

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ НАПОВНЮВАННЯ-ЖИРУВАННЯ НАПІВФАБРИКАТУ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ШКІРИ

Данилкович А. Г.¹, Сангінова О. В.², Кулевський Є. О.²

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАПОЛНЕНИЯ-ЖИРОВАНИЯ ПОЛУФАБРИКАТА В ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОЖИ

Данилкович А. Г.¹, Сангинова О. В.², Кулевский Е. А.²

IMPROVEMENT OF FILLING-FILLING PROCESSES OF SEMI-FINISHED PRODUCTS IN THE TECHNOLOGY OF LEATHER PRODUCTION

Danylkovych A.¹, Sanginova O.², Kulevskiy Y.²

¹Київський національний університет технологій та дизайну

Київ, Україна

ag101@ukr.net

²КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Київ, Україна

olga.sanginova@gmail.com

Досліджено вплив складу композиції на властивості шкіряного матеріалу. Математичну модель отримано за шляхом обробки результатів плану експерименту, побудованого за методом Макліна-Андерсона. В якості основних параметрів оптимізації побудованої моделі обрані: об'ємний вихід матеріалу, межа міцності матеріалу та його жорсткість. Розроблено обчислювальний модуль у середовищі VBA для знаходження оптимальних значень факторів із використанням методу Хука-Джівса та адитивної згортки критеріїв.

Ключові слова: метод Хука-Джівса, склад-властивість, адитивна згортка, наповнювальна композиція, оптимізація, шкіра

Исследовано влияние состава композиции на свойства кожевенного материала. Математическая модель получена путем обработки результатов плана эксперимента, построенного по методу Маклина-Андерсона. В качестве основных параметров оптимизации построенной модели выбраны: объемный выход материала, предел прочности материала и его жесткость. Разработан вычислительный модуль среде VBA для нахождения оптимальных значений факторов с использованием метода Хука-Дживса и аддитивной свертки критериев.

Ключевые слова: метод Хука-Дживса, состав-свойство, аддитивная свертка, наполнительная композиция, оптимизация, кожа

The study of the effect of the composition of the composition is based on the obtaining of a mathematical The influence of composition of composition on the properties of leather material is investigated. The mathematical model is obtained by processing the results of an experiment plan constructed by the McLean-Anderson method. The main parameters of optimization of the built model are selected: the volume output of the material, the strength of the material and its rigidity. A computational module was developed in the VBA environment to find optimal factor values using the Huck-Jevsy method and additive convolution criteria.

Keywords: Huck-Jivs method, composition-property, additive convolution, fill composition, optimization, skin

ВСТУП

Збільшення об'ємів і розширення асортименту шкіряних матеріалів передбачає розроблення інноваційних та удосконалення діючих технологій шляхом поступового введення хімічних реагентів чи їх композицій з використанням екологічно чистих матеріалів [1, 2], зокрема, в процесах наповнювання-жирування. Ефективне проведення цих процесів обумовлено необхідністю забезпечення підвищеної мобільності елементів фібрилярної структури шкіри для формування комплексу високих фізико-хімічних і експлуатаційних властивостей готового матеріалу. При цьому суттєве значення має структурна підготовка напівфабрикату до проведення наступних технологічних процесів, серед яких вакуумне сушіння, пресування та інші. Водночас при удосконаленні окремих технологічних процесів особлива увага має приділятися мінімальному техногенному впливу як відпрацьованих технологічних розчинів, так і виготовленого матеріалу на природне середовище [2]. У зв'язку з цим проводяться наукові та технологічні дослідження щодо пошуку нових ефективних екологічно орієнтованих реагентів та їх композицій, оптимізації складу та умов їх раціонального використання.

При наповнюванні-жируванні шкіряного напівфабрикату використовується значна кількість реагентів і матеріалів різного хімічного складу вітчизняного та імпортного виробництва. Зокрема, для підвищення еластичності одягових шкір в роботі [3] рекомендовано використання модифікованого пальмового масла. З цією ж метою фірма «*TFL*» для виготовлення еластичних шкіряних матеріалів розробила пластифікуючу композицію на основі лецитину «*Coripol ALF*». При цьому забезпечується висока стабільність, підвищується світлостійкість та термостійкість отриманого натурального матеріалу.

При виготовленні шкіряного матеріалу в процесі наповнювання досить перспективним можна вважати високодисперсні мінерали, в основному в модифікованій формі. Показано підвищення фізико-механічних властивостей та об'ємного виходу шкіряних матеріалів при використанні модифікованого монтморилоніту. Автори роботи перспективним наповнювачем шкіряного напівфабрикату вважають наночастинки кремнезему завдяки їх колоїдно-хімічним властивостям. Застосування наночастинок кремнезему дає можливість підвищити фізико-механічні властивості шкір, їх опір старінню і стійкість до зовнішнього середовища. Модифікація наночастинок кремнезему поліметакриловою кислотою дала можливість використовувати його також в процесі дублення. Водночас, забарвлені наночастинки кремнезему рекомендується використовувати для одержання стійкого забарвлення шкіри.

