

**ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЇВ
ДЛЯ РОЗВОЛОКНЕННЯ ШКІРЯНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Наведені результати аналізу технологічного процесу розволокнення шкіряних відходів за допомогою пристроїв, що використовують зворотно-поступальний рух робочого органа. Розраховані конструктивно-технологічні параметри гребінчастого технологічного пристрою, що забезпечує ослаблення волокнистої структури шкіри розтяганням.

Постановка проблеми. До цього часу для розволокнення відходів натуральної шкіри в основному використовувалось універсальне технологічне обладнання, запозичене з інших галузей промисловості і технологічно не пристосоване безпосередньо для розволокнення шкіри, наслідком чого є невисока якість та продуктивність розволокнення. У зв'язку з цим набуває особливої актуальності розробка технологічного обладнання для розволокнення натуральної шкіри на основі теоретичного обґрунтування оптимальних параметрів технологічних процесів.

Оптимізувати параметри технологічного процесу розволокнення шкіри неможливо без розробки єдиного модельного підходу, який би дозволив відслідковувати направлені зміни внутрішньої структури шкіри, що обумовлюються її розволокненням при різних напружено-деформованих станах внаслідок спрямованих на неї дій на всіх стадіях технологічного процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі два основних підходи до питання про організацію мікроструктури шкіри. У першому з них волокна і пучки волокон переплітаються та розгалужуються, утворюючи просторову мережу, нероздільну без розриву окремих структурних елементів [1]. Другий підхід ґрунтується на моделюванні структури дерми великої рогатої худоби у вигляді малорозгалужених просторово переплетених колагенових пучків, які не утворюють просторово замкнуті мережі. При цьому пучки волокон, згинаючись, проходять через усі шари і утримуються за рахунок сили тертя між пучками колагенових волокон [2].

На нашу думку, будова шкіри може моделюватись як з використанням першого, так і другого підходів [3], що підтверджується числовими та електронно-мікроскопічними дослідженнями зразків шкіри [4].

При механічному розмелі велику цінність представляють довгі волокна, тому що при їх переробці потрібна менша кількість проклеювальних добавок і вдається зберегти в новому матеріалі такі корисні якості шкіри, як висока повітропроникність і паропроникність. Використання довгих волокон дозволяє також поліпшити механічні властивості штучного матеріалу – еластичність, опір стиранню. Удосконалення цих якісних характеристик взуттєвих картонів залишається актуальним питанням і сьогодні [5...7].

Однак при сьогодинішніх технологіях та обладнанні для розволокнення відбувається руйнування матеріалу за рахунок масового дроблення пучків волокон. Це пояснюється складною волокнисто-сітчастою структурою натуральної шкіри.

При розволокненні відходів необхідно домагатися збереження структури пучків волокон, а також їх первинної довжини. Наявність коротких волокон в подальшому при виробництві штучної шкіри типу картонів вимагає застосування зв'язувальних речовин для їх скріплення, у деяких випадках у кількості понад 100 % від ваги волокна [8], [9]. При цьому значно погіршуються гігієнічні властивості штучної шкіри типу картонів [10], [11].

Формулювання цілі статті. Істотне ослаблення структури шкіри досягається складним деформуванням – розтяганням з наступним стисканням перпендикулярно до площини орієнтації волокон. Такий метод можна рекомендувати для обробки відходів шкір складним деформуванням, як операцію, що передує розволокненню. Процес розволокнення відходів шкір варто вести послідовно в три етапи:

- на першому етапі матеріал піддають розтяганням до початку ослаблення надфібрилярної волокнистої структури шкіри за допомогою переорієнтації та випрямлення пучків волокон;
- на другому – шляхом стиснення або зсуву ослаблюються поперечні зв'язки надфібрилярної волокнистої структури шкіри;
- на третьому – оброблена в такий спосіб шкіра піддається поділу на волокна.

Таким чином, основна технологічна задача реалізації пристроїв для розволокнення – це створення механічних пристроїв, які дозволяють реалізувати строго визначену послідовність технологічних навантажень, що призводять до розволокнення шкіри.

