

СНИЖЕНИЕ ТРЕНИЯ КАК ФОРМА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

*Г.И. Шаров, д.т.н., профессор; А. В. Самсонов, к.т.н., СПбГМТУ;
А.М. Махмудов, с.н.с., ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»*

Выполнен анализ основных направлений и технологий для снижения трения в деталях и узлах СЭУ с целью повышения их эксплуатационных свойств. Показано, что применение восстанавливающих антифрикционных препаратов при эксплуатации СЭУ является одной из форм энергосбережения, обладающей значительным ресурсом.

Энергосбережение судовой энергетической установки (СЭУ) во многом зависит от явлений трения и, как следствие, изнашивания, происходящих в главных и вспомогательных двигателях, подшипниках валопровода, судовых передачах, компрессорах, вентиляторах, насосах, обслуживающих энергетическую установку и общесудовые системы, палубных и грузовых механизмах, рулевых устройствах. Изнашивание приводит к нарушению геометрии деталей трения, изменению точности их взаимного расположения и перемещения. При этом возникают такие явления, как заклинивания, удары, вибрации, приводящие к поломкам деталей и механизмов. Изнашивание деталей и механизмов увеличивает потери энергии, вызывает перегрев механизмов, снижает производительность, повышает расход топлива.

Трение и изнашивание взаимообусловлены: трение приводит к изнашиванию, а изнашивание — к увеличению трения. С изнашиванием деталей увеличиваются затраты энергетических ресурсов на эксплуатацию СЭУ и расходы на текущий и капитальный ремонты.

Таким образом, можно сформулировать основные задачи энергосбережения СЭУ, которые заключаются в получении максимальной полезной работы при минимальных затратах энергетических ресурсов и в увеличении ее долговечности за счет снижения трения и повышения износостойкости трущихся поверхностей.

В качестве основных мероприятий по существенному повышению эксплуатационных свойств СЭУ можно выделить следующие направления:

- совершенствование конструкции машин и механизмов и оптимальный подбор материалов пар трения;

- использование антифрикционных материалов с противоизносными свойствами;
- применение технологий, улучшающих качество поверхностей трения;
- разработка присадок к смазочным материалам;
- создание восстанавливающих антифрикционных препаратов.

Проблеме совершенствования конструкции и выбору материала всегда уделяют повышенное внимание, так как решение этих вопросов позволяет обеспечить требуемую прочность и долговечность деталей. Фактически существует только несколько правил, позволяющих улучшить конструкцию узлов трения. Это — правило несовпадения твердости вала и подшипника скольжения, правило максимального различия размеров трущихся поверхностей и правило снижения концентрации контактных напряжений [1].

Конструктивные методы повышения износостойкости широко применяются на стадии проектирования механизма, и именно они определяют его долговечность. К недостаткам конструктивных методов следует отнести экономические аспекты и ограничения по массогабаритным показателям изделий.

Выбор антифрикционных материалов узлов трения представляет собой базовую проблему при стремлении к высоким эксплуатационным характеристикам. При выборе материалов узлов трения должна учитываться их совместимость и особенно исключение схватывания и последующего задира, что связано с химическим сродством, близостью строения и значений параметров кристаллических решеток. Однако несмотря на очевидную выгоду использования антифрикционных материалов возможность их применения ограничивается этапом проектирования механизма. Отдельным вопросом при выборе материалов являются экономические соображения. Поэтому материалы для узлов трения необходимо создавать из доступных недефицитных компонентов с использованием недорогих технологий [2].

Технологические методы повышения износостойкости поверхностей деталей узлов трения и улучшения их антифрикционных свойств широко применяются в судостроении. При этом следует отметить, что часть их используется при из-

готовлении изделий, а часть при ремонтно-восстановительных работах. Их подразделяют на несколько групп: химико-термические; объемная и поверхностная закалка; электрохимическая, химическая и механотермическая обработка; наплавка износостойких слоев; напыление порошковых покрытий; ионно-плазменная обработка; плакирование; механическое упрочнение.

Технологические методы повышения износостойкости механизмов СЭУ имеют следующие недостатки:

- требуют вывода машин и механизмов СЭУ из эксплуатации;
- требуют использования специального дорогостоящего оборудования и выполнения специальных трудоемких технологических процедур;
- являются дорогостоящими;
- требуют высокой квалификации от исполнителей.

