

## ЛЕГИРОВАНИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**А. В. Баранов, В. А. Вагнер, С. В. Тарасевич, О. Л. Маломыжев\***  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,  
Барнаул, Россия

\* Иркутский государственный технический университет,  
Иркутск, Россия

Одним из актуальных традиционных методов снижения сил трения и изнашивания на сегодняшний день является использование различных пленкообразующих легирующих компонентов, вводимых в состав смазочных материалов в виде присадок, не влияющих на первоначальные химические свойства самого исходного материала смазки. Эти присадки в процессе работы сопряжения образуют на поверхностях трения малопрочные адсорбированные слои высокомолекулярных веществ, либо более прочные хемосорбированные слои, как правило, соединений серы, хлора, фосфора и т.д. Особую группу занимают так называемые металлоплакирующие присадки, формирующие на трущихся поверхностях пленки мягких металлов, имеющие также экранную функцию, но более прочную.

На рисунке 1 приведен внешний вид фрикционных поверхностей при использовании в смазочном материале металлоплакирующей присадки мелкодисперсного порошка чистой меди, наблюдаемый нами только в «закрытых» сопряжениях. Поверхность непосредственного контакта, в данных случаях, покрывается защитной пленкой меди почти полностью [1]. При этом исследования показывают, что при относительно временном снижении интенсивности изнашивания (даже при «отрицательном» изнашивании) наблюдается некоторое повышение коэффициента трения [1].

Указанный положительный эффект компенсации износа, как то повышение «компрессии» в ДВС (также достаточно временном), широко разрекламирован рядом производителей «чудодейственных» присадок. Однако, на наш взгляд, этот способ повышения промышленной эффективности смазочных масел не является универсальным и полезным для широкого круга кинематических пар.

Согласно современным представлениям необходимым условием внешнего трения яв-

ляется увеличение сдвигового сопротивления при удалении от поверхности в глубь материала - «правило положительного градиента». Исходя из этих позиций, сдвиговая прочность модифицирующих защитных слоев не должна превышать прочности подложки и должна уменьшаться при удалении от основного материала.



Рисунок 1 - Внешний вид поверхностей трения образцов возвратно-поступательного и торцевого трения при медьсодержащем смазочном материале

В зависимости от режима для нормальной работы сопряжения в условиях внешнего трения необходимо различное модифицирование поверхности. В условиях легких режимов достаточно иметь адсорбированный слой (имеющий достаточно большую прочность на сжатие и минимальную на сдвиг), обеспечивающий малый коэффициент трения. Для повышения несущей способности таких слоев адсорбат должен иметь по возможности длинные полярные молекулы, образующий квазиполимерный одно-многомолекулярные

## ЛЕГИРОВАНИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

адсорбционные слои.

Жесткие режимы требуют наличие более прочных слоев. В противном случае могут возникать местные ювенильные металлические связи, если не приводящие к задирам, то вызывающие общеинтегральное повышение сопротивления сдвигу. Роль модифицированных слоев, в данном случае, заключается в способности насыщать свободные связи кристаллической решетки ювенильных поверхностей, обнажающихся в процессе пластической деформации при трении, препятствовать их схватыванию и разрушению на глубину. Это можно также обеспечить созданием металлоплакирующих слоев, но желательно, только в местах жесткого микроконтакта.

Таким образом, прочность и тип защитных слоев, их локализация, а, следовательно, и тип присадки, должен соответствовать локальному режиму трения. Ситуация осложняется тем, что распределение высот микронеровностей поверхностей имеет сложный стохастический характер, при этом, в одной паре будут иметь место легко- и тяжело нагруженные микроконтакты. Решению обеспечения генерации соответствующих защитных слоев в реальных парах и посвящена данная работа.

Данная задача, с нашей точки зрения, может быть частично решена созданием на поверхности многослойной структуры третьего тела, расположив слои таким образом, чтобы прочность возрастала при приближении к основному материалу поверхности. Тогда при возможном разрушении верхних слоев, в работу вступают низлежащие слои - более прочные, хотя и имеющие большее сопротивление сдвигу.

В настоящей работе сделана попытка достичь данного эффекта применением в составе смазочного материала адсорбционного слоя жирной олеиновой кислоты  $C_{18}H_{33}O_2$ .

Эффект снижения коэффициента трения при использовании данного компонента в смазочном материале известен давно. Однако, непосредственный контакт олеиновой кислоты с основным материалом (даже с его поверхностными окислами), иногда вызывает ухудшение износных характеристик. Кроме того, данный слой непрочен при жестких микроконтактах.

