

МОНИТОРИНГ ПРОЦЕССА ОТВЕРЖДЕНИЯ ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛЛОВ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

При использовании термореактивных материалов (ТРМ) для изоляции электрических машин очень важным является сохранение неотвержденного состояния связующего в процессе хранения, так как даже при частичном отверждении происходит изменение технологических свойств: адгезии, цементации между слоями, эластичности лент, необходимой при намотке.

Отверждение – процесс создания химических связей между линейными цепями. Сопровождается конверсией функциональных групп, вступающих в реакцию, что отражается, в первую очередь, на изменении поляризационного процесса и проводимости (при наложении электрического поля). Поэтому химический процесс отверждения может быть проанализирован с помощью диэлектromетрии: диэлектрической проницаемости, проводимости, тангенса угла диэлектрических потерь.

Использование коэффициента полной проводимости $\left(\hat{E}_{\bar{i}\bar{i}} = \frac{Y_{100\bar{A}\bar{\omega}}}{Y_{100\bar{e}\bar{A}\bar{\omega}}} \right)$ имеет ряд преимуществ. Для обоснования правомерности применения этого метода при исследовании материалов, пропитанных эпоксисинволачным связующим, проведены измерения Кпп в зависимости от частоты $f = 50 \div 10^5 \text{ } \bar{A}\bar{\omega}$ (рис. 1).

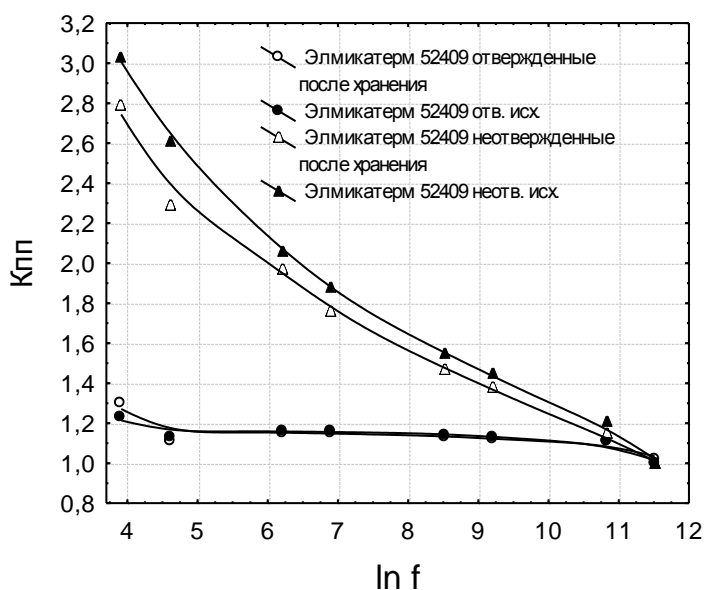


Рис. 1. Зависимость Кпп от ln f для Элмикатерм 52409

где $C_{\bar{\delta}\bar{n}}$ - концентрация реакционноспособных групп или величина ей пропорциональная - Кпп.

Используя закономерности протекания реакции $\tilde{N} = A \cdot \exp(-t/\tau)$, где τ - постоянная времени, зависящая от температуры по закону Аррениуса $\tau = B \cdot \exp \frac{W}{RT}$ для исследуемых материалов определены кинетические параметры в исходном состоянии и после хранения (технологического старения) (табл. 1).

Таблица 1. Зависимость постоянной скорости реакции и энергии активации от температуры для материала Элмикатерм 52409.

Данные показывают, что степень отверждения можно определить, сравнивая показания Кпп при 100 Гц и 10^5 Гц. По этой характеристике в работе оценивалось изменение кинетики отверждения при хранении (технологическом старении).

За конкретные параметры процесса отверждения приняты:

- $\bar{O}_{i\bar{i}}$ - температура начала интенсивного отверждения;
- τ - постоянная времени;
- W - энергия активации реакции отверждения.

Кинетика реакции исследуется путем анализа зависимости $C_{\bar{\delta}\bar{n}}(t)$,

	$\hat{E}_{\tilde{I}\tilde{I}}$ при $\hat{O}_{\tilde{I}\tilde{I}}$	$\tau, \text{ì èí}$				$W, \text{ýÁ}$	
		$140^{\text{ì}} \tilde{N}$		$160^{\text{ì}} \tilde{N}$		$W_1, \text{ýÁ}$	$W_2, \text{ýÁ}$
		$\tau_1, \text{ì èí}$	$\tau_2, \text{ì èí}$	$\tau_1, \text{ì èí}$	$\tau_2, \text{ì èí}$		
В исходном состоянии	4,3	15	40	7,5	11,76	0,54	1,05
состояние после хранения	3,4	290		8,3	40	2,77	1,54

Полученные результаты показывают, что снизилась реакционная способность – произошло частичное отверждение. Соответственно, изменились параметры отверждения. Ухудшились технологические характеристики – цементирующая и адгезионная способность. Увеличение τ указывает на необходимость корректировки продолжительности цикла термопрессования изоляции.