При эксплуатации машин и механизмов СЭУ происходят химические и физические изменения состава и свойств смазочных масел, что приводит к повышенному износу узлов трения и к дополнительным энергопотерям. Для предотвращения подобных изменений в смазочные масла вводят специальные органические вещества и их композиции (присадки и твердые нерастворимые вещества), антифрикционные добавки.

По химическому составу присадки представляют собой производные различных органических соединений — алкилфенолов, аминов, дитиофосфорных, дитиокарбаминовых, салициловых кислот и ряда других веществ. Молекулы присадок состоят из одной или нескольких полярных и одной или нескольких неполярных групп. Полярные группы обуславливают адсорбцию молекул поверхностно-активных присадок на границе между маслом и металлом. Неполярные группы (алкильные радикалы, нафтеновые или ароматические кольца и их сочетания) определяют растворимость присадок в маслах. Присадки к маслам можно разделить на следующие типы: вязкостные, антифрикционные, противоизносные, противозадирные, депрессорные, приработочные, антиокислительные, антикоррозионные, моющие, дисперсанты, противопенные.

Присадки к маслам влияют на работу трущихся поверхностей механизмов СЭУ. Присадки к маслам не могут полностью решить проблему энергосбережения в условиях эксплуатации энергетической установки, так как износ поверхностей трения вносит индивидуальные отличия в работу узлов трения.

Эффективным способом повышения износостойкости и снижения коэффициента трения является применение восстанавливающих анти-

фрикционных препаратов (ВАФП) [3], основной эффект от применения которых заключается в восстановлении геометрии трущихся деталей и регулировании зазоров в сопряженных узлах трения. При этом также наблюдается изменение свойств трущихся поверхностей: шероховатости, коэффициента трения, степени износа, твердости. В результате происходит снижение механических потерь, повышение топливной экономичности двигателей, уменьшение потребления электроэнергии вспомогательными механизмами.

ВАФП разделяют по структуре и свойствам активных компонентов на:

- реметаллизанты — составы, содержащие мелкодисперсные порошки, соединения или ионы мягких металлов (медь, бронза, кадмий, олово и др.). Эти соединения в зоне трения заполняют шероховатости микронеровностей и создают плакирующий слой, восстанавливающий поверхность трения. Они имеют существенный недостаток — поверхностная твердость и износостойкость плакирующего слоя существенно ниже, чем у сопряженных деталей узлов трения;

- тефлоносодержащие антифрикционные препараты — используются в зонах узлов трения со сравнительно низкими температурами. Механизм сцепления тефлонового покрытия с поверхностью детали носит механический характер, что и определяет его нестойкость. Для эффективной работы данного типа ВАФП необходимо его постоянное присутствие в масле;

- полимерные антифрикционные препараты — повышают мощность двигателя, снижают расход топлива и повышают давление масла. Данный эффект наблюдается до тех пор, пока на поверхности трения сохраняется полимерный защитный слой. Основным недостатком использования этого препарата является то, что приемник масляного насоса и масляные каналы зарастают полимерами;

- слоистые модификаторы трения — это препараты, содержащие сернистые соединения молибдена, вольфрама и тантала. Механизм их работы состоит в формировании на поверхностях трения слоистого поверхностного слоя с низким коэффициентом трения. Применение слоистых модификаторов приводит к коррозии газопускного тракта двигателя;

- кондиционеры металлов — препараты, построенные на базе хлорпарафиновых соединений. Масло, содержащее препарат, растворяет металлические продукты износа, образуя соли, которые попадают в зону трения и осаждаются с частичным выделением чистого металла. На поверхности трения образуется защитная пленка, обладающая пластическими, упругими и антифрикционными свойствами. К недостаткам кондиционе-

ров металла следует отнести их высокую токсичность;

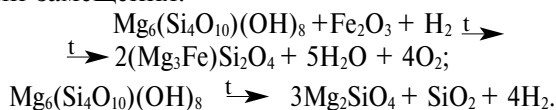
➤ мелкодисперсные композиции на базе искусственных алмазов модифицируют трение скольжения в трение качения. Роль шарикоподшипников выполняют ультрадисперсные алмазы. При этом наблюдается снижение мощности трения в 3–5 раз. Наличие твердых включений может привести к внедрению частиц в поверхностный слой детали и к образованию своеобразной терки, которая срывает гидродинамический режим трения;

