*УДК 685.34.019.03*

**И.Ш. Абдуллин, Л.Ю. Махоткина,**

**Н.В. Тихонова, Т.В. Жуковская**

**ИЗМЕНЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОМПЛЕКСНОГО ОБУВНОГО МАТЕРИАЛА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕРАВНОВЕСНОЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ**

*Ключевые слова: комплексный обувной материал, вязкоупругие свойства,*

*деформационные свойства, неравновесная низкотемпературная плазма.*

*Воздействие неравновесной низкотемпературной плазмой на комплексный материал заготовки верха обуви приводит к изменению целого ряда его свойств. Изменение деформационных свойств комплексного обувного материала происходит в результате структурных преобразований происходящих на надмолекулярном уровне обрабатываемого материала.*

*Keywords: integrated shoe material viscoelastic properties*

*deformation properties, nonequilibrium low-temperature plasma.*

*The impact of nonequilibrium low-temperature plasma to complex material uppers leads to change a number of its properties. Changing the deformation properties of the complex shoe material is the result of structural changes occurring in the supermolecular level of the material.*

**Введение**

В настоящее время улучшение качества и расширение ассортимента обуви с верхом из натуральной кожи является одной из основных задач, стоящих перед обувной промышленностью. Наряду с высокой износостойкостью, современным эстетическим оформлением, сохранением формы в процессе эксплуатации качество обуви в значительной мере определяется свойствами материалов, применяемых для ее изготовления. В то время как кожевенная промышленность осваивает выпуск новых видов натуральных кож для верха обуви, специалистами отмечается проблема низкой формоустойчивости готовой обуви, которая в первую очередь является следствием неудовлетворительного качества натуральных кож верха.

Результаты исследований последних лет показывают, что одним из наиболее перспективных способов повышения качества натуральной кожи является модификация при помощи неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП) [1].

**Методика эксперимента**

Для исследования в качестве основы комплексного материала выбрана гладкая эластичная кожа хромового дубления с естественной лицевой поверхностью толщиной 1,1-1,3мм, выработанная по ТУ 8630-012-05431555-93 на ЗАО «Хром» г. Ярославль.

В качестве укрепляющего материала использовался трикотаж с термоклеевым покрытием, выработанный по ТУ 8729-001-26017127-2004 на ОАО «Невельтехпром» г.Невель, артикул Тр140-ХПЭ-210. Эластичность трикотажного полотна наиболее близка по свойствам выбранному виду кожи и обеспечивает оптимальную сохранность формы обуви.

Формирование комплексного материала происходит в условиях производства, в процессе операции дублирования деталей при температуре 90°С, времени воздействия – 8 секунд и при давлении 450г/см2. Операция дублирования проходит без предварительного увлажнения.

Для модификации комплексного материала заготовки верха обуви при помощи ННТП использовалась экспериментальная плазменная установка высокочастотного емкостного (ВЧЕ) разряда, описанная в [2, 3].

Режим плазменной обработки регулировался путем изменения времени воздействия плазмы 60-600 секунд и мощности разряда 0,1-1,0кВт. Давление в разрядной камере и расход плазмообразующего газа постоянные – 26,6Па и 0,04г/с соответственно. В качестве плазмообразующего газа выбран аргон.

Для исследования вязкоупругих свойств комплексного материала заготовки верха обуви методом релаксационной спектроскопии использован автоматизированный комплекс «RELAX-M», разработанный в МГУДТ.

**Результаты и их обсуждение**

Метод оценки деформационных свойств материала основан на компьютерном анализе процесса релаксации материала – его упругого восстановления после снятия нагрузки. Данные, получаемые при испытании (таб. 1), характеризуют деформационное поведение материала, отражают подвижность различных элементов его макро- и микроструктуры и позволяют анализировать влияние ННТП обработки на определенные структурные элементы и их связи.

Таблица 1 – Влияние обработки ННТП на изменение деформационных свойств комплексного материала (GAr=0,04г/с, Рк=26,6Па, Wp=0,2кВт, τ=500с)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование показателя | Контрольный образец | Опытный образец |
| 1 | Модуль мгновенной упругости, МПа | 61,281 | 76,922 |
| 2 | Модуль высокоэластичности, МПа | 240,113 | 155,086 |
| 3 | Равновесный модуль упругости, МПа | 48,909 | 52,661 |
| 4 | Коэффициент вязкости быстрого процесса восстановления деформации, МПа×с | 2,958 | 6,612 |
| 5 | Коэффициент вязкости медленного процесса восстановления деформации, МПа×с | 531,411 | 316,651 |
| 6 | Коэффициент пластической вязкости, МПа×с | 7749,256 | 8930,685 |
| 7 | Постоянная времени быстрого процесса релаксации, с | 0,064 | 0,052 |
| 8 | Постоянная времени медленного процесса релаксации, с | 2,509 | 2,438 |
| 9 | Коэффициент быстрой составляющей модуля деформации, | 0,785 | 0,759 |
| 10 | Подвижность, % | 3,647 | 3,146 |

Полученные данные подтверждают результаты испытаний, проведенных ранее. Увеличившийся на 25% модуль мгновенной упругости, характеризующий упругие свойства коллагеновой матрицы, говорит о повышении упругих свойств наиболее мелких составляющих структуры комплексного материала – молекул и фибрилл, вследствие образования сетки дополнительных прочностных связей между отдельными функциональными группами белка. Снижение времени упругой составляющей релаксации свидетельствует о более быстром восстановлении микроструктуры после снятия нагрузки за счет уплотнения самих элементов и уменьшения трения между отдельными ее элементами. Уменьшение времени медленного процесса релаксации свидетельствует о разделении макроструктуры модифицированного комплексного материала. Также, следует отметить уменьшение коэффициента вязкости медленного процесса восстановления деформации опытного образца, характеризующего внутреннее трение крупных элементов структуры материала, что подтверждает снятие внутренних напряжений в результате плазменной модификации. Коэффициент пластической вязкости, более высокое (на 15%) значение которого у опытного образца связано с большей остаточной деформацией, а следовательно с лучшей формовочной способностью комплексного материала заготовки верха обуви на основе низкосортной натуральной кожи модифицированного ННТП.

**Выводы**

В результате модификации обувного комплексного материала на основе натуральной кожи при помощи ННТП ВЧЕ разряда удалось добиться таких структурных изменений в комплексном материале, которые приводят улучшению формовочной способности с одновременным улучшением упругих свойств материала, что приводит к сохранению формы изделия в процессе эксплуатации.

1. Тихонова, Н.В. Применение неравновесной низкотемпературной плазмы для повышения качества комплексного обувного материала на основе низкосортной натуральной кожи / Н.В. Тихонова, Т.В. Жуковская, И.Ш. Абдуллин, Л.Ю. Махоткина // Вестник Казанского технологического университета. – 2011, № 22. – С. 28-31.

2. Абдуллин И.Ш. Высокочастотная плазменная обработка в производстве обуви. Теория и практика использования: Монография/ И.Ш. Абдуллин, Л.Ю. Махоткина; Казан. гос. технол. ун-т. Казань, 2006. - 348с.

3. Абдуллин И.Ш. Высокочастотная плазменная обработка в динамическом вакууме капиллярно- пористых материалов. Теория и практика применения. / И.Ш. Абдуллин, Л.Н. Абуталипова, В.С. Желтухин, И.В. Красина. Издательство Казанского Университета, 2004. - 428с.