

А.Н. Черкашина, канд. техн. наук, Т.И. Резниченко, канд. техн. наук

ВЫБОР РЕЖИМОВ СТРУКТУРИРОВАНИЯ И ПОЛИМЕРИЗАЦИИ КОМПАУНДОВ В ПОЛЕ ТОКОВ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

В роботі надані дослідження впливу температури та часу обробки полімерних композиційних матеріалів на основі епоксидних та акрилових олігомерів у поліструму високої частоти. Отримані оптимальні режими обробки. Наведені результати фізико-механічних властивостей композицій, які твердіють у полі струму високої частоти.

На комплекс прочностных, технологических и эксплуатационных свойств ПКМ оказывает влияние не только их состав, но и технологический процесс их получения, составной частью которого являются режимы отверждения. Различные свойства ПКМ при разных режимах отверждения обусловлены степенью структурирования (полимеризации) и релаксационными процессами в них.

В число основных параметров структурирования ПКМ входят температура и время. В зависимости от способов и режимов воздействия на ПКМ у них будут изменяться свойства, в них возникают остаточные напряжения, величина и способность которых к релаксации зависит от степени завершенности процесса структурирования. Скорость процесса структурирования, обусловленная температурой процесса, также влияет на полноту структурирования.

При структурировании ПКМ на основе эпоксидного и акрилового связующих в поле ТВЧ важными факторами являются основные параметры процесса (напряженность и частота поля ТВЧ, время воздействия и др.). Изменение указанных факторов в различной степени влияет на комплекс прочностных и эксплуатационных свойств исследуемых компаундов.

Представляло интерес исследовать влияние режимов отверждения ПКМ на основе эпоксидных, акриловых и эпоксиакриловых полимеров в поле ТВЧ на их основные физико-механические и эксплуатационные свойства.

Основные параметры процесса структурирования (полимеризации) образцов в поле ТВЧ для эпоксидных и акриловых компаундов представлены в табл. 1-2.

Таблица 1. Режимы структурирования эпоксидных компаундов в поле ТВЧ

Параметры структурирования	Режим структурирования		
	1	2	3
Частота тока, f , МГц	80	80	80
Напряженность электрического поля, $E \cdot 10^5$, В/м	1,0	2,0	2,5
Время нагрева, τ , с	120	180	90
Температура нагрева компаунда, T , °С	80	100	140

Таблица 2. Режимы полимеризации акриловых компаундов в поле ТВЧ

Параметры полимеризации	Режим полимеризации		
	1	2	3
Частота тока, f , МГц	80	80	80
Напряженность электрического поля, $E \cdot 10^5$, В/м	0,5	1,5	2,0
Время нагрева, τ , с	90	120	180
Температура нагрева компаунда, T , °С	60	80	90

В табл. 3-4 представлены значения адгезионной прочности при равномерном отрыве эпоксидных и акриловых компаундов, структурированных в поле ТВЧ, а также проведен сопоставительный анализ прочностных свойств эпоксидных и акриловых компаундов, структурированных конвекционным методом и в поле ТВЧ.

Таблица 3. Зависимость адгезионной прочности при равномерном отрыве от режимов структурирования эпоксидных компаундов в поле ТВЧ

Компаунд	A_0 , МПа		
	Режим 1	Режим 2	Режим 3
ЭД-20 + ПЭПА + ДБФ + Al_2O_3	11,5	14,5	9,0
ЭД-20 + УП-0633 + MoS_2	12,8	16,7	10,2
ЭД-20 + ПЭПА + МГФ-9 + тальк	12,6	17,0	10,3

Таблица 4. Зависимость адгезионной прочности при равномерном отрыве от режимов полимеризации акриловых компаундов в поле ТВЧ

Компаунд	A ₀ , МПа		
	Режим 1	Режим 2	Режим 3
АСТ-Т + Al ₂ O ₃	12,6	15,2	13,4
КС-6 + Al ₂ O ₃	14,3	18,5	16,9

Из табл. 3-4 видно, что при увеличении напряженности электрического поля и уменьшении времени воздействия наблюдается улучшение адгезионной прочности у всех компаундов, отвержденных по различным режимам. Причем, при более низкой напряженности время воздействия увеличивается и наоборот, увеличение напряженности способствует снижению времени воздействия ТВЧ на компаунд.

