

4. Гирин, О. Б. Увеличение плотности электроосаждаемых металлов под действием центробежной силы [Текст] / О. Б. Гирин, И. Д. Захаров // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – Т. 5, № 5 (53). – С. 4–7.
5. Ямпольский, А. М. Краткий справочник гальванотехника [Текст] / А. М. Ямпольский, В. А. Ильин. – Л. : Машиностроение, 1981. – 269 с.
6. Milchev, A. Electrocrystallization. Fundamentals of Nucleation and Growth [Text] / A. Milchev. – New York : Kluwer Academic Publishers, 2002. – 265 p.
7. Paunovic, M. Fundamentals of Electrochemical Deposition [Text] / M. Paunovic, M. Schlesinger – Hoboken : WILEY-INTERSCIENCE, 2006. – 375 p.
8. Budevski, E. Electrochemical Phase Formation and Growth [Text] / E. Budevski, G. Staikov, W. J. Lorenz – Weinheim : WILEY-VCH, 2008. – 408 p.
9. Kozlov, V. M. Structure Formation During Electrocrystallization of Metal Films [Text] / V. M. Kozlov, L. P. Bicelli // Handbook of Thin Film Materials. – London : Academic Press. – 2002. – Vol. 1 – P. 559–586.
10. Milchev, A. Electrocrystallization: Nucleation and growth of nano-clusters on solid surfaces [Text] / A. Milchev // Russian Journal of Electrochemistry. – 2008. – Vol. 44, № 6. – P. 619–645.

В даній статті експериментально підтверджена гіпотеза та математична модель корегування тягучості шкір з мінеральним наповненням багатоциклічним розтягненням і фіксацією форми матеріалу в розтягнутому стані. Отримано закономірності зміни та кількісні значення залишкового подовження зразків шкір. Запропоновано найбільш доцільний режим трициклічного розтягнення та оптимальний режим зволоження

Ключові слова: шкіра, взуття, природні мінерали, формування, залишкова деформація, формостійкість, якість

В данной статье экспериментально подтверждена гипотеза и математическая модель корректировки тягучести кож с минеральным наполнением многоциклическим растяжением и фиксацией формы материала в растянутом состоянии. Получены закономерности изменения и количественные значения остаточного удлинения образцов кож. Предложен наиболее целесообразный режим трициклического растяжения и оптимальный режим увлажнения

Ключевые слова: кожа, обувь, природные минералы, формирование, остаточная деформация, формоустойчивость, качество

УДК 685.31

АЛГОРИТМ ПРОЦЕСУ КОРЕГУВАННЯ ТЯГУЧОСТІ ШКІР З МІНЕРАЛЬНИМ НАПОВНЕННЯМ

О. П. Козарь

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: okozar@mail.ua

В. П. Коновал

Доктор технічних наук, професор*

E-mail: ktkvsh@knutd.com.ua

В. Wozniak

Dr Eng., Professor

Director Institute of Leather Industry

Zgierska St., 73, Lodz, Poland, 91-462

E-mail: dyr-ips@ips.lodz.pl

А. В. Оленіч

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: ktkvsh@knutd.com.ua

*Кафедра конструювання та технології виробів із шкіри Київський національний університет технологій і дизайну вул. Немировича-Данченко, 2, м. Київ, Україна, 01011

1. Вступ

Здатність шкіри до формоутворення та збереження форми в процесі експлуатації взуття залежить від її здатності до розтягування та співвідношення в ній пружної та пластичної (залишкової) деформації. Співвідношення складових частин деформації свідчить про релаксаційні процеси деформації, які відбуваються при розтягненні шкір в

режимі «навантаження – розвантаження – відпочинок».

Метод багатоциклічного розтягнення є актуальним, оскільки:

– коригуванням розміру тягучості шкір можна зменшити відходи при формуванні взуття на колодці і покращити його формостійкість.

– попереднім багатократним розтягненням шкір із фіксацією деформації після кожного розтягнення

є можливість зменшити тягучість шкіри та одержати задану деформацію, необхідну для формування заготовки на колодці;

– із наближенням форми заготовки до форми колодки можна застосовувати натуральні шкіри мінімальної тягучості, що дозволить значно знизити втрати шкіри, ступінь зволоження заготовки перед затягуванням і ліквідувати енергоємний процес теплового сушіння.

