

И. Ш. Абдуллин, Э. Ф. Вознесенский, И. В. Красина,
Е. О. Кормакова

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОЖИ И МЕХА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЧ ПЛАЗМЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ

Ключевые слова: кожа, мех, технология, прогнозирование, микроструктура, ассортимент.

Разработана эмпирическая методика прогнозирования изменений микроструктуры дубленой дермы и натурального волоса в зависимости от исходного состояния микроструктуры и параметров ВЧ-плазменной модификации. На основе методики структурного прогнозирования разработаны рекомендации по промышленному применению ВЧ-плазменной модификации при производстве широкого ассортимента кожи и меха.

Keywords: leather, fur, technology, forecasting, microstructure, assortment.

The empirical technique of forecasting of changes in microstructure of a tanned derma and natural hair depending on an initial condition of a microstructure and parameters of RF-plasma modification is developed. On the basis of a technique of structural forecasting recommendations about industrial application of RF-plasma modification are developed by manufacture of wide assortment of a leather and fur.

В ряде работ [1–4] экспериментально установлена эффективность применения плазмы высококачественного разряда пониженного давления для предварительной активации сырья и полуфабрикатов перед жидкостными обработками кожевенного и мехового производства. Благодаря плазменной модификации удается достичь интенсификации жидкостных процессов, повысить равномерность и качество обработки, сократить время технологического цикла. Основные эффекты модификации как правило связаны с преобразованием развитой волокнисто-пористой микроструктуры материалов. Тем не менее, на фоне установленного многообразия микроструктурных эффектов возникает ряд затруднений при адаптации имеющихся экспериментальных наработок для условий конкретного производства.

На основе результатов экспериментальных и теоретических исследований, а также моделей структурных изменений натуральных коллаген- и кератин-содержащих материалов при НТП модификации, разработана технологическая методика расчета зависимости относительных микродеформаций первичных (ε_1), вторичных коллагеновых волокон (ε_2) и образца кожевенного материала (ε_3), а также изменения размеров клеток кутикулы волоса (ΔH_3), межклеточных (ΔH_2) и внутриклеточных (ΔH_1) пространств кортекса от входных параметров ВЧ плазменной модификации кинетической (Q_k), потенциальной энергии ионов (Q_n), плотности ионного тока (J_i), продолжительности обработки (τ) и параметров исходной структуры материала – внутренней поверхности трех уровней пористой структуры (S_1, S_2, S_3), среднему углу наклона волокнистых элементов (β), размеров структур (d_1, d_2, d'_3):

$$\begin{aligned}\varepsilon_1 &= -9,2578 \cdot 10^{-6} \cdot Q_n \cdot J_i \cdot \tau \cdot \cos \beta \\ \varepsilon_2 &= \left[\left(\frac{S_1}{S_2} - 1 \right) \cdot 9,2578 \cdot 10^{-6} \cdot Q_n - (1,3902 \cdot 10^{-3} \cdot Q_k - 90,0450 \cdot 10^{-3}) \right] \cdot \frac{X_2}{l_{\text{СВ}}} \cdot J_i \cdot \tau \cdot \cos \beta \\ \varepsilon_3 &= \left[9,2578 \cdot 10^{-6} \cdot Q_n + (1,3902 \cdot 10^{-3} \cdot Q_k - 90,0405 \cdot 10^{-3}) \cdot \frac{X_2}{l_{\text{СВ}}} \right] \cdot J_i \cdot \tau \cdot \cos \beta \cdot \frac{S_2}{S_3} - \\ &- 2,1549 \cdot \left[9,2578 \cdot 10^{-6} \cdot Q_n + (1,3902 \cdot 10^{-3} \cdot Q_k - 90,0405 \cdot 10^{-3}) \right] \cdot J_i \cdot \tau - 5,3983.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_1 &= 0,0106 \left[\frac{(Q_n + Q_k \cdot \frac{d_1}{l_{\text{СВ}}} - 0,0198) \cdot J_i \cdot \tau \cdot 0,0877}{S_1} - \frac{Q_n \cdot J_i \cdot \tau}{S_2} \right] \cdot \frac{d_2^2}{d_1^2}, \\ \Delta H_2 &= \left[1 - 0,0106 \cdot \left(\frac{(Q_n + Q_k \cdot \frac{d_1}{l_{\text{СВ}}} - 0,0198) \cdot J_i \cdot \tau \cdot 0,0877}{S_1} - \frac{Q_n \cdot J_i \cdot \tau}{S_2} \right) \right] \cdot \frac{d_2}{X_2}, \\ \Delta H_3 &= (Q_k + Q_n) \cdot J_i \cdot \tau \cdot 8,2972 \cdot 10^{-6} / d_3' .\end{aligned}$$

Данные модели позволяют прогнозировать структурные изменения как кожевой ткани, так и волосяного покрова и материалов схожего строения в процессе НТП модификации при наличии сведений о размерах и взаимном расположении структурных элементов, локализации и соотношении разных уровней пористости, а также параметров плазменного воздействия.

