

50X1-HUM

Page Denied

Next 10 Page(s) In Document Denied

ОКИСЛИТЕЛИ — ОСНОВА СМАЗОЧНОГО ДЕЙСТВИЯ
НЕФТЯНЫХ МАСЕЛ

Г. В. Виноградов, Лян Го-линь, Н. Т. Павловская

Хорошо известно, что при сухом трении металлов исключительно большое значение имеют окисные пленки, а также адсорбированные на их поверхности кислород, вода и некоторые другие вещества. При контактировании чистых металлических поверхностей в глубоком вакууме наблюдаются очень высокие коэффициенты трения. Высказывались предположения, что окисные пленки играют существенную роль также при граничном трении в присутствии смазок [1—3]. Их главной функцией должно быть питание зоны трения металлов окислителями. В работах [4—19] отмечалось влияние окисления масел на износ и трение различных металлов. Особенно важные наблюдения описаны в работах [14—19]. Было показано сильное окисление нефтяных масел при интенсивном износе (резании) стали [20, 21]. На возможное значение сопряженных процессов окисления металлов и смазок обращалось внимание в работах [12—15]. Это действительно оказалось существенным при тяжелых режимах трения [22—30]. Молекулярный кислород и продукты окисления углеводородов сильнее всего влияют на возникновение и протекание процесса заедания поверхностей трения. С переходом от легких к более тяжелым режимам трения возрастает роль поверхностных окисных пленок на металлах.

В настоящее время имеются все предпосылки для того, чтобы установить механизм действия нефтяных смазочных масел при граничном трении.

Рассматриваемые ниже опыты проводили на четырехшариковой машине трения, кратко описанной в работе [31], на шарах диаметром 12,7 мм из закаленной малохромистой стали (HR_{62}) и высоковольфрамовой стали ЭИ-347 при комнатной температуре и скорости скольжения 23 см/сек. На этих сталях были получены очень близкие результаты. Задавали минимальную нагрузку и производили пуск машины трения. Через 30 сек. машину останавливали, нагрузку повышали, снова в течение 30 сек. наблюдали кинетическое трение и т. д. При возникновении заедания для наблюдения за его протеканием продолжительность опытов иногда увеличивали. Трение регистрировали непрерывно. В случае продувки газов через масла эту операцию осуществляли со скоростью 12 л/час. Испытания в вакууме проводили при остаточном давлении порядка 10^{-5} мм рт. ст. Результаты опытов с нефтено-парафиновой фракцией (НПФ) остаточного масла МС-20 представлены на рис. 1—3. Характеристика этой фракции следующая: средний мол. вес 543; d_4^{20} 0,8812; n_D^{20} 1,4859; v_{50} 105 сст; формолитовая реакция отрицательная; сернистые соединения отсутствуют.

На рис. 1 дана зависимость коэффициента кинетического трения (μ) от осевых нагрузок (P), прижимающих три нижних шара к верхнему. Заеданию соответствует резкое повышение μ . В этом случае на кривых μ (P) отмечаются максимальные значения μ_{\max} в процессе заедания. В тех случаях, когда наблюдается разброс значений нагрузок, при которых возникает заедание (P_k) данные опытов на этих режимах трения представлены заштрихованными полосами.

