [6], що статична електризація позитивного знаку при певних умовах має більш шкідливу дію на організм людини ніж негативного.

Одночасно з генерацією електричних зарядів на поверхні матеріалу протікає процес їх розсіювання (стікання), який в значній мірі залежить від питомого об'ємного або поверхневого електричного опору. Отримані результати свідчать, що найбільшою здатністю до довготривалого зберігання зарядів на своїй поверхні володіють гуми. Для них півперіод стікання зарядів залежно від величини максимальної напруженості ЕСП знаходиться в межах 8 – 83 хвилин. Ці дані підтверджують, що взуттєві гуми мають високий електричний опір, який перешкоджає швидкому розсіюванню електричних зарядів. Виходячи із цього, експлуатація взуття на гумових підшвах при певних умовах може сприяти накопиченню і тривалому зберіганню електростатичних зарядів як на їх поверхні, так і на тілі людини.

Найкращим матеріалом, стосовно низьких значень напруженості ЕСП і півперіоду спаду зарядів, є

натуральна шкіра. За цими електрофізичними показниками на другому місці знаходиться поліуретан. Для них характерно найнижчий рівень електризування і найменший півперіод спаду зарядів, величина якого знаходиться в межах від 0,01 до 0,5 хвилин. Використання таких матеріалів для підшов як для побутового так спеціального взуття при нормальних кліматичних умовах є електростатично безпечним і буде сприяти зниженню електризації людини.

Висновки

Таким чином, згідно попередньо розробленої методики досліджена здатність підшовних матеріалів при терті з покриттями підлоги до накопичення зарядів статичної електрики та їх розсіювання. При цьому встановлено, що:

- ступінь накопичення зарядів на поверхні взуттєвих матеріалів і їх полярність в значній мірі визначається властивостями (природою) контактуючої пари матеріалів. При заміні одного контртіла на інший величина і знак зарядів та порядок розташування матеріалів за цими показниками може змінюватися;
- найбільшою здатністю до інтенсивного накопичення зарядів на своїй поверхні і тривалого їх зберігання характеризуються підшовні гуми пористої структури при терті з килимовими покриттями підлоги і ковровіном. При цьому максимальна величина напруженості ЕСП перевищує порогове значення в 10-20 разів;
- найнижчий рівень електризування і півперіод розсіювання зарядів мають натуральна шкіра і поліуретан, використання яких буде сприяти створенню електростатично безпечних умов як для людини так і для виробництва;
- всі досліджені матеріали при контакті з килимовими покриттями отримують негативний заряд, а з лінолеумом – позитивний.

Отримані результати роботи дають можливість:

- в лабораторних умовах об'єктивно оцінювати процеси накопичення та розсіювання електростатичних зарядів на поверхні взуттєвих матеріалів з урахуванням умов виробництва та експлуатації взуття;
- здійснювати правильний вибір матеріалів з урахуванням їх електрофізичних властивостей, призначення та умов експлуатації взуття;
- прогнозувати електростатичну поведінку матеріалів і виробів із них в конкретних умовах їх використання;
- своєчасно розробляти заходи щодо зниження негативних проявів статичної електрики.

Література

1. Филлипов В.И. Состояния и задачи научных разработок по защите от статического электричества // Вопросы электробезопасности в народном хозяйстве. Темат. сборник / Всесоюз. центр научно- исслед. инст. охр. труда ВЦСПС. – М.: ВЦНИИОТ, 1974. – 261 с.
2. Оценка электростатических свойств обувных материалов динамическим методом измерения / Бирюкова М.Ф., Леденева И.Н., Костригина Ю.А., Белицкая О.А // Кож. – обув. пром-сть, 2004. – № 2 – С. 46 – 47.
3. Савчук М.П., Либа В.П., Калина В.М. Экспериментальна установка для дослідження електризації взуттєвих матеріалів // Вісник ХНУ. – 2007. – № 6. – С. 104 – 107.
4. Савчук М.П. Прибор и методика определения электризации материалов низа обуви // Тези доповідей XI наук. – практ. конф. – Мукачево, 2007. – С. 35.
5. ГОСТ 12.1045-84. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. – Изд-во стандартов, 1984. – 2 с.
6. Материаловедение изделий из кожи: Учеб. для вузов / Зурабян К.М., Краснов Б.Я., Берштейн М.М. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 416 с.

Надійшла 21.11.2009 р.