

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ВЫГОДНОГО РЕЖИМА ИХ ОБРАБОТКИ

О.Г. ЦИРКИНА, А.Л. НИКИФОРОВ

(Ивановская государственная текстильная академия,
Ивановский государственный химико-технологический университет)

Данное исследование обусловлено спецификой использования энергии высоких частот в отделочном производстве текстильной промышленности, в частности, при мокрых обработках волокнистых материалов.

Нами проведена комплексная оценка диэлектрических характеристик большого числа суровых и подготовленных к колорированию хлопчатобумажных тканей, пропитанных водой, а также различными технологическими растворами. Экспериментальное определение одной из наиболее значимых для ВЧ-электротермии характеристик текстильного материала – $\text{tg}\delta$ производилось с использованием измерителей добротности Е9-4 и Е4-11, в основу работы которых положен контурно-резонансный метод.

Один из путей решения проблемы обеспечения энергетически выгодных условий обработки текстильного материала в ВЧ-поле заключается в определении оптимального значения влажности ткани, поступающей на высокочастотную обработку, и частоты внешнего электромагнитного поля, гарантирующих максимум величины $\text{tg}\delta$ и соответственно коэффициента диэлектрических потерь.

Влагосодержание текстильного материала, поступающего на ВЧ-обработку, является в высшей степени актуальной величиной, так как обеспечивает рациональное проведение процесса в целом. Недостаточная влажность материала может привести к неудовлетворительным результатам по облагораживанию ткани, а интенсивное испарение избыточной влаги вызовет нежелательную миграцию красителя или аппрета.

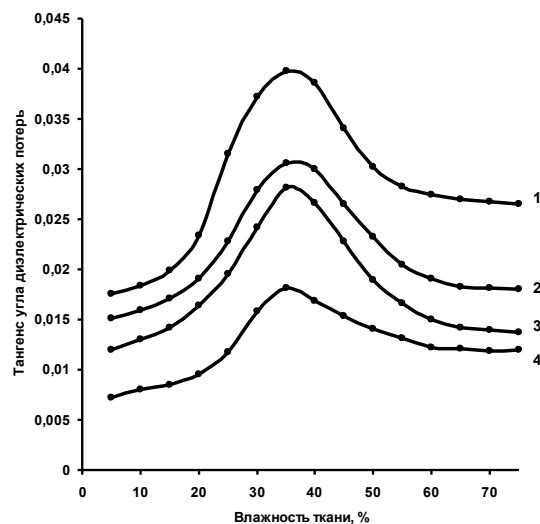


Рис. 1

На рис.1 представлены зависимости тангенса угла диэлектрических потерь от влажности обрабатываемого материала на различных частотах, где значения частот: 1 – 40; 2 – 27; 3 – 13; 4 – 5 МГц. Представленный диапазон оптимальной влажности 30...35% является единым не только для всех рассмотренных частот, но и для всех хлопчатобумажных тканей, независимо от их объемных, структурных и физико-механических свойств. При этом наличие точек перегиба на кривых позволяет определить границу между механически связанной с материалом и сорбционной влагой [1].

Из рис.1 также следует, что оптимальной из промышленно разрешенных к применению частот, которая обеспечивает максимум величины $\text{tg}\delta$, является частота 40 МГц. Ранее было выявлено [2], что фактор подготовки текстильного материала к колорированию не играет решающей роли при его обработке на заданной частоте внешнего электромагнитного поля.

Большинство технологических растворов, применяемых в отделочном производстве, содержит нейтральные электролиты. Известно, что интенсивность нагрева материала в поле ТВЧ в значительной мере зависит от концентрации нейтрального электролита в пропиточной ванне. Поэтому очередным этапом работы явились исследования по определению зависимости диэлектрических характеристик хлопчатобумажных тканей от состава технологического раствора, в частности, концентрации в нем поваренной соли.