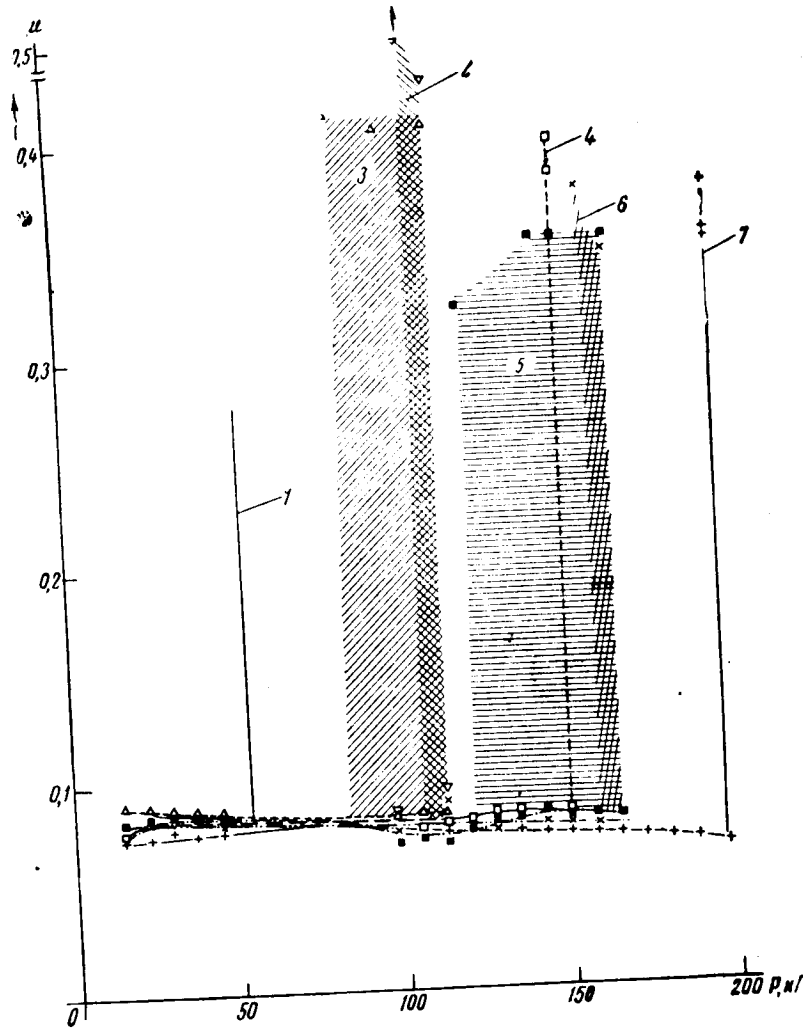


Рис. 1. Зависимость коэффициентов трения для нефтено-парафиновой фракции масла МС-20. Испытания при различных условиях:
 1 — в вакууме; 2 — в присутствии Аг, содержащего ~0,05% O₂; 3 — при его продувке через масло; 4 — на воздухе; 5 — с продувкой воздуха через масло; 6 — в среде O₂; 7 — при продувке O₂.

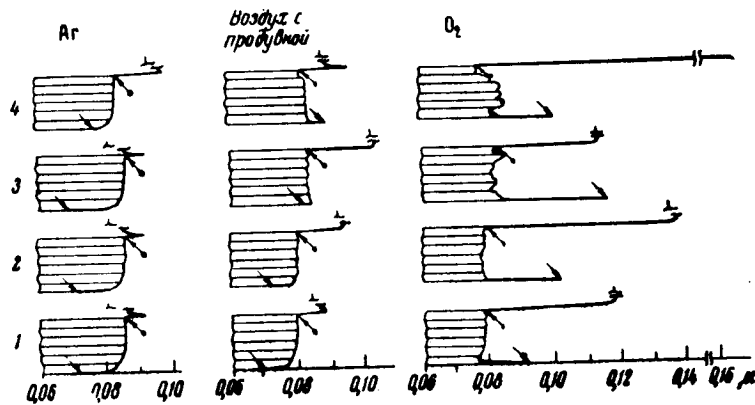
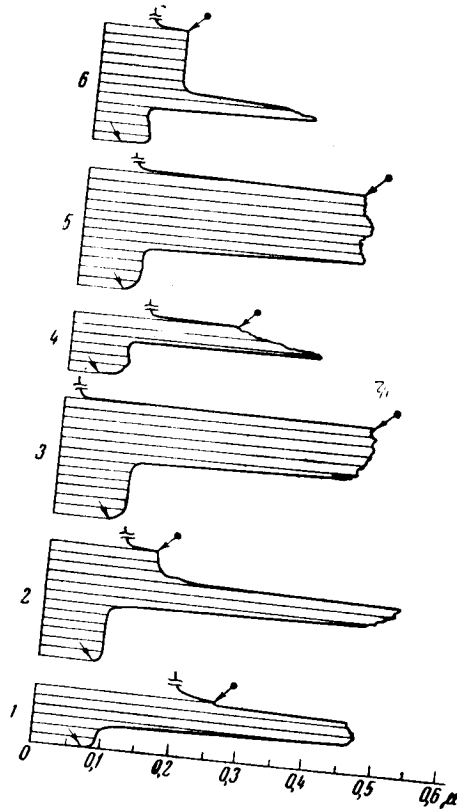


