

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕКОМПОЗИТНЫХ ПОДШИПНИКОВ
СКОЛЬЖЕНИЯ В НАСОСАХ И ДРУГИХ МАШИНАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ТЕХНИКИ

Yury Seleznyov, Gennady Ivanov, Pavlo Polyansky

Mykolayiv State Agrarian University, Ukraine

Krylova Street 17, Mykolayiv 54040, Ukraine

e-mail: ztd@mex.mdau.mk.ua

Аннотация. В работе обобщенно системные исследования и анализ конструкторско-технологических проработок, опытных данных получены некоторые результаты и решения, определяющие направление поиска оптимальных конструкций. Установлено, что вкладыши подшипников скольжения из углекомполита являются наиболее перспективными при использовании воды в качестве смазки.. Установлено что перспективными материалами для изготовления вкладышей подшипников скольжения являются угле- и стеклопластики со специальными наполнителями, та основой для разработки и создания различных подшипников из углекомполитов может служить трехслойный гибридный подшипник с управляемыми свойствами.

Ключевые слова: системология, углекомполит, подшипник, насос, техника, анализ.

ВСТУПЛЕНИЕ

Эффективность сельскохозяйственной техники во многом определяется работоспособностью подшипников, которые часто работают в экстремальных эксплуатационных условиях. Тенденцией 21 века стало применение в триботехнических узлах неметаллических износостойких антифрикционных материалов: полимеров, металлополимерных и углеродных композиционных материалов. Другой тенденцией стал отказ от традиционной неэффективной смазки - замена различных масел водой, газом, водогазовыми эмульсиями ... Применение новых материалов и новых видов смазки при создании эффективных экологически чистых подшипников для сельского хозяйства ставит ответственные задачи перед разработчиками новой техники, которые не располагают в достаточном количестве опытными данными, расчетными методиками, конструкторскими проработками. Механический перенос традиционных конструкций, технологий и методов расчета на новые композиционные материалы и системы смазки и охлаждения часто приводит к ошибкам, дискредитирующим прогрессивные тенденции в машиностроении. Поэтому при создании новых подшипников с использованием неметаллических вкладышей необходимо на базе системно-аксиоматического подхода учитывать физико-химические свойства материалов, условия работы и ремонта, особенности выбранной системы охлаждения и смазки, а также возможности их изготовления в местных условиях.

АНАЛИЗ ПРЕДЫДУЩИХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

В УНИЛСП НГАУ накоплен опыт по проектированию подшипников скольжения с неметаллическими вкладышами, смазываемые водой. Такие подшипники успешно прошли испытания на некоторых водоперекачивающих станциях Украины.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Следующей задачей является создать и испытать такие подшипники в сельскохозяйственной технике. Для этого нужно изучить условия работы и потребный срок службы конкретных узлов машины и разработать конкретные технические задания. После этого становится возможным проектирование и изготовление экспериментальных образцов, стендовые испытания, доводка конструкции и изготовление подшипников для работы в эксплуатационных условиях. Нужно отметить, что при эксплуатации большое значение на процессы трения и изнашивания оказывает тепловыделение в зоне фрикционного контакта - при нагреве происходит изменение свойств полимерного связующего и наполнителей, при этом совокупность всех триботехнических процессов в зоне контактов определяется нагрузочно-скоростным и тепловым режимом работы подшипников. При повышении этих характеристик до некоторого предела развивается интенсивная деструкция материалов, приводящая к потере механической прочности матрицы, и нарушению работы трибосистемы.

При трении в воде происходит качественное изменение механизма трения материалов. Обильная водяная смазка снижает тепловую напряженность и коэффициент трения в узле.

