

## О СОГЛАСОВАНИИ СИСТЕМЫ ИСТОЧНИК ВЧ/СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ – НАГРУЗКА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАГРЕВА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

О.Г. ЦИРКИНА, А.Л. НИКИФОРОВ, М.В. УДАЛОВ

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

Правильная оценка изменения энергетике системы генератор – нагрузка позволяет осуществлять оперативную корректировку процесса диэлектрического нагрева полимерного материала и достигать наиболее рационального и полного протекания всего комплекса физико-химических и механических изменений в обрабатываемой системе. Как отмечалось нами ранее [1], удельная мощность является универсальным энергетическим критерием подобия процессов диэлектрического нагрева, так как однозначно определяет кинетику нагрева. Зависимость температуры обрабатываемого полимерного материала ( $T$ ) от удельной мощности ( $P_{уд}$ ) для модельных диэлектриков, соответствующих по своим диэлектрическим свойствам целлюлозосодержащим тканям с различным влагосодержанием, имеет прямолинейный характер.

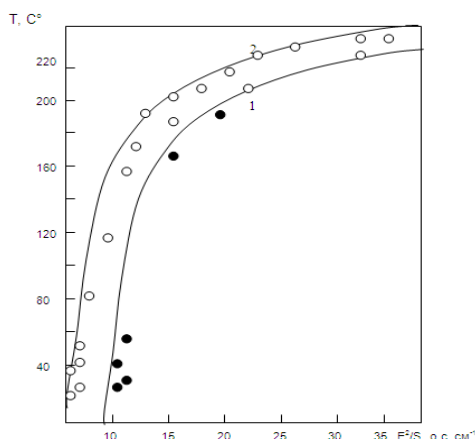


Рис. 1

Для процессов, протекающих с изменением геометрических размеров пакета и имеющих место при ВЧ-сварке ПВХ-пленок, данная зависимость приобретает более сложный вид (рис.1, где 1 – зависи-

мость  $T$ - $P_{уд}$  для хорошо согласованной системы; 2 – для несогласованной системы). Перегиб на кривых вызван тем, что при достижении температуры 180...220°C происходит размягчение и плавление материала, ведущие к его деформации, что в сильной мере сказывается на степени согласования системы генератор – нагрузка.

Степень согласования представляет собой соотношение между сопротивлением нагрузки ( $R_n$ ) и выходным сопротивлением генератора ( $R_{вг}$ ). Чем ближе это соотношение к единице, тем выше КПД передачи мощности. В процессе нагрева полимера в поле ТВЧ происходит изменение диэлектрических параметров рабочего конденсатора, поэтому коэффициент передачи мощности не является постоянным во времени.

Зная изменение степени согласования можно, не прибегая к опытам, оптимизировать процесс, то есть определить наиболее выгодные соотношения между толщиной и площадью обрабатываемого материала, в том числе и при реализации химических процессов отделочного производства. Реально используемая нагрузка представляет собой электрический конденсатор, в котором в качестве диэлектрика служит нагреваемый полимер. Ее параметры могут быть рассчитаны по формуле:

$$C = \epsilon_0 \epsilon S/d,$$

где  $C$  – теплоемкость материала (Дж/кг·°C);  $\epsilon_0$  – диэлектрическая постоянная ( $8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м);  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость материала, служащего диэлектриком;  $S$  – площадь электрода ( $m^2$ );  $d$  – толщина нагреваемого материала (м).

Сопротивление емкостной нагрузки:

$$R_i = \tilde{O}_n = \frac{1}{2\pi f \tilde{N}},$$

где  $f$  – частота работы генератора (Гц).

В процессе нагрева полимеров в ТВЧ-поле целый ряд величин неизменен – это  $\epsilon_0$ ,  $S$ ,  $f$ . В большинстве случаев ВЧ-обработки текстильных материалов неизменной остается и толщина пакета, но такие процессы, как сварка, тиснение рисунка на термопластичных полимерах, желирование пластизолей, приводят к изменению величины  $d$ .

Наиболее простыми процессами, с точки зрения изменения согласования, являются технологические операции, производимые с целью облагораживания тек-

стильных материалов: подготовка, колорирование и заключительная отделка тканей. В данном случае происходит изменение лишь величины  $\epsilon$  под действием температуры. Более сложными представляются процессы ТВЧ-сварки и тиснения. Нами были проведены измерения емкостного сопротивления нагрузки в процессе ТВЧ-нагрева модельных полимеров на основе ПВХ при различных соотношениях  $d/S$ . Характерные результаты расчетов, отображающие изменение сопротивления нагрузки при увеличении температуры текстильного материала приведены на рис.2. Наиболее подходящим для проведения процесса является соотношение между толщиной материала (в мм) и его площадью (в  $\text{см}^2$ ) –  $1/30$ .