Рис. 2. Диаграммы трения при нагрузках ниже нагрузок заедания для нефтено-парафиновой фракции масла МС-20

413

Из рис. 1 следует, что все испытания, проводящиеся обычно на воздухе, осуществляются в присутствии весьма активной присадки против заедания — молекулярного кислорода. Заметное снижение μ с увеличением P в опытах в вакууме (типичное для нефтяных масел), довольно высокое значение P_k и низкое μ_{\max} в этом случае указывают на то, что в масле присутствуют продукты окисления углеводородов, которые действуют так же активно, как O_2 . Сильный разброс опытных данных на режимах заедания при продувке через масло некоторых газов (в виде пузырьков) связан с местными изменениями концентрации окислителей в зоне трения.



Диаграммы трение — время для опытов с продувкой через масло газов при $P < P_k$ представлены на рис. 2. Здесь каждой горизонтальной полосе соответствует 5 сек. Коэффициенты трения отложены по оси абсцисс. Начало опытов, когда преодолевается статическое трение, показано стрелками. Момент выключения электродвигателей в системе привода отмечен стрелками с кружком. Для уменьшения размеров чертежа снижение μ после

Рис. 3. Диаграммы трения на режимах заедания для нафто-парафиновой фракции масла МС-20

1 — вакуум, $P = 45$ кг; 2 — продувка Ag, $P = 97,5$ кг; 3 — воздух без продувки, $P = 150$ кг; 4 — продувка воздуха, $P = 120$ кг; 5 — то же, $P = 165$ кг; 6 — продувка O_2 , $P = 195$ кг

остановки электродвигателей привода показано линиями с разрывом. Вертикальные отрезки этих линий дают предельные значения μ_s . При данной силе, деформирующей динамометр, переход к более высокой нагрузке эквивалентен уменьшению коэффициента трения. Поэтому на диаграммах трения, следующих одна за другой, в начале каждого опыта отмечается более низкое значение μ , чем μ_s в конце предыдущего (при переходе от более низких к более высоким нагрузкам). При одинаковых условиях μ_s характеризует статическое трение.

Опытам 1, 2, 3, 4 на рис. 2 соответствуют осевые нагрузки 52,5; 60; 67,5; 75 кг. Из рассмотрения рис. 2 следует, что усиление сопряженных реакций окисления стали и углеводородных смазочных сред ухудшает антифрикционные свойства этих сред при относительно невысоких нагрузках. Увеличение интенсивности процессов окисления приводит к возрастанию статического трения и колебанию силы кинетического трения (взаимосвязанные явления) при постоянной скорости движения одной из поверхностей трения. Можно предполагать, что это обусловлено образованием легко разрушающихся при трении толстых и рыхлых окисных слоев, слабосвязанных с поверхностными слоями металлов, и объясняет усиленный износ (при $P < P_k$) под влиянием форсированного окисления металла и смазки [22—30,32]. Таким образом оптимальные условия трения металлов, когда отсутствует опасность заедания, реализуются в инертных газовых средах, содержащих следы O_2 .

