

зміні співвідношень між ними змінюється не за адитивним законом.

2. В широкому діапазоні співвідношень вода:конденсат при температурі 40 °С менша швидкість корозії спостерігається при використанні водовуглеводне-розчинного інгібітору, а найменша – у присутності вуглеводне-розчинного інгібітору при значному надлишку водної фази.

3. За абсолютними величинами швидкостей корозії і захисним ефектом інгібітори корозії Інко-С і Інко-2НХІ можуть бути використані для захисту від корозії обладнання у присутності сумішей мінералізована вода : вуглеводні.

**Список літератури:** 1. *Мельник А.П.* Практикум з хімії та технології повернево-активних похідних вуглеводневої сировини / *Мельник А.П., Чумак О.П., Березка Т.О.* – Харків: Курсор, 2004. – 277 с. 2. Оцінка ефективності ряду інгібіторів корозії електрохімічним методом поляризаційного опору для умов газоконденсатних родовищ / [А.П. Мельник, Я.І. Сенишин, О.П. Чумак та ін.] // Вісник НТУ «ХПІ». – 2003. – № 13. – С. 112 – 115.

*Надійшла до редколегії 27.04.09*

УДК 668.395

**Л.Ф. ПОДГОРНАЯ**, канд. техн. наук; **Д.И. БУЛАНОВ**, НТУ “ХПІ”

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНО-ПОЛИЭФИРНЫХ СВЯЗУЮЩИХ**

Досліджені діелектричні і фізико-механічні властивості склопластикових стержнів, отриманих методом пултрузії, що застосовуються у виробництві полімерних ізоляторів для електротехніки. Розроблені оптимальні склади та режими твердіння склопластиків на основі епоксидних зв'язуючих, модифікованих ненасиченими поліестерами на основі ортофталевої і терефталевої кислот.

Dielectric and physical-mechanical properties glass-reinforced plastics rods gained by a method pultrusion applied in production of glass-fibre insulators for electrical engineers are investigated. Optimum compositions and regimes of hardening of glass-reinforced plastics on the basis of epoxy binding, inoculated by unsaturated polyesters on a basis orthophthalic and terephthalic acids are developed.

Объем мирового производства армированных пластиков непрерывно возрастает. Они широко применяются, например, в электротехнике, где фар-

форовые изоляторы заменяются на полимерные. Основным элементом в полимерном изоляторе является стеклопластиковый стержень, который получают методом пултрузии (протяжкой непрерывного армирующего наполнителя, пропитанного связующим, через формующую фильеру).

К получаемому стеклопластиковому профилю предъявляются высокие требования по диэлектрическим показателям (пробивное напряжение), механической прочности, химической стойкости.

В настоящее время на ряде предприятий такие профили изготавливают на основе эпоксидных связующих горячего отверждения, которые, в основном, обеспечивают достижение требуемых свойств. Однако недавно Международной Электротехнической Комиссией (МЭК) введены дополнительные требования по испытанию изделий на проницаемость 1 %-ного спиртового раствора фуксина после выдержки их в растворе в течение 15 мин, а также на степень изменения диэлектрических и механических показателей изделий после кипячения в 0,1 %-ном растворе хлористого натрия в течение 100 часов. Стеклопластики, изготовленные на чистом эпоксидном связующем горячего отверждения, эти испытания не всегда выдерживают, так как они характеризуются достаточной жесткостью, что приводит к возникновению остаточных напряжений при отверждении и образованию микротрещин на поверхности при действии жидких сред, которые проявляются в виде цветного окрашивания при действии раствора фуксина. Кроме того, после длительного кипячения значительно ухудшаются диэлектрические свойства стеклопластиков.

С целью устранения отмеченных недостатков в работе проводилась модификация эпоксидного связующего горячего отверждения на основе эпоксидного олигомера марки СНS-Ероху-520, отвердителя метилтетрагидрофталевого ангидрида (МТГФА) и аминного ускорителя марки ТБАХ с помощью ненасыщенных полиэфирных смол на основе ортофталевой и терефталевой кислот марок Chromoplast-120 и Palatal-190 соответственно, отверждающихся в присутствии инициатора марки Luperox.

В качестве армирующего наполнителя использовали стеклоровинг марки ЕС 13-4800. Формующая фильера имела прямоугольное сечение размером 10×15 мм.

Варьировали состав связующего и режимы отверждения его в фильере. Изучали изменение показателя пробивного напряжения ( $E_{пр}$ ), ударной вязкости ( $a$ ), разрушающего напряжения при изгибе ( $\sigma_{и}$ ) непосредственно после

получения профиля и после кипячения в течение 100 часов в 0,1 %-ном растворе хлористого натрия. Кроме того, в соответствии со стандартом МЭК 1109-92 исследовали проникновение красителя в поверхность изделий после выдержки их в 1 %-ном спиртовом растворе фуксина в течение 15 мин и проводили испытание напряжением в течение 1 мин при токе 1 мА после кипячения образцов в течение 100 часов в 0,1 %-ном растворе хлористого натрия. В соответствии с последними требованиями МЭК изделия должны выдерживать напряжение 12 кВ.

В таблице представлены результаты исследований указанных показателей, из которых следует, что лучшими показателями диэлектрических свойств, как до кипячения образцов стеклопластиков, так и после кипячения, характеризуются композиты на основе гибридного связующего, содержащего 70 масс.ч. эпоксидного олигомера и 30 масс.ч. полиэфирного.