2. Аналіз літературних даних

В [1] визначено залежність деформації розтягнення від часу та встановлені величини складових деформації шкір з мінеральним наповненням в режимі одного повного випробувального циклу навантаження і розвантаження. Вид мінерального наповнювача суттєво впливає на співвідношення складових деформацій шкіряного напівфабрикату та, відповідно, на пружно-пластичні характеристики шкіри [2]. Від показників тягучості шкіри залежить відсоток відходів при виконанні обтяжно-затяжних операцій, тобто матеріальне ресурсозбереження і собівартість взуття. В попередньому дослідженні [3, 4] авторами запропонована математична модель щодо коригування тягучості шкір з мінеральним наповненням та співвідношень між пружною і залишковою деформацією, що при оптимальному співвідношенні могли б забезпечити якісне формування верху взуття.

Тому, отримати закономірності зміни та кількісні значення залишкового подовження зразків шкір з мінеральним наповненням при одновісному розтягненні є актуальною науково-практичною задачею.

Метою даної роботи є експериментальне визначення розміру залишкового подовження зразків шкір з мінеральним наповненням при багатократному одновісному розтягненні, підтвердження гіпотези та математичної моделі корегування тягучості шкіри.

Об'єктом досліджень є натуральна шкіра ВРХ для верху взуття, наповнена на стадії післядубильних процесів модифікованою дисперсією природного мінералу монтморилоніту (МДМ) [5–7].

В даній роботі встановлювалась залежність розміру залишкового подовження дослідної шкіри $\Delta L_{зал}$ при багатократному одновісному розтягненні від основних чинників, що впливають, а саме: ступеня зволоження шкіри $\Delta W_{від}$, розміру розтягнення ΔL , кількості повторних розтягів i . Заміри залишкового подовження та фізико-механічних характеристик шкір з мінеральним наповненням здійснювали у відповідності стандарту ISO 3376:2011 [8] в акредитованій лабораторії випробування взуття та матеріалів Інституту шкіряно-взуттєвої промисловості (IPS) м. Лодзь (Польща) на спеціальних пристроях розривної машини ТТ-ВМ фірми "INSTRON" (Великобританія).

Для зважування зразків та визначення їхнього вологості застосовувалися аналітичні ваги моделі «Mettler Toledo» (Германія) з похибкою зважування (за паспортними даними) у діапазоні 3–4 %.

Проведення багаточиклічного одновісного розтягнення здійснювалось згідно схеми (рис. 1) на зразках розміром 140×50 мм з робочою довжиною 100 мм. Решта довжини – 40мм йшла під затискачі приладу, що

розтягує, по 20 мм на кожен затискач. Кількість зразків шкір, нумерація та напрямок їх розташування на пробі відповідає ДСТУ 938.11.

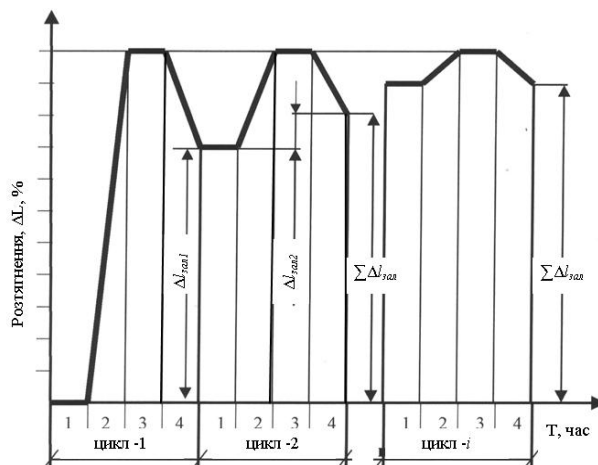


Рис. 1. Загальна схема методу багаточиклічного розтягнення з фіксацією деформації після кожного розтягнення, де $\Delta L_{зал1}$ і $\Delta L_{зал2}$ – величина залишкової деформації після 1 і 2 циклів відповідно; $\Sigma \Delta L_{зал}$ – сумарне значення залишкової деформації після i -го циклу

Кожний цикл складається з 4 тактів:

- 1 такт – зволоження для підвищення $T_{ш}$;
- 2 такт – розтягнення у зволоженому стані;
- 3 такт – фіксація - виведення вологи з шкіри в деформованому стані;
- 4 такт – розвантаження після виведення вологи – $\Delta L_{зал}$.