В результате обобщения системных исследований и анализа конструкторско-технологических проработок и опытных данных получены некоторые результаты и решения, определяющие направление поиска оптимальных конструкций. Установлено, что вкладыши подшипников скольжения из углекомполита являются наиболее перспективными при использовании воды в качестве смазки. Это, прежде всего, относится к водоперекачивающим насосам. Наиболее оптимальным структурным сочетанием для углепластиковых подшипников является эпоксидная матрица с антифрикционными наполнителями из порошка графита. На износостойкость и коэффициент трения оказывает сильное влияние ориентация углеродных волокон относительно поверхности трения, что необходимо учитывать при конструировании подшипников. На работу подшипников с водяной смазкой оказывает влияние качество воды и сама система её распределения. Необходимо продолжить поисковые работы в этом направлении, а также по отработке технологии изготовления подшипников с вкладышами из углепластика и углерод-углеродного композита с различными наполнителями, в том числе по внедрению технологии получения углерод-углеродных композитов по патенту 5523. Такая технология позволит получать конкурентоспособные вкладыши подшипников без применения дорогостоящей эпоксидной смолы. Для этого необходимо создать совместное предприятие в городе, способное изготавливать изделия из углекомполита, организовать подготовку специалистов на базе учебно-научно-производственной лаборатории «Углеродный композит» - УНПЛ-УК УГМТУ, выделением этой лаборатории необходимых помещений и организовать постоянно действующий семинар для желающих освоить новую специальность.

Полученная методика расчетов и конструирования на базе системологии позволит создавать и внедрять конкурентоспособные подшипники из углекомполита конструкции УГМТУ для различных приводов энергомашин. Необходимо продолжить обобщение поисковых конструкторско-технологических работ по созданию углекомполитных подшипников скольжения для различных машин.

Некоторые результаты которого, а также рекомендации по их проектированию,

приведены в данном отчете.

Углекомполиты находят очень широкое применение в триботехнике. Различные области применения подшипников из углекомполита требуют обеспечение их надежности, срока службы и экономичности. Наиболее вероятными областями внедрения подшипников из углекомполита являются:

1. Замена подшипников качения в водоперекачивающих насосах, а так же в других машинах, работающих в агрессивных средах и при вибрационной нагрузке.

2. Самосмазывающиеся подшипники для механизмов периодического действия. Сейчас изготавливают фторопластовые и углепластиковые подшипники. Введение графита позволяет придать свойства самосмазываемости. На основе графита разработаны новые композиты: нигран, углеситалл, силицированный графит, фторопласты с графитом и металлами, фторуглероды. Однако эти подшипники являются дорогостоящими и имеют сложную технологию изготовления. Наиболее перспективными в этом случае могут быть углепластики с наполнителями.

3. Дейдвудные подшипники судов. В этом случае, по нашему мнению, можно с наибольшей эффективностью внедрить углепластиковые подшипники по патенту, полученному - ЧЦАСП.

4. Машины нового поколения, в которых подшипники могут смазываться водой. Такие экологически чистые подшипники наиболее экономично изготавливать из углеродных композитов.

В данной работе произведено сравнение триботехнических характеристик полимеров с различными антифрикционными наполнителями. Такие полимеры играют роль матрицы в углепластиковых подшипниках. Задачей конструкторов является выбор оптимальной матрицы и наполнителей в углепластиковых подшипниках для конкретных условий эксплуатации.

В результате проведенных НИР по данному вопросу выполнен анализ разработанных конструкций подшипников и их вкладышей из различных композиционных материалов. Подшипники машин в процессе работы подвергаются сложному физико-химическому воздействию, не поддающемуся строгому математическому описанию. Поэтому при конструировании подшипников и их вкладышей приходится иметь дело с задачами организованной сложности, решаемыми методами системологии.

Так в данной работе сделан анализ работы подшипников с позиции системологии, выделены входные (управляющие) и выходные характеристики подшипников, показана роль структурных параметров сегментов подшипников и влияние их на трение, износ, вибростойкость, прочность. Особое внимание уделено технологическим параметрам, во многом определяющим структурные свойства. Проведенные триботехнические испытания экспериментальных образцов показали возможности создания надежных подшипников из углепластика, а также показаны пути дальнейшего совершенствования этих подшипников с целью повышения их коэффициента полезного действия, срока службы, прочности и вибростойкости. Эти работы проведены после эксплуатационного испытания опытных подшипников из углепластика с различными наполнителями, а также углерод-углеродных вкладышей подшипников при смазке водой.

В результате проведенных исследований и конструкторско-технологических проработок предложено три варианта углекомполитных подшипников, смазываемых водой:

- подшипники с сегментными углепластиковыми вкладышами для установок большей мощности;
- подшипники с цельной углепластиковой втулкой для малых водоперекачивающих насосов;
- подшипники с углерод-углеродными вкладышами для высокотемпературных условий эксплуатации.

