

В результате проведенных исследований доказано, что уровень прочности гильз цилиндров можно оценить неразрушающим методом на каждой детали исходя из показаний твердости с учетом коэффициента перехода (0,53 – 0,69/ средний 0,63) на основе расчетной твердости по формуле, предложенной Гуляевым – Гудцовым, и коэрцитивной силы. Установлено, что отклонения от требований ТУ связаны с наличием в структуре пор и скоплений первичного графита и неметаллических включений, а также доли цементита > 5,0%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Скобло Т.С., Марченко М.В., Власовец В.М. Влияние включений графита на коэрцитивную силу // Вісник ХДТУСГ. Вип. 21. 2003.
2. Скобло Т.С., Марченко М. В. Оценка скоплений неметаллических включений в низколегированном чугуна по коэрцитивной силе // Вісник ХДТУСГ. Вип. 22.2003.

## ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА В УЗЛАХ ТРЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

**И.И. Злотников, канд. техн. наук; Н.Ф. Соловей, канд. техн. наук; Е.М. Иванова; А.Б. Козлов**

*Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого  
НАН Беларуси*

*РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике»  
(г. Гомель, Республика Беларусь)*

## **Vistas in application of composites based on polytetrafluoroethylene in friction jointsof agricultural machinery**

The efficiency of using new composite materials based on polytetrafluoroethylene for plain bearings has been studied. The new materials incorporate polytetrafluoroethylene, graphite, basalt fibers as well as powders of metals and their oxides. The results of laboratory, bench and field tests are described.

Узлы трения сельскохозяйственной техники работают в особенно неблагоприятных условиях, что связано с воздействием таких факторов, как запыленность (в летнее время при посевных ра-

ботах в воздухе содержится в среднем  $1,5 - 2 \text{ г/м}^3$  пыли), значительные перепады температур (от  $-30$  до  $+40 \text{ }^\circ\text{C}$ ), повышенная влажность (до 100%), нерегулярность смазки, а также воздействие переменных нагрузок и вибрации. Анализ эксплуатационных повреждений узлов трения сельхозтехники показал, что основной причиной их отказа является нарушение режима подвода смазки или попадание абразивных частиц, которое приводит к быстрому увеличению шероховатости поверхностей трения, появлению задиров и, в конечном итоге, к заклиниванию механизма.

Перспективность использования антифрикционных материалов на основе полимеров в рассматриваемых узлах трения связана с таким свойством полимерных материалов, как самосмазываемость, что обеспечивает работу узла трения при недостатке смазки и даже (в течение определенного времени) ее полного отсутствия [1]. Основной вклад в самосмазываемость полимеров вносит фрикционный перенос, т.е. формирование на поверхности металлического контртела тонкого перенесенного слоя полимера, в котором и локализуются процессы трения [2,3].

Одним из наиболее широко применяемых полимеров для создания антифрикционных материалов признан политетрафторэтилен (ПТФЭ) благодаря сочетанию таких полезных свойств, как низкий коэффициент трения, коррозионная стойкость, большой диапазон рабочих температур (от  $-200$  до  $+250 \text{ }^\circ\text{C}$ ), способность работать без смазки. Однако низкая износостойкость и склонность к текучести под нагрузкой позволяют использовать его лишь при невысоких нагрузках и скоростях скольжения [4,5]. Несмотря на то, что к настоящему времени создано большое количество материалов антифрикционного назначения на основе ПТФЭ [4-6], возрастающие требования к современной сельскохозяйственной технике, учет экономической ситуации, а также разработка новых конструкций узлов трения требуют поиска адекватных условиям эксплуатации материалов триботехнического назначения.

В связи с этим цель данного исследования – разработка новых антифрикционных самосмазывающихся материалов на основе ПТФЭ для узлов трения сельскохозяйственной техники, преимущественно для натяжных устройств ременных передач.

Традиционно в качестве серийных подшипников скольжения натяжных устройств сельхозмашин на ПО «Гомсельмаш» используются втулки из чугуна СЧ-25 в паре со стальной осью. Недостат-

ком серийных подшипников является то, что их работоспособность обеспечивается только при наличии обильной смазки и отсутствии попадания в узел трения пыли и влаги, что практически невозможно обеспечить в полевых условиях.

Для решения данной проблемы исследовали свойства композиций ПТФЭ с модификаторами различной природы и функционального назначения. В качестве модификаторов использовали реакционноспособный олигоимид – N,N'-мета-фенилен-дималесимид (МФДМ) – структурообразующий компонент, способный формировать при тепловом воздействии трехмерный каркас в матрице ПТФЭ, волокнистый наполнитель – рубленое базальтовое волокно, играющее роль армирующего компонента, сухую смазку – графит, порошок металла – бронзу, способствующую теплоотводу и снижению износа сопряженного стального контртела, и оксиды титана и цинка.