Дослідження здійснювались за схемою:

- зразки шкіри зволожувалися за загальноприйнятою методикою вологим паром до різного ступеня відносної вологості – $\Delta W_{від}$ ($\Delta W_{від}=5\%, 15\%, 25\%$) з міркувань підвищення тягучості шкіри, а також зменшення тертя між структурними елементами шкіри при розтягненні;
- зразки піддавалися одновісному розтягненню на різну величину ($\Delta L=20; 30; 40$ мм). Максимальне значення $\Delta L=40$ мм відповідає максимальному значенню, що допускається з погляду міцності шкіри;
- розтягнуті зразки для фіксації деформації (ΔL) піддавалися сушінню прискореним термодинамічним способом – циклічним знакозмінним температурним режимом [9, 10]. Режим термодинамічного способу фіксації був прийнятий за рекомендацією авторів методу [11], а саме: температура в гарячій камері $80\pm 5^\circ\text{C}$ протягом 10 ± 2 хв, температура в холодній камері $-5\pm 1^\circ\text{C}$ протягом 5 ± 1 хв, кількість циклів – 2;
- після фіксації зразки розвантажувалися та знаходились у вільному стані 7 діб, протягом яких вимірювалась зміна значень залишкового подовження;
- таким же чином проводились повторні цикли.

3. Математичне планування та аналіз експерименту багаточиклічного одновісного розтягнення

Для проведення трифакторного експерименту в роботі застосовано метод Д-оптимального планування

К. Коно [12], який забезпечує максимальну точність в оцінці коефіцієнтів регресії поліномів.

У якості функції відгуку – \hat{y} прийнята сумарна залишкова деформація розтягнення зразків (залишкове подовження у натуральних або відносних одиницях виміру) – $\Sigma \Delta l_{\text{зал}}$

У кодовому виразі функція відгуку має вигляд

$$\hat{y} = f(x_1, x_2, x_3), \tag{1}$$

де x_1, x_2, x_3 – кодове значення перемінних впливаючи факторів, відповідно $\Delta W_{\text{від}}$, ΔL та цикли i .

У натуральному вираженні функція відгуку має вигляд

$$\Delta l_{\text{зал}} = f(\Delta W_{\text{від}}, \Delta L, i). \tag{2}$$

Варіювання факторів виконано згідно плану К. Коно на трьох рівнях: нижньому (-1), нульовому (0) і верхньому (+1).

Для вибору рівнів та інтервалів варіювання приймаємо до уваги наступні умови:

- доцільність застосування типової методики зволоження взуттєвої заготовки та її деталей з натуральних шкір;

- граничні умови допустимих, з точки зору міцності шкіри, розтягнень зразків;

- доцільність обраних рівнів факторів з точки зору можливості застосування у виробництві.

Визначені фактори і рівні їх варіювання в натуральному і кодовому значеннях занесені в табл. 1.

Таблиця 1

Варіювання змінних факторів при однобічному розтягненні

Фактори	Код	Рівні варіювання			Інтервал
		-1	0	+1	
Відносне зволоження – $\Delta W_{\text{від}}$, %	x_1	5	15	25	10
Розмір розтягнення – Δl , мм	x_2	20	30	40	10
Кількість циклів - i	x_3	1	2	3	1

За планом експерименту проведено 21 дослідження по 3 повторення у кожному згідно матриці планування К. Коно [12] при побудові моделі другого порядку. Середньоарифметичне значення $\Delta l_{\text{зал}}$ при трициклічному однобічному розтягненні (табл. 2) визначалось через 7 діб.

Графічні залежності залишкового подовження шкір від величини розтягнення зразків та величини зволоження представлені на рис. 2 та 3.

Узагальнений тримірний графік залежності залишкового подовження $\Delta l_{\text{зал}}$ від величини зволоження $\Delta W_{\text{від}}$ та кількості циклів i при трициклічному однобічному розтягненні представлений на рис. 4.