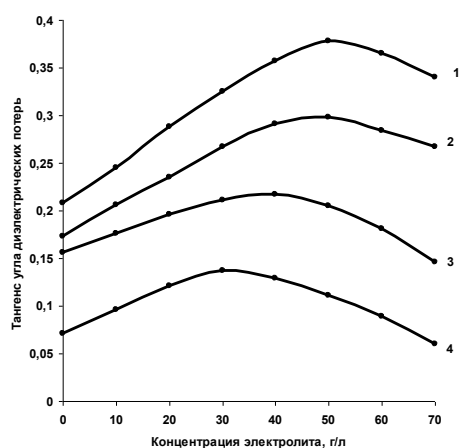


Рис. 2

Полученные диэлектрические характеристики, приведенные на рис. 2, показывают сложную зависимость величины $\text{tg}\delta$ от концентрации нейтрального электролита в растворе для каждой отдельно взятой ткани, где 1 – авизент, 2 – саржа, 3 – молескин, 4 – миткаль. С уменьшением поверхностной плотности материала оптимальное содержание NaCl смещается в сторону более низких концентраций. Этот факт свидетельствует о том, что объемные свойства материала в данном случае имеют большое значение при выборе наиболее энергетически выгодных параметров обработки. Увеличение концентрации электролита свыше оптимальной приводит к росту количества носителей заряда на мокроотжатой ткани, поэтому материал становится проводником и теряет способность к диэлектрическому нагреву.

Анализ научно-технической литературы показал, что стабильность нагрева в

ВЧ-поле также связана с изменением электрофизических свойств текстильного материала. Температурные зависимости коэффициента потерь позволяют выявить возможность нарушения стабильности ВЧ-нагрева.

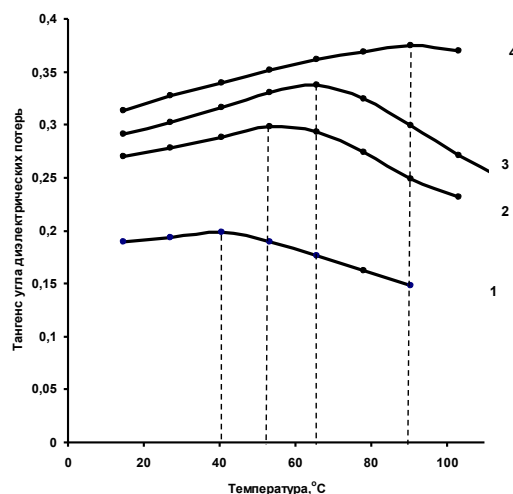


Рис. 3

Нами было проведено исследование по выявлению влияния температуры на тангенс угла диэлектрических потерь для различных хлопчатобумажных тканей. Полученные данные суммированы на рис.3, где приведены графические зависимости величины $\text{tg}\delta$ от температуры для : 1 – авизента, 2 – саржи, 3 – молескина, 4 – миткаля соответственно. Графики наглядно свидетельствуют о том, что для каждой ткани существует индивидуальный диапазон температур, в котором происходит наиболее эффективное поглощение электромагнитной энергии. Уменьшение величины $\text{tg}\delta$ после достижения оптимальной для каждой ткани температуры можно объяснить полным высыханием материала, так как ранее было выявлено, что диэлектрические потери влажных образцов в 5...9 раз превышают таковые для сухих [3].

Для установления взаимосвязи полученных диэлектрических характеристик исследуемых текстильных материалов и их изменения в процессах сушки с применением различных теплоносителей, нами были получены кинетические кривые, представленные на рис.4.

