

# Влияние добавок и присадок в смазочных материалах при граничном трении

Студентка группы САТ-401: Крицкая Мария  
Руководитель: к.т.н., доцент Тихомиров П.В.

# Цель исследования:

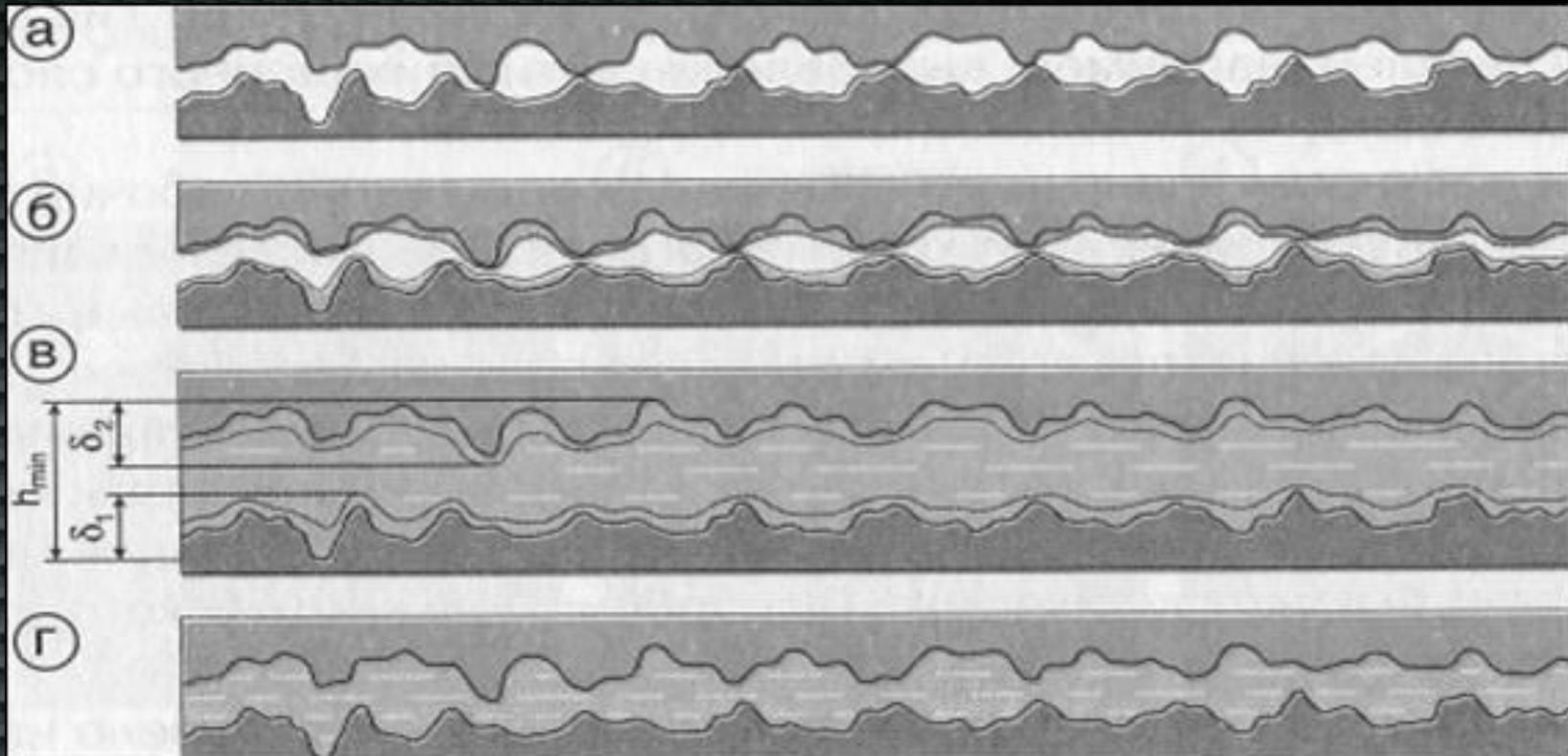
Анализ влияния добавок и присадок на смазочные свойства при граничном трении

Для достижения цели решались следующие задачи:

1. Общие понятия о граничном трении;
2. Применение смазочных материалов в автомобилестроении;
3. Существующие добавки и присадки к базовым маслам;
4. Механизм снижения трения при взаимодействии присадок с металлическими поверхностями.