Опыты на режимах заедания иллюстрируются диаграммами трения, представленными на рис. 3. Кратковременность заедания — быстрое снижение μ в опытах 1 и 2 при P , близких к P_k , — обусловлена: 1) наличием в масле окислителей, обрывающих заедание после снижения удельных на-

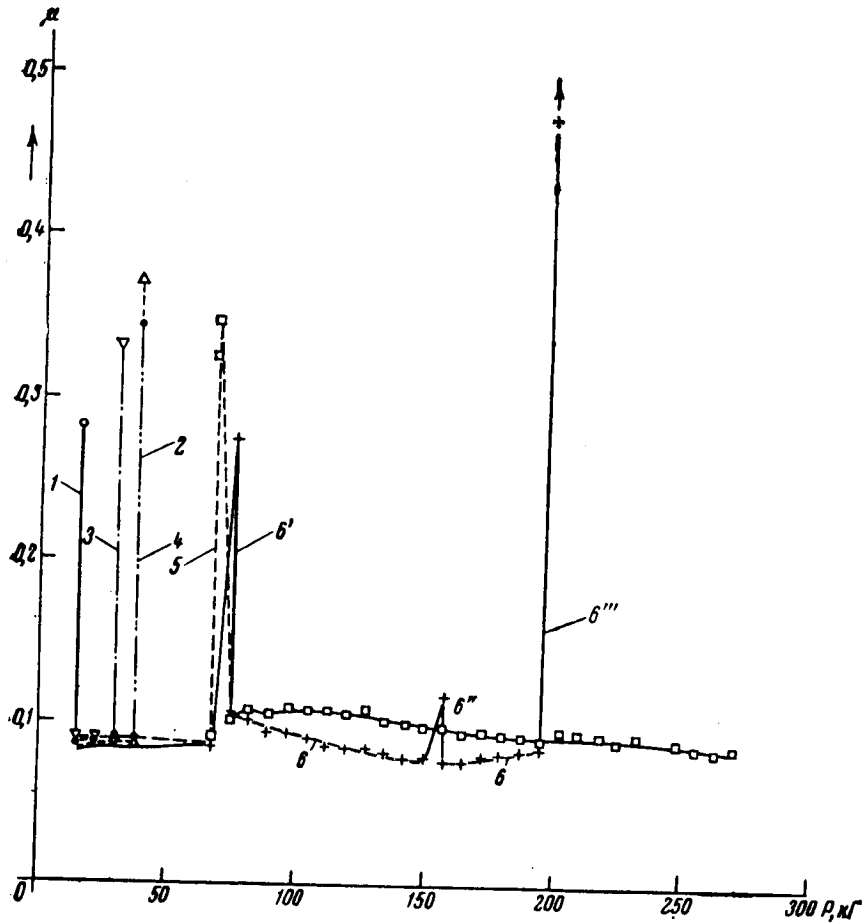


Рис. 4. Зависимость коэффициентов трения от нагрузок для перегнанной и исходной нефтено-парафиновой фракции масла МК-8

грузок в результате износа шаров; образованием поверхностных структур стали очень высокой твердости [32], что по-видимому, связано с ее науглероживанием при термическом разложении смазки в процессе заедания. Диаграмма 6 рис. 3 показывает вырождение заедания в кратковременное и притом не очень большое повышение μ . Эти особенности обусловлены форсированием процессов окисления под влиянием продувки через масло O_2 . Следовательно, значительная интенсивность процессов окисления необходима для предотвращения и обрыва заедания при тяжелых режимах трения.

Уменьшение содержания в маслах окислителей может быть достигнуто их перегонкой в вакууме над расплавленным Na в токе Ar. Так нами производилась перегонка НПФ масла МК-8 (из бакинских нефтей). Исходная фракция имела: средний мол. вес 288; n_D^{20} 1,4696; удельную дисперсию 100; d_4^{20} 0,8586. Перегонка производилась при 140—175°/1 мм рт. ст. Получен продукт, у которого $v_{50}^{17,1}$ сст; n_D^{20} 1,4682. Сернистые соединения в ней отсутствовали, формолитовая реакция была отрицательной.

