

Оцінювання якості нанесення полімерного покриття на тканину для спецодягу робітників металооборобних цехів

В статті пропонується оцінка якості нанесення полімерного покриття на тканину для спецодягу робітників металооборобних цехів (МОЦ) і вибору оптимальних параметрів процесу нанесення розчину полімера для підвищення захисних властивостей матеріалу.

Ключевые слова: спецодежда, полимерное покрытие, равномерность поверхности.

In the article there has been offered the evaluation of polymer coating quality for metalworkers' professional wear (MOTS) and choice of optimal parameters for polymer coating process for the increase of material's protective qualities

Keywords: metalworkers' professional wear, polymer coating.

Постановка проблеми

Засоби індивідуального захисту, а саме спецодега, відіграють важливу роль у профілактиці травматизму і захворюваності на виробництві. За допомогою сучасних технічних засобів не завжди вдається запобігти дії небезпечних і шкідливих факторів виробництва (ШФВ) на організм людини.

Виробництва підприємств машинобудування та металообробки характеризуються низкою особливих небезпечних і шкідливих факторів механічної природи дії (тертя, розтягу, розривання) та хімічної природи дії (забруднення оливами, змащувально-охолоджувальними рідинами). За цих умов машинобудівних і металообробних виробництв спецодега не витримує встановлених строків експлуатації.

Для попередження та зменшення впливу дії ШФВ металообробних цехів запропоновано використовувати спецодегу зі з'ємними підсилюючими накладками з нанесеним на поверхню матеріалу підсилювальним накладом захисним покриттям [1].

Полімерне покриття утворює на поверхні матеріалу плівку, яка запобігає проникненню вищевказаних забруднень всередину тканини. Здатність до оливовідштовхування визначається властивостями полімерної плівки і, як свідчать дослідження, вона формується на матеріалі з різною товщиною (див. рис. 1).



Рис. 1 – Схематичне зображення структури тканини з полімерною плівкою

Нерівномірність плівки на тканині може призводити до того, що у місцях із найменшою товщиною спостерігатиметься проникнення забруднень в середину матеріалу. Тому формування якісної плівки, рівномірної за товщиною, сприятиме підвищенню оливовідштовхувальних властивостей покриття.

Нанесенням розчину комплексу на поверхню матеріалу у разі використання сіток різних номерів та концентрації полівінілового спирту (ПВС) можна отримати різні поверхні покриття за рівномірністю за товщиною та відповідно гладкістю.

Аналіз останніх досліджень

Оцінювати якість полімерного покриття за рівномірністю можна за допомогою інструментальних методів [2] і такого показника як хвилястість [3].

Хвилястість характеризується такими параметрами: висота хвилястості W , – середнє арифметичне з п'яти її значень (W_1, W_2, \dots, W_5), визначених на ділянці, довжиною L_w , що дорівнює не менше п'яти дійсним найбільшим крокам S_w хвилястості (рис. 2) [4].

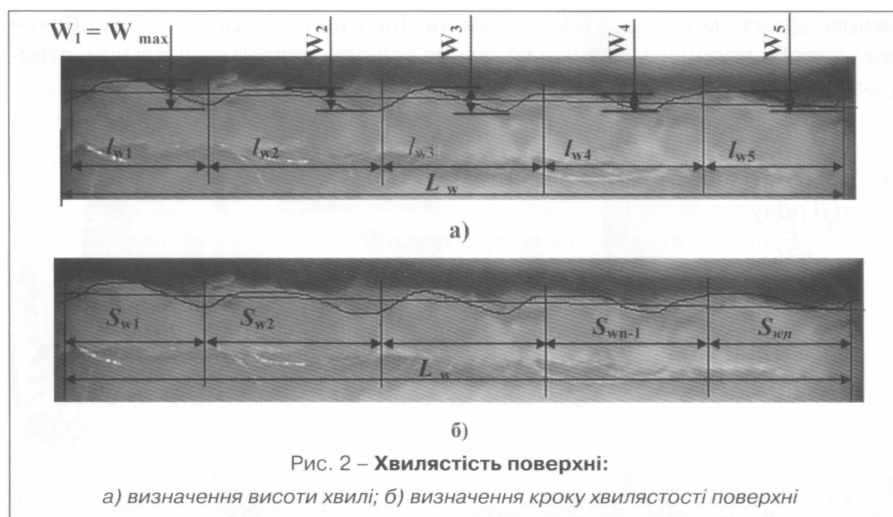


Рис. 2 – Хвилястість поверхні:

а) визначення висоти хвилі; б) визначення кроку хвилястості поверхні

Отже, висота кроку хвилястості характеризує рівномірність, що дасть змогу виконати моделювання матеріалу з полімерним покриттям.

