

УДК 677

Углеродо-графитовые подшипники скольжения

*Долгих Д.И., студент
кафедры «Ракетно-космические композитные конструкции»,
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Гузева Т.А., к.т.н., старший преподаватель
кафедры «Ракетно-космические композитные конструкции»,
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
gta29@bmstu.ru*

Подшипники скольжения применяются в различных отраслях промышленности, от авиационной до сельскохозяйственной. Подшипники скольжения используются в ракетно-космической технике, в рабочих колесах турбин ГЭС, турбогенераторах, прокатных станах, конвейерах, кранах, станках и др.

В некоторых областях машиностроения, таких как ракетостроение, проблемы трения и смазки до сих пор остаются открытыми из-за невозможности использования изделий из традиционных материалов в силу экономических, экологических, эксплуатационных требований.

Традиционные подшипники скольжения, изготавливаемые из бронзы несмотря на свои положительные свойства (высокую прочность, долговечность и т.д.), обладают существенными эксплуатационными недостатками, к которым можно отнести следующие:

- высокие потери на трение;
- износ;
- усложненные системы смазки и необходимость постоянного контроля ее наличия;
- необходимость применения дефицитных материалов и высокой поверхностной твердости цапф, которые в ряде случаев затрудняют их применение, а иногда и делают его невозможным.

Область предпочтительного использования подшипников скольжения расширилась с появлением материалов, способных работать в условиях сухого трения без жидкой или пластичной смазки. Во многих конструкциях смазка является либо неэффективной, либо крайне нежелательной. Действенность смазки уменьшается или полностью исчезает при

работе подшипников в глубоком вакууме, при высоких удельных нагрузках и малых скоростях относительного движения, при низких и высоких температурах. В некоторых отраслях промышленности использование смазок может привести к браку вырабатываемой продукции и загрязнению окружающей среды.

Использование подшипников скольжения из композиционных материалов помогло решить эту проблему. По сравнению такими традиционными материалами, как металлы и сплавы, полимерные композитные конструкции обладают целым рядом преимуществ: высокой удельной прочностью (для углепластиков она в 2-4 раза выше, чем у металлов), малой плотностью, высокой коррозионной стойкостью, хорошей демпфирующей способностью и т.д. [1-4].

В настоящее время подшипники скольжения изготавливают из углефторопласта (углепластик, вмотанный в шипованный фторопласт), которые стали широко применяться в тех случаях, когда скорости движения изделия малы, а удельная нагрузка высока. Из-за наличия резервуаров сухой смазки, представляющие собой фторопластовые вкладыши с шипованной поверхностью, данные подшипники являются экологически чистыми и не наносят вреда окружающей среде (рис. 1).

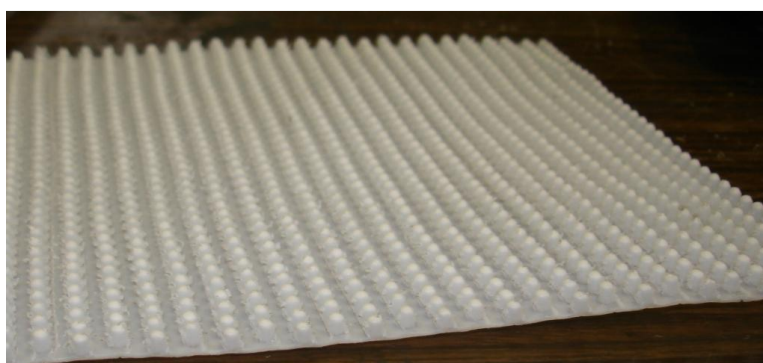


Рис. 1. Фторопластовый вкладыш

Помимо этого к достоинствам таких подшипников по сравнению с подшипниками скольжения из традиционных материалов, относятся: увеличенный срок эксплуатации (25 лет), более низкое значение коэффициента трения и более низкое влагопоглощение.

Фторопласт, использующийся в углефторопластовых подшипниках скольжения (УФПС) в качестве резервуара сухой смазки, обладает исключительно высокими антифрикционными свойствами, коэффициент трения которого без смазочного материала по стали составляет 0,04-0,06. Однако фторопласт «течет» под нагрузкой и, как все полимеры, плохо отводит теплоту [5, 6]. Он может применяться лишь при ограниченных нагрузках и скоростях. Высокие антифрикционные свойства фторопласта реализуют в

комбинации с другими материалами, используя его в виде тонких пленок либо как наполнитель. Фторопласт в чистом виде применяют весьма ограниченно вследствие его низких механических свойств. Он имеет небольшую твердость, что приводит к интенсивному деформированию его поверхностных слоев при трении. Это вызывает увеличение коэффициента трения и особенно интенсивности изнашивания. Поэтому согласно молекулярно-механической теории трения и теории усталостного изнашивания применение фторопласта в чистом виде недостаточно эффективно. Из сказанного следует, что необходима модификация фторопласта для увеличения его несущей способности при сохранении весьма низкой способности образовывать межатомные связи. Поэтому при создании композиционных материалов на основе фторопласта в состав композиций необходимо вводить добавки, улучшающие механические свойства основного материала. Кроме того, весьма перспективным является использование фторопласта в чистом виде или в материалах на его основе, нанесенных на более прочные подложки (например, на твердые металлы). Толщину нанесенной пленки определяют из условия, что ее механические свойства практически не влияют на несущую способность в зонах контурной и фактической площадей касания.

В качестве армирующего материала, подкрепляющего фторопласт, целесообразно использовать углепластик, имеющий высокую прочность и жесткость (рис. 2).