При разработке технологии производства кожевенного и мехового полуфабриката с применением структурной модификации в плазме ВЧ разряда пониженного давления с избирательным набором физико-механических, гигиенических и потребительских свойств необходимо решение ряда проблем. Проведение ВЧ плазменной модификации структуры сырья и полуфабрикатов перед каждым жидкостным процессом производства позволяет интенсифицировать обработку на 10–15 %, однако данный подход существенно замедляет переработку за счет необходимости операций загрузки-выгрузки, а также нарушает партионность, непрерывность технологии, оказывает негативное влияние на равномерность влажосодержания сырья и полуфабрикатов. Проведенные исследования показали, что наиболее рационально производить структурную НТП модификацию материала перед отмокой, дублированием и отделочными процессами и операциями.

При НТП модификации сформированной структуры кожи и кожевой ткани меха после дублирования отделочными процессами возможно регулируемое формирование структуры. Для проведения регулирования эффективна методика прогнозирования структуры при НТП модификации. Так как входными дан-

ними для расчета являются основные параметры модифицируемой структуры и энергетические характеристики ВЧ плазменного воздействия, необходимо провести предварительный анализ структуры материала, исходя из применяемой на производстве технологии выделки и вида сырья. Расчет позволяет спрогнозировать микродеформации трех уровней структуры. Подбор расчетных значений коэффициентов деформации обеспечивает достижение следующих основных свойств материала – табл. 1.

Таблица 1 - Параметры прогнозирования структур кожевенно-меховых материалов при НТП модификации

Шифр	Варианты			Прогнозируемые свойства	Область применения
	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3		
Кожевая ткань					
$\kappa 1$	мин.	макс.	мин.	Повышение технологичности дермы, высокие сорбционные свойства, высокие показатели гидрофильности, повышение прочности	Полуфабрикаты перед проведением жидкостных отделочных процессов, нанесением пропитывающих составов
$\kappa 2$	мин.	макс.	макс.	Повышение гигроскопичности материала, повышение прочности	При выработке подкладочных кож, кож для одежды и головных уборов
$\kappa 3$	мин.	мин.	макс.	Повышение воздухопроницаемости, повышение прочности	Кожки для верха бесподкладочной обуви
$\kappa 4$	мин.	мин.	мин.	Повышение инертности структуры и прочности, снижение пластичности	Технические кожи, кожи для верха обуви
$\kappa 5$	макс.	любой	любой	Снижение прочности, снижение структурированности дубленой дермы	Не применяется
Волосяной покров					
$\nu 1$	0	0	0,1	Очистка поверхности волоса	Процессы первичной обработки меха
$\nu 2$	0,5–0,7	-0,1–-0,05	0,2–0,3	Повышение термостойкости волоса, очистка и активация поверхности, повышение технологичности	Отделочные процессы в производстве меховой овчины и пушнины
$\nu 3$	0,8–1,0	мин.	0,4–0,5	Повышение гигроскопичности, термостойкости, прочности, технологичности	Отделочные процессы в производстве шубной овчины
$\nu 4$	0,01–0,1	-0,25–-0,1	0,6–0,7	Повышение технологичности, снижение термостойкости, сглаживание рельефа, повышение проницаемости структуры	Осветление и крашение волосяного покрова меха, снижение свойлачиваемости
$\nu 5$	любой	любой	0,8–1,0	Удаление значительной доли кутикулы, разрушение волокна	Не применяется

На основе результатов экспериментальных, теоретических исследований влияния параметров плазменного воздействия на структуры материалов предложены наиболее рациональные схемы технологических процессов производства кожи и меха (рис. 1).

Материалы, полученные по предложенным схемам, обладают улучшенными технологическими, потребительскими и эксплуатационными свойствами по сравнению с произведенными по типовым технологиям. Так, например, у кожевенных материалов повышается температура сваривания на 5–10 %, пористость на 10–20 %, прочность при растяжении на 12–17 %; у меховых материалов повышается температура сваривания на 3–6 %, пористость на 13–28 %, прочность при растяжении на 10–13 %. Кроме этого, применение ВЧ плазмы пониженного давления позволяет интенсифицировать

жидкостные процессы при производстве кожевенного и мехового полуфабриката на 20–30 %.