Постановка мети та завдання досліджень

Метою досліджень є визначення рівномірності нанесення полімерної композиції на поверхню текстильного матеріалу, що може бути здійснене за допомогою графічних програм тривимірного проектування та обробки зображень поверхні матеріалу з нанесеним полімерним покриттям, оскільки інструментальні методи для м'яких матеріалів не застосовують.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- ✓ Розробити тривимірну модель матеріалу з нанесеним полімерним покриттям для якісного оцінювання хвилястості поверхні за площиною
- ✓ Встановити залежність рівномірності плівкового покриття на поверхні тканини з вагомими факторами процесу нанесення
- ✓ Визначити оптимальні значення вагомих факторів процесу нанесення, що забезпечують рівномірність плівкового покриття на поверхні тканини.

Виклад основного матеріалу

Внаслідок попередніх досліджень [5], відповідно до математичної моделі, визначено вплив вагомих факторів нанесення на поверхню тканини способом трафаретного друку на витрати полімерної композиції в один шар. При цьому загальна кількість витрат складається з корисних витрат, що залишаються на поверхні основної тканини, і надлишкових, що просочуються на підкладену тканину. Згідно з отриманими результатами залежності зміни концентрації ПВС у полімерній композиції, номера сітки трафарету встановлено, що змінюється загальна кількість витрат композиції, її надлишок (який просочується на підкладену тканину), а також корисні витрати композиції. За наявності надлишку витрат композиції процес нанесення наближається до двобічного, що сприяє підвищенню жорсткості матеріалу через утворення плівки з обох боків.

Для оцінювання рівномірності плівкового покриття на поверхні матеріалу за показником хвилястість необхідно побудувати її тривимірну модель. Для цього використано універсальний графічний редактор Rhinoceros 4.0, який дає можливість швидко і точно побудувати тривимірний об'єкт за його проєкціями. Отримання виду зверху поверхні матеріалу виконано за допомогою цифрової камери «Сапоп» з чіткістю зображення 8 Мрпх завдяки фотографуванню із дотриманням умов фотозйомки, що викладені у [6, 7].

Побудова тривимірної моделі відбувається одночасно у декількох видових екранах. Опція «Height from image» дає змогу побудувати за площинним зображенням тривимірну модель поверхні тканини (рис. 3).

Передбачено таку послідовність дій:

1. Виклик команди Heightfield from image.
2. Завантаження фотографії поверхні (вид зверху).
3. Задання значення найвищої висоти хвилястості (Wmax).
4. Масштабування фотозображення до реальних розмірів.

Значення найвищої висоти та кроку хвилястості мають бути отримані за допомогою мікроскопії поперечного перерізу матеріалу у разі використання мікроскопу МІМ-10 та окуляра для мікроскопу – вебкамери eTREK DCM520. Вимірювання вказаних величин можна здійснити у середовищі прикладної програми до окуляра (вебкамери).

Оцінювання виконують за використання команди «Analyze» «Surfase» «Curvature Analysis». Під час виклику «Curvature Analysis» слід вибрати опцію «Gaussian» (Гаусова кривизна).

Гаусова кривизна в точці на поверхні показує, чи є поверхня локально еліптичною, гіперболічною чи параболічною (гаусова кривизна позитивна, від'ємна або дорівнює нулю). Якщо гаусова кривизна дорівнює нулю, то поверхня є такою, що розгортається в площину.

Існує декілька методів візуалізації гаусової кривизни поверхні. Проте найефективнішим методом є її кодування на растровому зображенні за допомогою кольорів.

Після вибору опції «Gaussian» виконують оцінювання кривизни поверхні, що полягає в кольоровому забарвленні (червоний, синій та зелений) зображення тривимірної моделі поверхні матеріалу (рис. 4 а).

Червоний колір відповідає ділянкам поверхні, що є найбільш випуклими (позитивна гаусова кривизна), синій – ділянкам поверхні, що є впалими (негативна гаусова кривизна), а зелений – ділянкам поверхні з нульовою гаусовою кривизною, що є плоскими. Тобто поверхня, яка є рівною, має бути забарвлена в зелений колір та мати мінімум ділянок червоного та синього кольорів.