Результаты опытов с исходной и перегнанной НПФ показаны на рис. 4. Кривые 1 и 2 относятся к испытаниям перегнанной и неперегнанной НПФ в вакууме. Кривые 3 — 6 описывают поведение в различных условиях неперегнанного масла, соответственно в опытах с продувкой H_2 , Ar , на воздухе и с продувкой O_2 . В последнем случае наблюдались повторные заедания (пики 6', 6" и 6'''), что типично для маловязких масел, у которых обрыв заедания под влиянием O_2 происходит особенно легко [22—24, 26, 32]. Данные рис. 4 подтверждают, что аналитически обнаруживаемые следы окислителей (вероятно, также и поверхностно-активных соединений) существенно влияют на способность масел предотвращать заедания. В случае маловязкого масла статическое трение и колебания силы трения в ходе опытов оказываются очень значительными уже на воздухе. Продувка O_2 существенно не изменяет положения. Эта особенность поведения маловязкого масла, несомненно, связана с легкостью протекания в нем процессов окисления. В маловязких маслах растворимость кислорода выше и облегчен перенос окислителей и поверхностно-активных веществ к зонам трения.

Из описанных в настоящей работе и других проводившихся нами опытов следует, что при граничном трении в отсутствие окислителей нефтяные масла неработоспособны. При легких режимах трения (низкие скорости износа) может быть достаточно следов окислителей. Форсирование процессов окисления в этих условиях увеличивает скорость износа металлов. С переходом к более тяжелым режимам трения потребность в окислителях возрастает. Они играют важнейшую роль в предотвращении и обрыве заедания. Следовательно, каждому режиму трения соответствуют определенные, оптимальные, концентрации окислителей и интенсивность процессов окисления.

ЛИТЕРАТУРА

1. G. I. Finch. Proc. Phys. Soc. London, B63, 465, 1950.
2. B. Lunn. Trans. Danisch Acad. Techn. Sci., № 2, 27, 1952.
3. B. Lunn. Lubricat. Engng, 2, 259, 1955.
4. M. V. Dover, R. B. Appleby. Ind. Eng. Chem., 18, 63, 1926.
5. E. G. Gilson. Ind. Eng. Chem., 18, 467, 1926.
6. R. O. King. Proc. Roy. Soc., A139, 447, 1933.
7. A. W. Burwell, J. A. Semelford. Proc. Gen. Disc. Lubrication and Lubricants. 2, 261, Inst. Mech. Engrs, London, 1937.
8. H. N. Bassett, Bearing metals and alloys, 32—33, London, 1937.
9. F. P. Bowden, L. Leben, D. Tabor. Trans. Faraday Soc., 35, 900, 1939.
10. D. Tabor, Nature, 145, 308, 1940.
11. T. P. Hughes, G. Whittingham, Trans. Faraday Soc., 38, 9, 1942.
12. Б. В. Дерягин, Н. Н. Захаваева. Тр. 2-й Всесоюз. конф. по трению и износу в машинах. 1, 96. Изд-во АН СССР, М., 1947.
13. F. P. Bowden, D. Tabor. The friction and lubrication of solids. XII, London, 1950.
14. C. V. Davies. Ann. N. Y. Acad. Sci., 53, 919, 1951.
15. A. E. Roach. Lubricat. Engng, 11, 259, 1955.
16. W. Hirst, J. K. Lancaster, J. Appl. Phys., 27, 1057, 1956.
17. D. Godfray. Proc. Fifth World Petr. Congr., Sec., VI, 345, N. Y., 1959.
18. Nagai. Там же, Sec. V, 373.
19. A. G. Cattaneo, R. A. Coit, S. S. Sogem. Sci. Lubricat., 12, 4, 26, 1960.
20. С. В. Венцель, Изв. АН СССР, Отд. техн. н., № 7, 139, 1955.
21. С. В. Венцель. Тр. 3-й Всесоюз. конф. по трению и износу в машинах, 3, 169, Изд-во АН СССР, М., 1960.
22. М. Д. Безбородько, Г. В. Виноградов, Н. Т. Павловская. В сб. Повышение качества и применение смазочных материалов. Гостоптехиздат. М., 1957, стр. 32.
23. Н. Т. Павловская, Г. В. Виноградов, М. Д. Безбородько. Сб. Состав и свойства высокомолекулярной части нефти. Изд-во АН СССР, М., стр. 196, 1958.
24. М. Д. Безбородько, Г. В. Виноградов, Н. Т. Павловская, И. Г. Цуркан. Изв. АН СССР, Отд. техн. н. № 12, 104, 1958.