Виклад основного матеріалу. Найбільш простим пристроєм, що дозволяє реалізувати запропонований спосіб, є обробка матеріалу між гребінчастими поверхнями. При обробці в такому

пристрої матеріал спочатку розтягується за рахунок витискання між поверхнями суміжних зубців, а коли пуанسونи стуляються, відбувається розтискання зразка. У такому пристрої реалізується схема навантаження, описана вище. При деформуванні шкіри між зубчастими поверхнями розтягання матеріалу і створення необхідної деформації відбувається лише в тому випадку, коли матеріал буде утримуватися на вершинах зубів, без ковзання і не буде відбуватися вільне укладання його за конфігурацією профілю.

Таким чином, зусилля, що забезпечують защемлення матеріалу на вершинах гребенів, повинні завжди перевищувати розтяжні зусилля при деформуванні. Співвідношення цих сил залежить як від коефіцієнта тертя між шкірою і гребенями, так і від геометричних параметрів профілю гребенів: кроку виступів, кута профілю.

Визначимо крок профілю, при якому забезпечуються вищеописані співвідношення сил. Розглянемо процес деформування крайових ділянок матеріалу, тому що, забезпечивши защемлення матеріалу на краях, ми тим самим забезпечимо защемлення і витягування його в середній частині. Розрахункова схема деформування краю матеріалу між першою парою гребенів 1 і 2 представлена на рис. 1. При довільному попаданні матеріалу між гребенями, як правило, крайова ділянка не буде піддаватися розтягання. Розглянемо утворення першої напівхвилі, що йде слідом за вільною ділянкою.

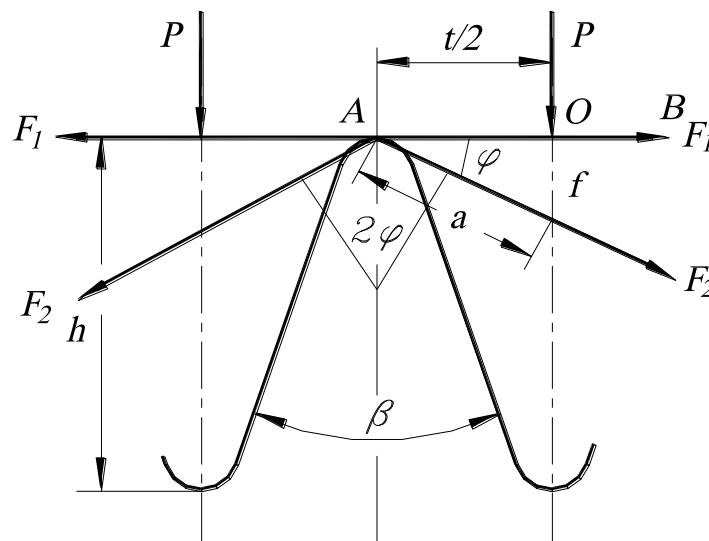


Рис. 1. Схема деформування шкіряного матеріалу у гребінчастому пристрої ослаблення волокнистої структури

При деформуванні в межах пружності для досягнення стріли прогину b до матеріалу необхідно прикласти зусилля P , яке визначається за формулою:

$$P = \frac{3E_M l b}{t/2^3} = \frac{24bE_M l}{r^3}, \quad (1)$$

де E_M – релаксаційний або в'язкопружний модуль шкіри; l – момент інерції поперечного перерізу матеріалу; t – крок гребенів.

На вершинах гребеня виникає зусилля F_1 , що перешкоджає ковзанню матеріалу і дорівнює силі тертя:

$$F_1 = P f_1, \quad (2)$$

де f_1 – коефіцієнт тертя шкірматеріалу по поверхні гребенів.

Тоді протилежна гілка зазнає розтягання до величини, що не перевищує F_2 , яка визначається за формулою Ейлера:

$$F_2 = F_1 e^{2\varphi f_1} = \frac{24 f_1 b E_M l}{t^3} e^{2\varphi f_1}, \quad (3)$$