Проведенные эксперименты показали, что введение выбранных наполнителей повышает износостойкость композита (рис. 1), но также повышает и коэффициент трения (рис. 2).

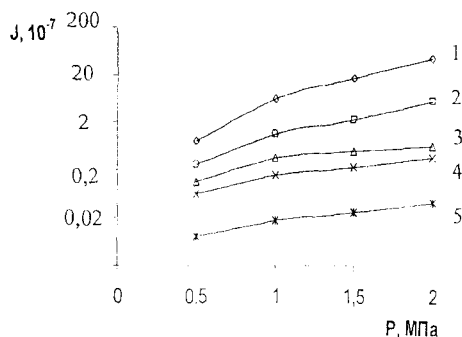


Рис. 1. Влияние наполнителей на интенсивность изнашивания при трении по стали ( $V=0,5$  м/с) композитов на основе ПТФЭ: 1-ПТФЭ, 2 - 15% графита, 3 - 15% МФБМ, 4 - 25% базальтового волокна, 5 - 60% бронзы

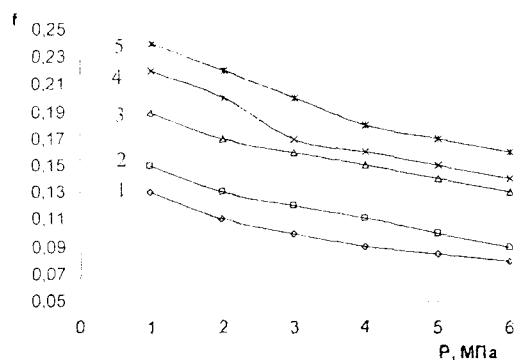


Рис. 2. Влияние наполнителей на коэффициент трения по стали ( $V=0,5$  м/с) композитов на основе ПТФЭ: 1-ПТФЭ, 2 - 15% графита, 3 - 15% МФБМ, 4 - 25% базальтового волокна, 5 - 60% бронзы.

Некоторое снижение смазывающих свойств ПТФЭ после введения графита объясняется следующим. По результатам экспериментов, зависимость смазывающей способности ПТФЭ от температуры носит экстремальный характер – по мере роста температуры коэффициент трения ПТФЭ по стали сначала снижается, достигая минимума при температурах 100-120 °С (рис. 3), а затем начинает повышаться. Снижение коэффициента трения при увеличении температуры может быть связано, с одной стороны, с уменьшением с ростом температуры сил сцепления контактирующих поверхностей, а с другой стороны, с облегчением формирования слоев переноса и изменением их реологических (соответственно и смазочных) свойств.

Для графита характерна другая зависимость смазывающей способности от температуры: величина установившегося коэффициента трения графита по стали значительно снижается с ростом температуры, что связано с удалением адсорбированной воды, обеспечением непосредственного контакта со стальной поверхностью и формированием устойчивых перенесенных слоев графита. Поэтому для узлов трения, подверженных воздействию высоких температур, наличие графита в материале на основе ПТФЭ становится крайне желательным: при умеренных температурах ПТФЭ обеспечивает самосмазываемость материала, а при температурах более 120 °С (вплоть до начала разложения ПТФЭ) работоспособность узла тре-

ния сохраняется на высоком уровне благодаря графиту. При низких температурах синергизм действия ПТФЭ и графита на антифрикционные свойства не проявляется.

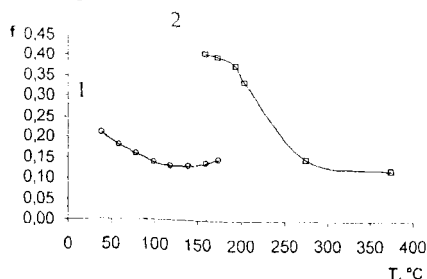


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения ПТФЭ (1) и графита (2) от температуры

Проведенные исследования позволили разработать составы триботехнических материалов (серия материалов Ф4ВМ), обладающих следующими свойствами.

Коэффициент трения без смазки ( $P=2$ МПа, $V=1$ м/с).	0,10 - 0,12
Интенсивность изнашивания, ( $P=2$ МПа, $V=1$ м/с)...	$2,6-4,8 \times 10^{-9}$
Разрушающее напряжение при растяжении, МПа.....	18 - 21
Твердость, по Бринеллю, МПа.....	55 - 58
Теплостойкость, по Вика, °C.....	210 - 220
Относительная деформация (ползучесть) при $P=5$ МПа, $t=20$ °C за 10 ч.....	2,1 - 2,5

Испытания материалов на специальном стенде, моделирующем работу узла трения натяжных устройств ременных передач зерноуборочных комбайнов показали следующее.