Після статистичної обробки результатів досліджень $\Delta l_{\text{зал}}$ при однобічному розтягненні і уточнення коефіцієнтів поліному, одержана математична регресія моделі процесу трьохциклічного розтягнен-

ня шкіри з мінеральним наповненням в кодованій формі (3):

$$Y = 24,0909 + 1,9909x_1 + 7,5983x_2 + 2,272x_3 + 0,8864x_1x_2 - 0,3925x_1x_3 + 1,1197x_2x_3 - 1,836x_1^2 + 1,414x_2^2 - 0,981x_3^2. \tag{3}$$

Таблиця 2

Зміна залишкового подовження $\Delta l_{\text{зал}}$ залежно від вологості зразків $\Delta W_{\text{від}}$ та величини розтягнення Δl

№ п/п	Відносне зволоження $\Delta W_{\text{від}}$, %	Розмір розтягнення зразків, Δl , мм	Залишкове подовження, $\Delta l_{\text{зал}}$, мм		
			після 1-го циклу	після 2-го циклу	після 3-го циклу
1	5	20	14,0	19,0	25,0
		30	14,5	22,0	29,0
		40	15,0	23,0	31,5
2	15	20	15,5	20,0	29,9
		30	16,0	23,0	31,0
		40	16,5	25,0	34,0
3	25	20	16,0	21,0	31,0
		30	17,0	24,0	34,0
		40	18,0	26,5	36,0

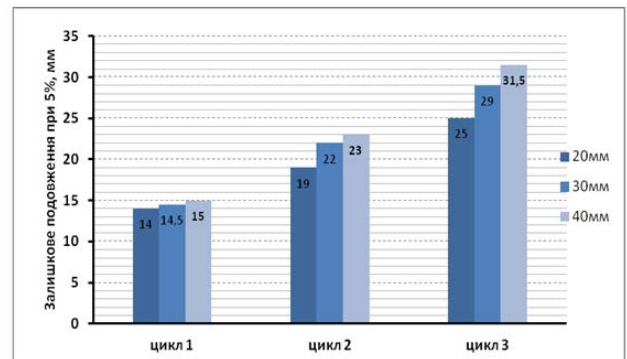


Рис. 2. Залежність залишкового подовження $\Delta l_{\text{зал}}$ шкір при трициклічному однобічному розтягненні ($\Delta W_{\text{від}}=5\%$) від величини розтягнення зразків Δl

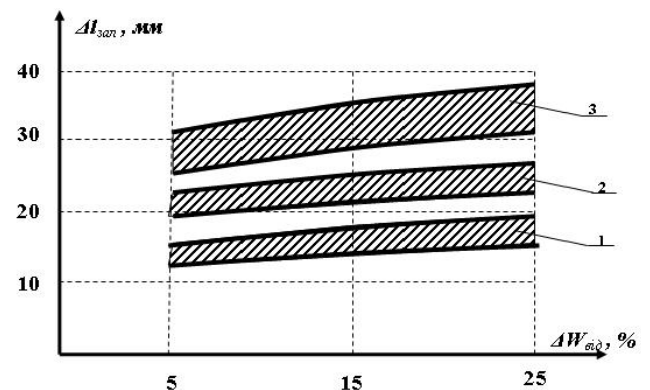


Рис. 3. Залежність залишкового подовження $\Delta l_{\text{зал}}$ від величини зволоження $\Delta W_{\text{від}}$ при трициклічному однобічному розтягненні на:
1 – $\Delta l=20\text{мм}$; 2 – $\Delta l=30\text{мм}$; 3 – $\Delta l=40\text{мм}$