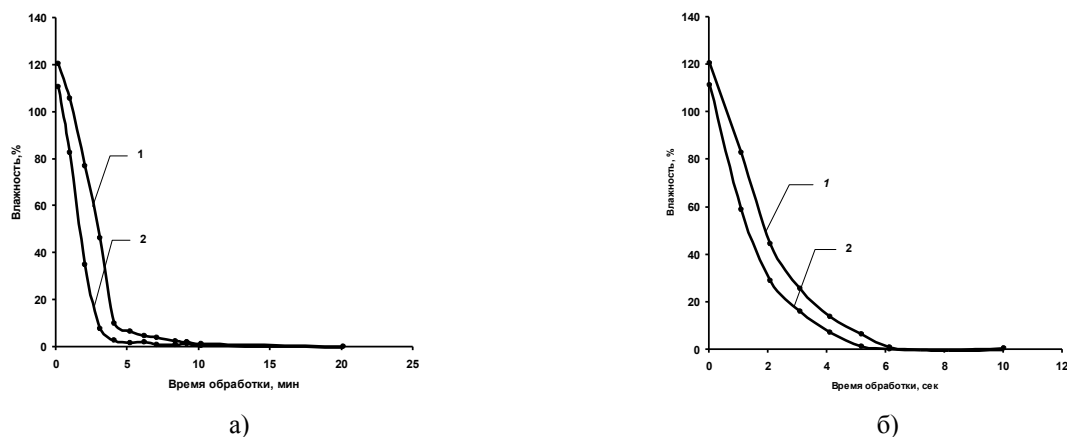


Рис. 4

На рис.4-а приведен график изменения влагосодержания ткани миткаль в процессе конвективной сушки, на рис.4-б – сушка аналогичного материала в поле ТВЧ на частоте 40 МГц. Для обоих случаев кривая 1 соответствует образцам, пропитанным водой; кривая 2 – раствором нейтрального электролита (NaCl). Таким образом, кинетика сушки токами высокой частоты не отличается от кинетики процесса конвективной сушки, за исключением огромных скоростей уменьшения влагосодержания ткани в первом случае.

На представленных кинетических кривых можно выделить три прямолинейных участка, каждый из которых характеризуется постоянством скорости процесса сушки. Вначале материал быстро нагревается, скорость сушки значительно увеличивается и процесс идет при температуре, близкой к 100°C – температуре кипения воды. При этом с уменьшением влажности возрастает величина $\text{tg}\delta$ (рис. 1). Затем следует участок кривой сушки, характеризующийся постоянством температуры материала и постоянной интенсивностью испарения – величина $\text{tg}\delta$ максимальна. Далее интенсивность испарения уменьшается, температура материала возрастает, а величина $\text{tg}\delta$ вновь уменьшается.

Из рис.4 также следует, что при различных способах сушки наличие нейтрального электролита в составе раствора играет положительную роль, то есть ускоряет процесс удаления влаги.

ВЫВОДЫ

1. Произведена комплексная оценка диэлектрических характеристик хлопчатобумажных тканей и определены наиболее энергетически выгодные параметры их обработки в поле ТВЧ: влажность, наличие нейтрального электролита, температура, частота внешнего электромагнитного поля.

2. Произведено сравнение кинетических кривых сушки текстильного материала при конвективном способе нагрева и при использовании поля ТВЧ.

3. Выявлена корреляция между диэлектрическими характеристиками материала и изменением его влагосодержания в процессе обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chabert J., Viallier P. Применение инфракрасного, высокочастотного и сверхвысокочастотного нагрева для сушки и облагораживания текстильных материалов // Union Internationals delectroterme Congress. – Liege, 1976, section 3, Ref.3.

2. Кутякова О.Г., Никифоров А.Л., Блиничева И.Б. Оптимизация процесса высокочастотной фиксации красителей на хлопчатобумажных тканях // Изв. вузов Технология текстильной промышленности. – 1993, №1. С.49...52.

3. Циркина О.Г., Никифоров А.Л., Блиничева И.Б., Мельников Б.Н. Влияние структурных характеристик хлопчатобумажных тканей на эффективность фиксации активных красителей в поле ТВЧ // Изв. вузов Технология текстильной промышленности. – 1993, №6. С.47...51.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов ИГХТУ. Поступила 08.04.08.