

УДК 621.89

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Б. И. КОСТЕЦКИЙ, В. А. КОМПАНИЕЦ, М. Э. НАТАНСОН
**О ПРИРОДЕ ДЕСТРУКЦИИ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ
ПРИ ГРАНИЧНОМ ТРЕНИИ**

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 29 IV 1971)

Физико-химические процессы, возникающие при граничном трении, исследованы в обстоятельных работах советских и зарубежных ученых (1-8). При этом были высказаны соображения, что во время процесса трения происходит деструкция смазочных масел, которая обычно приводит к возникновению свободных радикалов, играющих роль переносчиков кислорода к поверхности трения и благоприятствующих возникновению антифрикционных окисных пленок на поверхности контактирующих металлов (2, 3). Однако до настоящего времени отсутствовали экс-

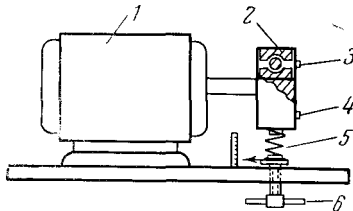


Рис. 1

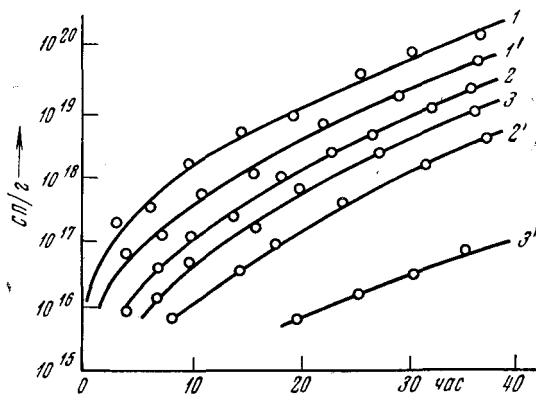


Рис. 2

Рис. 1. Установка для деструкции масел при трении. 1 — электродвигатель, 2 — картер с шарикоподшипником, 3, 4 — пробки, 5 — тарированная пружина, 6 — поджимной винт

Рис. 2. Кинетика образования свободных радикалов АС-8 (1), вазелинового масла (2) и масла МС-20 (3) при механической деструкции при 26 кГ/мм² (1, 2, 3) и при 15 кГ/мм² (1', 2', 3')

периментальные данные о возникновении свободных радикалов в смазочных маслах при трении.

Как известно, метод электронного парамагнитного резонанса (э.п.р.) дает возможность количественно проследить возникновение свободных радикалов, образующихся в органических средах в результате механической или термической деструкции высокомолекулярных или низкомолекулярных соединений. Ниже приведены результаты исследования методом э.п.р. смазочных масел МС-20 и АС-8 и вазелинового масла в зависимости от режима граничного трения — температуры и давления.

Влияние граничного трения на появление свободных радикалов в исследуемых маслах изучалось на установке (рис. 1), позволяющей создавать условия для деструкции масла путем нагружения шарикоподшипника, находящегося в картере ($P = 15 \div 26$ кГ/мм², $v = 0,7$ м/сек).

Пробы масла брались при работе установки через определенное время, предварительно обрабатывались в магнитном поле (5000 э) для удаления ферромагнитных частиц, а затем подвергались центрифугированию. Для

определения характера влияния температуры на деструкцию, указанные масла, не работавшие в узле трения, нагревались в интервале температур $20 \div 400^\circ \text{C}$ непосредственно в резонаторе и в каждом случае определялось наличие свободных радикалов.

Количественное определение свободных радикалов в исследуемых маслах производилось на радиоспектрометре РЭ-1301 резонаторным методом со специальным устройством, позволяющим изменять температуру во время эксперимента в широком интервале. Образцы масел помещались в резонатор в специальные капилляры, не влияющие на расстройку резонатора. Количество неспаренных спинов при термической и механической деструкции определялось по известной формуле (⁹).

Полученные результаты представлены на рис. 2, 3. На рис. 2 представлены кинетические кривые, характеризующие интенсивность

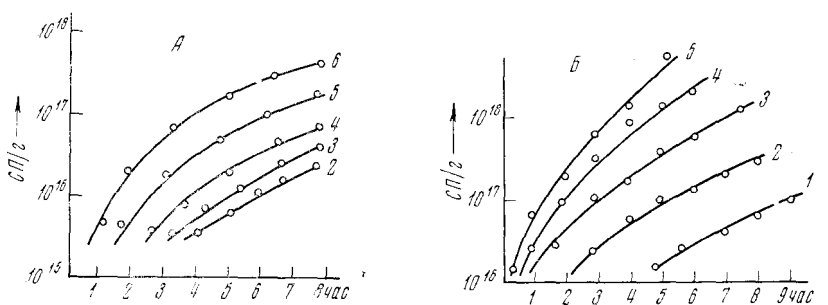


Рис. 3. Кинетика образования свободных радикалов при термической деструкции масла МС-20 (А) и АС-8 (Б). 1— 100° , 2— 150° , 3— 200° , 4— 250° , 5— 275° , 6— 300°C