де 2φ – кут обхвату вершини зуба, що є функцією стріли прогину і приблизно визначається рівнянням:

$$\varphi = \arctg \frac{2b}{t} . \tag{4}$$

Зусилля розтягання, що виникає в матеріалі, виразимо через напругу в перерізі зразка одиничної ширини:

$$T = \sigma_p S = E_M \langle \varepsilon_1 \rangle h_w , \tag{5}$$

де S – площа поперечного перерізу шкіри одиничної ширини; h_w – товщина шкіри; $\langle \varepsilon_1 \rangle$ – відносна ефективна технологічна деформація, яка викликає найбільш раціональне ослаблення волокнистої структури шкіри, у наближенні однорідної взаємодії між волокнами [12], що визначається за формулою:

$$\langle \varepsilon_1 \rangle = \frac{\alpha_1^0 (l_0 - d_0 2^i) - \xi l_0 (1 - 2v_M) A^* - (1 + v_M) F^* \cdot 1 - (1 + v_M) \xi A^{**} + (1 - v_M) F^{**}}{(l_0 - d_0 2^i) E_M 1 + \xi (1 - 2v_M) A^* - (1 - v_M) F^*} , \tag{6}$$

де ξ – ступінь розволокнення шкіри; d_0, l_0 – відповідно діаметр та довжина волокон, які необхідно одержати при розволокненні; A^*, F^*, A^{**}, F^{**} – постійні, що визначають рівень структурних напружень від дії, відповідно, потенціального та вихрового поля взаємодії між волокнами; α_1^0 – напруга однорідної взаємодії між волокнами, що виникає під дією середніх, найбільш раціональних технологічних напружень $\langle \sigma_1 \rangle$ розтягання, які генеруються технологічним обладнанням в структурі шкіри, що підлягає розволокненню.

Тоді, з урахуванням забезпечення необхідної деформації для виконання умови защемлення, повинно бути $F_2 \geq T$, або

$$\frac{24 f_1 b E_M l e^{2 f_1 \arctg \left(\frac{2b}{t} \right)}}{t^3} \geq E_M h_w \langle \varepsilon_1 \rangle . \tag{7}$$

Модуль E_M входить в обидві частини рівняння (7) і скорочується після перетворень. Це дає нам можливість не враховувати часову залежність, характер згину матеріалу на вершині гребенів.

Визначимо з отриманих рівнянь крок t за умови максимального розтягання матеріалу, коли $b = h_3$, де h_3 – глибина западини (висота гребеня). Знаючи, що

$$h_3 = \frac{t}{2 \operatorname{tg} \beta / 2} , \tag{8}$$

де β – кут профілю гребенів гребінчастого технологічного пристрою, підставимо в (7) замість $b = h_3$ його значення, виражене через крок t . Тоді:

$$\frac{24 f_1 t l}{t^3 2 \operatorname{tg} \beta / 2} e^{2 f_1 \arctg \left(\frac{2t}{2t \operatorname{tg} \beta / 2} \right)} \geq h_w \langle \varepsilon_1 \rangle .$$

Перетворивши отримане рівняння, остаточно одержимо:

$$\frac{12 f_1 l}{t^2 \operatorname{tg} \beta / 2} e^{2 f_1 \arctg \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \beta / 2} \right)} \geq h_w \langle \varepsilon_1 \rangle . \tag{9}$$

Звідси крок t гребенів буде таким:

$$t = \sqrt{\frac{12 f_1 l e^{2 f_1 \arctg \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \beta / 2} \right)}}{h_w \langle \varepsilon_1 \rangle}} . \tag{10}$$

Для зразка одиничної ширини момент інерції складає $I = \frac{1 \cdot h_w^3}{12}$. Тоді остаточно формула для визначення кроку t буде мати вигляд:

$$t = \sqrt{\frac{f_1 h_w^2 e^{2 f_1 \arctg\left(\frac{1}{\operatorname{tg} \beta/2}\right)}}{\langle \varepsilon_1 \rangle}} \quad (11)$$

З урахуванням виразу (6) мінімальне значення кроку гребінчастого технологічного пристрою повинно бути не менше ніж:

$$t \geq \sqrt{\frac{f_1 h_w^2 e^{2 f_1 \arctg\left(\frac{1}{\operatorname{tg} \beta/2}\right)}}{\frac{\alpha_1^0 (l_0 - d_0 2^i) - \xi l_0 (1 - 2v_M) A^* - (1 + v_M) F^* \cdot 1 - (1 + v_M) \xi A^{**} + (1 - v_M) F^{**}}{(l_0 - d_0 2^i) E_M 1 + \xi (1 - 2v_M) A^* - (1 - v_M) F^*}}}} \quad (12)$$

Як видно з (12), крок гребнів, у свою чергу, залежить від кута профілю β , а кут профілю гребнів має бути таким, щоб при деформуванні матеріалу в ньому генерувалася необхідна ефективна технологічна деформація $\langle \varepsilon_1 \rangle$.