➤ эпиламные и металлоорганические антифрикционные препараты формируют защитные слои поверхностей трения по механизму химосорбции. Эпиламообразующие вещества — это поверхностно-активные соединения с содержанием фтора, молекулы которого выполняют роль своеобразного армирующего материала, повышающего поверхностную прочность деталей. Металлоорганические антифрикционные препараты в зоне трущихся узлов под воздействием поверхностно-активных веществ образуют соединения металлов, при котором реализуется химическая микрошлифовка поверхностей. Износостойкий антифрикционный слой в обоих случаях формируется на атомарном уровне, что и определяет его высокую прочность. К недостаткам данных препаратов следует отнести высокую стоимость и возможность их использования только в зонах высоких температур;

➤ ремонтно-восстановительные составы получили в последнее время широкое распространение. Преимуществами препаратов данной группы является универсальность, относительно невысокая стоимость, положительный опыт их применения в разных отраслях промышленности.

К недостаткам следует отнести случаи нетехнологичного применения препарата, приводящие к ухудшению технико-экономических показателей и даже к выходу механизма из строя, что наблюдалось на практике. Однако именно использование серпентино-магниевого состава (СМС) представляется наиболее оптимальным для машин и механизмов СЭУ при решении проблемы энергосбережения [4].

Эффект СМС основан на создании металлосиликатного слоя на поверхностях трения, в основу образования которого положена энергетическая теория, при которой происходят реакции замещения:



В процессе трения кристаллы Mg_2SiO_4 уплотняются и ориентируются в направлении относительного перемещения поверхностей трения,

происходит рост их размеров, увеличивается твердость, и контакт трущихся поверхностей начинает осуществляться по металлосиликатной основе. Величина трения металлосиликатных поверхностей значительно уменьшается, локальные температуры в зоне трения снижаются и рост металлосиликатной поверхности прекращается. Полученная металлосиликатная поверхность имеет одинаковый с основным металлом коэффициент линейного термического расширения, обладает высокой твердостью и свойствами диэлектрика. Коэффициент трения металлосиликатной поверхности составляет 0,03–0,07. При этом следует отметить, что если в штатных условиях машины и механизмы СЭУ выходят из строя по причине износа поверхностей, то после их обработки СМС они начинают выходить из строя вследствие усталостных разрушений деталей. При этом срок безремонтной эксплуатации механизма становится практически равным сроку службы механизма.

Таким образом, благодаря использованию СМС можно получить следующие положительные эффекты:

➤ не требуется применение антифрикционных материалов с повышенными противоизносными свойствами в машинах и механизмах СЭУ;

➤ нет необходимости использовать технологии, улучшающие качество поверхностей трения двигателей, машин и механизмов СЭУ;

➤ отпадает необходимость разработки новых присадок к смазочным материалам двигателей, машин и механизмов СЭУ;

➤ принципиально меняются технология ремонта двигателей, машин и механизмов СЭУ и требуемые для ремонта производственные мощности судоремонтных мастерских и заводов;

➤ уменьшается трение в машинах и механизмах СЭУ и повышается их производительность, что приводит к снижению расхода топлива.

В итоге повышается эффективность использования энергетических ресурсов при эксплуатации морских и речных судов, что и является одной из форм энергосбережения СЭУ.

Литература

- 1 Беркович И.И., Громаковский Д.Г. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения: учебник для вузов. — Самара : СГТУ, 2000.
- 2 Избирательный перенос в тяжело нагруженных узлах трения / Под ред. Д.Н. Гаркунова. — М. : Машиностроение, 1982. — 207 с.
- 3 Хайнике Г. Трибохимия: Пер. с англ. — М. : Мир, 1987. — 584 с.
- 4 Шаров Г.И., Румб В.К., Самсонов А.В. Снижение трения в цилиндро-поршневой группе и кривошипно-шатунном механизме двигателей внутреннего сгорания за счет применения системы энергосбережения // Морской вестник. — 2007. — № 1. — С. 38–40.