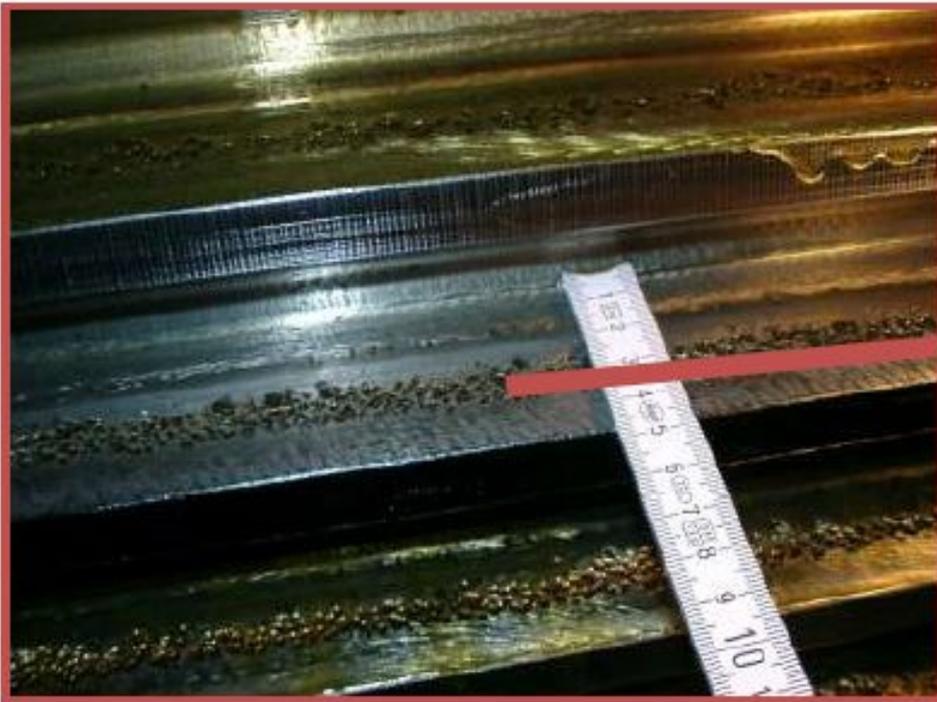
# Общие понятия о граничном трении

Граничная смазка — смазка между трущимися поверхностями при их частичном контакте друг с другом, когда имеет место разрыв масляной плёнки. Термин также обозначает непрочную пленку смазки.



Виды трения по наличию смазочного материала: а-трение без смазки (сухое трение); б-граничное трение; в-жидкостное трение; г-смешанное трение;  $h_{\min}$  - величина зазора между трущимися поверхностями;  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  - высота микронеровностей на трущихся поверхностях.

Коэффициент граничного трения составляет 0,08-0,15. Режим граничного трения очень неустойчив и характеризует предел работоспособности узла трения. Если граничный слой разрушается, а нагрузка превышает силы сцепления смазочного материала с рабочей поверхностью детали, то в месте контакта возникает сухое трение и, как следствие, задиры, заклинивания, и другие аварийные повреждения деталей. Например, появления микропиттинга (образование серых пятен) на зубчатых колесах и подшипниках. Характеризуется образованием мелких трещин (величиной около  $10\ \mu\text{m}$ ). Поврежденные поверхности имеют серый матовый цвет. Как правило, серые пятна образуются на ранней стадии эксплуатации.