При испытании обоих подшипников со смазкой было обнаружено, что при наработке 165 ч произошло заклинивание в подшипнике серийного варианта (чугун СЧ-25). Подшипник из материала Ф4ВМ работал без замечаний.

При разборке подшипников на серийном варианте выявлено наличие износа на внутренней поверхности втулки (максимальный износ 0,27 мм) и задиров и увеличение шероховатости на оси. Максимальный износ внутренней поверхности втулок из композита Ф4ВМ составил 0,01 мм, на поверхности втулок визуально повреждений не выявлено.

В ходе испытаний материала Ф4ВМ без смазки в течение 160 ч замечания по работе узла трения отсутствовали. После разборки узла трения обнаружено наличие продуктов износа материала подшипника, имеющих форму скаток и образующихся в результате разрушения перенесенных слоев, а также следы пленок переноса на стальном контртеле.

Следует отметить, что серийные подшипники качения, из чугуна СЧ-25, применяемые в узлах трения натяжных устройств невозможно использовать без предварительной смазки.

Таким образом, подшипники скольжения из разработанного композиционного материала на основе ПТФЭ способны обеспечивать длительную работу узла трения при отсутствии смазки без повреждения вала. По результатам стендовых испытаний материал Ф4ВМ рекомендован к полевым испытаниям.

Для проведения полевых испытаний в натяжных устройствах ременных передач комбайна КЗС-7 «Полесье», а также очистителя-накопителя прицепного комплекса КЗР-10 «Полесье-ротор» были установлены и проходили испытания в уборочном сезоне 2003 г. подшипники скольжения из материала Ф4ВМ1. Нарботка ременных контуров в натяжных устройствах составила по комбайну КЗР-7 1827 тонн (714 га), по комплексу КЗР-10 – 1568 тонн (574 га). Подшипники, изготовленные из материала Ф4ВМ1, функционировали нормально, дополнительная смазка их не требовалась и не проводилась.

Таким образом, использование композитов на основе ПТФЭ в качестве материала подшипников скольжения натяжных устройств ременных передач зерноуборочных комбайнов позволяет обеспечить бесперебойную работу узлов трения при отсутствии регулярной смазки и в неблагоприятных условиях. Замена серийных подшипников на разработанные может производиться как при изготовлении комбайна, так и при его ремонте или сезонном техобслуживании, даже в полевых условиях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Трение и износ материалов на основе полимеров. – Мн.: Наука и техника, 1976.
2. Свириденко А.И. Роль фрикционного переноса в механизме самосмазывания композиционных материалов // Трение и износ. Т. 8. – 1987. – № 5.

3. Виноградов А.В., Охлопкова А.А. Механохимия трения фторопластовых материалов как фактор, определяющий износостойкость // Наука и образование. – 1996. – № 3.

4. Истомин Н.П., Семенов А.П. Антифрикционные свойства композиционных материалов на основе фторполимеров. – М.: Наука, 1981.

5. Сиренко Г.А. Антифрикционные карбопластики. – Киев: Техніка, 1985.

6. Фторопласты: Каталог. – Черкассы: НИИТЭХим, 1983.

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СПОСОБА ГАЗОПЛАМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ АНТИФРИКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**В.С. Ивашко, д-р техн. наук, профессор; Ю.Г. Кобяк, ассистент;**

**В.А. Коваль, канд. техн. наук, доцент;**

**П.С. Пригун, студент**

*УО «БГАТУ»*

(г. Минск, Республика Беларусь)

### **Technological performances of a way flame spraying for forming of composite coatings of antifrictional purpose**

The analysis of a method is resulted and experimental data on technology gas-flame spraying composite polymeric coverings are generalized. Main principles of creation of polymeric composites by a gas-flame method and performances of realization of the given technology for needs of a repair-production of services are formulated.

Необходимость повышения эффективности использования традиционных антифрикционных материалов в узлах трения привела к бурному развитию такой области материаловедения, как полимерные композиты. Значительный прогресс в создании и использовании полимерных композиционных материалов также обусловлен созданием новых материалов, способных выступать в качестве полимерной матрицы и модифицирующего наполнителя. Одновременно ведутся работы по созданию новых и совершенствованию уже существующих технологий переработки таких материалов.