

Проблемы трения в современной технике

Студент гр. 10110118 Гремчук И.М.

Научный руководитель – доцент Дубовская Е.М.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Надежность и долговечность автомобильного, сельскохозяйственного и других и других видов транспорта во многом обусловлены явлениями трения и изнашивания, происходящими в узлах машин.

Изнашивание приводит к нарушению герметичности узлов, потери точности взаимного расположения деталей и перемещений. Возникают заклинивания, удары, вибрации, приводящие к поломкам. Трение приводит к потерям энергии, перегреву механизмов, снижению передаваемых усилий, повышенному расходу горючего и других материалов. Кроме того, трение также оказывает положительное влияние - работа механизмов торможения, сцепления, движения колес. Явления трения и изнашивания взаимно обусловлены: трение приводит к изнашиванию, а изнашивание поверхностей деталей в ходе работы приводит к изменению трения.

Проблемы трения, износа и смазки в машинах изучает наука трибология. Современная наука трибология изучает трение, износ, смазку в процессе взаимодействия контактирующих поверхностей при их взаимном перемещении. Кроме того, трибология охватывает теоретические и экспериментальные исследования физических, химических, биологических и других явлений, связанных с трением. Прикладными задачами по повышению износостойкости и управлению трением за счет применения новых конструкций узлов, материалов и эксплуатационных приемов занимается триботехника.

К настоящему времени трибология окончательно сформировалась как самостоятельная отрасль знаний. На сегодняшний день во многих развитых странах имеются научные трибологические центры, ведется подготовка инженеров-трибологов. Решение проблем трения, изнашивания и смазки позволяет добиться высокого экономического эффекта: снижение потребления энергии, затрат на смазочный материал и техническое обслуживание.

Знание основ триботехники является важным аспектом при подготовке специалистов по инженерным специальностям. Полученные

знания позволяют правильно рассчитать и применить конструкцию трибосопряжения; подобрать соответствующие материалы пар трения; назначить оптимальные режимы работы узла трения; выбрать наиболее эффективные технологические методы изготовления, обработки и упрочнения трибологических материалов; обеспечить надлежащие режимы эксплуатации, ремонта и обслуживания машин.

Повышенный износ деталей в сочленениях в одних случаях нарушает герметичность рабочего пространства машины (например, в поршневых машинах), в других – нарушает нормальный режим смазки, в третьих – приводит к потере кинематической точности механизма. В результате изнашивания понижается мощность двигателя, увеличивается расход горюче-смазочных материалов, падает производительность компрессоров, возникает возможность утечки ядовитых и взрывоопасных продуктов через сальники и уплотнения, понижаются тяговые качества транспортных машин, ухудшается управление самолетами и автомобилями (понижается безопасность движения), уменьшается производительность, снижается точность и качество обработки изделий на металлорежущих станках и т.д.

Износ инструмента и рабочих органов машин, помимо снижения производительности, повышает расход энергии. Например, с износом и затуплением зубьев ковша экскаватора уменьшается сечение срезаемой стружки грунта, увеличивается сопротивление резанию последнего, требуется больший путь для заполнения ковша.

Износ и повреждение поверхностей снижают сопротивление усталости деталей и могут служить причиной их разрушения даже при незначительных концентраторах напряжений и весьма низких номинальных напряжениях. Повышенный износ нарушает нормальное взаимодействие деталей в узлах, может вызвать значительные дополнительные нагрузки, удары в сопряжениях и вибрации, стать причиной внезапных разрушений. С повышенным износом нередко связан недопустимый шум машин.

Заедание или заклинивание деталей может привести к аварийной ситуации. Так, заедание лопатки ротора масляного насоса может вызывать его заклинивание, прекращение подачи масла к подшипникам и аварию машины.

В многозвенных механизмах даже небольшой износ отдельных элементов может суммироваться на ведомом звене и нарушать нормальное функционирование механизма.

Износ цилиндропоршневой группы двигателя увеличивает засорение воздуха отработавшими газами: 100 изношенных автомобилей загрязняют воздух отработавшими газами как 125 новых автомобилей. Примечательно, что масса механизма или машины по мере их износа уменьшается незначительно.

