

В.Б. Врублевский, А.Б. Невзорова, В.А. Дашковский,
С.О. Барбуль

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ НА САМОСМАЗКЕ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОЛИМЕРОВ И ПРЕССОВАННОЙ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Использование пластических материалов в узлах трения получило широкое распространение. К ним относятся: полиамиды, капролон, политетрафторэтилен, фторопласт, фенопластики (слоистые материалы на базе древесины или текстильных тканей, или же в виде прессованной массы с древесным или же текстильным наполнителем, в которых связующим являются фенольные смолы) и др. [1,2].

Преимуществами этих материалов перед антифрикционными металлами, применяемыми для изготовления подшипников скольжения, являются:

- более низкий коэффициент трения, который обуславливает увеличение экономического эффекта за счет уменьшения потребляемой энергии;
- большая сопротивляемость износу, которая приводит к повышению срока службы узлов трения машин в процессе эксплуатации;
- упрощение смазки (в зависимости от вида пластических материалов и характера работы подшипника применяются вода, консистентная смазка, или же обходятся вообще без смазки);
- стойкость в различных химических средах (обнаруживают большинство применяемых пластических материалов);
- амортизация внезапных перегрузок и вибраций;
- экономия металла, в особенности дефицитных металлов;
- К недостаткам этих материалов относятся:
- повышенный коэффициент объемного расширения, значение которого в 2-5 раз выше, чем у антифрикционных сплавов;
- гигроскопичность и тенденция к набуханию в процессе эксплуатации;
- пониженная теплопроводность;
- более низкая термическая стойкость, чем у металлов.

На стабильность размеров и механических свойств подшипников скольжения из пластмасс большое влияние оказывает влажность и

температура. В связи с этим для них устанавливают относительно большие зазоры в пределах $\psi = 4-6$ % по сравнению с $\psi < 2,5$ % для металлов. Кроме того, некоторые подшипники из пластических материалов требуют охлаждения циркулирующим смазочным материалом. Температура контакта таких узлов трения должна быть ниже температуры, которая влияет на механические свойства применяемых материалов.

Полиамиды различных видов и наименований: нейлон, силон, релон, капрон, капролактамы – одно из самых больших достижений в области полимеров, применяемых для изготовления подшипников скольжения.

Например, подшипники из полиамида могут работать в атмосфере, наполненной пылью, так как частицы, которые попадают между трущимися поверхностями, вдавливаются в материал и покрываются пластмассовой пленкой.

Влагосодержание у полиамидов, находясь длительное время во влажной атмосфере, достигает $2,5...3,5$ % от исходной их массы; в контакте с водой влагосодержание может достигнуть $8,5$ %. Содержание влаги отрицательно влияет на прочность, особенно при динамических нагрузках.

Подшипников из нейлона работоспособны до $100...110^{\circ}\text{C}$, стойки на истирание и к агрессивным органическим растворам. Коэффициент трения нейлона по стали достигает: при смазке маслом $f = 0,014$, при смачивании водой $f = 0,02...0,05$ и без смазки $f = 0,17...0,2$. Недостатки нейлона могут быть до минимума устранены с помощью добавок графита или же дисульфида молибдена.

Капроновые вкладыши в условиях циркуляционной смазки с охлаждением могут воспринимать такую же нагрузку как и вкладыши из текстолита и лигнофоля, при этом температура в контактной зоне не должна превышать 85°C .

На рисунке 1 показано изменение коэффициента трения f втулки из капрона при циркуляционной смазке в зависимости от величины давления на контактную поверхность. При $3,5...4$ МПа f имеет наименьшее значение $0,02...0,025$. Как для смазки жидким маслом, так и для консистентной смазки минимальный коэффициент трения имеет место при значении $p = 3,5...4,5$ МПа. Вкладыши из капрона при смазке маслом ($p = 4,5$ МПа, $v = 0,39$ м/с) имели коэффициент трения

$f = 0,035 \dots 0,02$ в зависимости от качества обработки стального каленого ролика (минимальное значение при шероховатости поверхности $Ra = 0,16 \dots 0,08$ мкм, а максимальная чистота при $Ra = 2,5 \dots 1,25$).