## Последствия:

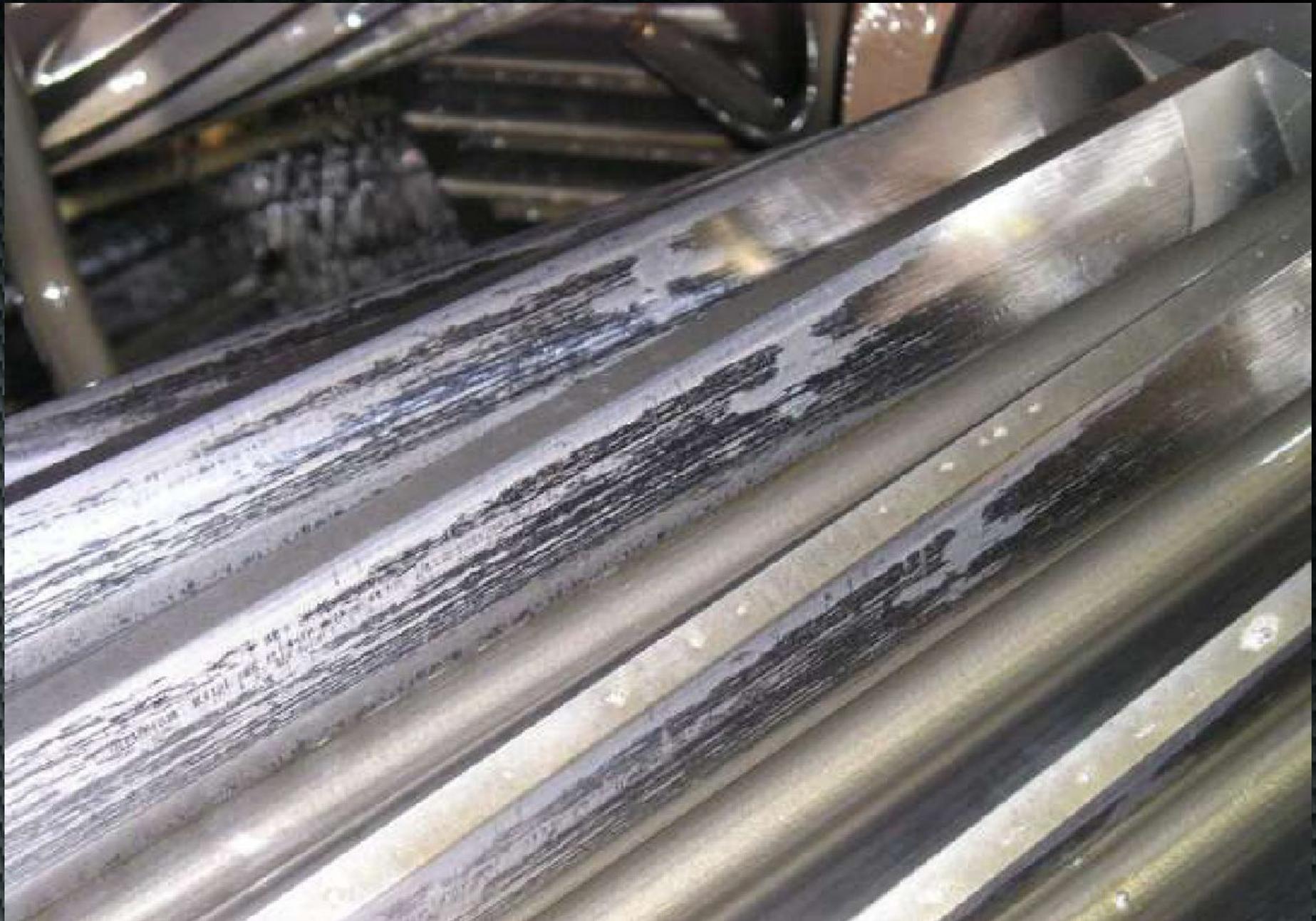
В большинстве случаев поврежденная серыми пятнами (трещинками) поверхность остается неизменной. Нередко ее могут определить только эксперты. Более сильные шумы при эксплуатации –еще один индикатор поврежденной поверхности.

Однако «срачивание» большого количества трещин может привести к сколу части боковой поверхности зуба.

Заметные углубления нарушают целостность коробки передач и поверхность подшипников. Возникает при превышении допустимых границ нагрузки, слишком длинных интервалах смены масла, экстремальных условиях эксплуатации, а также при неправильном подборе смазочного материала.



## Повреждения зубьев



# Применение смазочных материалов в автомобилестроении

## Перечислим основные функции смазочных материалов:

- обеспечить чистоту деталей двигателя, за счет высоких моющих, диспергирующе-стабилизирующих и солюбилизирующих свойств по отношению к различным нерастворимым загрязнениям;
- способствовать легкому холодному пуску двигателя, обеспечивать хорошую прокачиваемость при холодном пуске и надежное смазывание в экстремальных условиях при высоких нагрузках и температуре окружающей среды за счет оптимальных вязкостно-температурных свойств и низкой температуры застывания;
- отводить тепло от нагретых деталей двигателя, обеспечивать надежную работу двигателя при высоких температурах в зоне цилиндропоршневой группы и в зоне картера за счет высокой термической и термоокислительной стабильности;
- обеспечивать надежную смазку деталей автомобиля при любых режимах его работы за счет высоких антифрикционных, противоизносных и противозадирных свойств.

При подборе моторных масел для любой техники используют 2 основных параметра:

1. Вязкость масла (SAE, ISO, ГОСТ) определяет температурные диапазоны применения масла;
2. «Качественный» показатель:
  - Международные классификации API, ACEA, ISO
  - Допуски/спецификации производителей техники (Volvo, Scania, MB, Caterpillar ...)