С результатами стендовых испытаний антифрикционных материалов, использованных для вышеприведенных углекомполитных подшипников. Проведенные испытания ставили своей целью выбор оптимального количества антифрикционного

наполнителя в поверхностном слое образцов при смазке водой. Смазочное действие воды имеет свою специфику. Вода в тонких слоях на поверхности шипов валов обладает упругостью формы, определяемой модулем сдвига, который резко падает с увеличением толщины слоя. Вода более активно взаимодействует с материалом трущихся деталей по сравнению с минеральными маслами. Однако повреждение трущихся поверхностей не наблюдается при давлениях до 7 МПа. Вода имеет более низкую вязкость - примерно в 40 раз меньшую, чем у масел. По этой причине толщина смазочного водяного слоя должна быть небольшая. На эту величину существенное влияние оказывают антифрикционные наполнители. Вода имеет высокую теплоемкость, теплопроводность, теплоотдачу, теплоту парообразования - все это улучшает тепловой режим подшипника. Поэтому вода особенно эффективна для высокоскоростных подшипников, в которых существует проблема отвода тепла.

В зоне фрикционного контакта имеют место электрические явления, приводящие к образованию двойного электрического слоя. Все это снижает износ и повышает КПД подшипников, а также увеличивает несущую способность пары трения. Однако эти внешние характеристики не поддаются теоретическому описанию из-за сложности, неравновесности, и многокритериальности внутренних процессов. Поэтому необходимо накопление экспериментальных данных, связывающих входные, выходные и структурные характеристики триботехнических узлов. В данной работе обобщены выходные характеристики углекомпозитных подшипников на основе стендовых испытаний.

В результате проведенных испытаний и анализа полученных данных следует отметить следующее:

1. Вкладыши подшипников скольжения из углекомпозита являются наиболее перспективными при использовании воды в качестве смазки. Это, прежде всего, относится к водоперекачивающим насосам и действующим устройствам судов.
2. Наиболее оптимальным сочетанием для углепластиковых подшипников является матрица с антифрикционным наполнителем из графитового порошка.
3. На износостойкость и коэффициент трения оказывают существенное влияние ориентация углеродных волокон относительно поверхности трения, что необходимо учитывать при конструировании подшипников.
4. На работу подшипников с водной смазкой оказывает влияние качество воды и сама система её распределения. Необходимо продолжить поисковые работы в этом направлении.
5. Необходимо продолжить работу по отработке технологии изготовления подшипников с вкладышами из углепластика и углерод-углеродного композита с различными наполнителями.
6. Назрели условия внедрения технологии получения углерод-углеродных композитов по патенту 5523, что позволит получать подшипники без применения дорогостоящей эпоксидной смолы.
7. Для организации производства изделий из углекомпозита необходимо организовать подготовку специалистов на базе учебно-научной лаборатории «Углеродный композит» УНИЛСП НГАУ.

Основой для таких разработок может служить энергосберегающая технология получения углекомпозитов без смолы и потребления электроэнергии. По мнению многих украинских и зарубежных специалистов внедрение этой технологии совершит революцию в производстве углекомпозитов и снизит их стоимость.

В связи с перспективностью углекомпозитных подшипников скольжения разработано три варианта технологических процессов, которые можно реализовать в сложившихся условиях в г. Николаеве путем создания совместных предприятий. Однако для реализации этих технологий необходимо провести подготовительную работу по доводке технологических процессов и выбору оптимальных структурных и технологических параметров при изготовлении крупных сегментных подшипников, а также мелких подшипников, изготавливаемых методом намотки. Особое внимание нужно уделить

технологии изготовления термостойких подшипников из углерод-углеродного композита. В этом случае существует проблема создания технологической установки для получения углекомполитов методом карбонизации в среде углеродсодержащего газа по патенту Украины №5523.

Дальнейшие работы связаны с изготовлением экспериментальных и опытных образцов, поэтому потребуются дополнительные средства на приобретение материалов и изготовление деталей технологического оборудования, а также приобретение стенового и другого оборудования.

Для организации технологического участка карбонизации необходимо выделить помещение не менее 20 м² с подводом воды, газа и системы вентиляции.