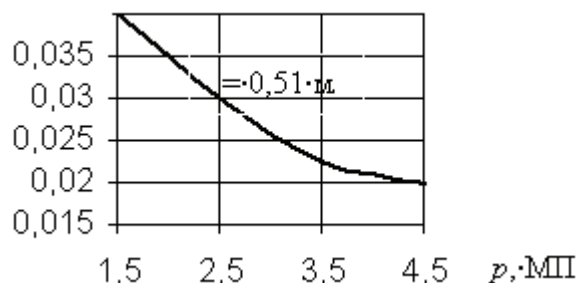


Рисунок 1 –Изменение коэффициента трения от давления на контактную поверхность втулки из капрона при циркуляционной смазке

Все шире применяется в технике политетрафторэтилен (тефлон). Подшипники из него пригодны для пониженных нагрузок и скоростей и могут в этих условиях работать даже без смазки. Он очень стоек к химическим реагентам, его коэффициент трения $f = 0,04 \dots 0,05$. Поскольку температура плавления тефлона равна 327°C , тефлоновые подшипники могут работать под нагрузкой, без риска при 150°C и даже при температуре 250°C .

Однако он обладает небольшой прочностью и долговечностью, а также тенденцией к текучести без нагрева, и поэтому рекомендуется для работы при давлениях не более $0,5$ МПа.

Хорошо известно, что графит, как наполнитель для пластических масс, как и любой материал для армирования, улучшает механические и антифрикционные свойства.

Износ полиамида с графитом зависит от содержания наполнителя. Лабораторными и эксплуатационными исследованиями установлено, что для капрона максимальное сопротивление истиранию достигается при добавке 5% графита. Увеличение или уменьшение количества графита по сравнению с оптимальным снижают эффект.

Добавка молибденового колчедана (MoS_2) – дисульфид молибдена дает хорошие результаты в любых условиях, так как присутствие влаги не влияет на его качество. Эта добавка сохраняет смазывающие свойства и пониженный коэффициент трения до -70°C . Вообще

влияние дисульфид молибдена на коэффициент трения заметнее, чем воздействие графита.

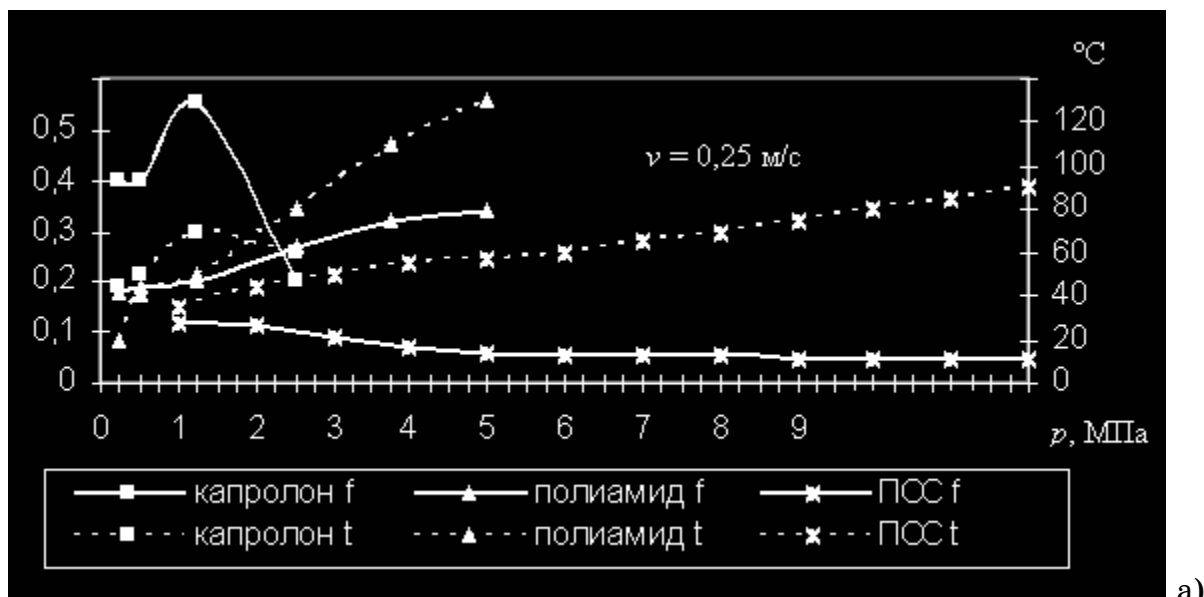
В настоящее время созданы антифрикционные самосмазывающиеся материалы на основе прессованной древесины, пропитанной модифицированной смазкой (АСМД), разработаны принципиально новые конструкции подшипников скольжения самосмазывающихся (ПСС) [3,4].

