

А. В. Самсонов – ГМТУ, С.-Петербург

Применение восстанавливающих антифрикционных препаратов в малой энергетике позволяет повысить ресурс до капитального ремонта двигателей и вспомогательных механизмов, увеличить коэффициент полезного действия, снизить расход топлива.

Применение восстанавливающих антифрикционных препаратов в малой энергетике

В настоящее время в энергетике наблюдается децентрализация производства энергии, то есть переход от ее выработки на крупных энергетических объектах к производству на малых теплоэлектростанциях (ТЭС). Это позволяет повысить экономическую эффективность и снизить себестоимость производства электроэнергии, повысить надежность и качество электроснабжения, уменьшить сроки ввода автономных электростанций в эксплуатацию.

Однако с увеличением числа малых ТЭС, оснащенных в основном двигателями внутреннего сгорания, появляются и проблемы — они связаны с необходимостью регулярного технического обслуживания оборудования и плановыми ремонтами двигателей. Это требует вывода электростанции из эксплуатации на достаточно длительный срок, что приводит к большим финансовым затратам. При этом нужно заметить, что рынок «насыщен предложениями» производителей различных восстанавливающих антифрикционных препаратов (ВАФП). Они обещают восстановление изношенных узлов двигателя и повышение его эффективных показателей до номинальных без проведения капитального ремонта.

Действительно, использование ВАФП позволяет существенно улучшить характеристики двигателя и вспомогательных механизмов, снизить механические потери и время износа. Однако следует учитывать, что не все антифрикционные препараты действуют одинаково, а их неграмотное использование может привести не только снижению положительного эффекта, но и к отрицательным последствиям. Важно также отметить, что обработка двигателя и вспомогательных механизмов ВАФП не в состоянии восстановить рабочие характеристики полностью изношенных механизмов до номинальных параметров. Наибольший эффект обработки может

быть достигнут при средней степени износа механизма. В этом случае не только улучшаются характеристики двигателя и вспомогательных механизмов, но и значительно увеличивается ресурс до капитального ремонта. К сожалению, эти моменты, как правило, не отражены в инструкциях и технических рекомендациях по применению ВАФП производителями.

Рассмотрим существующие типы ВАФП, механизмы их работы, а также достоинства и недостатки антифрикционных препаратов.

Основной эффект от применения ВАФП заключается в восстановлении геометрии деталей и регулировании зазоров в сопряжениях трения. При этом также изменяются свойства рабочих поверхностей трущихся деталей: шероховатости, величины коэффициента трения и износа, усилия задира, твердости. В результате снижаются механические потери, восстанавливается топливная экономичность двигателей, уменьшается потребление энергии вспомогательными механизмами.

По структуре и свойствам активных компонентов выделяются следующие типы ВАФП:

- реметаллизанты;
- тефлоносодержащие препараты;
- полимерные препараты;
- слоистые модификаторы трения;
- кондиционеры металлов;
- мелкодисперсные композиции на базе искусственных алмазов;
- эпиламные препараты;
- металлоорганические препараты;
- ремонтно-восстановительные препараты.

Реметаллизанты — составы, нейтральный носитель которых, полностью растворимый в смазочном масле, содержит мелкодисперсные порошки, соединения или ионы мягких металлов (медь, бронза, кадмий, олово и др.). При по-

падании в зону трения эти соединения заполняют микронеровности, при этом создается плакирующий слой, восстанавливающий поверхность. Реметаллизанты применяются, в основном, для двигателей. В результате их использования восстанавливается компрессия, а также расход топлива и масла. Однако они имеют существенный недостаток, связанный с тем, что поверхностная твердость и износостойкость плакирующего слоя значительно ниже, чем у сопряженных деталей узлов трения, поэтому необходимо постоянное присутствие реметаллизанта в масле.