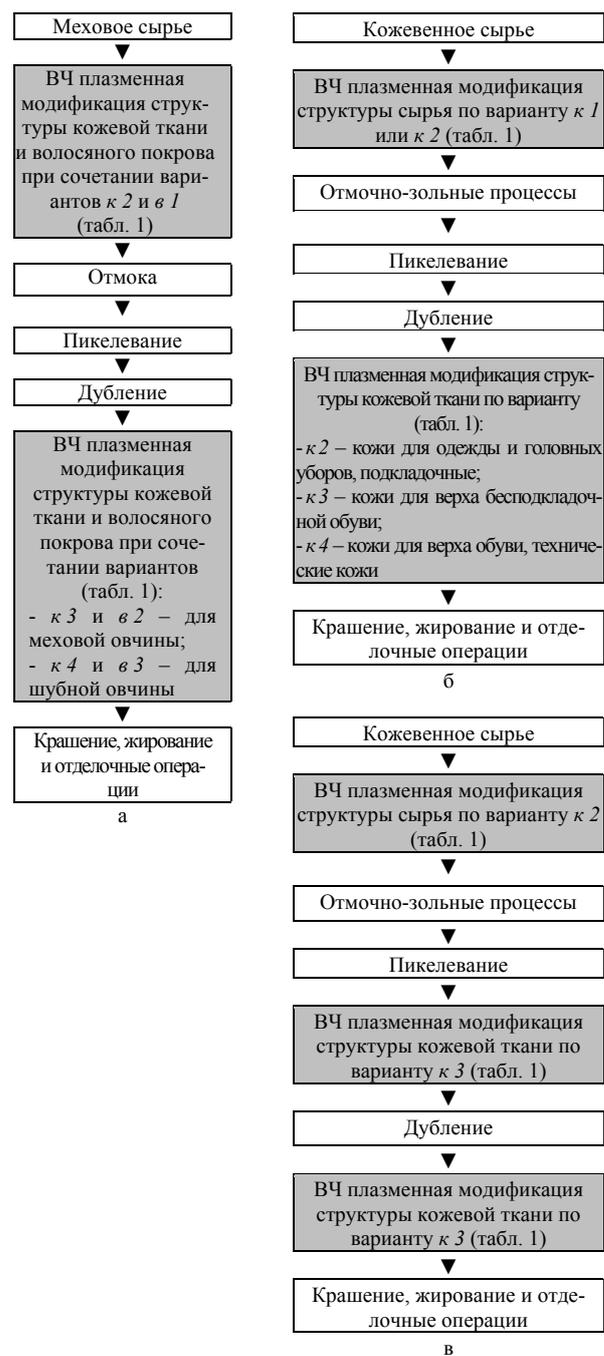


Рис. 1 - Схемы технологических процессов производства кожи и меха с применением плазменной модификации сырья и полуфабрикатов: а – технологии производства меха с применением НТП обработки; б – технологии регулирования физико-механических свойств кожи из разных видов сырья на этапе отделочных процессов производства; в – технологии производства макропористой кожи

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы по соглашению 14.В37.21.2033 от 14 ноября 2012 г.

Литература

1. Нефедьев, Е.С. Влияние высокочастотной плазменной обработки на процесс производства полуфабриката «ветблю» из шкур КРС мокросоленого способа консервирования / Е.С. Нефедьев, И.В. Красина, А.М. Мухаметшин // Вестник Казанского технологического университета. – 2005. – № 2. – Ч. 2. – С. 274–277.
2. Вознесенский, Э.Ф. Структурные изменения кожевенных материалов под воздействием высокочастотной плазмы пониженного давления / Э.Ф. Вознесенский, А.Ф. Дресвянников, И.В. Красина, Г.Н. Кулевцов // Вестник Казанского технологического университета. – 2005, № 2, Ч. 2. – С. 265–269.
3. Абдуллин, И.Ш. Моделирование микроструктуры кожевенного материала на стадиях производства и при ВЧЕ-плазменной обработке / И.Ш. Абдуллин, Э.Ф. Вознесенский, В.С. Желтухин, И.В. Красина. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. – 228 с.
4. Кулевцов, Г.Н. Повышение эффективности использования сырья, полуфабриката, отходов и вспомогательных материалов кожевенного производства с применением низкотемпературной плазмы / Г.Н. Кулевцов, Л.Р. Джанбекова, И.Ш. Абдуллин, В.С. Желтухин, И.В. Красина, Э.Ф. Вознесенский. Казань: Изд-во Казан. гос. технол ун-та, 2008. – 260 с.

© **И. Ш. Абдуллин** – д-р техн. наук, проф., зав. каф. плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов КНИТУ, abdullin_i@kstu.ru; **Э. Ф. Вознесенский** – д-р техн. наук, доц. той же кафедры, howgir@rambler.ru; **И. В. Красина** – д-р техн. наук, проф., зав. каф. технологии химических, натуральных волокон и изделий КНИТУ, irina_krasina@mail.ru; **Е. О. Кормакова** – магистрант КНИТУ.