Визначимо кут профілю гребнів, при якому буде забезпечене створення в матеріалі необхідної відносної деформації при обробці матеріалу між двома гребінчастими поверхнями. У момент торкання гребнів поверхнею шкіри (рис. 2, а) вона розташовується на вершинах гребнів, крок яких дорівнює t . Після деформування шкіра розтягнеться й укладеться по конфігурації профілю гребнів (рис. 2, б).

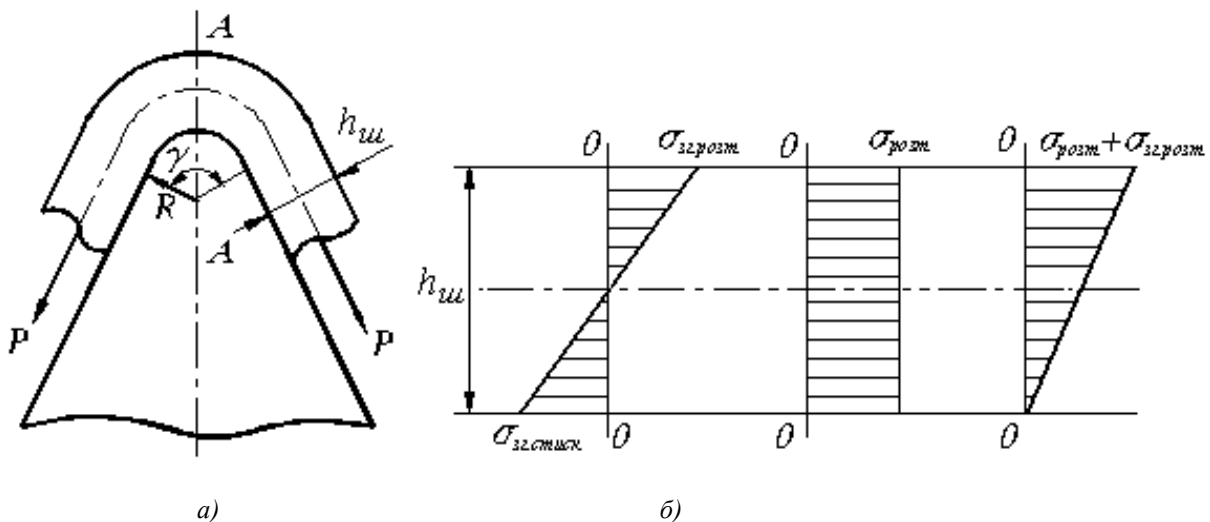


Рис. 2. Схема згину шкіряного матеріалу на вершині гребеня (а) та епюри внутрішніх напружень, що виникають в матеріалі (б)

Довжина деформованої ділянки між гребнями з урахуванням довжини бічної поверхні зуба l_1 дорівнює:

$$2l_1 = \frac{t}{\sin \beta/2} \quad (13)$$

Тоді відносна технологічна деформація $\langle \varepsilon_1 \rangle$, яку необхідно генерувати в матеріалі в результаті деформування його поверхнями виступів, може бути визначена, виходячи з конструктивних особливостей гребінчастого технологічного пристрою, як:

$$\langle \varepsilon_1 \rangle = \frac{t}{\sin \beta/2} - 1 = \frac{1}{\sin \beta/2} - 1 \quad (14)$$

Рівняння (14) пов'язує однією залежністю відносну деформацію і кут профілю. Якщо деформація, яку необхідно створити в матеріалі, відома [11], то з рівняння (14) можна визначити кут профілю, при якому в шкірі така деформація буде створена. З (14) випливає, що:

$$\sin \beta/2 = \frac{1}{1 + \langle \varepsilon_1 \rangle},$$

звідки

$$\beta = 2 \arcsin \left(\frac{1}{1 + \langle \varepsilon_1 \rangle} \right). \tag{15}$$

На рис. 3, а наведена залежність кута профілю β від значення ефективної технологічної деформації розтягання (стиску) $\langle \varepsilon_1 \rangle$. Знаючи кут профілю, можна визначити залежність кроку t гребенів (рис. 3, б).

