

УДК 621.891

ИЗНОСОСТОЙКИЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ПТФЭ, ПОЛУЧЕННЫЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕМ МОТОРНЫМИ МАСЛАМИ

© 2011 А.Л. Федоров^{1,2}, П.Н. Петрова^{1,2}

¹ Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск

² Северо-Восточный государственный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск

Поступила в редакцию 10.03.2011

В данной работе приведены результаты триботехнических исследований полимерных композитов на основе политетрафторэтилена, полученных модифицированием моторным маслом марки MOTUL SAE 5W30, и сравнение полученных результатов с ранее разработанными материалами.

Ключевые слова: *износостойкость, моторное масло, цеолит, политетрафторэтилен, коэффициент трения, пористость, полимерный композит*

Создание приборов и машин нового поколения с высокими технико-экономическими характеристиками, отличающихся высокой надежностью и долговечностью, тесно связано с применением новых конструкционных материалов на основе полимеров. Узлы трения и другие элементы конструкции машин, изготовленные с использованием полимерных материалов, имеют меньшую массу, работают практически бесшумно, обладают демпфирующей способностью, в ряде случаев не требуют смазки. Детали из полимерных материалов могут работать в вакууме, в химически активной и инертной средах, при криогенных и повышенных температурах в различных узлах трения в широком интервале нагрузок и скоростей скольжения [1]. Если принять во внимание очень низкий коэффициент трения политетрафторэтилена (ПТФЭ) и его высокую химическую и термическую стойкость, то становится очевидным, насколько перспективно его применение в узлах сухого трения в широком интервале температур – от криогенных до повышенных (200-250°C). С другой стороны этот материал не является идеальным в применении из-за текучести и малой износостойкости [2]. Именно повышение износостойкости ставится главной задачей создания новых триботехнических материалов на основе ПТФЭ при сохранении прочностных характеристик на уровне исходного полимера. В настоящее время широко ведутся исследования по разработке новых методов модифицирования политетрафторэтилена с целью улучшения его триботехнических характеристик.

В последние годы широкое распространение получил метод повышения фрикционных свойств полимерных материалов путем введения

в их состав жидкофазных смазок и смазочных масел. При введении жидких компонентов в пределах, превышающих их совместимость с полимерным связующим, создается возможность выделения избытка жидкости из матрицы. Наличие в зоне трения градиента температур способствует миграции смазочной жидкости с повышенной температурой. Таким образом, на поверхностях трения непрерывно генерируется смазочная пленка. При снижении температуры в зоне трения скорость миграции смазки замедляется, что способствует обеспечению эффекта самосмазывания в течение длительного времени [3].

Объектами исследования являлись ПТФЭ (ГОСТ 10007-80) и полимерных композиционных материалов (ПКМ) на его основе с активированными природными цеолитами, модифицированных моторным маслом марки 8100 ECO-ENERGY MOTUL SAE 5W30.

В предыдущих работах авторов [4, 5] показана перспективность модифицирования ПТФЭ и композитов на его основе моторными маслами марки М-8В и Ravenol 5W-40 с целью получения композитов с повышенной износостойкостью и нагрузочной способностью. При этом было показано преимущество использования минерального моторного масла марки М-8В, характеризующейся меньшей вязкостью, в качестве жидкофазного модификатора ПТФЭ с целью получения износостойких композитов на его основе. В связи с этим представляет интерес исследование моторных масел другой природы в качестве модификаторов ПТФЭ с целью более полного понимания механизма повышения износостойкости при таком способе наполнения.

Технология получения ПКМ заключается в пропитке предварительно сформованных пористых полимерных заготовок жидкими моторными маслами различного происхождения с последующим затверждением жидкой фазы в процессе переработки композита. Пропитка пористых материалов жидкой смазкой основано на явлениях иммерсионного смачивания и процессе самопроизвольной пропитки, при которой давление создается

Федоров Андрей Леонидович, младший научный сотрудник, ведущий электроник. E-mail: gelvirb@mail.ru
Петрова Павлина Николаевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, доцент. E-mail: pravlina@yandex.ru

за счет капиллярных эффектов, возникающих из-за искривления поверхности жидкости, без приложения внешних сил. Самопроизвольная (свободная) пропитка полимерных пористых каркасов осуществляется при их полном погружении в жидкую фазу. В данной работе приводятся сравнение результатов триботехнических исследований ранее исследованных композитов на основе ПТФЭ и композитов, полученных с использованием моторного масла 8100 ECO-ENERGY MOTUL SAE 5W30.