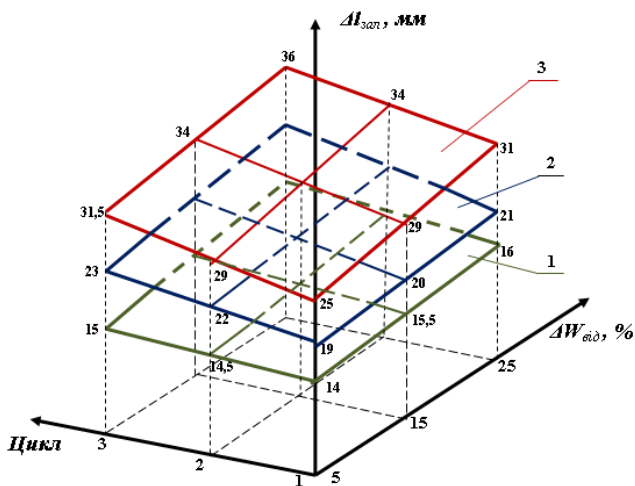


Рис. 4. Залежність залишкового подовження $\Delta l_{зал}$ від величини зволоження $\Delta W_{від}$ та кількості циклів і при розтягненні на: 1 – $\Delta l=20$ мм; 2 – $\Delta l=30$ мм, 3 – $\Delta l=40$ мм

Гіпотеза про адекватність одержаної математичної регресивної моделі перевірена за критерієм Фішера за умовою, що $F_{розр} < F_{табл}$.

Аналіз поліному (3) показує, що на величину залишкового подовження найбільше впливає величина розтягнення – Δl , значно менше вологостримання – $\Delta W_{від}$ і кількість циклів i .

Після проведення трициклічного розтягнення шкіри, наповненої дисперсією монтморилоніту, стало питання перевірки можливих змін фізико-механічних властивостей шкіри і в першу чергу міцності.

Спочатку перевірено розривне навантаження після трициклічного однобічного розтягнення в одному напрямку - уздовж хребта (табл. 3).

Таблиця 3

Розривне навантаження ($P_{роз}$) та навантаження при появі тріщин ($P_{тр}$) після трициклічного однобічного розтягнення шкір

№ зразків	Розмір розтягнення зразків, Δl , мм	Відносне зволоження $\Delta W_{від}$, %	Навантаження при появі тріщин $P_{тр}$, Н	Розривне навантаження $P_{роз}$, Н
1	20	5	292,1	507,6
2	20	15	358,7	528,3
3	20	25	404,5	538,5
4	30	5	215,5*	479,2*
5	30	15	374,3	545,8
6	30	25	405,7	562,2
7	40	5	192,0*	303,8*
8	40	15	226,5*	466,5*
9	40	25	274,3	499,8

*- зразки, межа міцності яких нижча початкової 487 Н

З даних, приведених у табл. 3 та рис. 5, можна зробити висновок, що трициклічне розтягнення

шкіри у зволоженому стані в цілому позитивно впливає на міцність шкіри. Початкова межа міцності шкіри МДМ до її обробки трициклічним розтягненням дорівнює 487 Н [1, 2]. Нижче цієї межі знаходяться зразки, які помічені в табл. 3 знаком. При загальному підвищенні міцності шкіри, тільки в окремих випадках розривне навантаження нижче цієї межі.

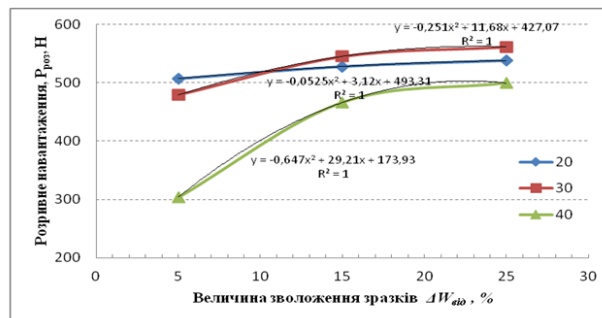


Рис. 5. Залежність розривного навантаження $P_{роз}$ зразків від величини зволоження $\Delta W_{від}$ при різних величинах попереднього трициклічного однобічного розтягнення $\Delta l=20$ мм, 30 мм та 40 мм

5. Висновки

За результатами проведення попереднього трициклічного розтягнення шкір з мінеральним наповненням МДМ зроблені такі висновки:

- експериментально підтверджена гіпотеза та математична модель корегування тягучості шкіри, представлена в [4] про можливість зниження тягучості шкір багатоциклічним розтягненням і фіксацією форми матеріалу в розтягнутому стані;
- отримано закономірності зміни та кількісні значення залишкового подовження зразків шкіри з мінеральним наповненням МДМ при однобічному розтягненні;
- встановлено, що шляхом багатоциклічного розтягнення шкір з фіксацією форми розтягнутого матеріалу в кожному циклі, можна за 2–3 цикли майже цілком вибрати весь запас тягучості шкір;
- запропоновано найбільш доцільний режим процесу трициклічного розтягнення: зволоження 15–25 % відносної вологості при деформації розтягнення 20–30 мм. З урахуванням подальшого енергозбереження при сушінні рекомендовано оптимальний режим зволоження $\Delta W_{від}=15\pm 3$ %;
- доведено, що після 2–3 кратного попереднього розтягнення шкіри міцність шкіри не знижується, а навпаки, має місце її зміцнення, величина якої залежить від режимів процесу: величини розтягнення Δl і відносного розміру зволоження матеріалу перед розтягненням $\Delta W_{від}$.

Література

1. Козарь, О. П. Оцінка релаксаційно-деформаційних характеристик шкір для верху взуття, наповнених природними мінералами [Текст] / О. П. Козарь, О. Р. Мокроусова, В. П. Коновал // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2013. – № 4. – С. 107–115.

2. Kozar, O. P. Deformation characteristics of leather for shoe upper, filled with natural minerals [Text] / O. P. Kozar, O. R. Mokrousova, V. Wozniak // Journal of Chemistry and Chemical Engineering (USA). – 2014. – № 8. – P. 47–53.
3. Оленіч, А. В. Розробка ресурсозберігаючої технології формостворення взуття з верхом із натуральної шкіри [Text]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.В.Оленіч. – Київський державний університет технологій та дизайну, 2001. – 16 с.
4. Козарь, О. П. Математична модель процесу корегування тягучості взуттєвих шкіряних матеріалів з мінеральним наповненням [Text] / О. П. Козарь, В. П. Коновал, В. Wozniak, А. В. Оленіч / Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – Т. 2, № 6 (68) – С. 50–56.
5. Мокроусова, О. Р. Формирование эксплуатационных свойств кож с использованием монтмориллонита [Текст] : матер. IX междунар. науч.-практ. конф. / О. Р. Мокроусова, Е. А. Охмат, О. П. Козарь // Кожа и мех в XXI веке: технология, качество, экология, образование. – Улан-Уде, Россия, 26-30 августа 2013. – Изд-во ВСГУТУ, 2013. – С. 83–92.
6. Mokrousova, O. R. Formation of collagen structure of derma by mineral dispersions / O. R. Mokrousova, A. G. Danilkovich // Scientific proceedings of Riga Technical University. – 2007. – Series 1. – Part 14. – P. 83–91
7. Ma, J. The preparation and application of a montmorillonite-based nanocomposite in leather making / Jianzhong Ma, Xinjiang Chen, Yun Chu et al. // JSLTC. – 2003. – Vol. 87, № 4. – P. 131–134. – ISSN 0144-0322.
8. PN-EN ISO 3376:2012. Leather – Physical and mechanical tests – Determination of tensile strength and percentage extension (ISO 3376:2011).
9. Коновал, В. П. Підхід до розробки енергозберігаючих технологій у взуттєвому виробництві [Text] / В. П. Коновал, М. Є. Хом'як, Л. В. Якубова // Легка промисловість. 1997. – №3. – С. 42–46.
10. А.С.№1715296 (СССР) А43Д95/10. Способ циклодинамической сушки обуви с верхом из хромовой кожи / Государственная Академия легкой промышленности Украины, авторы: Коновал В. П. , Хомяк Н. Е. , Якубова Л. В., Каштан В. С., Мусиенко В. А., 29.02.92.
11. Бабич, А. І. Розробка і дослідження нового енергозберігаючого циклотермічного способу сушіння юхтового взуття температурами вище та нижче 0°С [Text]: автореф. дис. ... канд-та техн. наук: 05.19.05 / Бабич А. І. – Київ, 1997. – 16 с.
12. Тихомиров, В. Б. Математическое планирование и анализ экспериментальных оценок / В.Б.Тихомиров. – М.:, Легкая индустрия, – 1992. – 262 с.