# Существующие добавки и присадки к базовым маслам



Базовые масла: 70 - 95%  
(собственная база)

Присадки: 5 – 20%

Загустители: 0 - 20%

Депрессор: 0 - 1%

## БАЗОВЫЕ МАСЛА

### Минеральные (собственная база MOL)

- Дешевы в производстве
- Хорошо растворяют присадки

### Гидрокрекинговые (собственная база MOL)

- Улучшенная окислительная и термическая стабильность
- Лучшие низкотемпературные свойства

### Синтетические

- Лучшие низкотемпературные свойства
- Лучшие вязкостные свойства при рабочих температурах
- Хорошая окислительная и термическая стабильность
- Низкий расход на угар

### Полусинтетические

- минеральное + синтетическое базовое масло

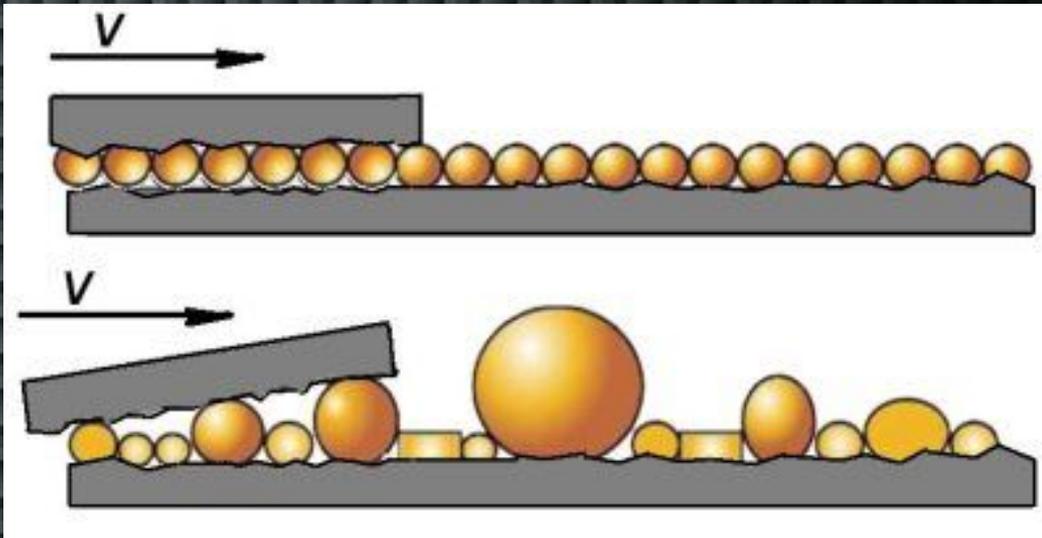


Схема взаимодействия синтетического (вверху) и минерального (снизу) масел с поверхностями трения

**Присадки** – синтетические химические соединения, вводимые в базовые масла для улучшения свойств в периоды эксплуатации и хранения.

Почти все товарные смазочные материалы содержат присадки, улучшающие их характеристики, в количествах от 1 % до 25 %. Самый большой рынок присадок - моторные масла для транспорта, включая присадки к двигателям легковых автомобилей, грузовиков, автобусов.

#### **Действия присадок:**

- Придают маслу новые свойства (образуют на поверхности трущихся деталей защитную пленку)
- Улучшают имеющиеся свойства масла (понижают температуру застывания, улучшают вязкостно-температурные характеристики)
- Замедляют или останавливают нежелательные процессы (замедляют окисление, коррозию металла, образования шлама).

# ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ ПРИСАДОК

Класс	Назначение	Вещества
<b>ДИСПЕРСАНТЫ</b>	Предотвращают осаждение продуктов износа двигателя и деструкции масла	<i>Полиалкилтиофосфаты, Алкилсукцинимиды</i>
<b>ДЕТЕРГЕНТЫ</b>	Моющие	<i>Металлоорг. Соединения, феноляты, Фосфаты и сульфонаты са, тг, ва</i>
<b>АНТИОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ</b>	Предотвращают окислительную Деструкцию масла	<i>ДИТИОФОСФАТЫ zn, ФЕНОЛЫ, АРОМАТИЧЕСКИЕ амины, сульфофенолы</i>
<b>ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ</b>	Предотвращают коррозию деталей двигателя	<i>ДИТИОФОСФАТЫ zn, ФЕНОЛЯТЫ МЕТАЛЛОВ, Сульфонаты щелочных металлов, Жирные кислоты, амины</i>
<b>МОДИФИКАТОРЫ ТРЕНИЯ</b>	Изменяют коэффициент трения	<i>Органические жирные кислоты, Высокмолекулярные эфиры Фосфорной и фосфористой кислот</i>
<b>ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ, ПРОТИВОЗАДИРНЫЕ</b>	Уменьшают трение, износ, Предотвращают задиры	<i>ДИТИОФОСФАТЫ zn, ОРГАНИЧЕСКИЕ Серо-, фосфор-, хлорсодержащие Соединения, сульфиды, дисульфиды</i>
<b>АНТИПЕННЫЕ</b>	Предотвращают пенообразование масла	<i>Силиконовые полимеры, органические Сополимеры</i>
<b>ДЕАКТИВАТОРЫ МЕТАЛЛОВ</b>	Уменьшают каталитическую активность металлов в окислительных процессах	<i>Азот-, серосодержащие органические Комплексы, амины, сульфиды, фосфаты</i>
<b>ДЕПРЕССОРНЫЕ</b>	Снижают температуру застывания масла	<i>Алкилированные нафталины, фено-Ловые полимеры, полиметакрилаты</i>
<b>МОДИФИКАТОРЫ ВЯЗКОСТИ (ЗАГУЩАЮЩИЕ)</b>	Повышают индекс вязкости (уменьшают температурную зависимость вязкости)	<i>Полиметакрилаты (сополимеры пма), Бутандиен, олефины, алкилстиролы</i>

# Механизм снижения трения при взаимодействии присадок с металлическими поверхностями

Тип присадки	Цель	Функция
<b>Противоизносные и противозадирные присадки</b>	Уменьшают трение и износ, предотвращают задир и заклинивание	Образовывают пленку с более низкой силой сдвига, чем металл. Таким образом, предотвращается контакт «металл к металлу»
<b>Ингибиторы коррозии</b>	Предотвращают коррозию, и ржавление металлических частей в контакте со смазочным материалом	Обеспечивают защитную пленку и нейтрализовать коррозионные действия кислот.
<b>Детергенты</b>	Содержат поверхности свободными от отложений	Вступают в химическую реакцию с шламом, нагаром и лаками, чтобы нейтрализовать их действие.
<b>Дисперсант</b>	Содержит нерастворимые загрязняющие примеси в смазочном материале во взвешенном состоянии	В результате реакции загрязняющие примеси связываются полярным притяжением к молекулам дисперсанта.
<b>Модификаторы трения</b>	Изменяют коэффициент трения	Обеспечивают избирательную адсорбцию поверхностно-активных материалов

Самым распространенным антифрикционной присадкой является дисульфида молибдена ( $\text{MoS}_2$ ).  $\text{MoS}_2$  имеет уникальную слоистую структуру, что делает его особенно эффективным. На сегодняшний день дисульфид молибдена изучен лучше. Современными исследованиями установлено, что **высокая смазочная способность  $\text{MoS}_2$**  объясняется не только его физическими свойствами, но и химическими реакциями между дисульфидом молибдена и металлом подложки.

Образование пленки на поверхностях пар трения возможно только при определенном сочетании химического состава смазочного материала и технологии обработки сопряженных деталей. Молибденсодержащая пленка обладает очень высокими антифрикционными свойствами, поэтому эффективно уменьшает потери на трение и снижает износ деталей.

Микропорошок дисульфида молибдена составляют «чешуйки» размерами от 0,5 до 2 мкм и толщиной 0,05 мкм. Их получают путем непрерывного семисуточного перемалывания в специальных мельницах. Благодаря особо тонкому помолу и специальным стабилизаторам частицы  $\text{MoS}_2$  свободно проходят сквозь любой автомобильный фильтр и не выпадают в осадок даже в центрифуге.



## **Анализируя влияние добавок и присадок в смазочных материалах при граничном трении, можно сделать следующие выводы:**

В условиях граничной смазки и «масляного голодания» наличие тонкой пленки (5-15 мкм) обеспечивает понижение коэффициента трения в 3-5 раз (до 0,02-0,06). В результате практически исключается возможность задиров тяжело нагруженных деталей и замедляется их износ.

По данным зарубежных исследований применение масел и смазок с дисульфидом молибдена увеличивает срок службы самых разных узлов и деталей автомобилей на 30-90%.

В результате многочисленных испытаний отмечено снижение износа, уменьшение потерь на трение. Некоторые фирмы-производители вводят **дисульфид молибдена** в свою продукцию в качестве антифрикционных присадок.

При отсутствии в базовом масле дисульфида молибдена, его стоит добавлять на 3 - 4 раз замены масла (после приработки всех деталей в автомобиле).

**Спасибо за внимание !**