

сказывается на износостойкости при трении по контртелу и несколько снижает износостойкость при абразивном изнашивании. Таким образом, в зависимости от условий работы трущейся пары (в присутствии абразива или его отсутствии) целесообразно применять тот или иной материал. Безвольфрамовый твердый сплав КХН-15 показал очень низкую износостойкость при трении по контртелу, что связано с высоким коэффициентом трения его по сплаву ВК-8. Применение других контртел (например, на основе графита) дает положительный эффект при использовании этого материала. То есть применение трущейся пары КХН-15 - графит в некоторых случаях вполне оправдано.

Исследования показали, что ряд сравнительно дешевых сплавов на основе карбида титана (ТНМ-15, ТНМ-30), оксида алюминия также можно применять при изготовлении трущихся элементов в паре с графитосодержащими материалами. Так, пара оксид алюминия - графит, не содержащая дорогостоящих материалов, хорошо работает в коррозионных средах, на химических производствах. Целесообразно применение такой пары также в водяных насосах автомобилей, бытовых перекачивающих установках.

Таким образом, для трущихся пар торцовых уплотнений в зависимости от условий эксплуатации насосов и экономических факторов возможен выбор тех или иных материалов.

УДК 541.6.678

А.А. Мартинкевич, Н.Р. Прокопчук,
Э.Т. Крутько, Р.Я. Мельникова,
А.А. Бобровский (БГТУ, г. Минск)

ХИМИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИИМИДОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПУТЬ СОЗДАНИЯ ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ароматические полиимиды имеют большую техническую значимость благодаря их исключительным термическим, электрофизическим и механическим свойствам [1-3]. Однако полимеры этого класса, как правило, нерастворимы в органических растворителях и имеют температуры стеклования или плавления близкие к температурам начала термоокислительной деструкции, что затрудняет их переработку.

Одним из успешных подходов к созданию растворимых ароматических полиимидов при минимальном снижении их высокой термостойкости, а иногда и с улучшением этого параметра, является химическая модификация путем введения в полимерную цепь объемных фенильных групп. Некоторые органорастворимые ароматические полиимиды могут быть получены путем использования для их синтеза диаминов или диангидридов с объемными фенильными заместителями [4,5]. Получение органорастворимых полимеров возможно и за счет введения в цепь полимера непланарных структур. Например, использование при синтезе полиимида в качестве диангидридной компоненты диангидридов циклоалифатических тетракарбоновых кислот позволяет получать полиимиды, растворимые в ряде органических растворителей и имеющие температуры плавления значительно ниже температур начала их термоокислительной деструкции.

Таблица 1

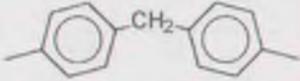
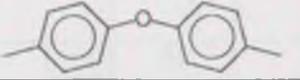
Свойства полиимидных моноволокон

Образец		$T_{д}^{воздух}$, °C	$T_{л}^{аргон}$, °C	$T_{разм.}$, °C	Растворимость
—R—	>Q<				
ДФМ	тЦГ	347	360	262	+
ДФО	пЦГ	342	352	277	+
ДФО	тЦГ	345	362	287	+
ДФМ	ПМДА	494	526	370	--
ДФО	ПМДА	499	530	390	--
пФ	тЦГ	382	394	367	--
Б	тЦГ	387	405	372	--
пФ	ПМДА	495	550	452	--
Б	ПМДА	500	554	460	--

Использование подобных полиимидных систем обеспечивает улучшение их перерабатываемости и расширяет области их практического применения.

Представляет интерес и процесс химической модификации полиимидов путем введения металлсодержащих и полифункциональных органических соединений в полимер. Примеры подобной модификации представлены в таблице 2. Таким способом удастся регулировать структуру ароматических полиимидов, обуславливая этим изменение их термических, деформационно-прочностных, электрофизических и адгезионных свойств [6].

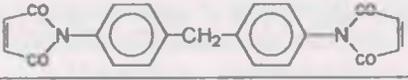
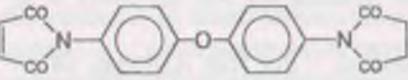
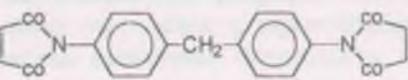
Химическое строение фрагментов макромолекул приведено ниже:

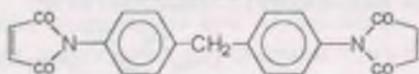
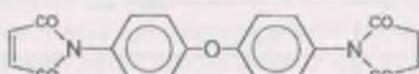
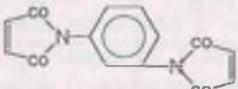
---R---	$>\text{O}<$	
ДФМ		
ДФО		
пФ		
Б		

Еще один перспективный путь химической модификации ароматических полиимидов – получение смешанных полимерных систем, содержащих фрагменты различного химического строения типа полиимид-полиимид, полиимид-полиамид, полиимид-полиэфир. Работы над созданием и исследованием подобных систем сейчас ведутся на кафедре ТНСыППМ БГТУ.

Таблица 2

Термические характеристики изотропных ПИ-пленок

Модификатор	Количество, % масс.	σ , МПа	Формоустойчивость, %	T_d К
1	2	3	4	5
	5	122	24	773
	10	134	21	770
	20	140	18	760

1	2	3	4	5
	40	102	12	764
	20	112	22	780
	10	109	28	778
	10	121	25	775
ПИ-контроль	—	100	34	773

На основе подобных модифицированных полиимидных систем созданы новые современные технологии производства БИС и СБИС. Химическая модификация полиимидов позволяет упростить технологию изготовления устройств, использовать полиимидную композицию для получения пассивирующих и изолирующих слоев, заливаемых компаундов, пленочных материалов с повышенным сроком эксплуатации в экстремальных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bessonov M., Koton M., Kudryavtsev V. And Laius L. Polyimides: Thermally Stable Polymers, Consultants Bureau, N.-Y., 1987.
2. D. Wilson, H. Stenzenberg and P. Hergenrother. Polyimides, Blackie, N.-Y., 1990.
3. Guey-Sheng Lion, Masaki Maruyama, Masa-Aki Kakimoto, Yoshio Imai. // J. of Pol. Sci., 1998, P. A, Pol. Chem., P. 2021.
4. F. Akutsu, T. Katanka, H. Shimizu and Y. Imai. // Pol. J., 1992, V. 26, P.373-378.
5. R. Giesa, V. Keller, P. Eiselt and H.-W. Schmidt. // J. Pol. Sci., 1993, P. A, Pol. Chem., P. 141.
6. A. Martsinkevich, E. Krutko, N. Prokopchuk. // Pol. Deg. And Stab. 64 (1999) 55-58.