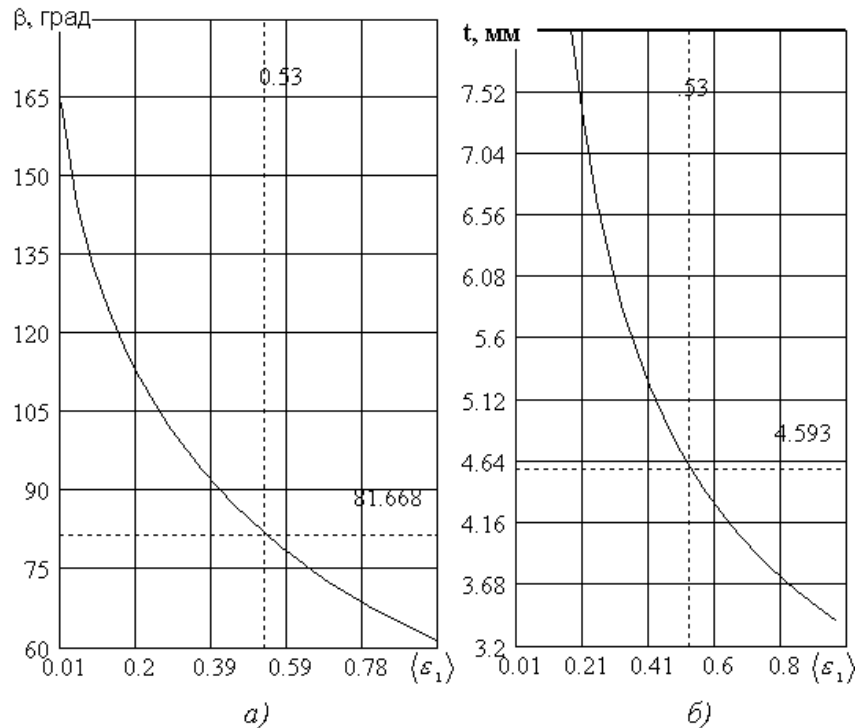


Рис. 3. Залежність кута профілю β (а) та кроку гребенів t (б) від значення ефективної технологічної деформації $\langle \varepsilon_1 \rangle$, яку генерує в структурі шкіри гребінчастий технологічний пристрій

На рис. 4 представлена поверхня, яка характеризує найбільш раціональне співвідношення між кроком гребенів t , кутом профілю гребенів β та рівнем ефективної технологічної деформації $\langle \varepsilon_1 \rangle$, яку генерує в структурі шкіри гребінчастий технологічний пристрій.

Однак локально, на вершинах гребенів при деформації, крім чистого розтягання шкіряного матеріалу, буде також відбуватися його згинання. Визначимо оптимальний радіус закруглення вершин і западин гребенів.

