

## Замещение металл-фторопластовых антифрикционных покрытий.

В Советский Союз Teflon (тефлон) попал с образцами военной техники, передаваемой по ленд-лизу. С 1947 г. НИИ-42, АН СССР и НИИПП разрабатывали синтез отечественного мономера и полимера. С 1949 г. НИИПП (в дальнейшем ОНПО "Пластполимер") работало над переработкой политетрафторэтилена в различные изделия. В 1956 году на Кирово-Чепецком химическом комбинате (КЧХК) было введено в эксплуатацию первое промышленное производство ПТФЭ в России под торговой маркой фторопласт-4 (Ф-4). С 1950 по 1961 в НИИПП было получено свыше 60 различных фторсодержащих продуктов, включая термопластичные фторполимеры. В 60-е – 80-е годы продолжилась разработка и освоение новых марок ПТФЭ и новых видов термопластичных фторполимеров (ТПФП) и фторэластомеров (ФЭ).

С 60-х годов также активно применялись марки ПТФЭ в подшипниках скольжения [1]. Несмотря на комплекс уникальных свойств ПТФЭ, широко используемых в различных изделиях машиностроения, широкого применения в узлах трения ПТФЭ не получил ввиду своих существенных недостатков [2-4]:

- Хладотекучесть (ползучесть под нагрузкой) - высокая необратимая деформация при малых нагрузках;
- Низкая износостойкость, связанная с повышением хрупкости фторопласта;
- Низкое сопротивление циклическим нагрузкам ввиду быстрого «старения» при небольшом количестве циклов растяжение-сжатие;
- Низких показателей прочностных физико-механических свойств;
- Слабые трибологические свойства, связанные с узкими допустимыми диапазонами скоростей сухого и смешанного трения: при скоростях 0,1–0,3 мм/с коэффициент трения (без смазки) находится в пределах 0,04–0,05, с увеличением скорости скольжения до 0,5–2 м/с и выше коэффициент трения повышается и достигает значений 0,20–0,25. Максимального значения он достигает при скорости 5 м/с.

Применение ПТФЭ в подшипниках скольжение осуществляется в основном в виде металл-фторопластовых покрытий или лент, что ведет к необходимости сложных технологических процессов их изготовления и интегрирования в корпусные части подшипников, чаще всего методами пайки или сварки [5].

Разработка химически сложных высокомолекулярных полимеров позволяет использовать модифицированные композиции из них в качестве специализированных антифрикционных материалов с гораздо лучшими свойствами, и постепенно полностью заменить технологии производства узлов трения 60-х-70-х годов прошлого века с применением ПТФЭ.

## Сравнительные характеристики материалов К30ПТ и ПТФЭ, для металлофторопластовой ленты (МФЛ) по ТУ 27-01-01-71

	К30ПТ	ПТФЭ
Коррозия и воздействие агрессивных сред	Нет	Нет
Кавитационные повреждения	Более устойчив	Менее устойчив
Повреждения от индукционных токов	Нет	Нет
Потеря смазки	Некритична	Критична
Возможность притирки (шабрение)	Есть.	Нет
Температура изгиба под нагрузкой 1.8 МПа, °С	343	327
Рабочая температура, max, °С	250	260
Удельное рабочее давление, МПа	20-30	1
Предел прочности при сжатии, МПа	370	19.6-24.5
Предел текучести при сжатии, МПа	230	11.8 – холодная ползучесть
Предел прочности при изгибе, МПа	290	10.7-13.7
Предел прочности при растяжении, МПа:	195	14.7-34
Относительное удлинение при растяжении до разрыва; %	1.8	350-500
Модуль упругости при сжатии, (ГПа)	19.5	0.686
Модуль упругости при растяжении, (ГПа)	17	0.41
Твердость по Шору.	85	55
Плотность, (кг/см <sup>3</sup> )	1.44	2.1-2.2
Коэффициенты теплопроводности, средний Вт/(м °К)	1.3	0.25 – 0.29
Удельное электросопротивление, (Ом м)	10 <sup>8</sup>	>10 <sup>14</sup>
Коэффициенты линейного расширения вдоль потока/средний (α, 1/°С), 10 <sup>-6</sup>	9/35	110-250
<b>Триботехнические характеристики</b>		
Коэффициенты трения покоя	0.09	0.13
Коэффициенты трения скольжения при сухом трении	0.04	0.07/0.04 необратимо увеличивается в 2-3 раза при 327°С и при 16-18°С после воздействия высокой скорости.
Скорость изнашивания пары трения, мкм/ч, v=40 м/с, 10 МПа	Менее 0.001	1 - 50, Слабая износоустойчивость
Оптимально-допустимые скорости скольжения, м/с	30-50	0 - 1
Оптимально-допустимые удельные нагрузки, МПа	0-30	0 - 1
Максимально-допустимые скорости скольжения, м/с	100	2.5 - 5
максимально-допустимые удельные нагрузки, МПа	35	3 - 4
Конструкционные особенности	Высокие прочностные и температурные характеристики позволяют применять материал в любом трущемся узле как в виде поверхностного слоя, так и самостоятельного изделия.	Низкие прочностные характеристики, низкая теплопроводность, высокий коэффициент температурного расширения позволяют применять ПТФЭ только в виде тонких пленок или изделий, что значительно ограничивает область технического и

## Литература.

- [1] Семенов А.П., Савинский Ю.Э., Металлофторопластовые подшипники, М., "Машиностроение", 1976г., 192 с., с ил.
- [2] Сытый Ю.В., Чурсова Л.В., Хатипов С.А., Сагомонова В.А. Свойства и применение радиационно-модифицированного фторопласта Ф-4РМ., «Авиационные материалы и технологии», 4 (25), 2012, 48-55, УДК: 678.8.
- [3] Фторопласт-4. Технические условия, ГОСТ 10007-80.
- [4] Гацков В. С., Гацков С. В. Прогрессивные технологии изготовления деталей из антифрикционных материалов: Учебное пособие. – М.:НИЯУ МИФИ, 2011 – 152 с.
- [5] Бобарикин Ю.Л., Шишков С.В. Способ изготовления полосового антифрикционного металлофторопластового материала. Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого 2011 № 3. - С. 3-9. УДК 621.762,