По свойствам АСМД превосходят традиционные антифрикционные материалы, не размягчаются как полимеры при температурах свыше 85...100°C и не теряют размерной стабильности при предельных температурах трения 170...180°C. Смазка в процессе трения выделяется из капиллярно-сосудистой системы древесины и образует граничные смазочные слои на контактных поверхностях, обеспечивая работу ПСС в режиме самосмазки в течение всего периода эксплуатации. Испытания АСМД проводились в сравнении с одним из лучших полимерных антифрикционных самосмазывающихся материалов типа САМ 4 и другими антифрикционными полимерными материалами (рисунок 2).

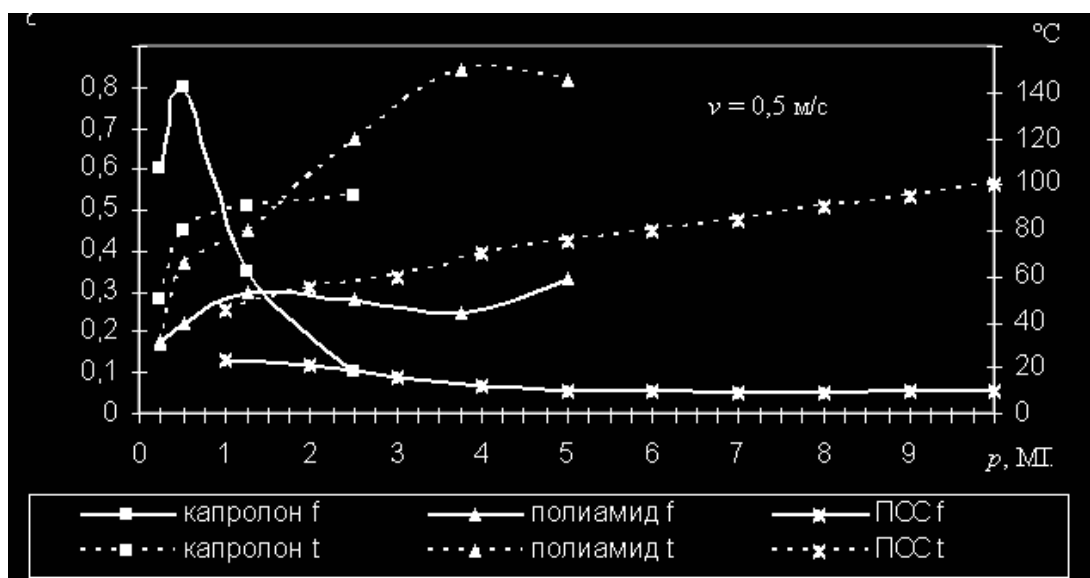
Сопоставление результатов испытаний показало, что коэффициент трения у ПСС в 6-9 раз ниже, чем у полимерных материалов, а ресурс работы по данным оценки скорости изнашивания при нагрузке 1000 Н превысил ресурс работы подшипника из САМ 4 в 4,5 раза.

В ПСС в контактной зоне всегда присутствует пластигель (пластичная смазка) она не "выдавливается" из нее. Количество пластичной смазки во многих узлах трения пополняется периодически, а в ПСС она поступает из капиллярной системы древесины и выполняет свои функции в течении всего срока службы.