25. Г. В. Виноградов, В. В. Архарова. Химия и технол. топлив и масел, № 5, 45, 1960.
26. Г. В. Виноградов, В. В. Архарова, М. Д. Безбородько. Изв. высш. уч. зав., Нефть и газ, № 6, 81, 1960.
27. Г. В. Виноградов, В. В. Архарова. Изв. высш. уч. зав., Нефть и газ, 8, 65, 1960.
28. Г. В. Виноградов, В. В. Архарова, Ю. Я. Подольский. Изв. высш. уч. зав., Нефть и газ, № 1, 61, 1961.
29. Г. В. Виноградов, В. В. Архарова, А. А. Петров. Химия и технол. топлив и масел, № 3, 33, 1961.
30. G. V. Vinogradov, V. V. Arkharova, A. A. Petrov, Wear (in print).
31. Г. В. Виноградов. Вестн. АН СССР, № 1, 48, 1961.
32. М. Д. Безбородько, Н. Т. Павловская, В. В. Архарова. Тр. 3-й Всесоюзн. конфер., по трению и износу в машинах. Изд-во АН СССР, М., 3, 171, 1960.

Институт нефтехимического
синтеза АН СССР

Поступила в редакцию
30 января 1961 г.

ВЫСШИЕ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ, КАК ПРИСАДКИ К НЕФТЯНЫМ МАСЛАМ ПРИ ТЯЖЕЛЫХ РЕЖИМАХ ТРЕНИЯ МЕТАЛЛОВ (ПРИМЕНЕНИЕ СТЕАРИНОВОЙ КИСЛОТЫ)

Г. В. Виноградов, Лян Го-линь, Н. Т. Павловская

Значение высших жирных кислот (ВЖК) типа стеариновой кислоты (HSt) при граничном трении общеизвестно. Работами школы Бюудена было показано [1], что при трении металлов ВЖК особенно эффективны в тех случаях, когда они химически реагируют с ними и образуют мыла. Это происходит при наличии на поверхности металлов окисных пленок. Согласно работам [1,2] и многим другим исследованиям плавление поверхностного слоя и десорбция молекул мыл под влиянием внешнего нагрева или тепла трения усиливают схватывание металлов и могут приводить к заеданию. Вследствие относительно низких температур плавления мыл ВЖК, такие кислоты обычно не рассматривают как эффективные присадки к смазочным маслам против заедания металлов в условиях тяжелых режимов их трения. Однако не учитывают того, что генерирование тепла трения существенно зависит от интенсивности схватывания поверхностей трения, что в свою очередь определяется соотношением скоростей износа и восстановления окисного и граничного слоев. Очевидно, что облегчение образования поверхностных окисных слоев должно сильно сказываться на легкости восстановления граничных мыльных слоев и тем самым на предотвращении заедания и характере его протекания. Важнейшее значение в этом смысле имеет структура окисной пленки, характер ее связи с поверхностным слоем металла, а также его свойства в этом слое. В работе [3-5] было показано исключительно сильное влияние процессов сопряженного окисления металлов и углеводородных смазочных сред на возникновение и развитие заедания. Следовательно, эффективность ВЖК при тяжелых режимах трения таких металлов, как сталь, должна существенно зависеть от развития процесса их окисления в присутствии смазочных сред. Это определяется химическими реакциями, в которых важную роль могут играть продукты окисления углеводородов (нефтяных смазочных масел), а также условиями переноса растворенного в них молекулярного кислорода. В работах [6-9] отмечено, что влияющее на заедание сопряженное окисление металла и нефтяных масел легче протекает в маловязких углеводородных средах. В них ВЖК, как присадки против заедания, должны действовать наиболее сильно. Ниже дано экспериментальное подтверждение этой точки зрения, и впервые показана особенно высокая эффективность введения ВЖК в маловязкие масла (нефтепродукты) в случае достаточно высокой концентрации молекулярного кислорода.