Аналогичный эффект наблюдается и при использовании **тефлоносодержащих препаратов**. Они применяются в зонах узлов трения со сравнительно низкими температурами. В зоне высоких температур эффективность их применения резко падает. Механизм сцепления тефлонового покрытия с поверхностью детали носит механический характер, что и определяет его нестойкость. Тефлон с поверхности трения удаляется путем механического соскабливания. Кроме того, он активно разлагается под воздействием высоких температур в камерах сгорания ДВС. Следовательно, для эффективной работы данного типа ВАФП также необходимо его постоянное присутствие в масле, что в связи с высокой стоимостью препарата – нерентабельно.

Использование **полимерных антифрикционных препаратов** способствует восстановлению мощности двигателя, расхода топлива и давления масла до номинальных параметров. Однако данный эффект наблюдается относительно недолго – до тех пор пока на поверхности трения сохраняется полимерный защитный слой, затем мощность резко падает и расход топлива увеличивается. Кроме того, при использовании этих препаратов приемный «грибок» масляного насоса и масляные каналы зарастают полимерами, сечение каналов уменьшается (именно этим объясняется увеличение давления масла), что приводит к уменьшению количества масла, подаваемого к подшипникам двигателя.

Слоистые модификаторы трения – это препараты, содержащие сернистые соединения молибдена, вольфрама и тантала. Механизм их работы заключается в формировании на поверхностях трения слоистого поверхностного слоя с малым коэффициентом трения. Эффект снижения механических потерь наступает быстро, однако слоистое покрытие не является стойким и пропадает при снижении концентрации препарата в масле. Кроме того, нужно отметить высокую скорость разложения сернистых соединений при высоких температурах, что приводит к коррозии газораспускного тракта. Также в ВАФП данного типа входит графит, который отклады-

вается в поршневых канавках, масляных каналах, на клапанах.

Одной из наиболее распространенных групп препаратов семейства антифрикционных препаратов являются **кондиционеры металлов**, построенные на базе хлорпарафиновых соединений. Механизм их работы основан на том, что масло, после ввода в него препарата (для классических кондиционеров металла это хлор и сера), растворяет металлические продукты износа, образуя соли. Попадая в зону трения, соли осаждаются с частичным выделением чистого металла. На поверхности трения образуется защитная пленка, обладающая пластическими, упругими и антифрикционными свойствами, которая также обладает стойкостью к высоким удельным нагрузкам и высокими антизадирными свойствами. К недостаткам кондиционеров металла следует отнести тот факт, что хлорсодержащие вещества являются высокотоксичными. К тому же, препараты данной группы разлагаются при высокой температуре, что требует их постоянного добавления в масло.

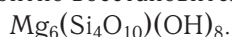
Действие **мелкодисперсных композиций** на базе искусственных алмазов сводится к модификации трения скольжения в трение качения. Роль шарикоподшипников выполняют ультрадисперсные алмазы (C60, C80). Благодаря применению данного типа ВАФП мощность трения снижается в 3-5 раз. Однако наличие твердых включений в масляный слой при действии высоких контактных давлений может привести к внедрению частиц в поверхностный слой детали и образованию своеобразной терки, которая срывает гидродинамический режим трения. Также существует проблема оседания твердых частиц в масляных каналах. При этом эффективность действия препарата будет постоянно снижаться в связи с уменьшением концентрации действующего компонента в масле.

Работа **эпиламных и металлоорганических антифрикционных препаратов** построена на базе формирования защитных слоев на поверхностях трения. Эпиламообразующие вещества – это поверхностно-активные соединения с содержанием фтора. Поверхностные слои узлов трения насыщаются длинными фторсодержащими молекулами, которые выполняют роль своеобразного армирующего материала, резко повышающего поверхностную прочность деталей.