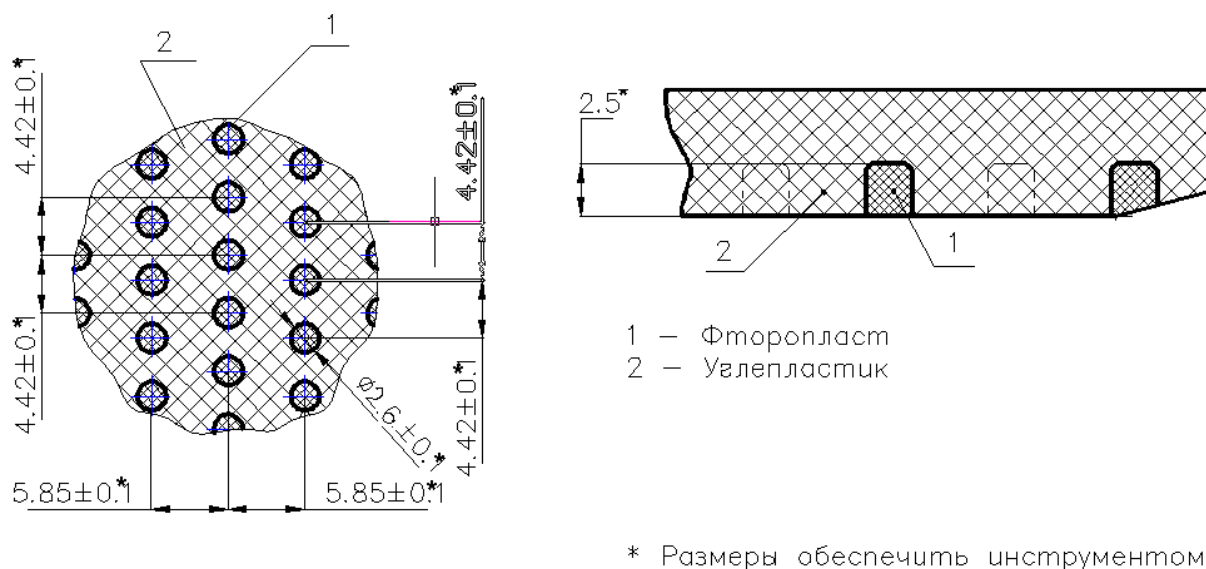


Рис. 2. Схема расположения штифтов (шипов) фторопласта в углепластике

Материалы этого класса обычно применяются в подшипниках скольжения, работающих при повышенных температурах в агрессивных средах. В ряде случаев вкладыши подшипников скольжения изготавливают из пропитанного и непропитанного углеграфита. При использовании таких материалов необходимо учитывать, что графит

надежно работает, когда при контактировании его с металлом в зонах фактического касания находятся адсорбированные газы. При работе в осушенных газах или в вакууме графит обладает неудовлетворительными триботехническими характеристиками и теряет свою смазочную способность при температурах около 300 С. Другим недостатком углеграфитов является резкое увеличение их интенсивности изнашивания при работе в жидких средах. В жидких средах интенсивность изнашивания по сравнению с взаимодействием в условиях сухого трения увеличивается на порядок при одновременном снижении коэффициента трения с $f=0,1-0,3$ до $f=0,01-0,1$.

Применение углеграфитов в опорах скольжения существенно ограничивается вследствие их хрупкости. Поэтому в некоторых случаях для предотвращения разрушения применяют специальные конструкции опор скольжения. Интенсивность изнашивания углеграфитов существенно зависит от материала контртела. Наиболее хорошо эти материалы работают в сочетании с хромовыми покрытиями. Для изготовления вкладышей подшипников скольжения применяют также углеродные обожженные материалы и графитопласты [7].

Для улучшения триботехнических свойств углеродных материалов применяют наполнители (сухие смазочные материалы и фторопласт). Особый интерес представляют антифрикционные графитопластовые композиции. Используя в этих композициях в качестве связующих высокотемпературные смолы, удается получить материалы, сохраняющие работоспособность до 350° С. Кроме того, эти материалы (АМС-3, АМС-5) способны удовлетворительно работать в жидких средах. В химическом производстве в подвижных сопряжениях используют силицированные и боросилицированные графиты. Эти материалы обладают высокими прочностью и твердостью, химической стойкостью, небольшим коэффициентом трения. К недостаткам следует отнести их хрупкость и низкую прирабатываемость. Кроме того, эти материалы трудно обрабатываются вследствие высокой твердости, а технология их изготовления достаточно сложна. Однако их применение при повышенных рабочих температурах в подвижных сопряжениях аппаратов химических производств перспективно.

Список литературы

1. Гузева Т.А. Методы оценки эксплуатационных свойств полимерных композиционных материалов // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2014. № 3. С.17-19.

2. Александров И.А., Малышева Г.В., Нелюб В.А., Буянов И.А., Чуднов И.В., Бородулин А.С. Механизм разрушения микроуглепластиков на основе эпоксидных связующих // Энциклопедия инженера-химика. 2012. № 4. С.24-30.
3. Волков Е.О., Разина А.С., Нехороших Г.Е. Разработка модели каркаса развертываемого объемного модуля на основе упругих элементов из полимерного композиционного материала // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2012. № 8. С.31-33.
4. Нелюб В.А. Технология производства деталей опор линий электропередач из эпоксидных связующих методами намотки // Клеи. Герметики. Технологии. 2012. № 6. С.25-29.
5. Тараскин Н.Ю., Филина Е.К., Малышева Г.В. Особенности методики исследования свойств полимерных композиционных материалов методом динамомеханического анализа // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2014. № 7. С.9-13.
6. Гузева Т.А. Применение клеев и герметиков при проведении ремонтных работ // Клеи. Герметики. Технологии. 2014. № 3. С.27-29.
7. Гузева Т.А. Методы изучения структуры полимерных композиционных материалов на различных масштабных уровнях // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2014. № 4. С.34.