Например, автомобильный двигатель средней мощности после полного износа имеет потерю массы не более 1 % от исходной, а грузовой автомобиль средней грузоподъемности – не более 3 кг.

Выход из строя деталей и рабочих органов машин при нормальных условиях эксплуатации является следствием физического износа разных видов: усталостных разрушений, ползучести материалов, механического износа, коррозии, эрозии, кавитации, старения материала и др.

Особенно велик износ деталей и рабочих органов машин орудий, которые эксплуатируются в абразивной и агрессивной средах, и деталей транспортных машин, работающих в условиях грязи и пыли. Например, ресурс дробящих плит составляет в среднем 4...6 месяцев, зубьев ковшей экскаваторов, скреперов и бульдозеров, шнеков – 6...8 месяцев. На дробилке массой 6 т при дроблении высокоабразивных пород расходуется в год 17 т дробящих плит. Контрольные сроки службы до капитального ремонта угольных комбайнов – 8...12 месяцев, а конвейеров в угольных шахтах – 2...3 года. Дизели, установленные на мощных автосамосвалах, требуют капитального ремонта после 1500...2000 ч работы, т.е. через 6...8 месяцев. Бортовые шестерни тракторов работают до замены не более 2000...2500 ч, срок службы транспортных трансмиссий до ремонта составляет 2500...3500 ч.

За сезон работы тракторов на песчаных почвах приходится заменять два-три комплекта гусениц, что в среднем обходится в 50 % стоимости нового трактора. Лемех тракторного плуга в среднем обрабатывает до полного износа всего 15...20 га почвы, это вынуждает ежегодно изготавливать для сельского хозяйства свыше 20 млн лемехов, не говоря уже о том, что на тяжелых почвах режущая кромка лемеха требует ремонта через 4...6 га работы плуга. Годовая потребность в запасных звеньях приводных цепей сельскохозяйственных машин составляет около 100 млн штук.

Для двигателей автомобилей, тракторов и комбайнов следует отметить, что за весь срок службы их ремонтируют до 5 раз. Ресурс двигателя после ремонта по сравнению с ресурсом нового двигателя составляет 40...50 %.

Большинство машин (85...90 %) выходит из строя по причине износа деталей. Затраты на ремонт и техническое обслуживание машины в несколько раз превышают ее стоимость:

- для автомобилей в 6 раз;
- для самолетов до 5 раз;
- для станков до 8 раз.

На ремонт тракторов задействовано в 4 раза больше производственных мощностей, чем на их изготовление. Легковой автомобиль, имеющий массу 1000 кг, становится непригодным для ремонта, если потеря его массы от износа составит 1 кг. Проанализировано и подсчитано, что для списания трактора Т-130 на запасные части для ремонта и технического обслуживания нужно израсходовать столько же металла, сколько он сам весит – 12·103 кг.

Причинами малого ресурса двигателей после ремонта являются:

- низкое качество обработки поверхностей деталей; станки ремонтных предприятий не обеспечивают той точности обработки, которую имеют детали, изготовленные на заводах серийной продукции;
- отсутствие средств надежной промывки деталей перед сборкой, запыленность абразивной пылью сборочных цехов, в целом – невысокая культура производства;
- плохая приработка деталей после ремонта, отсутствие современных испытательных стендов, приборов, контролирующих процесс приработки, загрязненность абразивами смазочных и гидравлических систем;
- недостаточная специализация производства на ремонтных предприятиях по сравнению с ее уровнем на заводах серийной продукции, что не позволяет разрабатывать и реализовывать наиболее рациональные технологические процессы; результатом этого является в первую очередь малый срок службы деталей.

Велики потери в результате снижения мощности двигателей от износа деталей. По данным С.А. Серова, суммарная мощность двигателей внутреннего сгорания, установленных только на автомобилях, тракторах и

различных самоходных установках, достигает в нашей стране 0,5 млрд кВт.