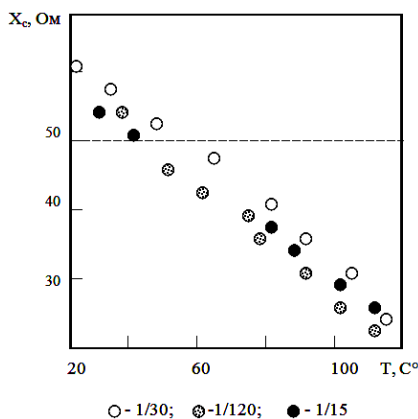


Рис. 2

На рис. 3 приведена зависимость мощности, поглощаемой нагрузкой от температуры при различных соотношениях  $d/S$ , где 1 – зависимость для хорошо согласованной системы; 2 – для удовлетворительного согласования; 3 – для несогласованной системы. Расчеты изменения емкостного сопротивления нагрузки необходимы для оптимизации технологических параметров процессов обработки полимеров в ВЧ-поле с целью сушки, сварки, желирования пластизолей, термофиксации красителей. Для этого необходимо знать лишь связь диэлектрических характеристик материала ( $\epsilon$ ,  $\text{tg}\delta$ ) с частотой и температурой. Зная частотную зависимость  $\text{tg}\delta$  и  $\epsilon$  можно выбрать наиболее подходящую рабочую

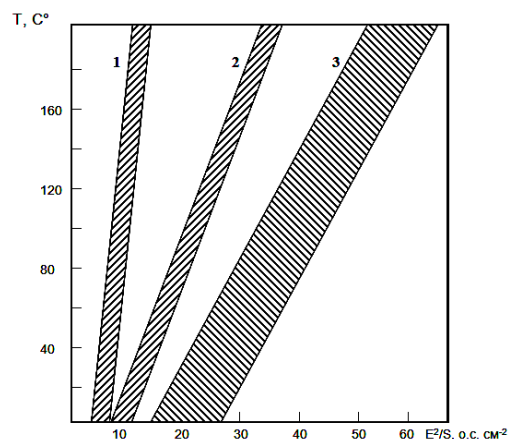


Рис. 3

частоту генератора. При этом произведение фактора потерь ( $k = \text{tg}\delta \cdot \epsilon$ ) на частоту должно быть максимальным, что, при прочих равных условиях, соответствует максимальной мощности, выделяющейся в материале.

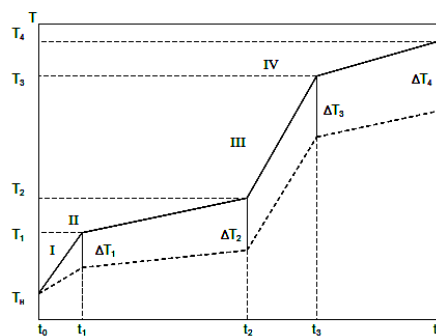


Рис. 4

## ВЫВОДЫ

Характерное изменение температуры материала во времени для процессов ТВЧ-нагрева полимерных материалов, исходя из расчетных данных, может быть представлено в виде сложной кривой, состоящей из 4-х участков (рис.4: сплошной линией показано изменение температуры на оси нагреваемого пакета, пунктиром – на его поверхности). Участок I соответствует лимитирующей стадии процесса и его временной показатель зависит от приближенности соотношения между  $X_c$  и  $R_{вг}$  к единице, при этом  $X_c/R_{вг} > 1$ ; в начальный момент времени при  $X_c/R_{вг}=1$  этот участок отсутствует. На участке II происходит скоротечное изменение  $X_c$  до величины, равной  $R_{вг}$ . Участок III соответствует падению температуры в результате рассогласования ( $X_c/R_{вг} < 1$ ). При этом происходит увеличение  $\varepsilon$ . Участок IV соответствует стабилизации процесса. После увеличения  $\varepsilon$  на участке III  $X_c$  незначительно возрастает, что приводит к улучшению согласования и повышению температуры. В целом полученные расчетным путем данные хорошо согласуются с результатами эксперимента.

1. Проведены измерения емкостного сопротивления нагрузки в процессе диэлектрического нагрева модельных полимеров на основе ПВХ при различных соотношениях диаметра и площади ( $d/S$ ) обрабатываемого материала.

2. Получена зависимость мощности, поглощаемой нагрузкой, от температуры при различных соотношениях  $d/S$  для согласованной и несогласованной системы.

3. Показано изменение температуры материала во времени для процессов ТВЧ-нагрева полимерных материалов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кулыгин Ю.Н., Циркина О.Г., Никифоров А.Л., Мельников Б.Н. // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 2. С.57...60.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов ИГХТУ. Поступила 01.07.09.