

# SCIENCE AND LIFE



Proceedings of articles the international scientific conference  
Czech Republic, Karlovy Vary - Kyiv, Ukraine  
30 November 2017

## **ИЗУЧЕНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОРГАНОПЛАСТИКОВ НА ОСНОВЕ ПЕНТАПЛАСТА**

**ЧИГВИНЦЕВА О.И.,**

[diso@i.ua](mailto:diso@i.ua)

*кандидат технических наук, доцент*

*зав. кафедрой химии*

*Днепровский государственный аграрно-экономический университет*

**СИНЧУК Е.В.**

*ассистент кафедры химии*

*Днепровский государственный аграрно-экономический университет*

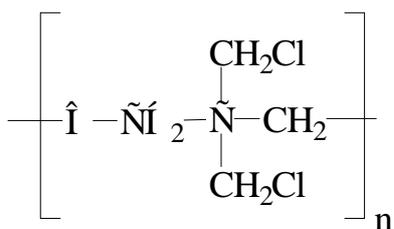
**РУЛА И.В.**

*старший преподаватель кафедры химии*

*Днепровский государственный аграрно-экономический университет*

*г. Днепр, Украина*

В последнее время, в качестве полимерной матрицы для полимерных композиционных материалов с улучшенным комплексом свойств все чаще привлекает внимание исследователей и разработчиков простой полиэфир поли-[3,3-(бис-хлорметил)оксетан] – пентапласт (пентон).



Этот термопластичный полимер, полученный из продуктов хлорирования пентаэритрита, стоек к воздействию концентрированных минеральных кислот при нагревании до 100°C, разрушается лишь сильными окисляющими

агентами, по химической стойкости превосходит поливинилхлорид, но уступает фторопластам; по прочностным показателям он близок к полипропилену. Данный полимер обладает высокой влагостойкостью, устойчивостью к большинству органических растворителей, отличается легкостью переработки, низкой усадкой и ползучестью под нагрузкой, твердостью, высокими диэлектрическими свойствами, устойчивостью к многократным нагрузкам в широком интервале температур [1, 120 с, 2, 384 с]. Пентапласт (ПТ) является коррозионностойким, теплостойким, электроизоляционным материалом с хорошими механическими характеристиками. Вместе с тем, его нельзя отнести к материалам с высокой термо-, теплостойкостью и термостабильностью в сравнении со многими известными ароматическими и гетероциклическими полимерами. Данное обстоятельство ограничивает применение ПТ в качестве материала для металлополимерных пар трения, эксплуатируемых в условиях высоких нагрузок, скоростей скольжения и температур при трении без смазки или ограниченной смазки. Кроме того, под воздействием повышенных температур, кислорода воздуха и света ПТ может претерпевать глубокие изменения, приводящие к ухудшению его свойств [3, с. 224-239].

К числу перспективных методов улучшения основных физико-химических свойств полимерных материалов относится армирование их химическими волокнами. С целью повышения основных эксплуатационных характеристик ПТ было проведено его армирование органическими волокнами (ОВ) марок терлон и лола в количестве 15 мас. %. Выбранные волокнистые наполнители отличаются высокими термо-, тепло- и химической

стойкостью. В частности, комбинированное волокно марки лола (рис. 1), представляющее собой сочетание жесткоцепного полибисбензимидазофенантролинового и политетрафторэтиленового волокон, имеет исключительную огнестойкость, устойчиво к воздействию разбавленных и концентрированных кислот, щелочей, а также органических растворителей [4, 5, 1055 с].

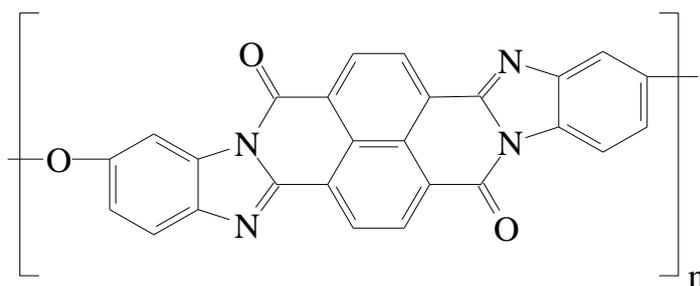


Рис. 1. Структурная формула волокна лола

Использование в качестве армирующего наполнителя волокна лола может расширить области применения ПТ благодаря особым свойствам этого волокна. Данное ОВ относится к числу наиболее термостойких волокон, обладает высокой термо- и химической стойкостью, исключительной огнестойкостью [6, с. 36-37, 7, с. 3-61].