Изношенные двигатели внутреннего сгорания при работе значительно загрязняют атмосферу отработавшими газами по сравнению с новыми двигателями.

Большие материальные потери народное хозяйство терпит от повышенного трения в узлах машин. Известно, что более половины топлива, потребляемого автомобилями, тепловозами и другими видами транспорта, расходуется на преодоление сопротивления, создаваемого трением в подвижных сочленениях. В текстильном производстве на преодоление сопротивления трению затрачивается около 80 % потребляемой энергии. Низкий КПД многих машин обусловлен главным образом большими потерями на трение. Так, КПД глобоидного редуктора, устанавливаемого в лифтах, металлорежущем оборудовании, шахтных подъемниках и др., в приработанном состоянии составляет только 0,65...0,70, а в такой распространенной паре, как винт-гайка, всего лишь 0,25.

Интенсивное развитие машиностроения непрерывно стимулирует деятельность специалистов в области триботехники, ставя перед ними новые задачи. Развитие космических исследований, атомной энергетики требует обеспечения работоспособности трущихся сопряжений в широком диапазоне температур (от криогенных до 1500 °С), в вакууме, агрессивных средах, жидкостях, не обладающих смазочным действием, в том числе жидких металлах, в условиях интенсивной радиации. Необходима разработка материалов для работы подшипников в биологически активных средах.

Общей проблемой для ряда отраслей промышленности: автомобильной, тракторной, судостроительной и др. – является повышение надежности, долговечности и коэффициента полезного действия поршневых двигателей внутреннего сгорания. Новые задачи возникли в связи с созданием более экономичных и экологически чистых двигателей, работающих на водородном топливе, адиабатических и автомобильных газотурбинных двигателей.

Триботехника, как и другие науки, непрерывно развивается. Этапы ее развития связаны с созданием корабельной техники, металлообрабатывающей промышленности, железнодорожного транспорта, автомобильной промышленности, авиации и космонавтики.

Из анализа опубликованных трудов конференций, семинаров и др. можно подразделить вопросы развития триботехники на следующие части, которые содержат самостоятельные этапы:

- учение о трении и изнашивании деталей машин;
- конструктивные решения вопросов трения и изнашивания;
- технологические методы повышения износостойкости деталей;
- эксплуатационные мероприятия по повышению долговечности машин.

Триботехнике как науке приходится решать различные задачи, из них можно выделить наиболее фундаментальные:

- исследование механизмов трения и изнашивания трибосопряжений и моделирование процессов, протекающих в области контактного взаимодействия при трении;
- разработка методов управления этими процессами с целью повышения долговечности и надежности трибосопряжений;
- разработка расчетных методов оценки контактной жесткости, сил трения и долговечности трибосопряжений при заданных эксплуатационных условиях.

Основные прикладные задачи триботехники это:

- обеспечение требуемых значений контактной жесткости, износостойкости, долговечности трибосопряжений при заданных условиях эксплуатации;
- снижение энергетических потерь на трение (опоры), обеспечение высокой энергоемкости (тормоза, фрикционные передачи);
- экономия материалов за счет снижения их износа;
- решение экологических проблем.

В настоящее время в развитии триботехники появились новые перспективные направления развития, такие как:

- развитие теория трения и изнашивания на микро- и наномасштабных уровнях;
- разработка присадок к маслам с использованием нанотехнологий; - компьютерное моделирование сложных трибосистем;
- создание новых смазочных материалов и покрытий, использование эффекта «суперсмазки»;
- развитие методов расчета на долговечность трибосопряжений с многослойными нанопокрывтиями с учетом параметров поверхностного рельефа;

- построение моделей механики фрикционного взаимодействия с учетом изменения свойств поверхностных слоев в процессе трения и изнашивания, в том числе с учетом протекающих в зоне контактного взаимодействия химических реакций, влияющих на свойства поверхностных слоев и скорость их деформирования;

- построение моделей контактного взаимодействия с учетом массопереноса вещества с одной поверхности пары трения на другую;

- объединение подходов трибохимии и трибомеханики (учет влияния напряженного состояния в контакте на протекание химических реакций);