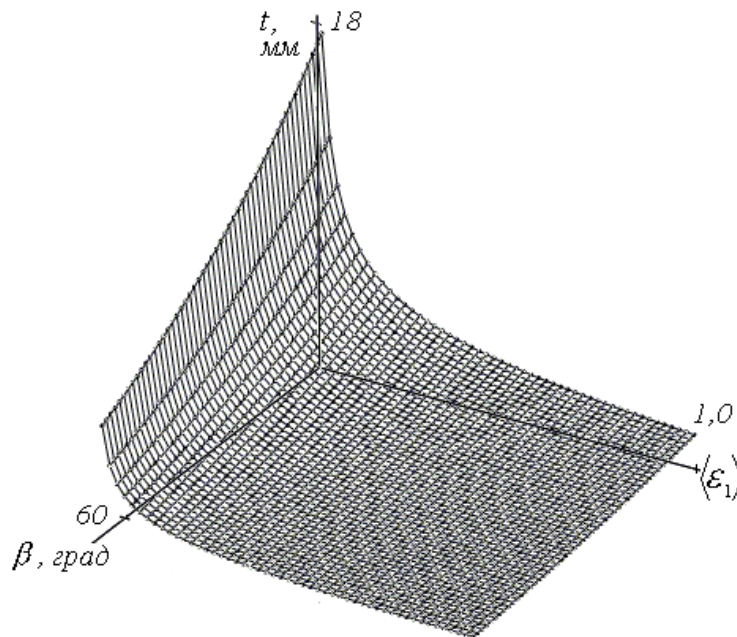


Рис. 4. Найбільш раціональне співвідношення між кроком гребенів t , кутом профілю гребенів β та рівнем ефективної технологічної деформації $\langle \varepsilon_1 \rangle$, яку генерує в структурі шкіри гребінчастий технологічний пристрій

При згинанні волокна зовнішнього шару будуть розтягуватися, а внутрішнього – стискуватися. Розтягання волокон від згину буде сприяти випрямленню волокон, у той час як стиснення буде перешкоджати випрямленню. Для одержання орієнтованої структури необхідно, щоб матеріал розтягувався по всій товщині зразка. Для випрямлення й орієнтації волокон будемо вважати достатньою умову, за якою напруження стиснення на внутрішньому шарі буде таким же, як і напруження розтягання, і, відповідно, деформації стиску дорівнюватимуть деформаціям розтягу $\varepsilon_{CT} = \varepsilon_P$ (рис. 2).

Це співвідношення залежить від радіуса закруглення гребенів. Визначимо радіус закруглення вершин гребенів, при якому стискаючі напруження дорівнюють нулю. Як відомо, при поперечному згинанні напруження дорівнюють нулю на осі матеріалу і максимальні на його поверхні. Тому визначимо максимальну відносну деформацію стиснення на нижній поверхні, що викликає максимальні стискаючі напруження:

$$\varepsilon_{CT} = \frac{\left(r + \frac{h_w}{2}\right)\gamma - r\gamma}{r\gamma} = \frac{h_w}{2r}, \tag{16}$$

де γ – кут обхвату шкірою гребеня.

Ця деформація повинна бути компенсована деформацією розтягання в результаті обробки матеріалу на гребінчастих поверхнях. При цьому, в шкіряному матеріалі повинні бути створені такі ефективні технологічні деформації розтягання (стиску) $\langle \varepsilon_1 \rangle$, які призведуть до початку ослаблення структури шкіри та її розволокнення. Тобто $\varepsilon_{CT} = \varepsilon_P = \langle \varepsilon_1 \rangle$, і значить,

$$\langle \varepsilon_1 \rangle = \frac{h_w}{2r}. \tag{17}$$

Тоді радіус закруглення вершин гребенів буде:

$$r = \frac{h_n}{2 \langle \varepsilon_1 \rangle}. \tag{18}$$

Висновки. Вираз (6) дозволяє, при відомих фізико-механічних властивостях шкіри (E_B, ν_B, E_M, ν_M) і необхідних геометричних характеристиках одержуваних волокон (l_0, d_0), передбачити мінімальні значення ефективної технологічної деформації розтягання матеріалу $\langle \varepsilon_1 \rangle$, які необхідно створити в матеріалі технологічним устаткуванням, щоб почався процес ослаблення волокнистої структури шкіри та її розволокнення.

Отримані рівняння пов'язують однією залежністю цю деформацію, швидкість зсуву, довжину волокон і виникаючі при цьому напруження, що дозволяє визначати найбільш раціональні параметри технологічного процесу.

На підставі аналізу пристроїв для ослаблення структури шкіри, що використовують зворотнопоступальний рух робочого органа, отримані аналітичні залежності, які пов'язують основні технологічні параметри операції ослаблення структури з конструктивними параметрами технологічного устаткування і створюють заданий напружено-деформований стан у розволокнюваному матеріалі.

Таким чином, розраховані конструктивно-технологічні параметри гребінчастого технологічного пристрою, що забезпечує ослаблення волокнистої структури шкіри розтяганням.