образования свободных радикалов в исследованных маслах при удельных давлениях 15 и 26 кг/мм^2 в зависимости от продолжительности работы узла трения в течение 40 час. Приведенные данные свидетельствуют об образовании свободных радикалов в этих условиях трения. Этот процесс особенно резко выражен при увеличении удельного давления до 26 кг/мм^2 и времени трения от 30 до 40 час. При этом максимальная деструкция

Таблица 1

Характеристики изменений в спектре э.п.р.

Масла	Полуширина линии ΔH		g-фактор
	при термич. деструкции	при граничном трении	
АС-8	$6,2 \pm 0,5$	$11,0 \pm 0,5$	$2,003 \pm 0,001$
МС-20	$8,5 \pm 0,5$	$10,0 \pm 0,5$	$2,004 \pm 0,001$
Вазелиновое	$8,0 \pm 0,5$	$10,0 \pm 0,5$	$2,054 \pm 0,001$

проявляется у масла АС-8. Масло МС-20 и вазелиновое масло почти одинаково устойчивы к деструкции.

Форма дифференциальных кривых поглощения масел почти не изменялась на протяжении 40 час. граничного трения и только в конце опыта наблюдалась плохо разрешенная сверхтонкая структура спектров для АС-8 и МС-20. Наблюдаемые линии имеют форму, мало отличающуюся от лоренцевой (^{9, 10}).

Расстояние между точками контура линии, расположенными на половине максимальной амплитуды сигнала (полуширина линии ΔH) для исследованных масел приведена в табл. 1. Ширина линии э.п.р. (обратно пропорциональная времени нахождения частицы в возбужденном состоя-

нии) позволяет судить о характере процессов в маслах при трении. В табл. 1 приведен также фактор спектроскопического расщепления (g -фактор). Известно, что только в случае спинового магнетизма $g=2,0023$, а в условиях зависимости магнетизма от орбитального движения электрона, эффективное значение g отличается от этой величины. Как видно из табл. 1 при термической деструкции происходит уширение линии спектра э.п.р. для масел МС-20 и вазелинового, связанное с влиянием дипольного уширения, определяемого молекулярной структурой масел. При граничном трении полуширина кривой поглощения во всех случаях характеризуется уширением. Это свидетельствует о влиянии механических и тепловых факторов на структуру и свойства молекул масел.

Определенный интерес представляют результаты исследования термического воздействия на испытанные масла, которые не участвовали в граничном трении. Как видно из рис. 3, свободные радикалы в этих смесях образуются интенсивно при их нагревании в интервале температур 250 — 300° на протяжении 6 — 9 час. При этом наиболее устойчивым к термическому воздействию является вазелиновое масло и масло МС-20. Следует отметить, что в масле АС-8 термическая деструкция с образованием свободных радикалов начинается уже при температуре 100 — 150°.

В связи с полученными результатами можно полагать, что основным фактором, вызывающим появление свободных радикалов в смазочных маслах, является температура, возникающая при граничном трении, а не механическое воздействие.

Поступило
6 IV 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. И. Лихтман, Е. Д. Щукин, П. А. Ребиндер, Физико-химическая механика металлов, Изд. АН СССР, 1962.
- ² А. С. Ахматов, Молекулярная физика граничного трения, М., 1963.
- ³ Г. В. Виноградов, Смазочные действия углеводородных синтетических жидкостей и твердых полимеров, М., 1962.
- ⁴ Ф. П. Боуден, Д. Тейбор, Трение и смазка твердых тел, М., 1968.
- ⁵ W. B. Hardy, Collected Scientific Papers, Cambridge, 1936.
- ⁶ Г. И. Фукс, Колл. журн., 20, в. 6 (1958).
- ⁷ Б. И. Костецкий, Сопротивление изнашиванию деталей машин, Киев, 1959.
- ⁸ Новое о смазочных материалах. Избр. докл. на Международн. конфер. по смазочным материалам, под ред. Г. В. Виноградова, М., 1967.
- ⁹ Л. А. Блюменфельд, В. В. Воеводский, А. Г. Семенов, Применение электронного парамагнитного резонанса в химии, Новосибирск, 1962.
- ¹⁰ Д. Инграм, Электронный парамагнитный резонанс в свободных радикалах, М., 1961.