Заключним етапом є визначення площі поверхні отриманої тривимірної моделі матеріалу з полімерним покриттям. Для цього зображення виду зверху матеріалу з покриттям експортовано до AutoCAD. Після обведення ділянок, зафарбованих зеленим кольором (що відповідають рівній поверхні), за допомогою команди «Полілинія», використовуючи команду «Площадь», визначено площу всіх обведених ділянок, які зафарбовані зеленим кольором (рис.4 б).

Значення площі дає змогу встановити відсоток рівномірної поверхні тканини з плівковим покриттям щодо всієї поверхні.

Для кожної точки матриці експерименту виконано оцінювання хвилястості тривимірної моделі поверхні матеріалу з полімерним покриттям. Для цього здійснено нанесення розчинного комплексу в один шар способом трафаретного друку.

План ПФЕ 3' використано для оцінювання рівномірності (R) поверхні плівкового покриття на тканині, нанесеного способом трафаретного друку, від двох вагомих факторів:

- ✓ x_1 – концентрація полімерної композиції $K=10\pm 2\%$
- ✓ x_2 – номер трафаретної сітки $Nc=80\pm 40$.

Функцію відгуку (Y) є рівномірність поверхні (R).

Зв'язок між кодovаними і натуральними значеннями факторів подано у табл. 1, план експерименту – в табл. 2.

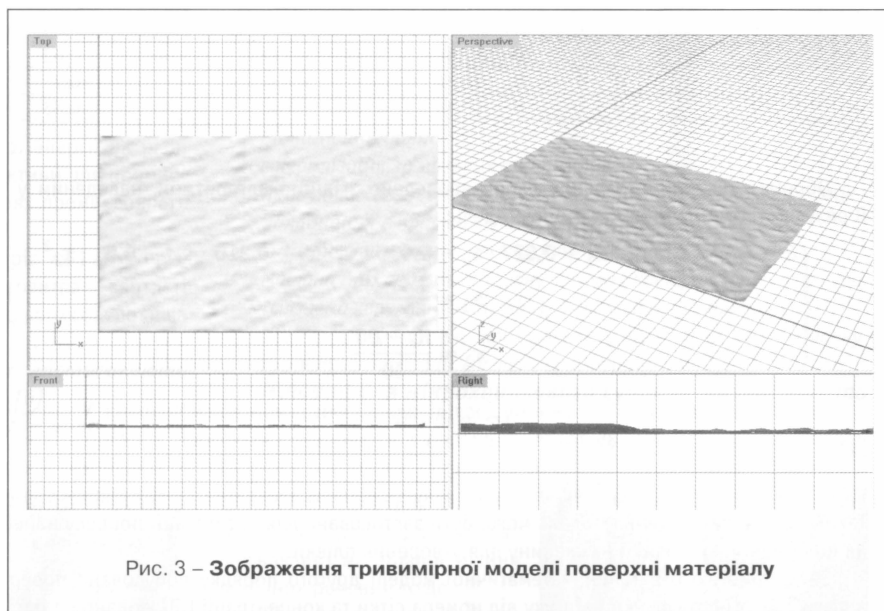


Рис. 3 – Зображення тривимірної моделі поверхні матеріалу

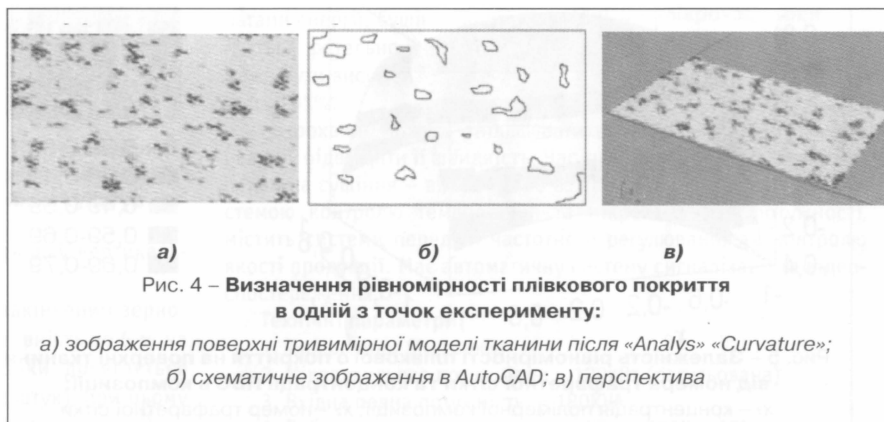


Рис. 4 – Визначення рівномірності плівкового покриття в одній з точок експерименту:

- а) зображення поверхні тривимірної моделі тканини після «Analyze» «Curvature»;
- б) схематичне зображення в AutoCAD; в) перспектива

ТАБЛИЦЯ 1 – Зв'язок між кодovаними і натуральними факторами та інтервалами варіювання

Позначення	Фактори Назва	Коди			Інтервал варіювання, Δx_i
		-1	0	+1	
x_1	Концентрація полімерної композиції	8	10	12	2
x_2	Номер трафаретної сітки	40	80	120	40

ТАБЛИЦЯ 2 – Матриця планування та результати експерименту з визначення ступеня хвилястості за планом ПФЕ 3²

Номер дослід	Фактор						Рівномірність поверхні тканини з плівковим покриттям		
	x ₀	x ₁	x ₂	x ₁ · x ₂	x ₁ ²	x ₂ ²	Розраховане		Середнє
							Y _{1,i}	Y _{2,i}	
1	1	-1	-1	1	1	1	0,38	0,41	0,40
2	1	1	-1	-1	1	1	0,57	0,53	0,55
3	1	-1	1	-1	1	1	0,51	0,49	0,50
4	1	1	1	1	1	1	0,53	0,49	0,51
5	1	-1	0	0	1	0	0,42	0,44	0,43
6	1	1	0	0	1	0	0,62	0,63	0,63
7	1	0	-1	0	0	1	0,57	0,66	0,62
8	1	0	1	0	0	1	0,69	0,73	0,71
9	1	0	0	0	0	0	0,78	0,88	0,83

Обробку експериментальних даних проведено згідно з алгоритмом, наведеним у [8]. В результаті отримано математичну модель:

$$\begin{cases} R = 0,773 + 0,06 \cdot x_1 + 0,027 \cdot x_2 - 0,036 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,216 \cdot x_1^2 - 0,61 \cdot x_2^2 \\ x_1 = \frac{K - 10}{2} \\ x_2 = \frac{H_c - 80}{40} \end{cases} \quad (1)$$

Однорідність дисперсії в кожному досліді перевіряли за критерієм Кохрена. У даному випадку $G_{роп} = 0,4 < G_{тоб} = 0,6385$, тобто всі дисперсії є однорідні. Значущість коефіцієнтів моделі перевіряли за допомогою критерію Стюдента. Якщо $t_{роп} > t_{тоб} = 2,26$, то коефіцієнт – значущий. У даному випадку усі коефіцієнти є значущі. Модель адекватна, бо $F_{роп} = 3,04 < F_{тоб} = 3,4$. Таким чином, математична модель може бути застосована для оптимізації процесу нанесення полімерної композиції на тканину для утворення плівки.

За допомогою отриманої математичної моделі другого порядку побудовано поверхню відгуку. Залежність функції відгуку від номера сітки та концентрації ПВС подано на рис. 5.

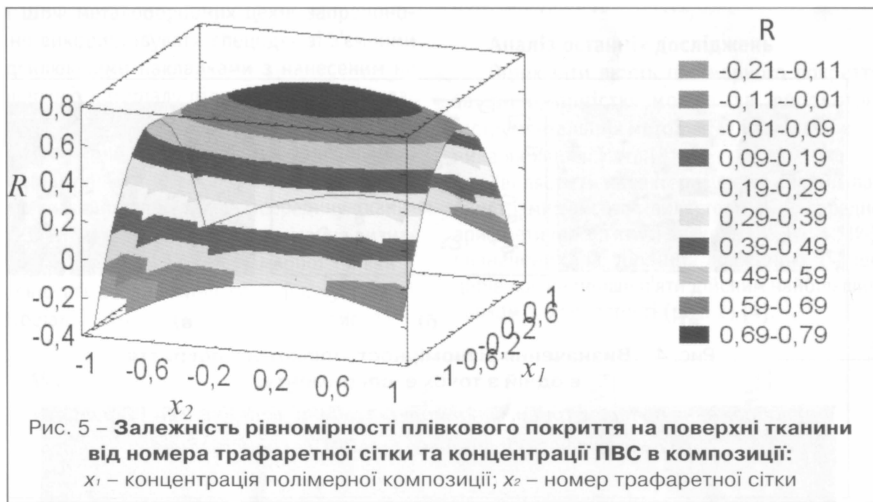


Рис. 5 – Залежність рівномірності плівкового покриття на поверхні тканини від номера трафаретної сітки та концентрації ПВС в композиції: x₁ – концентрація полімерної композиції; x₂ – номер трафаретної сітки