Комбинированные подшипники из полимеров и ПСС кажутся самым лучшим решением в настоящее время и для ближайшего будущего, поскольку они используют преимущества пластических материалов и прессованной древесины, снижая при этом до минимума или даже полностью их недостатки. Такие узлы сопряжения трущихся деталей сочетают в себе такие положительные свойства металлов и пластмасс, как прочность, долговечность и хорошую работу на трение.



а)



б)

Рисунок 3 – Зависимость коэффициента трения и температуры выделяемого в контактной зоне тепла от давления различных полимерных материалов и ПСС при скоростях скольжения: а) $v = 0,25 \text{ м/с}$; б) $v = 0,5 \text{ м/с}$

При использовании самосмазывающихся узлов трения отпадает необходимость в системе маслоподачи, что уменьшает металлоемкость оборудования, упрощает конструкцию, позволяет эксплуатировать новую технику в особо сложных условиях, где невозможна дополнительная смазка.

ПСС коррозионностойки, бесшумны, не требуют дополнительного подвода смазки при работе, что упрощает уход за узлами трения во время эксплуатации. Они не заклинивают, не заедают, что предотвращает выход из строя узла трения и износ других деталей. Например, в ленточных транспортерах, на подшипниках качения при попадании абразива в зону трения происходит их заедание, и ролики не

вращаются, происходит местное истирание их лентами, что исключено в случае использования ПСС, когда ролики вращаются постоянно.

ПСС износостойки. При эксплуатации в идентичных условиях по сроку службы они превосходят подшипники качения в 2-3 раза. Они долговечнее подшипников скольжения из бронзы, антифрикционного чугуна, баббита, текстолита, капрона, фторопласта и других дефицитных материалов в 2 -5 раза. По результатам проведенных испытаний на рисунке 3 представлена диаграмма долговечности различных видов подшипников при эксплуатации в идентичных условиях.

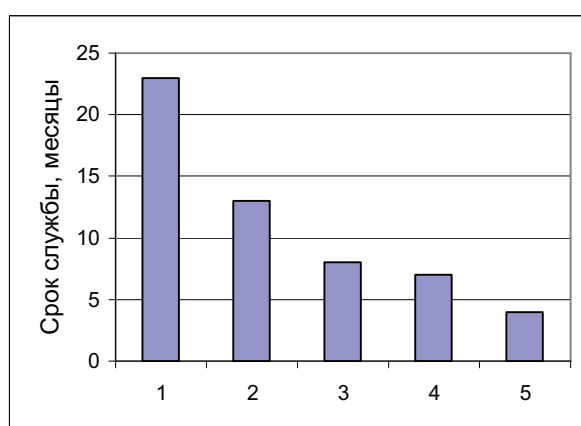


Рисунок 3 – Сравнительная долговечность подшипников, эксплуатирующихся в абразивно-агрессивных средах при одинаковых режимах работы ($p = 2,3$ МПа; $v = 0,5$ м/с; $n = 318$ об/мин): 1 – ПСС; 2 – подшипники качения; 3, 4, 5 – подшипники скольжения соответственно полимерные, бронзовые, из антифрикционного чугуна

Целесообразность применения ПСС определяется в основном тремя факторами: себестоимостью изготовления, эффективностью в эксплуатации и экономией дефицитных материалов и подшипников качения.

ПСС надежно работают в режиме самосмазки в абразивных, агрессивных, влажных средах и в воде при температурах до 120 °С, давлениях p до 15 МПа, скоростях скольжения до 1,5 м/с. При этом произведение pv не должно превышать 3 МПа·м/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полимеры в узлах трения машин и приборов: Справочник / Под ред. А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 1988. – 320 с.
2. Рабинович В.А. Краткий химический справочник / В.А. Рабинович, З.Я. Хавин – Л.: Химия, 1977. – 376 с.

3. **Врублевская, В.И.** Износостойкие самосмазывающиеся антифрикционные материалы и узлы трения из них / В.И. Врублевская, А.Б. Невзорова, В.Б. Врублевский. – Гомель: БелГУТ, 2000. – 324 с.
4. **Невзорова А.Б.** Теоретические основы и технология механотрансформации древесины / А.Б. Невзорова. – Гомель: БелГУТ, 2003. – 160 с.

Получено __.__. 2006 г.