Сучасні інноваційні технології передбачають імітаційне моделювання з оптимізацією складу технологічних композицій та умов їх ефективного використання. При цьому, в основному, використовуються такі плани як симплексно-граткові, симплексно-центроїдні та *D*-оптимальні. Однак, на практиці зустрічаються дисперсні системи, в яких для пошуку ефективних властивостей залежно від особливостей технологічного процесу неможлива зміна інгредієнтів в межах 0–1, оскільки це призводить до виродження плану. В зв'язку з цим застосовують обмеження на окремі інгредієнти за методами Макліна-Андерсона, синтезу *D*-оптимальних планів і псевдокомпонентів. Прямий синтез симплекс-центроїдного плану експерименту за

методом Федорова не завжди дає можливість визначити експериментальну ділянку, що свідчить про його неоптимальність.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Метою роботи є знаходження оптимального складу пластифікаційно-наповнювальної композиції. Для реалізації цієї мети поставлені наступні задачі: синтез плану експерименту «склад–властивість» за методом Макліна-Андерсона; отримання адекватної математичної моделі залежності технологічних властивостей від складу пластифікаційно-наповнювальної композиції; розроблення обчислювального модуля для автоматизації розрахунку; знаходження оптимального складу наповнювальної композиції з використанням розробленого модуля.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ

Факторами, що впливають на якість пластифікаційно-наповнювальної композиції були обрані інгредієнти: x_1 – бентоніт з вмістом 85 % монтморилоніту, модифікований 5 % сульфату натрію; x_2 – яловичий жир; x_3 – соняшникова олія; x_4 – поверхнево-активна речовина (ПАР) / алкілсульфонат натрію, як 1 / 2.

Попередні дослідження дозволили визначити межі вмісту зазначених інгредієнтів у складі композиції, мас. часток (табл. 1).

Таблиця 1. Межі зміни інгредієнтів x_i пластифікаційно-наповнювальної композиції

| x_i | Обмеження інгредієнтів композиції | |
|-------|-----------------------------------|------------|
| | <i>min</i> | <i>max</i> |
| 1 | 0,14 | 0,23 |
| 2 | 0,25 | 0,40 |
| 3 | 0,33 | 0,50 |
| 4 | 0,06 | 0,14 |

Ефективність впливу складу наповнювальної композиції на технологічні властивості шкіряного матеріалу оцінювали за вихідними змінними: y_1 – вихід площі шкіряного матеріалу до віджатого напівфабрикату, %; y_2 – межа міцності матеріалу, МПа; y_3 – жорсткість матеріалу, сН.

План експерименту був отриманий за допомогою модифікованого методу Макліна-Андерсона з використанням розробленої програми підготовки експериментальних даних. З 40 теоретичних точок, синтезованих за методом Макліна-Андерсона були отримані найкращі (табл. 2) за критерієм D-оптимальності $\det|D| \rightarrow \min$, де $D = (F^T F)^{-1}$ – дисперсійна матриця поточного плану; F – матриця плану експерименту X , отримана за видом математичної моделі $\tilde{f}^T(\bar{x})$ розміру $n \times l$; l – кількість коефіцієнтів моделі; T – операція транспонування матриці.

Експеримент реалізований у дослідному цеху публічного АТ «Чинбар» (Україна, м. Київ). Отримані результати (табл. 3) указують на залежність технологічних властивостей шкіряного напівфабрикату від складу пластифікаційно-наповнювальної композиції.

Таблиця 2. План експерименту

| Інгредієнт | Експериментальна точка | | | | | | | | | |
|------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| x_1 | 0,23 | 0,14 | 0,14 | 0,23 | 0,23 | 0,14 | 0,14 | 0,23 | 0,23 | 0,14 |
| x_2 | 0,30 | 0,39 | 0,30 | 0,38 | 0,25 | 0,25 | 0,40 | 0,25 | 0,28 | 0,35 |
| x_3 | 0,33 | 0,33 | 0,50 | 0,33 | 0,38 | 0,47 | 0,40 | 0,46 | 0,36 | 0,45 |
| x_4 | 0,14 | 0,14 | 0,06 | 0,06 | 0,14 | 0,14 | 0,06 | 0,06 | 0,14 | 0,06 |

Таблиця 3. Технологічні властивості наповненого шкіряного матеріалу

| Технологічний показник | Експериментальна точка | | | | | | | | | |
|------------------------|------------------------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| y_1 | 101.5 | 100 | 98.7 | 100.2 | 102 | 95.6 | 100.8 | 99.5 | 98.3 | 100.4 |
| y_2 | 24.5 | 21.3 | 18.4 | 22 | 24.8 | 18.9 | 24 | 22.5 | 21.2 | 22.5 |
| y_3 | 21.2 | 25 | 27.4 | 24.5 | 21.5 | 29.7 | 22.6 | 23.2 | 25.6 | 23 |