- разработка методов управления физическими, механическими и химическими процессами на поверхностях трения;

- изучение роли геометрии поверхности (параметров ее шероховатости и субшероховатости) в протекании процессов фрикционного взаимодействия, особенно для наноструктурированных материалов;

- развитие многомасштабного моделирования процессов фрикционного взаимодействия;

- развитие ионно-плазменных технологий; - разработка присадок к маслам с использованием нанотехнологий;

- развитие средств трибодиагностики и трибомониторинга, включая встроенные и портативные системы;

- изучение трения и износа в суставах живых существ, а также износа зубов.

Важным фактором в развитии трибологии является разработка и использование нового оборудования для проведения микро- и наноисследований, испытательных машин для исследования триботехнических свойств материалов, оборудования и приборов для изучения тонких поверхностных слоев (и самих поверхностей), высокоэффективных присадок к смазочным маслам.

Борьба с трением и износом машин требует комплексных исследований теоретических основ трения, износа и смазки, совершенствования инженерных методов расчета узлов трения при проектировании машин, создания новых материалов, а также новых принципов конструирования и новых технологий изготовления узлов трения и материалов для них, подготовка высококвалифицированных специалистов в области трения.

Литература

Беркович, И.И. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения: учеб. для вузов / И.И. Беркович, Д.Г. Громаковский; под ред. Д.Г. Громаковского. – Самара: Изд-во Самар. гос. техн. ун-та, 2000. – 268 с.

Гаркунов, Д.Н. Триботехника. Износ и безызносность: учеб. для вузов / Д.Н. Гаркунов. – М.: Изд-во МСХА, 2001. – 616 с.

Демкин, Н.Б. Контактное шероховатых поверхностей: учеб. пособие / Н.Б. Демкин. – М.: Наука, 1970. – 226 с.

Крагельский, И.В. Основы расчетов на трение и износ: учеб. для вузов / И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.

**Анализ модельного ряда и подходов
к диагностике ГМП НА МЗКТ**

Магистрант МСФ Дубовик А.В.

Научный руководитель – доц. Капуста П.П..

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Модельный ряд по основным изделиям составляет ГМП с диапазоном мощностей от 150 до 850 л.с. и предназначен для установки в состав трансмиссий соответствующего ряда шасси МЗКТ.

Гидромеханическая коробка передач состоит из гидротрансформатора и механической коробки передач (Рис. 1).

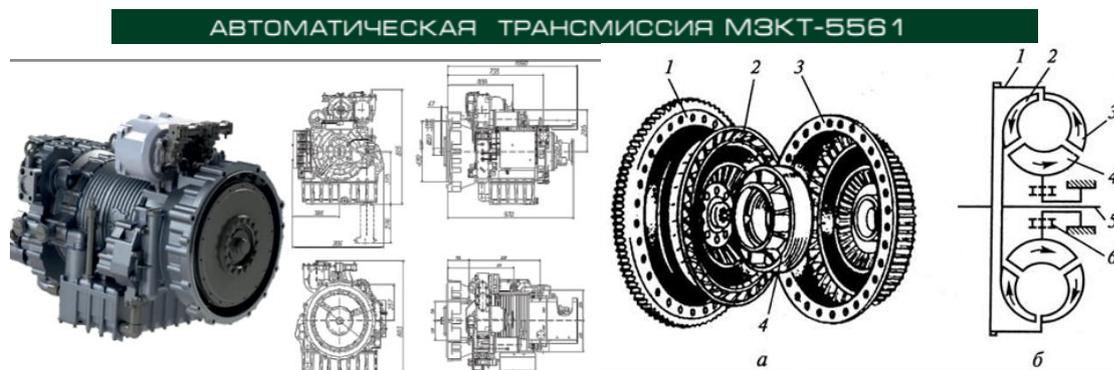


Рисунок 1 - Гидротрансформатор:

а – общий вид; б – схема; 1 – маховик; 2 – турбинное колесо; 3 – насосное колесо; 4 – реактор; 5 – вал; 6 – муфта.