Арамидное волокно терлон (рис. 2) способно эксплуатироваться в широком температурном интервале (от 23 до 548 К), имеет высокую удельную прочность на разрыв, повышенную устойчивость к многократной деформации, низкую термическую усадку и электропроводность, а также отличную химическую стойкость [8].

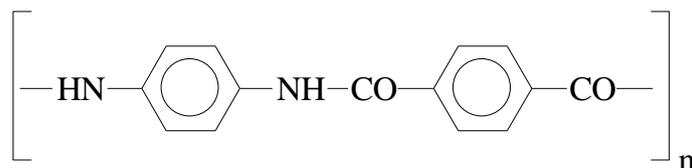
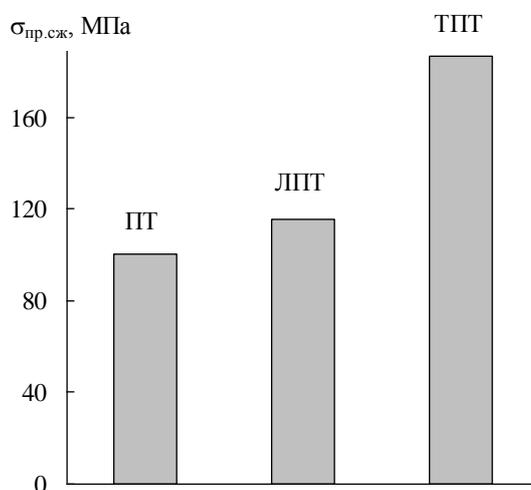


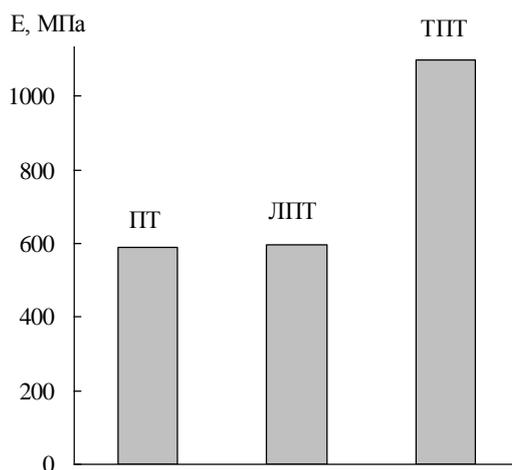
Рис. 2. Структурная формула волокна терлон

Образцы ПТ, армированного волокнистыми наполнителями, получали сухим смешением порошкообразного связующего с дискретными ОВ во вращающемся электромагнитном поле и последующей переработкой методом компрессионного прессования. Изучение прочностных характеристик органопластиков (ОП) производилось в соответствии с ГОСТ 4651-82 на разрывной машине FP-100. Трибологические свойства композитов изучались в режиме сухого трения на машине трения СМЦ-2 по схеме диск – колодка. В качестве контртела использовался диск стали 45, термообработанной до твердости 45–50 HRC диаметром 50 мм.

Закономерности протекания процессов трения и износа армированных полимеров во многом зависят как от сил трения, так и от прочностных свойств композитов, и прежде всего – от свойств, связанных с длительной прочностью [9, 480 с]. Многokратная деформация на шероховатостях трущихся поверхностей приводит к развитию усталостных процессов. Поэтому изучение прочностных свойств полимерных композитов имеет большое значение при рассмотрении их фрикционных свойств.

Результаты физико-механических исследований свидетельствует о том, более высокие прочностные характеристики имеет ОП, содержащий арамидное волокно терлон (рис. 1). Так, по сравнению со связующим для данного ОП





б

Рис. 1. Предел текучести (а) и модуль упругости при сжатии (б) пентапласта (ПТ) и органопластиков на его основе, содержащих 15 мас. % органических волокон лота (ЛПТ) и терлон (ТПТ)

почти в 2 раза возрос предел прочности при сжатии, а модуль упругости при сжатии увеличился на 87 МПа. Прочностные показатели ПТ и ОП, содержащего волокно лота, отличались не столь существенно.

Данные триботехнических исследований ОП, содержащего волокно терлон, (рис. 2 а, в) свидетельствуют о том, что данный материал способен стабильно работать в условиях нагрузок 0,5, 0,65 и 0,8 МПа. При нагрузке  $P = 0,5$  МПа коэффициент трения ( $f$ ) ОП снижался принимая минимальные значения (0,23) при скорости скольжения ( $v$ ) 1,5 м/с (рис. 2а, кривая 1); при  $P = 0,65$  МПа данный показатель находился в пределах 0,23-0,28, а при  $P = 0,8$  МПа  $f$  удалось определить лишь при скорости скольжения 1 м/с (0,31). Изучение процессов трения и износа в условиях скорости скольжения 2 м/с и  $P = 0,65$  и 0,8 МПа наблюдался катастрофический износ и материал терял свою работоспособность.