Для подготовки специалистов и развития научно-производственной базы создания изделий из углекомполитов считаем целесообразным в НГАУ организации учебно-научной лаборатории «Углекомполит». На базе такой лаборатории представится возможным организовать платное обучение, проводить поисковые НИР и ОКР по применению углекомполитов в различных областях, создавать конкурентоспособные подшипники и другие изделия широкого назначения.

По теплопроводности, износостойкости, электропроводности УУК обладает большой анизотропией. Конструктор при назначении ориентации волокон должен учитывать три фактора : прочность, теплопроводность, износостойкость. Иногда эти факторы могут находиться в противоречии и тогда нужно искать компромиссное решение с учетом степени важности каждого фактора в каждом частном случае.

Таким образом, УУК - это материал с управляемыми свойствами, требующий перестройки инженерного мышления в процессе проектирования, изготовления и эксплуатации машин. Особенность в том, что деталь и материал создаются одновременно, поэтому инженер-конструктор должен быть и инженером-технологом, т.к. именно в процессе технологии формируются выходные характеристики проектируемого изделия. Следует обратить внимание на некоторые особенности и свойства углеродных волокон и углерода как уникального химического элемента. Вся живая природа обязана углероду, как одному из основных компонентов сложных биологических композиций. В настоящее время известно несколько миллионов органических соединений углерода. Интересным фактором является то, что углерод сам по себе может образовывать различные структуры от графита до алмаза с резко отличающимися физико-механическими свойствами. Это редкий случай возможности управлять свойствами материала, не его химическим составом, а условиями формирования структуры углерода за счет управляющих технологических параметров. Углерод сам может образовывать высокомолекулярные соединения-полимеры, необходимые для формирования волокнистых структур. В настоящее время углеродные волокна получают из вискозных, полиакрилонитрильных - ПАН волокон и каменноугольного пека. Лучшего качества углеродные волокна получают из вискозных волокон, которые в свою очередь получают из целлюлозы. Целлюлоза представляет собой самый распространенный возобновляемый полимер. Ежегодно в природе синтезируется около 100 миллиардов тонн целлюлозы, которая содержится во всех однолетних и многолетних растениях. Для производства вискозных волокон в основном используется целлюлоза, выделенная из хвойных пород древесины (ель, сосна, лиственница). Углеродные волокна выпускаются в виде тканей, пряжи, жгутовых волокон, войлоков, лент с плоским и объемным плетением, нитей. По прочности углеродные волокна принято делить на три группы: низкопрочные с пределом прочности менее 500 МПа, средней прочности с пределами - 500-1500 МПа, высокопрочные с пределом прочности свыше 1500 МПа. Модуль упругости может изменяться в широких пределах от 30 до 700 ГПа. УУК является перспективным материалом для изготовления вкладышей подшипников скольжения, поршневых колец, поршней или накладок на поршни, цилиндрических втулок, валов, седел клапанов, золотников, предкамер, электродов ...

ВЫВОДЫ

В результате проведенного анализа научно-технической информации по неметаллическим подшипникам, структурным и выходным характеристикам применяемых полимеров, различных композиционных и гибридных материалов, а также теоретических исследований в области триботехники представляется возможным сделать следующие выводы.

1. Триботехника - наука о трении, смазке и изнашивании машин в настоящее время находится в начале нового этапа развития. сложность физико-химических процессов, протекающих на поверхности трения не может быть описана классическими методами современной науки. Решение этой задачи, по нашему мнению, возможно только с позиции системологии триботехники, синтезирующей знания различных известных наук на базе кибернетики и неравновесной термодинамики.

2. Наиболее перспективными материалами для изготовления вкладышей подшипников скольжения являются угле- и стеклопластики со специальными наполнителями, а также углекомполиты на пироуглеродной матрице, обладающие хорошей антифрикционностью, прочностью, износостойкостью, термо- и вибростойкостью, способностью работать в речной и морской воде.

3. Основным направлением НИР по данной теме должно быть обобщение опытных данных по углекомполитным трибосистемам на базе новой разработанной системологической модели всех неравновесных процессов, протекающих на взаимодействующих поверхностях трения.

4. Практическим выходом данной работы должны быть новые инженерные методики расчета и конструирования узлов трения с применением композиционных материалов.