Перспективи подальших розвідок. Отже, для забезпечення високих фізико-механічних властивостей розволокненого матеріалу необхідно в подальшому удосконалити спосіб ослаблення структури шкіряного матеріалу методом складного деформування. Така обробка матеріалу зменшує сили, що утримують волокна в дермі і тим самим сприяє зниженню енерговитрат на подальші операції розволокнення, також зменшується обривність волокон. За допомогою пристрою, що реалізує спосіб складного деформування, можна викликати у шкірматеріалі необхідні зміни, які призводять до ослаблення шкіряної структури, що дозволяє надалі здійснювати ефективне розволокнення.

Таким чином, усе вищесказане доводить необхідність введення безпосередньо перед розволокненням операції ослаблення структури шкіряної тканини і створення пристроїв, на яких такий вид обробки можна було б здійснювати.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Кутьин В.А.* Характер связей между волокнами кожи // Известия вузов. Текстильная промышленность, – 1961. – № 1. – С. 58–67.
2. *Усилов В.А.* Исследования макроструктуры шкур крупного рогатого скота методом разволокнения / Кандидатская диссертация. – М., 1967. – 2002 с.
3. *Скиба М.С.* Структурно-механічна модель та метод визначення раціональних параметрів розволокнення натуральних шкіряних матеріалів // Вісник Технологічного університету Поділля, № 4. – 2002. – Ч. 1, С. 192–199.
4. *Stirts F., Zissel A.* L'image d cuir rchette an microscope electronique a reseau // Retue technique des industries du cuir, 1975, 67, № 9. – P. 294–298.
5. *Васильев Е.М., Головина С.В.* Искусственные кожи типа картонов // Кожевенно-обувная промышленность. – 1991. – № 9. – С. 10–11.
6. *Kunerdt J.* Massen Bilanzen während der Lederherstellung // Leder und Hautemarkt, 1997. – № 27. – P. 29–34.
7. *Verarbeitbarkeit von Leder – Stanzabfällen, für die produktion von Lederfaser – werkstoffen* // Schuh – Techn. Int., 1995, v. 89. – № 5–6. – P. 54–59.
8. *Павлов С.А.* Химия и физика высокомолекулярных соединений в производстве искусственной кожи, кожи и меха. – М.: Химия, 1966. – 525 с.
9. *Кутьин В.А., Михайлов А.Н.* О разволокнении голяя кожевенных отходов // Кожевенно-обувная промышленность. – 1961. – № 9. – С. 36–43.
10. *Кутенин Г.М.* Исследование физико-механических свойств кожи. – М.: Гизлегпром, 1956. – 196 с.
11. *Фаткина Г.Д., Николаева М.Н., Либерова Р.А.* Влияние метода размола отходов кожи на свойства кожевенных отходов // Кожевенно-обувная промышленность. – 1980. – № 3. – С. 42–45.
12. *Скиба М.С.* Визначення ефективних параметрів послаблення волоконної структури шкіри при розтягу // Вісник Технологічного університету Поділля, № 6. – 2002. – Ч. 1. – С. 263–273.

СКИБА Микола Єгорович – кандидат технічних наук, професор, ректор Хмельницького державного університету.

Наукові інтереси:

– механіка машин;

– технологія виробництва шкіри.

Тел. р.: (8-0382) 72-80-76.

Подано 25.01.2004

Скиба М.Є. Визначення раціональних технологічних параметрів пристроїв для розволокнення шкіряних матеріалів

Скиба Н.Е. Определение рациональных технологических параметров устройств для разволокнения кожных материалов

Skiba N.E.

УДК 678.4.06

Визначення раціональних технологічних параметрів пристроїв для розволокнення шкіряних матеріалів / М.Є. Скиба

Наведені результати аналізу технологічного процесу розволокнення шкіряних відходів за допомогою пристроїв, що використовують зворотно-поступальний рух робочого органа. Розраховані конструктивно-технологічні параметри гребінчастого технологічного пристрою, що забезпечує ослаблення волокнистої структури шкіри розтяганням.

УДК 678.4.06

Определение рациональных технологических параметров устройств для разволокнения кожных материалов / Скиба Н.Е.

Приведены результаты анализа технологических процессов разволокнения кожных отходов, с помощью устройств, которые используют обратное-поступательное движение рабочего органа. Расчитаны конструктивно-технологические параметры гребенчатого технологического устройства, которое обеспечивает ослабление волокнистой структуры кожи растяжением