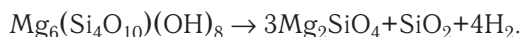
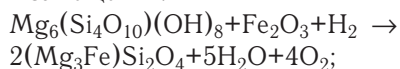
При использовании препаратов металлоорганической группы в зоне триботехнических контактов под воздействием поверхностно-активных веществ образуются соединения металлов. При этом в зоне трения под воздействием высоких температур реализуется механизм локальных поверхностных реакций, при котором реализуется химическая микрошлифовка поверх-

ности. Продуктами реакции являются соединения металла, которыми заполняются впадины шероховатостей и дефекты поверхности. Чистота поверхности после формирования упрочненного слоя увеличивается на 60-80 %, при этом возрастает и поверхностная твердость и износостойкость покрытия. Также на поверхности формируется микроячеистая сотовая структура, удерживающая масло. Износостойкий антифрикционный слой формируется на атомарном уровне, являясь по сути структурой кристаллической решетки металла, что и определяет его высокую прочность. Недостатками данного типа ВАФП являются высокая стоимость препарата и возможность его использования только в зонах высоких температур.

Ремонтно-восстановительные составы на базе серпентинито-магниевого составов (СМС) получили в последнее время достаточно широкое распространение. Принцип их работы основан на том, что после ввода препарата в зону трения механотермохимические процессы износа узлов трения (адгезионные и когезионные отрывы микрорельефа в зоне среза микронеровностей) и температурные эффекты заедания начинают не разрушать поверхность трения, а избирательно восстанавливать геометрию деталей трения и номинальные зазоры. Это происходит за счет образования в зонах контакта поверхностей металлосиликатных защитных слоев с высокими противоизносными и антифрикционными свойствами. Химическая формула защитного слоя, образующегося в результате применения ремонтно-восстановительного состава, имеет вид:



В основу образования металлосиликатного слоя на поверхностях трения положена энергетическая теория, при которой происходят реакции замещения:



В процессе трения кристаллы Mg_2SiO_4 уплотняются и ориентируются в направлении относительного перемещения поверхностей трения, увеличиваются их размеры, усиливается твердость, и контакт трущихся поверхностей начинает осуществляться по металлосиликатной основе. Трение металлосиликатной поверхности значительно уменьшается, локальные температуры трения снижаются, и рост поверхности прекращается. Полученная поверхность имеет одинаковый с основным металлом коэффициент линейного термического расширения, обладает высокой твердостью и свойствами диэлектрика. Коэффициент трения металлосиликатной по-

верхности составляет 0,03...0,07. При этом следует отметить, что если в штатных условиях детали двигателей и вспомогательных механизмов выходят из строя по причине износа поверхностей, то после обработки СМС они начинают выходить из строя вследствие усталостных разрушений. При этом срок безремонтной эксплуатации механизма становится практически равным сроку его службы.

Основными преимуществами препаратов данной группы является универсальность их применения для различных температурных режимов работы узлов трения, относительно невысокая стоимость, стабильность результатов во времени, положительный опыт их эффективного применения в разных отраслях промышленности. К недостаткам следует отнести сложность применения препарата. Она обусловлена необходимостью определения требуемых режимов работы механизма, так как именно от этих параметров в большей степени зависит эффективность восстановления поверхностей трения. Нарушение этих условий может привести к ухудшению технико-экономических показателей механизма и даже к его выходу из строя, что неоднократно наблюдалось на практике.

В заключение нужно отметить, что пока еще не накоплен достаточный опыт применения антифрикционных препаратов. Практически отсутствует научно обоснованная методология использования препаратов, не разработана технология их применения в зависимости от типа и характеристик механизма, степени его износа, режимов работы, что, безусловно, сказывается на эффективности их использования. Однако применение ВАФП уже на данный момент позволяет получить значительный экономический эффект, что свидетельствует о целесообразности и рентабельности их дальнейшего развития и использования в различных отраслях промышленности, в том числе и малой энергетике. ■

Использованная литература

1. Г.И. Шаров, В.К. Румб, А.В. Самсонов. *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.
2. Хайнике Г. *Трибохимия*. Пер. с англ. М.: Мир, 1987. 584 с.
3. А. В. Самсонов. *Использование поршневых ДВС для нужд малой энергетики* / Материалы межотраслевой научно-технической конференции, посвященной 75-летию кафедры судовых ДВС и дизельных установок // СПб ГМТУ, 2005. С. 103-105.