Исследование проводили на четырехшариковой машине трения так, как это описано в работе [3]. Использовали нафтенно-парафиновые фракции (НПФ) остаточного (вязкого) масла МС-14 (из смеси сураханской и кара-чухурской нефти) и маловязкого масла из карамайской нефти (Китай). Эти масла совершенно не содержали сернистых соединений, отличались отрицательной формолитовой реакцией и характеризовались следующими параметрами. Остаточное масло имело v_{50} 60,5 сст; n_D^{20} 1,4809. Для мало-

ВЛИЯНИЕ ПРО- И АНТИОКИСЛИТЕЛЕЙ НА СМАЗЫВАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ НЕФТЯНЫХ МАСЕЛ

Г. В. Виноградов, Лян Го-линг, Н. Т. Павловская

В работах [1—3] показано, что при граничной смазке важнейшее значение имеют окисные слои на поверхностях металлов и их регенерация в процессе трения. Эти слои образуются под действием обычно присутствующих в маслах окислителей. К последним относятся кислород, растворенный в углеводородах, и продукты их окисления. При трении в углеводородных средах в отсутствие окислителей легко развивается интенсивное заедание.

Неоднократно высказывалось предположение [4—8] о сопряженном окислении поверхностей трения металлов и углеводородных смазок, во всяком случае при тяжелых режимах трения. Этот процесс играет двойственную роль [8]. При значительном его усилении возрастает износ прежде всего за счет истирания окисного слоя, повышается статическое трение и появляются колебания силы кинетического трения (при ее регистрации «мягкими» динамометрами). С другой стороны, высокая интенсивность сопряженного окисления смазки и металла задерживает появление заедания и приводит к его вырождению [5—9]. Вследствие устранения или смягчения процесса заедания износ очень сильно снижается. Все цитированные выше работы основаны на рассмотрении процессов трения в присутствии газовых сред различной окисляющей активности и только в работах [1—3] был частично затронут вопрос о веществах, растворенных в маслах и активных по отношению к металлам. Большой интерес представляет изучение того, как влияют на смазочное действие масел растворенные в них химически определенные про- и антиокислители, а также их сочетания с газовыми средами различной окисляющей активности. Это тем более важно, что изучение эффективности выспких жирных кислот, как присадок к нефтяным маслам, в случае форсированного их окисления (продувка через масло O_2) указывает [4] на существование оптимальной активности окислительных процессов по отношению к развитию заедания.

В работе [10] отмечено значительное противоизносное действие добавки (1%) перекиси бензоила к нефтяному маслу при трении стали в вакууме (при остаточном давлении воздуха выше 1 мм рт. ст.). Использование в качестве антиокислителя фенил- α -нафтиламина (1%) не повлияло на противоизносные свойства масла. Это может быть связано с тем, что указанный антиокислитель эффективен только при невысоких температурах. Действие тиофосфорорганического антиокислителя нефтяных масел [11] трудно трактовать, так как в этом случае, кроме непосредственного торможения процессов окисления, на поверхности металлов возможно образование соединений, отличных от окислов.

Сильное влияние дилауриновой перекиси на трение стеллита по латуни в н. гексадекане на воздухе рассмотрено в работе [12]. Добавка этой перекиси повышает износ при низких нагрузках и вместе с тем увеличивает предельную нагрузку, соответствующую резкому повышению скорости износа.

Задача настоящей работы заключается в том, чтобы определить влия-

ние на противоизносные и антифрикционные действия нефтяных масел высокоэффективных про- и антиокислителей и сочетание их влияния с влиянием газовых сред различной окислительной активности.

