

пользования эмульсии в эксплуатации. Положительный эффект от применения ВТЭ не вызывает сомнений. Особо следует выделить вопрос применения комбинированных ВТЭ из смесей спиртовых топлив, растительного масла и угольных суспензий.

Отметим положительные стороны применения ВТЭ: эмульсия обеспечивает снижение NO_x до требований действующих стандартов; существенно повышает эффективность работы дизелей, особенно на частичных режимах и в первую очередь дизелей, бывших в эксплуатации; позволяет использовать обводненные топлива; позволяет эффективно применять спиртовые топлива, угольные суспензии и смеси метиловых эфиров с растительными топливами; за счет гомогенизации тяжелых топлив уменьшается остаток в виде шлама; снижается дымность ОГ, понижается температурное состояние ЦПГ и двигателя; обеспечивается «моточистка» ЦПГ и выпускного тракта; снижается коксуемость распылителей и увеличивается ресурс их работы; снижаются затраты на ремонты и обслуживание; расширяется диапазон стабильных подач ТА при форсировании дизелей; улучшается качество параллельной работы дизель-генераторов;

ВТЭ должны занять отдельное место в списке альтернативных топлив. Это путь улучшения качества и глубины использования традиционных топлив, более того ВТЭ позволяют вводить рациональным путем присадки в топливо, обеспечивать качественное выгорание углеводородных, азотоводородных, спиртовых и бензометанольных смесей и топлив. ВТЭ обеспечивают «моточистку» двигателя, обеспечивают снижение оксидов азота в ОГ до 2...2,5 раз, что позволяет отказаться от применения дорогостоящих нейтрализаторов (при затратах в сто тысяч долларов на 1 МВт мощности).

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ПОРШНЕВЫХ ДВС

Шаров Г.И., Ерохин И.А., Осипенко Ю.В., Никитин С.П.

*Санкт-Петербургский государственный морской
технический университет, г. Санкт-Петербург*

Серпентинито-магниевый состав (СМС) – это многокомпонентная мелкодисперсная смесь минералов-ферросерпентинитов, хлоритов, каолинитов. Преимущественно для его изготовления применяются минералы группы слоистых силикатов – серпентиниты.

Среди обширного комплекса технологических свойств минералов менее всего изучены их триботехнические свойства. Этим обусловлена и достаточно малая их применимость в этом направлении. Единственными

общеизвестными минералами, использующимися в качестве смазывающих средств, являются тальк, графит, молибденит и алмаз.

Слоистые силикаты имеют значимое превосходство по отношению к общеизвестным твердофазным смазкам и другим аналогичным составам и технологиям. Из курса геологии известно, что в природе слоистые силикаты (в частности серпентиниты) играют роль граничных смазок – зеркал скольжения при тектонических подвижках и смещениях. Возможность технической реализации «зеркал скольжения» аналогичным природным на поверхностях трения в реально действующих механизмах и послужила основой для появления геоактиваторов. Современные методы исследований подтвердили практическую действительность и значимость свойств серпентинитов, изготовленных из древнейших горных пород.

Разность получаемых результатов при использовании этих составов при различных условиях, их узкопрофильное назначение, натолкнули на идею создания более универсального соединения минералов, способного создавать «зеркала скольжения»: оно менее зависимо от условий работы пар трения, видов их сопряжения и материалов, из которых эти пары изготовлены.

Трибосистема представляет собой сопряжение двух и более тел между собой при их взаимном перемещении и взаимодействии друг с другом в разных координационных областях одновременно. Под координационными областями здесь подразумевается множество видов различных процессов, обладающих отличительными признаками и протекающих по своим отличительным законам. Это такие процессы взаимодействий, как механические, физические, химические, электрические и др.

Следует отметить, что все эти виды взаимодействий-процессов для одной трибосистемы взаимосвязаны и, протекая одновременно, являются сложным комплексом образований, вытекающими друг из друга.

Также следует отметить, что большую часть рассматриваемых нами процессов-взаимодействий следует рассматривать как микропроцессы, что не всегда объясняется общепринятыми понятиями (или объясняется со ссылкой на величину погрешности).

