

**Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Казанский государственный технологический
университет»**

Э.Ф.Вознесенский, Ф.С.Шарифуллин, И.Ш.Абдуллин

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТРУКТУРНОЙ
МОДИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ
КОЖЕВЕННО-МЕХОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
В ПЛАЗМЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА
ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ**

**КАЗАНЬ
КГТУ
2011**

УДК 675.02:533.9

ББК 37.25:22.333

В64

Вознесенский Э.Ф., Шарифуллин Ф.С., Абдуллин И.Ш.

Теоретические основы структурной модификации материалов кожевенно-меховой промышленности в плазме высокочастотного разряда пониженного давления. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2011. – 364 с.

ISBN 978-5-7882-1059-9

Рассматриваются структуры натуральных коллаген- и кератинсодержащих материалов, а также структурные изменения материалов в процессах переработки и ВЧ плазменной модификации. Приводятся результаты экспериментальных исследований модификации материалов кожевенно-меховой промышленности в плазме высокочастотного разряда пониженного давления. Описываются математические модели структурной ВЧ плазменной модификации коллаген- и кератинсодержащих материалов.

Предназначена для широкого круга научных работников и специалистов, занимающихся вопросами технологии кожи и меха, физики низкотемпературной плазмы, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Подготовлена на кафедре «Плазмохимические и нанотехнологии высокомолекулярных материалов».

*Печатается по рекомендации Ученого совета Казанского
государственного технологического университета*

Рецензенты:

доктор техн. наук В.В. Кудинов

доктор физ.-мат. наук В.С. Желтухин

ISBN 978-5-7882-1059-9 © Вознесенский Э.Ф., Шарифуллин Ф.С.,
Абдуллин И.Ш., 2011

©Казан. гос. технол. ун-т., 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список основных обозначений и сокращений	3
ПРЕДИСЛОВИЕ	7
ВВЕДЕНИЕ	9
ГЛАВА 1. СТРОЕНИЕ НАТУРАЛЬНЫХ КОЖЕВЕННО-МЕХОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	11
1.1. Кожевенно-меховые материалы как продукт переработки биологического сырья	11
1.2 Строение шкуры животного	13
1.2.1 Топографические участки шкуры	13
1.2.2 Морфологическое строение шкуры	15
1.2.3 Строение кожной ткани	18
1.2.4. Строение волосяного покрова	20
1.3 Белковое строение кожевено-меховых материалов	23
1.3.1. Строение коллагена	23
1.3.2 Строение кератина	49
1.4 Особенности строения кожевено-меховых материалов из разных видов сырья	81
1.4.1 Особенности строения кож из разных видов сырья	81
1.4.2 Особенности строения волосяного покрова разных пород овец	92
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУР КОЖЕВЕННО-МЕХОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	99
2.1. Применение метода геометрического моделирования при исследовании структур материалов	99
2.2 Геометрическое моделирование структуры кожи	99
2.2.1. Типичные размеры структурных элементов коллагена кожи	99
2.2.2. Геометрическое моделирование пористой структуры сетчатого слоя	101
2.2.3. Расчетные параметры геометрической модели	104
2.2.4. Геометрическое моделирование структуры кожи на разных этапах производства	106
2.2.5. Математическое описание параметров геометрических моделей кожевенного материала на разных этапах производства	121

2.3 Пространственные геометрические модели структуры кожи	128
2.3.1. Построение пространственной геометрической модели структуры кожи	128
2.3.2. Представление геометрической модели структуры кожи в виде числового массива	131
2.3.3. Двухуровневая пространственная геометрическая модель структуры кожи	133
2.4 Геометрическое моделирование структуры волосяного покрова	136
2.4.1. Построение усредненной геометрической модели натурального волоса	136
2.4.2. Геометрическая модель изменений микроструктуры волоса при набухании	141
ГЛАВА 3. МЕТОДЫ МОДИФИКАЦИИ СТРУКТУР КОЛЛАГЕН- И КЕРАТИНСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ	144
3.1. Бесконтактные, в том числе электрофизические методы модификации структур коллаген- и кератинсодержащих материалов	144
3.2 Плазменная модификация структур коллаген- и кератинсодержащих материалов	153
3.2.1 Классификация газовых разрядов	153
3.2.2 Применение низкотемпературной плазмы для модификации материалов	154
3.2.3 Объемная обработка пористых материалов в низкотемпературной плазме высокочастотного разряда пониженного давления	160
3.2.4 Оборудование, применяемое при высокочастотной плазменной обработке	161
3.3. Принципы модификации коллаген- и кератинсодержащих материалов в потоке высокочастотной плазмы пониженного давления	175
3.3.1. Основные параметры газовых разрядов	175
3.3.2. Элементарные процессы в высокочастотных емкостных разрядах	179
3.3.3. Принципы модификации кожных материалов в потоке высокочастотной плазмы пониженного давления	181

ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДИФИКАЦИИ КОЛЛАГЕН- И КЕРАТИН-СОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ В ПЛАЗМЕ ВЧ РАЗРЯДА ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ	188
4.1. Описание объектов исследования	188
4.2. Выбор режимов ВЧ-плазменной обработки	191
4.3. Экспериментальные исследования влияния ВЧ-плазменной модификации на коллагенсодержащие материалы	199
4.3.1. <i>Влияние ВЧ-плазменной обработки на проведение процессов коожевенного производства</i>	199
4.3.2. <i>Влияние ВЧЕ-плазменной обработки на микроструктуру коожевенных материалов</i>	225
4.3.3. <i>Влияние ВЧ-плазменной обработки на надмолекулярную структуру коллагенсодержащих материалов</i>	236
4.4. Экспериментальные исследования ВЧ-плазменной модификации кератинсодержащих материалов	242
4.4.1 <i>Возможные механизмы ВЧ-плазменной модификации кератинового волокна</i>	242
4.4.2. <i>Влияние ВЧ плазменной модификации на проведение процессов переработки кератинсодержащих материалов</i>	244
4.4.3. <i>Структурные исследования кератинсодержащих материалов, модифицированных в плазме ВЧ разряда пониженного давления</i>	262
ГЛАВА 5. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЧ ПЛАЗМЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ СТРУКТУР КОЛЛАГЕН- И КЕРАТИНСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ	276
5.1 Моделирование структурной модификации коллагенсодержащего материала	276
5.1.1 <i>Геометрическое моделирования реакции микроструктуры коллагенсодержащего материала на ВЧ плазменное воздействие</i>	276
5.1.2 <i>Разработка эмпирической модели влияния параметров ВЧ плазменной обработки на деформацию структур коожевенного материала</i>	297
5.1.3 <i>Теоретические исследования ВЧ плазменной модификации натурального коллагенсодержащего материала на основе пространственных моделей структур</i>	308

5.2 Моделирование структурной модификации кератинсодержащего материала в плазме ВЧ разряда пониженного давления	318
<i>5.2.1 Геометрическая модель структурных изменений кутикулы волоса под действием ВЧ плазменной модификации</i>	318
<i>5.2.2 Разработка математической модели ионной бомбардировки поверхности волоса</i>	321
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	328
ЛИТЕРАТУРА	330