Коефіцієнти чотирьохкомпонентної математичної моделі визначаються за методом найменших квадратів у матричній формі $B = (X^T X)^{-1} X^T Y$, де B – вектор шуканих коефіцієнтів; Y – колонка значень залежної змінної, які спостерігались у дослідах:

$$\begin{cases} \hat{y}_1 = -180,197x_1 - 301,613x_2 - 341,419x_3 - 160,131x_4 - 3,167x_1x_2 + \\ \quad + 1,828x_1x_3 + 0,175x_1x_4 - 0,444x_2x_3 + 0,743x_2x_4 - 0,1758x_3x_4; \\ \hat{y}_2 = -40,706x_1 - 68,008x_2 - 75,616x_3 - 35,966x_4 + 1,723x_1x_2 + \\ \quad + 1,016x_1x_3 - 0,552x_1x_4 - 0,161x_2x_3 + 1,152x_2x_4 + 0,631x_3x_4; \\ \hat{y}_3 = -41,911x_1 - 68,383x_2 - 78,833x_3 - 36,929x_4 - 3,878x_1x_2 - \\ \quad - 2,477x_1x_3 + 0,316x_1x_4 - 0,557x_2x_3 - 1,51x_2x_4 - 0,2x_3x_4. \end{cases}$$

З метою оптимізації отриманої математичної моделі був розроблений обчислювальний модуль в середовищі VBA, головне вікно якого показано на рис. 1.

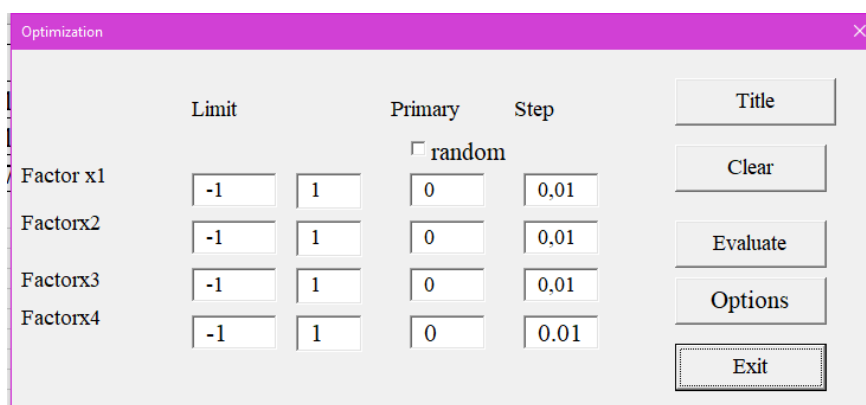


Рис. 1. Головне вікно обчислювального модуля

Програмний модуль реалізує вирішення компромісної задачі із застосуванням адитивної згортки критеріїв. Користувач програмного модуля має задати вагові критерії для кожної властивості та обмеження для кожного параметра, з метою нормування їх значень.

Оптимізація результуючої функції виконувалась за допомогою методу Хука-Дживса, який відноситься до прямих методів нульового порядку. Алгоритм методу складається з двох етапів – досліджуючого пошуку і пошуку за зразком. Для розрахунку методом Хука-Дживса задавалась початкова точка поруч з центром досліджуваного діапазону, або її можна задати випадковим чином. Дані в околі початкової точки виконувалась досліджуваний пошук, який дозволяв знайти напрям найшвидшого зростання функції. На наступному етапі виконувалась прискорюючий пошук за знайденим напрямком. Якщо при цьому значення функції переставало збільшуватись, то досліджуваний пошук в околі нової точки виконувалась знов. Якщо досліджуваний пошук невдалий по всіх напрямках, а задана точність розрахунку не досягнута, то крок зменшувалась. Описана процедура виконувалась доти, доки не буде знайдений оптимум з заданою точністю.

Таким чином, за допомогою розробленого обчислювального модуля були знайдені оптимальні значення параметрів. За основними характеристиками встановлено оптимальний склад наповнювальної композиції на основі отриманої математичної моделі та з використанням адитивної згортки параметрів. Розроблений склад композиції забезпечує ефективне проведення досліджуваного процесу при виготовленні еластичного шкіряного матеріалу хромового дублення.

ВИСНОВКИ

Реалізовано план експерименту для визначення складу наповнювальної композиції за методом Макліна-Андерсона. За експериментальними даними отримана адекватна математична модель, яка описує залежність основних властивостей шкіряного напівфабрикату від складу наповнювальної композиції.

Знайдено оптимальний склад композиції із застосуванням методу Хука-Дживса.

Розроблений обчислювальний модуль в середовищі *Visual basic for application* для автоматизації розрахунку, який дозволяє задати вагові критерії та межі зміни кожної властивості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Данилкович А. Г., Мокроусова О. Р., Охмат О. А. Технологія і матеріали виробництва шкіри : навч. посібник. К. : Фенікс, 2009. 578 с.
2. Зедгинидзе И. Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. М.: Наука, 1976. 392 с.
3. Брановицька С. В., Данилкович А. Г., Сангінова О. В., Червінський В. О. Багатокритеріальна оптимізація процесу дублення за модифікованим методом Хука-Дживса. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. 2014, № 1 (26). С. 24–30.