

УДК 659.353

А.И.Хохлова (5 курс, каф. ЭИКиК), Н.М.Ваксер, к.т.н., доц.

АНАЛИЗ КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ОТВЕРЖДЕНИЯ КОМПАУНДОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ

Исследован компаунд ПК-11 на основе двух диановых эпоксидных смол: ЭД-22 отечественного производства и DER производства фирмы Isola. Задачей работы явился сравнительный анализ технологических характеристик компаундов, которыми определяется качество изоляции и технико-экономическая целесообразность их использования.

К технологическим характеристикам компаундов относятся температура начала интенсивного отверждения и скорость процесса отверждения (постоянная скорости реакции). По этим характеристикам определяется режим термопрессования термореактивной изоляции статорных обмоток электрических машин. Важным является стабильность этих характеристик при многократном использовании компаунда в технологии вакуум-нагнетательной пропитки изоляции.

Исследованы образцы стеклослюдопластовых лент (Элмикапор), пропитанных компаундом ПК-11. Проведены периодические измерения характеристик в процессе старения в течение 350...520 часов. Старением в данном случае названо изменение молекулярного веса смолы [1] при выдержке компаунда при 50 °С (температура пропитки в производственном цикле).

Для исследования процесса старения проведены измерения в динамическом и стационарном режимах при двух температурах: 130 и 150 °С. Исследована зависимость коэффициента полной проводимости $K_{пп}$ от времени. Для этого проведены измерения напряжения на образце по методу полных токов [2] при двух частотах (100 и 10^5 Гц), при этом $K_{пп}$ рассчитан как отношение напряжения на низкой частоте к напряжению на высокой частоте. Концентрация функциональных групп при отверждении

$$C=A \cdot \exp(-t/\tau),$$

где τ - постоянная времени реакции, зависящая от температуры по закону Аррениуса:

$$\tau=B \cdot \exp(W/RT),$$

где W – энергия активации; T - абсолютная температура реакции, К; R – универсальная газовая постоянная, равная 1,99 ккал/моль·К или постоянная Больцмана, равная $8,6 \cdot 10^{-5}$ эВ/К, (8,31 Дж/моль·К); A , B – постоянные.

Поскольку коэффициент полной проводимости пропорционален концентрации функциональных групп, по наклону зависимости $\ln K_{пп}(t)$ были определены постоянные времени реакции τ и по зависимости $\tau(T)$ при различных температурах оценены значения энергии активации W . Необходимо отметить, что произведенные расчеты являются оценочными.

Результаты исследования показали, что компаунд на смоле DER обладает большей стабильностью, так при старении до 500 часов изменение постоянной скорости реакции составляет около 30 %, причем как для температуры 130 °С, так и 150 °С. Для компаунда на смоле ЭД-22 постоянная скорости реакции уже при 100 часах старения возрастает в 1,5 раза при температуре 130 °С и в 4 раза при температуре 150 °С, при этом значительно возрастает значение энергии активации. Также для этого компаунда при времени старения больше 100 часов зависимость становится нелинейной, и расчет постоянной скорости реакции не

представляется возможным. Полученные результаты подтверждаются изменением вязкости в процессе старения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ли Х., Невилл К. Справочное руководство по эпоксидным смолам. М: Энергия, 1973. – 458 с.
2. Ваксер Н.М., Преснов Ю.М., Кочугова И.В. Непрерывный контроль процесса отверждения термореактивных смол // Пластические массы. 1981. №11. С.41-47.