Для простоты на первом этапе рассмотрим любую трибосистему как взаимодействие трёх тел: сталь – смазка – сталь, без учёта вида относительного перемещения, хим. состава тел и внешних нагрузок, т.к. на уровне микропроцессов это не влияет в значимой степени на энергетику процесса

Будем исходить из того, что величина «работающих» частиц СМС 1 – 10 мкм, толщина плёнки «смазки» - 5 – 20 мкм, а шероховатость поверхности тел (сталь) соизмерима этим же размерам, что с небольшой долей погрешности соответствует реальной действительности для большинства трибосистем. Из этого вытекает, что процессы, происходящие внутри такой системы, являются микропроцессами.

При взаимном перемещении поверхностей в зонах их контактов (в местах «выступов») происходят сломы пиков. При этих столкновениях микропиков одновременно происходит ряд процессов.

1. Слом пиков и, как следствие, выделение тепловой энергии равной $400^{\circ}\text{C} - 1100^{\circ}\text{C}$ (для среднеуглеродистых сталей), появление текучести и фазовых сдвигов.
2. Смещение фаз образований (слоёв) на поверхности тела (стали), следствие – возникновение электрических энергий и магнитных полей.
3. Влияние всех этих следствий на частицу СМС.
4. Механическое воздействие на частицу СМС – разрыв связей $\text{Si} - \text{O} - \text{Si}$; $\text{Si} - \text{O} - \text{OH} - \text{Металл}$, $\text{Si} - \text{O} - \text{OH}$ и др.
5. Появление момента текучести металла вызывает прохождение локальных микрометаллургических процессов с участием СМС.
6. Частицы СМС являются катализатором-раскислителем, восстановителем, и пр., и пр., т.е. инициатором металлургических процессов, т.к. обладают всем необходимым для этого.

Если учесть, что данные процессы происходят без видимого влияния внешней среды, в силу их локальности, то влиянием внешних факторов, в частности кислорода, можно пренебречь. Итак, рассмотрев процесс образования новых фаз в зонах контактов и проводя аналогию происходящих процессов с металлургическими, приходим к выводу возможного соответствия физико-химических процессов.

Рассмотрим физико-химические процессы, происходящие при этом. Общая химическая формула СМС – $\text{Mg}_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$ и сопутствующие включения: Fe; Ca; Ni; Ti; Cr; Cu; Pt и др. в виде окислов и других групп.

Параметр Ларсена подразумевает включения (до % масс)

$\text{SiO} - 1\%$; $\text{SiO}_2 - 13\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 1\%$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 3\%$; $\text{FeO} - 1\%$; $\text{MgO} - 40\%$ и др.

$\text{H}_2\text{O} - (13 - 20\%)$

Если сравнить с добавками, используемыми в металлургии, то снова увидим некоторое соответствие с процессом получения металлов ($\text{Si} - \text{Ca}$; $\text{Ca} - \text{Si} - \text{Al}$), ферросиликатов ($\text{Fe} - \text{Si}$) и др.

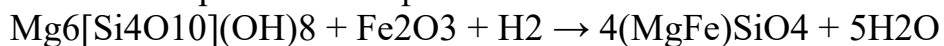
При прохождении реакций под действием указанных выше факторов на поверхности получаем прохождение окислительно-восстановительной реакции, что есть суть – типовые колебательные химические реакции, вызывающие концентрацию трёх веществ. Эти процессы подробно описаны в работах Хайнике Г. «Трибохимия», Походня И.К., Швачко В.И. и др. «О механизме влияния водорода на металлы». Из этих работ следует:

Для создания в трибосистеме устойчивого равновесия протекания окислительно-восстановительных реакций в зону трения необходимо ввести гидрокислоты, содержащие ионы-катализаторы металлов с переменной валентностью. Такие условия препятствуют образованию свободных ради-

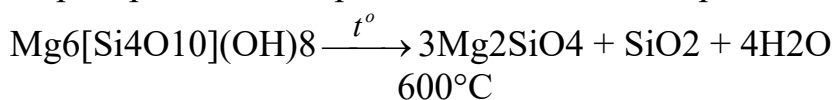
калов и выходу их координационной сферы. Благодаря этому ионы металлов остаются в зоне трения, чем препятствуют изнашиванию поверхностей. Из этих же работ мы знаем, что побочным продуктом окислительно-восстановительных реакций, при колебаниях скорости их прохождения, является вода. Образованная таким образом гидрофаза участвует далее в процессе снижения силы трения и изнашивания трибосистемы.

В используемых гидросиликатах металлов мы имеем указанный выше химический и фазовый состав, который обуславливается сложными конгломератами октаэдрических и тетраэдрических соединений со связями: $\text{Si} - \text{O} - \text{Si}$; $\text{Si} - \text{O} - \text{OH} - \text{Металл}$ и др.