Зависимость скорости массового изнашивания полимерных композитов, модифицированных моторным маслом марки SAE 5W30, от давления прессования и температуры пропитки, а также сравнение этих данных с ранее разработанными композитами приведена на рис. 1.

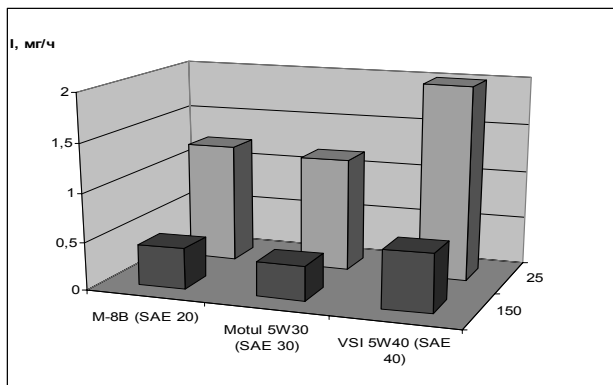


Рис. 1. Зависимость скорости массового изнашивания ПКМ от природы жидкой смазки и температуры пропитки

Из рис. 1 видно, что композиты, полученные пропиткой в масле марки SAE 5W30, по сравнению с композитами, полученными модифицированием моторным маслом марки М-8В, не уступают по износостойкости, а по сравнению с композитами, полученными модифицированием моторным маслом марки VSI 5W40, превосходят их. Это, вероятно, связано с тем, что сложные эфиры, входящие в состав масла, обеспечивают хорошую адгезию ПКМ к поверхности контртела, вследствие чего в процессе трения быстрее формируется прочная пленка переноса. Низкая способность продуктов изнашивания ПТФЭ к взаимодействию с металлическим

контртелом (адсорбционному, хемосорбционному, адгезионному) не позволяет сформировать устойчивый разделительный слой в зоне фрикционного контакта, выполняющий функции ингибитора изнашивания в течение длительного периода контактного взаимодействия компонентов трибосистемы [3], поэтому изделия из ПТФЭ характеризуются повышенным износом как при эксплуатации без подвода внешней смазки, так и при трении в присутствии смазки.

При модифицировании композитов моторным маслом Motul 5W30, вероятно, из-за наличия в составе маслonaполненных ПКМ кислородсодержащих полярных функциональных групп интенсифицируются процессы адсорбционного и хемосорбционного взаимодействия в зоне фрикционного контакта с формированием прочной пленки переноса на металлическом контртеле. При этом закрепление пленки переноса на контртеле может осуществляться за счет химических связей с образованием солей и связей ион-дипольного типа между поверхностью металла, покрытой гидратированной оксидной пленкой, и функциональными группами полярных компонентов, содержащихся в объеме и на поверхности полимерного композита. Это позволяет повысить устойчивость разделительного слоя и управлять параметрами фрикционного взаимодействия компонентов трибосистем различного состава.

Недостатком антифрикционных материалов, содержащих жидкие смазки, является ограниченность ресурса работы узла трения. Это связано с относительно небольшим количеством жидкой смазки, которую можно ввести в полимерный материал без существенного усложнения технологии изготовления и переработки, а также без снижения исходных физико-механических характеристик полимерного связующего. Частично данные недостатки устраняются при использовании специальных поглотителей жидкой смазки, которые могут адсорбировать значительные объемы жидкости при небольших собственных объемах. В связи с этим, далее были проведены триботехнические испытания полимерных композитов с содержанием активированных природных цеолитов, пропитанных маслом SAE 5W-30. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1. Зависимость триботехнических характеристик ПКМ от удельного давления прессования и содержания цеолита

| Материал | P, МПа | I, мг/ч | C _{масла} , % | f | T, °C | Π _{отн.} , % |
|-------------------|--------|---------|------------------------|-------------|-------|-----------------------|
| ПТФЭ+масло | 12,5 | 1,17 | 5,52 | 0,015-0,016 | 52 | 14 |
| | 25 | 14,9 | 1,34 | 0,019-0,021 | 56 | 3,4 |
| ПТФЭ+цеолит+масло | 12,5 | 0,20 | 6,66 | 0,027-0,033 | 55 | 16 |
| | 25 | 0,63 | 3,03 | 0,022-0,048 | 69 | 7,5 |