Оптимізацію моделі (1) рекомендовано провадити чисельним методом, що дасть змогу визначити достовірні оптимальні параметри проведення процесу [9].

Було поставлено завдання оптимізації:

$$\begin{cases} R = f(k, H_c) \rightarrow \max, \\ k, H_c \in \Omega, \\ R \in [0; 1], \end{cases} \quad (2)$$

де Ω – область вибраних значень факторів.

За Ω допомогою вбудованого модуля «Поиск решений» у табличному процесорі Excel виконано розрахунок цільової функції відгуку та проведено оптимізацію процесу нанесення полімерної композиції. Завдання оптимізації полягало у знаходженні значень факторів, які належать до області допустимих значень $X_i \in [-1; 1]$, за яких вихідний параметр $Y = 1$.

Отже, внаслідок оптимізації чисельним методом встановлено, що найменша кривизна ($R \rightarrow 1$), відповідає зразку матеріалу з нанесеним покриттям у разі використання сітки № 60 та розчину композиції концентрацією ПВС 10%.

ВИСНОВКИ

Розроблено метод оцінювання рівномірності полімерного покриття на основі побудови тривимірної моделі поверхні тканини з покриттям, що дало змогу визначити раціональні параметри нанесення рівномірного полімерного покриття для покращення захисних властивостей спецодягу для робітників МОЦ.

Вперше одержано регресійну залежність оцінювання рівномірності полімерного покриття на основі побудови тривимірної моделі поверхні тканини з покриттям.

Визначено, що рівномірне плівкове покриття можна отримати внаслідок його нанесення через трафаретну сітку № 60 за концентрації полімеру (ПВС) – 10%.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Шаран Т.Г. Підвищення якості спецодягу / Т.Г. Шаран, Н.В. Прошина, Ю. І. Шалапо // Збірник матеріалів III українсько-польської наукової конференції молодих вчених «Механіка та інформатика» 28-30 квітня 2005 р. – 2005. – С. 214-216.
- Агеев А.А. Поверхностные явления и дисперсные системы в производстве текстильных материалов и химических волокон / А.А. Агеев, В.А. Волков – М.: Совьяк Бево 2004. – 464 с.
- Аксенова И.В. Принципы гидрофобизации поверхности волокон тканей наноразмерными слоями фторсодержащих ПАВ / И.В. Аксенова, А.А. Агеев, В.А. Волков // Сучасні технології в легкій промисловості і сервісі: тези доп. – Хмельницький, 2011. – С. 13-14.
- Кутряков Е.М. Стандартизация и качество промышленной продукции: Учебник для вузов / Е.М. Кутряков – М.: Высшая школа, 1985 – 288 с.
- Білей-Рубан Н.В. Метод комп'ютерної візуалізації зміни товщини джинсових тканин та доніму у відповідності до «ефектних» обробок / Н.В. Білей-Рубан, Т.В. Облещук // Вісник ХНУ. – 2009. – №2. – С. 129-133
- Залкінд В.В. Обґрунтування доцільності застосування методу цифрової фотографії при проектуванні одягу з використанням САПР / В.В. Залкінд, // Вісник ХНУ. – 2010. – №3. – С. 111-113.
- Шаран Т.Г. Моделирование процесса нанесения полимерной композиции на детали спецодягу / Т.Г. Шаран, Н.В. Прошина, О.І.Кулаков // Новітні технології матеріалів та дизайн в легкій промисловості та сервісі: тези доп. – Хмельницький, 2011. – С. 55-56.
- Грушко И.М. Основы научных исследований: Учеб. пособ. / И.М. Грушко, В.М. Сиденко – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков: Вища школа, 1983. – 224 с.
- Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности). / В.Б. Тихомиров – М.: Легкая индустрия, 1974. – 262 с.

Одержано 15.05.2012