Таблица

Изменение диэлектрических и физико-механических показателей стеклопластиков после кипячения в 0,1 %-ном растворе хлористого натрия в течение 100 ч

Соотношение эпоксидного и полиэфирного связующего, масс.ч.	$E_{пр}$ , МВ/м		$a$ , кДж/м <sup>2</sup>		$\sigma_{и}$ , МПа		Испытания напряжением при токе 1мА, кВ
	После изготовления	После кипячения	После изготовления	После кипячения	После изготовления	После кипячения	
100:0	33,0	15,3	1021	700	1209	800	5,5
30:70	<u>38,6</u>	<u>20,4</u>	<u>795</u>	<u>600</u>	<u>900</u>	<u>700</u>	<u>7,5</u>
	40,6	25,6	790	600	895	700	9,0
50:50	<u>40,0</u>	<u>25,3</u>	<u>830</u>	<u>700</u>	<u>1100</u>	<u>900</u>	<u>8</u>
	52,0	30,3	800	690	1095	890	12
70:30	<u>50,0</u>	<u>33,3</u>	<u>920</u>	<u>750</u>	<u>1140</u>	<u>900</u>	<u>12</u>
	70,2	44,3	900	720	1130	900	12

Примечание: в числителе даны показатели для стеклопластика с модификатором Chromoplast-A-120, в знаменателе – с модификатором Palatal-190.

Причем с введением ненасыщенного полиэфира на основе терефталевой кислоты марки Palatal-190 достигаются более высокие показатели диэлектрических свойств. Образцы стеклопластиковых профилей, полученные на гибридном связующем горячего отверждения указанного состава выдерживают испытания напряжением 12 кВ в течение 1 мин при токе 1 мА после кипячения в течение 100 часов в 0,1 %-ном растворе хлористого натрия (в соот-

ветствии со стандартом МЭК 1109-92), в то время как стеклопластики, полученные на чистом эпоксидном связующем горячего отверждения и на гибридном связующем других составов, эти испытания не выдерживают.

Кроме того, на изделиях, полученных на основе данного гибридного связующего, не наблюдается проникновение раствора красителя, они не окрашиваются после выдержки их в 1 %-ном спиртовом растворе фуксина в течение 15 мин (в соответствии со стандартом МЭК 1109-92), в то время как на образцах, полученных на эпоксидном связующем, наблюдается проявление окраски уже через 5 минут контакта с раствором фуксина.

Следует также отметить, что с использованием полиэфирных модификаторов в составе эпоксидного связующего улучшаются технологические свойства связующих: снижается вязкость, повышается смачивающая способность, наблюдается хорошая совместимость всех компонентов системы, повышается скорость протяжки пултрузионной установки.

Что касается физико-механических показателей, то из результатов испытаний следует, что их значения несколько ниже у стеклопластиков, полученных на гибридном связующем, чем на чистом эпоксидном связующем, однако в целом они находятся на достаточно высоком уровне, соответствующем предъявляемым к данным изделиям требованиям. Следует отметить, что высокие показатели прочностных и диэлектрических свойств у стеклопластиков, полученных на гибридном связующем горячего отверждения оптимального состава, сохраняются и после жестких испытаний на кипячение в течение 100 часов в 0,1 %-ном растворе хлористого натрия.

Одновременно изучали водопоглощение пултрузионных стеклопластиков и стойкость к действию 0,1 %-ного раствора хлористого натрия при комнатной температуре и после кипячения в течение 100 часов.

Результаты показали, что материалы оптимального состава характеризуются хорошей гидролитической и химической стойкостью. Водопоглощение их составляет 0,02 %, а поглощение 0,1 %-ного раствора хлористого натрия – 0,03 % при выдержке в течение 24 ч при 23 °С и 0,75 % после кипячения в течение 100 ч.

Таким образом установлены оптимальные составы гибридных связующих горячего отверждения и режимы их отверждения для получения стеклопластиковых профилей методом пултрузии, которые имеют более высокие и более стабильные показатели диэлектрических свойств, характеризуются хорошей гидролитической и химической стойкостью, повышенной стойкостью

к трещинообразованию, выдерживают требования стандарта МЭК 1109-92 и практически сохраняют высокие физико-механические показатели стеклопластиков на основе эпоксидных связующих.

По рекомендациям полученных результатов выпускаются промышленные партии стеклопластиковых стержней для полимерных изоляторов на предприятиях ООО «Компласт» и ООО «Укрэлектроизолит».

*Поступила в редколлегию 10.05.09.*

УДК 622.61: 537.533

**В.В. СОЛОВЕЙ**, докт. техн. наук, **П.М. КАНИЛО**, докт. техн. наук,  
**А.В. КОШЕЛЬНИК**, канд. техн. наук, ИПМаш НАН Украины  
**В.Е. КОСТЮК**, канд. техн. наук, Национальный аэрокосмический  
университет «ХАИ»

## **ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОЗОЛЬНОГО УГЛЯ ПУТЕМ ЕГО НАГРЕВА ПРОДУКТАМИ СГОРАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА И ВОДОРОДА В ОБОГАЩЕННОМ КИСЛОРОДОМ ВОЗДУХЕ**

Представлено математичну модель процесів, що відбуваються в реакторі термохімічної підготовки високозольного вугілля при його нагріванні продуктами згорання природного газу й водню в збагаченому киснем повітрі. Проаналізовано результати чисельного моделювання для різних варіантів запитки реактора реагентами.

The mathematical model of the processes occurring in a reactor for thermochemical preparation of high-ash coal during its heating by products of natural gas and hydrogen combustion in the oxygen enriched air is presented. The results of numerical modeling for various variants of the reactor feeding by reagents are analysed.

**Постановка проблемы.** Современное состояние экономики Украины требует существенным образом сократить использование природного газа и мазута как вспомогательного топлива на твердотопливных электростанциях. Поэтому в данное время актуальной является задача поиска технических решений, которые позволяют решать проблему стабилизации горения пыле-