Примечание: P – удельное давление прессования ПКМ; C_{масла} – содержание масла; I, мг/ч – скорость массового изнашивания; f – коэффициент трения; Π_{отн.} – относительная пористость

При добавлении цеолита наблюдается снижение скорости массового изнашивания в 6-23 раза. Это можно объяснить тем, что цеолит, во-первых, обладая развитой удельной поверхностью, адсорбирует значительное количество моторного масла и в целом содержание масла в композите увеличивается; во-вторых, цеолит выступает в роли структурно-активного наполнителя, благодаря чему исходная ленточная структура ПТФЭ трансформируется преимущественно в сферолитную, которая является более износостойкой. Измерение пористости исследуемых композитов показало, что увеличение пористости сопровождается повышением содержания масла, что, в свою очередь приводит к повышению износостойкости ПКМ и некоторому снижению температуры в зоне контакта. Цеолит приводит к заметному увеличению пористости композита, благодаря тому, что он обладает собственной пористостью, которая суммируется с общей.

Выводы: на основании проведенных исследований показана перспективность использования моторного масла марки Motul SAE 5W30 в качестве нетрадиционного модификатора ПТФЭ с целью получения износостойких композитов. Эффективность модифицирующего действия этого масла, вероятно, связана с химической природой, отличающегося от природы двух остальных видов масел. Масло Motul SAE 5W30 изготовлено на основе сложных эфиров, в то время как масла марки M-8B и Ravenol VSI 5W40 образованы из смесей предельных углеводородов минерального и синтетического происхождения, соответственно. Главной причиной

повышения износостойкости является повышение адгезионного взаимодействия ПКМ с поверхностью контртела благодаря наличию полярных кислородсодержащих соединений в объеме и на поверхности композита. Это способствует образованию прочно прилегающего на контртеле полимерного слоя, который препятствует непосредственному контакту трущихся поверхностей, предохраняя тем самым материал от изнашивания.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 09-03-98502-р_восток_a)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Машков, Ю.К.* Композиционные материалы на основе политетрафторэтилена. Структурная модификация / *Ю.К. Машков, З.Н. Овчар, В.И. Суриков, Л.Ф. Калистратова.* – М.: Машиностроение, 2005. 240 с.
2. *Охлопкова, А.А.* Модификация полимеров ультрадисперсными соединениями / *А.А. Охлопкова, О.А. Адрианова, С.Н. Попов.* – Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2003. 224 с.
3. *Гольдаде, В.А.* Ингибиторы изнашивания металлополимерных систем / *В.А. Гольдаде, В.А. Струк, С.С. Песецкий.* – М.: Химия, 1993. 240 с.
4. *Охлопкова, А.А.* Триботехнические материалы на основе политетрафторэтилена, модифицированные жидкой смазкой / *А.А. Охлопкова, П.Н. Петрова, С.Н. Попов, А.Л. Федоров* // Трение и износ. 2008. Т. 29. № 2. С. 177-180.
5. *Петрова, П.Н.* Разработка полимерных композитов на основе политетрафторэтилена с повышенной износостойкостью для узлов сухого трения / *П.Н. Петрова, А.Л. Федоров* // Вестник машиностроения. 2010. №9. С. 50-53.

WEARPROOF COMPOSITES ON THE BASIS OF PTFE, RECEIVED BY ENGINE OILS MODIFYING

© 2011 A.L. Fedorov^{1,2}, P.N. Petrova^{1,2}

¹ Institute of Oil and Gas Problems SB RAS, Yakutsk

² Northeast State University named after M.K. Ammosov, Yakutsk

In the given work results of tribotechnical researches of polymeric composites on the basis of polytetrafluoroethylene, received by modifying by engine oil of mark MOTUL SAE 5W30, and comparison of the received results with earlier developed materials are resulted.

Key words: *wear resistance, engine oil, zeolite, polytetrafluoroethylene, friction coefficient, porosity, polymeric composite*

Andrey Fedorov, Minor Research Fellow, Leading Electronic.

E-mail: gelvirb@mail.ru

Pavlina Petrova, Candidate of Technical Sciences, Leading Research

Fellow, Associate Professor. E-mail: ppavlina@yandex.ru