Исследована связь между различными способами и режимами воздействия и прочностными свойствами эпоксидных и акриловых компаундов. В табл. 5. приведены некоторые физико-механические свойства эпоксидных компаундов, подвергшихся воздействию ТВЧ при указанных режимах и конвекционному нагреву при температуре 100 °С в течение 2 ч.

Таблица 5. Физико-механические свойства эпоксидных компаундов, структурированных методом конвекционного нагрева и в поле ТВЧ

Компаунд	а, кДж/м ²	σ _н , МПа	σ _{сж} , Мпа	Н _в , Мпа
ЭД-20 + ПЭПА + ДБФ + Al ₂ O ₃	6/11	66.9/94.8	89.9/86.2	153/170
ЭД-20 + УП-0633 + MoS ₂	12/17	78.7/117.1	79.3/84.3	143/165
ЭД-20 + ПЭПА + МГФ-9 + тальк	13.6/17.2	65.6/78.3	96.1/107.4	147/176

Примечание. В числителе данные о прочностных свойствах образцов, структурированных методом конвекционного нагрева; в знаменателе - в поле ТВЧ.

Анализ полученных экспериментальных данных свидетельствует о существенном влиянии параметров процесса на рассматриваемые свойства ПКМ (а, σ_н, и др.). В результате сопоставительных исследований, установлено, что структурирование эпоксидных компаундов в поле ТВЧ в значительной степени (для всех исследованных ПКМ) улучшает физико-механические свойства по сравнению с

методом конвекционного нагрева. Так, например, при структурировании эпоксидного компаунда (ЭД-20 + ПЭПА + ДБФ + Al_2O_3) повышается на 42 % по сравнению с конвекционным методом структурирования, а ударная вязкость – на 83 % (табл.3.5).

Это свидетельствует о более полном и равномерном протекании структурирования эпоксидного олигомера в объеме компаунда и, как следствие, о формировании структуры ПКМ с минимумом структурных дефектов как на границе раздела фаз, так и в самой полимерной матрице.

В табл.6. представлены основные характеристики акриловых и эпоксиакриловых компаундов, структурированных в поле ТВЧ и при комнатной температуре.

Таблица 6. Физико-механические свойства компаундов, отвержденных при комнатной температуре и в поле ТВЧ

Компаунд	α , кДж/м ²	$\sigma_{из}$, МПа	$\sigma_{сж}$, МПа	H_B , МПа	T , °С,	W_B , %	A_0 , МПа
АСТ-Т+	<u>5.6</u>	<u>50.0</u>	<u>80.0</u>	<u>125</u>	<u>80</u>	<u>0.16</u>	<u>16.5</u>
Al_2O_3	7.8	56.2	93.0	138	108	0.11	17.4
КЭ-6 +	<u>7.6</u>	<u>56.2</u>	<u>109.0</u>	<u>142</u>	<u>102</u>	<u>0.06</u>	<u>23.5</u>
Al_2O_3	9.6	60.1	121.5	151	108	0.02	25.2

Примечание. В числителе данные о прочностных свойствах образцов, структурированных при комнатной температуре; в знаменателе - в поле ТВЧ.

На основании проведенного комплекса исследований по изучению влияния режимов процесса структурирования компаундов в поле ТВЧ, установлен интервал варьирования параметров процесса с целью получения ПКМ с высоким уровнем прочностных и эксплуатационных свойств.

Из приведенных выше данных видны преимущества метода структурирования эпоксидных, акриловых и эпоксиакриловых компаундов в поле ТВЧ по сравнению с традиционно используемым конвекционным методом структурирования или отверждением при комнатной температуре.

Список литературы: 1. Авраменко В.Л., Черкашина А.Н. и др. К вопросу о выборе оптимальных параметров структурирования ПКМ на основе эпоксидных олигомеров в ТВЧ. Междунар. н.-т. конф., Харьков, 1997, т.4., с.444-446. 2. Авраменко В.Л., Черкашина А.Н. и др. Применение ЭВМ для оптимизации составов наполненных эпоксидных композиций. Междунар. н.-т. конф., Харьков, 1996, с.176.