При механическом и тепловом воздействии часть связей обрывается, и мы получаем соединения с освободившимися связями типа $\text{Si} - \text{O} - ()$; $\text{Si} - \text{O} - \text{OH} - ()$ и выделение воды H_2O , полученной в результате адсорбирования H из металла, и освобождение конституционной воды из минерала. При этом идёт активный процесс замещения связей за счёт адсорбирования водорода и образования новых связей $\text{Si} - \text{O} - \text{OH}$; $\text{Si} - \text{O} - \text{Fe}$ и т.д. Этот процесс приводит к возникновению следующих реакций между кристаллами РВС и кристаллами фаз металла:



Это подтверждается на практике выделением относительно большого количества воды и фазовым анализом поверхностей после взаимодействия с СМС и соответствует доказательствам Хейда и Банистера о термическом преобразовании серпентинитов согласно реакции:



Видим две идентичные реакции с выделением воды и возможным взаимозамещением «оливин» на «форстерит + кремнезем». Прохождение обеих реакций протекает при идентичных условиях с соизмеримым количеством затрат энергии.

Исследуя далее процессы в металлургии и процессы, происходящие в рассматриваемой трибосистеме, убеждаемся в их постоянном сходстве и по протеканию реакций, и по фазовым физико-техническим преобразованиям при сравнимых энергозатратах и прочих равных условиях.

Итак, триботехническая оценка ферросерпентинитов должна производиться из учёта их способности к инициированию микрометаллургических процессов, в результате которых мы должны получить поверхности металлосиликатов, аналогичных форстеритам (оливинам).

Не вдаваясь в подробности, перечислим только основные положительные отличия СМС от других серпентинитов:

1. Высокое удельное электрическое сопротивление – $10^6 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, что способствует притуплению электрохимических и электромагнитных явлений и уменьшению изнашивания.

2. Высокие (несколько ниже кварца) пьезоэлектрические свойства, что способствует подавлению трибоэлектрического эффекта.

3. Относительная диэлектрическая проницаемость: 25 – 30 ед.; что является подтверждением аналогичных сил адгезии и когезии (аутогезии).

4. Относительная магнитная восприимчивость: $\sim 0,2$, что значительно усиливает способность к аутонезии магнитного происхождения.

5. Особая структура, позволяющая получить анизотропные свойства: когда атомы одной плоскости имеют сильные ковалентные связи, между параллельными рядами связи слабее, а значит, силы, необходимые для сдвига слоёв ферросерпентинита, меньше силы связи с металлом.

6. Низкая теплопроводность: в десятки раз ниже известных твёрдых смазок.

7. Наличие гидрофазы: в структуру геоактиватора входит вода, расположенная слоями. За счёт чего на поверхностях сопряжений образуются прочные гидратированные слои, соединённые жидкой прослойкой, что снижает силу трения.

8. Высокая твердость по «а» плоскости, что способствует сопротивлению изнашиванию и высокому пределу текучести.

Образование металлосиликатной поверхности с помощью СМС было получено, в частности, на двигателе М-100. Двигатель отработал 60% своего ресурса и требовал очередного среднего ремонта. Для восстановления износов КШМ двигателя было проведено три СМС-обработки. В результате было получено увеличение давления сжатия P_c на 4,8%; коэффициент трения в ДВС уменьшился в 3-4 раза и увеличился ресурс работы двигателя.

Таким образом, система энергосбережения позволяет уменьшить скорость износа пары трения и увеличить ресурс трущейся пары в 1,8-2 раза. Результаты проведенной работы экспериментально показали, что применение СМС позволяет:

- получить экономию топлива - 5..15%;
- снизить расход масел; восстановить геометрические размеры изношенных деталей трения механизма в режиме штатной эксплуатации;
- увеличить ресурс кривошипно-шатунного механизма ДВС в 1,8-2 раза;
- уменьшить дымность отработавших газов на 40%.

Получение практических результатов при применении СМС на других видах оборудования сегодня подтверждается различными потребителями в разных странах мира. Основным технико-экономическим эффектом является увеличение эффективной мощности двигателя на 20%, снижение удельного расхода топлива g_e на 3%, повышение долговечности в 1,5 – 3 раза, а также снижение потерь трения на 20-30%, уменьшение уровня дымности отработавших газов на 20 – 40%.