5. Основой для разработки и создания различных подшипников из углекомполитов может служить трехслойный гибридный подшипник с управляемыми свойствами.

6. Дальнейшие поисковые работы по созданию эффективных подшипников XXI века должны быть направлены на получение углекомполитов без применения смолы.

ЛИТЕРАТУРА

- Веников В.А., Мелентьев Л.А.: Кибернетика и моделирование в энергетике. - М.: Наука, 1972. - 207 с.
- Вибе И.И.: Новое в рабочем цикле двигателя. - М.: Машгиз, 1962. - 270 с.
- Гинсбург И.П.: Теория сопротивления и теплопередача. - Л.: Наука, 1970. - 120 с.
- Григорьев В.А., Зорин В.И.: Тепло и массообмен. Теплотехнический эксперимент. Справочник. - М.: 1982 - 510 с.
- Льюинг Л.: Идентификация систем. Теория для пользователей. -М: Наука, 1991. - 432с.
- Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. Пер. с англ. - М: "Радио и связь", 1990. - 539 с.
- Селезнев Ю.В.: Системный подход к исследованию термодинамических процессов и циклов. - Харьков: Вища школа, 1981.- 144 с.
- Селезнев Ю.В.: Системное исследование сложных термодинамических процессов. - Киев: РИО института кибернетики АН Украины. 1977. - 32 с.
- Селезнев Ю.В.: Системология конструирования машин. - Николаев: РИО НКИ, 1993. - 59 с.
- Селезнев Ю.В.: Вывод обобщенного уравнения термодинамических газовых процессов с учетом теплообмена. Сб. Теплофизика и теплотехника, вып. 19 - Киев: Наукова думка, 1971, с. 119-123.
- Селезнев Ю.В., Латинская Т.Ю.: Управление проектированием эффективных теплообменников на основе системного подхода. - Новосибирск: научный центр. Ноосферные знания и технологии. Сибирский научный сборник № 5, 2002, с.53-57.
- Селезнев Ю.В., Кискина Н.А., Латинская Т.Ю.: Перспективы создания экологически чистых

- двигателей нового поколения, - Новосибирск: Сибирский научный сборник Академии водного транспорта №5, 2002, с. 57-63.
- Стечкин Б.С.: О коэффициенте полезного действия цикла быстрого сгорания при конечной скорости выделения тепла. Труды лаборатории двигателей АН СССР, вып. 5, 1960. с. 8-14.
- Селезнев Ю.В.: Технология изготовления деталей из углеродных композиционных волокнистых материалов. // Технология судового машиностроения и обработка металлов резанием: Сб. научн. тр. - Николаев, НКИ, 1988. с. 3-8.
- Селезнев Ю.В.: Метод выбора материала и расчета температурных полей в адиабатных двигателях. // сб. трудов НИИВТа. - Новосибирск, 1987. с. 83-102.
- Селезнев Ю.В.: Теплофизический анализ пространственно-временных процессов в теплоэнергетических установках. / Сб. "Теплофизика и теплотехника", вып. 25 - Киев, Наукова думка, 1972, с. 118-121.
- Селезнев Ю.В.: Адиабатный двигатель - А.С. N 1471696, 1988; Роторная машина - А.С. N 1620677, 1990; Роторная машина - А.С. N 1599581, 1990; Роторная машина - А.С. N 1756636, 1992; Роторная машина - А.С. N 1675579, 1991; Роторный двигатель лопаточного типа России N 2028476, 1995.

POSSIBILITIES OF APPLICATION COAL OF COMPOSITE BEARINGS OF SLIDING IN PUMPS AND OTHER MACHINES OF AGRICULTURAL TECHNIQUE

Summary: The article deals with the analysis of designs and technological methods and generalization of experimental information determining the direction of research on optimum constructions. It has been stated that the shells of sliding bearings made of carbonic composite are very perspective when water is used as a lubricant. The perspective materials for making the shells of sliding bearings are also carbonic and glass plastic with special fillings. The three-layered hybrid bearing with the guided properties can serve as the basis for creation and development of different bearings.

Keywords: systemologyya, uglekompozyt, bearing, pump, technique, analysis.

Reviewer: Boris Butakov, Prof. Sc. D. Eng.