Для экранирования разрушительного воздействия адсобата необходимы дополнительные возобновляемые нижележащие подслои. По этой причине смазочный материал был дополнительно легирован пленкообразующими компонентами - неорганическими соединениями хлоридов меди ( $CuCl_2$ ) или олова ( $SnCl_4$ ), генерирующими возобновляемые подслои в условиях жестких микроконтактов.

Задача осложнялась тем, что галогениды металлов практически нерастворимы в минеральных маслах. В нашем случае для получения растворимой среды был применен одноатомный спирт - октанол, который относительно хорошо растворяет соли и совмещается с маслами, давая стабильные композиции.

Сравнительные испытания базового химически инактивного индустриального масла И-20А и модифицированного проводились на машине радиального трения по схеме: ролик-колотка пары сталь-сталь с использованием добавки к маслу высокомолекулярной олеиновой кислоты и комплексом присадок [2]. Результаты изменения относительных сил трения в функции времени приведены на рисунке 2.

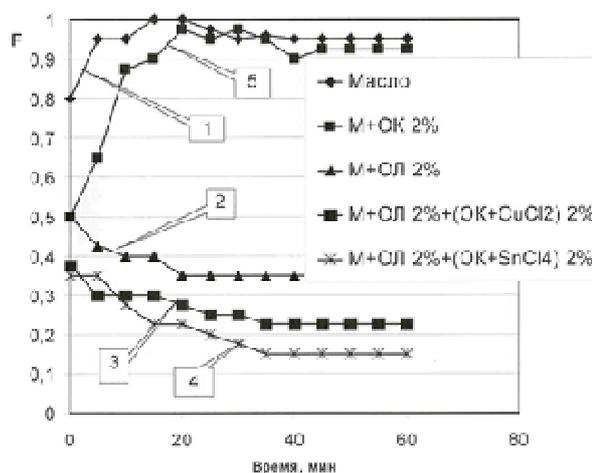


Рисунок 2 – Кинетика относительного коэффициента трения в функции времени работы сопряжения

Кривая 1 соответствует кинетике изменения относительных сил трения, предварительно приработанного сопряжения, смазываемого базовым смазочным материалом

(М). Базовый смазочный материал представляет собой химически инертное промышленное масло И-20А. Величина относительных сил трения, соответствующая установившемуся режиму данного случая принята за 1. Добавка к маслу высокомолекулярной жирной олеиновой кислоты (ОЛ) ведет к значительному падению сил трения за счет создания упорядоченного квазиполимерного адсорбционного слоя (кривая 2). Дополнительное введение растворенных в октаноле хлоридов, создающих добавочные подслои, приводит к большему эффекту (кривая 3 и 4). Картина последнего эффекта нам представляется следующим образом.

Жесткие условия микроконтактов и разрушение адсорбционного слоя, сопровождаемое температурными вспышками, приводят к местному разложению солей с последующим формированием полимолекулярного слоя хлоридов железа ( $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ ). Наличие активных свободных ионов металла, после разложения вводимой соли, влечет к образованию дополнительной металлоплакирующей пленки, имеющей более низкий предел сдвига по отношению к стали, формирующейся только в проблемных местах. Лучшие антифрикционные свойства олова объясняются неспособностью этого металла к наклепу. В отличие от меди оно неспособно к образова-

нию твердых упрочненных коагулятов и жесткому воздействию на поверхность.

Кривая 5, соответствующая маслу, с введенным в него октанолом (ОК), показывает, что сам низкомолекулярный спирт, использованный в качестве растворителя, не образует достаточно эффективной адсорбционной пленки и на режим трения не влияет.

Таким образом, используя указанные композиционные присадки, возможно снижение потерь на трение до 5 раз, которые и могут быть рекомендованы для использования в определенном круге узлов трения.

Отметим, что аналогичные результаты были получены и в паре сталь-алюминий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев, В.М. Об использовании в узлах трения пластичных смазочных материалов / В.М. Лебедев, А.В. Баранов // Долговечность трущихся деталей машин. 1989. - Вып.4. - С.30-36.
2. Баранов, А.В. Повышение эффективности смазочных сред / А.В. Баранов, В.А. Вагнер, С.В. Тарасевич // Инженерия поверхности и реновация изделий: материалы 7-й международной научно-технической конференции, 29-31 мая 2007 г., г. Ялта. – Киев: АТМ Украины, 2007. – С. 17-19.