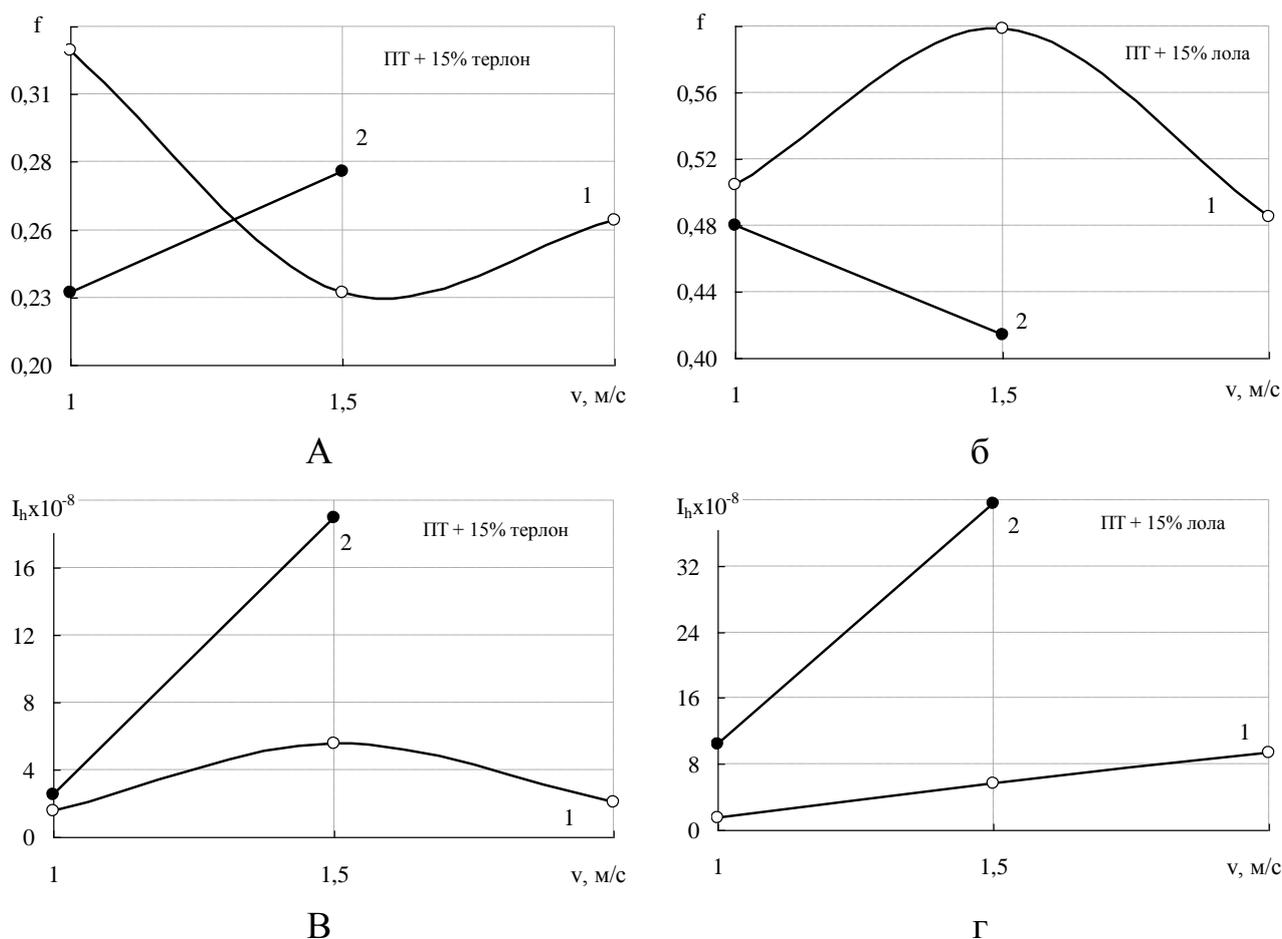


Рис. 2. Влияние скорости скольжения на коэффициент трения (а, б) и интенсивность линейного изнашивания (в, г) органопластиков на основе пентапласта в условиях сухого трения при нагрузках 0,2 (1),

0,36 МПа (2) – б, г и 0,5 (1) и 0,65 МПа (2) – а, в

В целом, износостойкость ОП, содержащего терлон, была значительно (в 7-24 раза) выше, чем у образцов исходного полимера. Например, при  $P = 0,5$  МПа интенсивность линейного износа ОП находилась в пределах  $1,6-5,6 \cdot 10^{-8}$ , в то время как для ПТ она составила  $38 \cdot 10^{-8}$ . Максимальная потеря массы образцов наблюдалась при  $P = 0,8$  МПа, а при скоростях скольжения 1,5-2 м/с на поверхности образцов развивалась высокая температура, что привело к намазыванию продуктов износа на поверхность стального контртела.

Ранее проведенные исследования по изучению влияния величины нагрузки на коэффициент трения ОП, содержащего волокно лола, показали, что материал

остается работоспособным только в условиях невысоких нагрузок (0,2 и 0,36 МПа), а при дальнейшем ужесточении нагрузочного режима материал разрушался в процессе трения. Результаты триботехнических испытаний данного ОП (рис. 2 б, г) свидетельствуют о том, что более низкий коэффициент трения во всем исследованном диапазоне скоростей скольжения имели образцы, которые истирались при нагрузке  $P = 0,36$  МПа (рис. 2б, кривая 2). При данной нагрузке коэффициент трения ОП снизился от 0,48 до 0,41, в то время как для связующего он составил 0,63. Образец исходного полимера оставался работоспособным лишь при  $v = 1$  м/с, а в условиях более высоких скоростей скольжения наблюдалось его катастрофическое изнашивание. При  $P = 0,2$  МПа (рис. 2б, кривая 1) коэффициент трения ОП, содержащего лолоа, незначительно снизился проходя через максимум при  $v = 1,5$  м/с. Обращает на себя внимание тот факт, что если образец данного ОП при  $P = 0,2$  МПа стабильно работал во всем исследованном диапазоне скоростей скольжения ( $v = 1-2$  м/с), то при  $P = 0,36$  МПа он истирался при  $v = 1-1,5$  м/с, а в условиях более высоких скоростей скольжения, материал интенсивно изнашивался и коэффициент трения определить не удалось (рис. 2б, кривая 2). Армирование ПТ волокном лолоа позволило существенно повысить износостойкость материала. Так, если для связующего интенсивность линейного изнашивания составила  $38 \cdot 10^{-8}$ , то для ОП, испытанного при нагрузках 0,2 и 0,36 МПа она соответственно составила  $1,5-9,3 \cdot 10^{-8}$  и  $10-40 \cdot 10^{-8}$ . Более высокие показатели износа образцов ОП по сравнению с ПТ наблюдались только при истирании в условиях максимальной скорости скольжения и нагрузки (рис. 2г, кривая 2). Хорошую износостойкость имели образцы ОП, содержащего лолоа, испытанные при нагрузке 0,2 МПа, причем с повышением скорости скольжения износ образцов повышался несущественно (рис. 2г, кривая 1).

Таким образом, на основании проведенных исследований можно заключить, что максимальный эффект снижения коэффициента трения, а также

повышения прочностных характеристик и износостойкости проявлялся в случае армирования ПТ арамидным волокном терлон. Учитывая то, что данный ОП имеет низкий коэффициент трения (0,23-0,23) и высокую износостойкость ( $1,6-5,6 \cdot 10^{-8}$ ), его можно рекомендовать к использованию в качестве материала антифрикционного назначения узлов трения машин и механизмов.

### **Использованная литература:**

1. Мулин Ю.А., Ярцев И.К. Пентапласт. Л.: Химия, 1975. – 120 с.
2. Кацнельсон М.Ю., Балаев Г.А. Пластические массы: Свойства и применение: Справочник. – Л.: “Химия”, 1978. – 384 с.
3. Антифрикційні властивості термостійких полімерів та їх сумішей в умовах над граничних та граничних навантажень під час тертя з обмеженим мащенням / Г.О. Сіренко, Л.В. Базюк, О.В. Кузишин, В.П. Свідерський // Фізика і хімія твердого тіла. – Т. 11. – №1. – 2010. – С. 224-239.
4. А.с. 493525 СССР, МКИ D 04 B 1/16, D 04 B 21/16. Текстильный материал / Е.С. Антонова, Н.И. Драй, В.П. Ефимов и др. (СССР). – № 1991735/28-12; заявл. 17.01.74; опубл. 30.11.75, Бюл. № 44.
5. Бюллер К.-У. Тепло- и термостойкие полимеры. – М.: Химия, 1984. – 1055 с.
6. Высокотеплостойкое и огнестойкое синтетическое волокно лола / Информация ВНИИВ // Химические волокна. – № 3. – 1975. – С. 36-37.
7. Волохина А.В., Калмыкова В.Д. Получение высокопрочных и термостойких синтетических волокон // Итоги науки и техники. Серия: Химия и технология высокомолекулярных соединений. – Т. 15. – 1981. – С. 3-61.
8. Таблица-вклейка. Термостойкие и жаростойкие волокна // Химические волокна. – 1975. – № 3.
9. Крагельский И.В. Трение и износ. М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.