Исследование проводили на двух нафтено-парафиновых фракциях (ННФ) масел. Первая из них (первое масло) представляла продукт, отогнанный (в токе Ar при 3 мм рт.ст., интервал температур 180—210°) от ННФ масла МС-14. У первого масла $\nu_{50} = 20,1 \text{ ссм}$; $n_{D}^{20} = 1,4756$. В него

вводили 0,5% перекиси бензола. Второе масло — это ННФ, выделенная из карамайской нефти. Его характеристика дана в [1]. Оно длительно находилось в контакте с воздухом. Был использован 2%-ный раствор антиокислителя — чистого 2,6-трет. изобутил-4-метилфенола в этом масле. Опыты осуществляли на четырехшариковой машине трения [13] в тех же условиях и по той же методике, которые даны в [1].

Результаты опытов с первым маслом и раствором в нем перекиси приведены на рис. 1, где по оси ординат отложены осевые

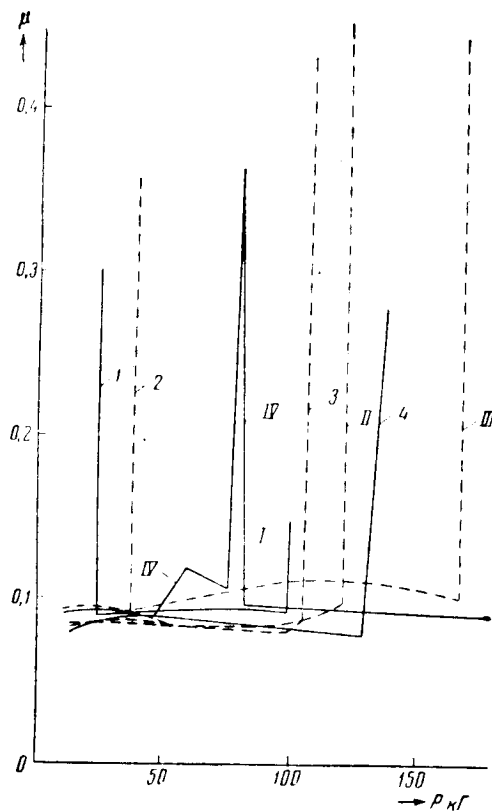


Рис. 1. Зависимость коэффициентов трения от нагрузок. Кривые I, I; 2, II; 3, III; 4, IV описывают опыты в вакууме (остаточное давление $\sim 10^{-3}$ мм рт. ст., масло после перегонки не контактировалось с воздухом), при продувке Ar, на воздухе и при продувке O_2 . Арабские цифры относятся к опытам с маслом, римские — к испытаниям раствора

нагрузки (P), прижимающие шар, находящийся в вершине пирамиды, к шарам в ее основании. На оси ординат указаны коэффициенты трения, а именно их средние значения при нагрузках ниже нагрузок заедания (P_k) и максимальные, регистрируемые на режимах заедания. Результаты опытов с растворителем в вакууме характеризуются значительным разбросом. В остальных случаях воспроизводимость опытов была высокой. Относящиеся сюда кривые построены по большому числу точек.

Введение в масло перекиси вызывает очень большое повышение P_k в опытах, проводимых в вакууме. В этом случае μ при $45 \text{ кг} < P < P_k$ не зависят от P .

Следует обратить внимание на малое повышение μ на режиме заедания в вакууме. Активность перекиси при этом так сильно возрастает, что происходит вырождение заедания, — незначительное увеличение μ и быстрое прекращение (обрыв) заедания. Все эти факты не отмечены в работах [10, 12] и характеризуют перекиси как вещества, которые могут действовать весьма активно в смысле предотвращения и смягчения заедания, что весьма существенно также, поскольку они быстро образуются в нефтяных маслах, если реализуются тяжелые режимы трения металлов в присутствии молекулярного кислорода [7, 8].

Введение в масло перекиси вызывает очень большое повышение P_k в опытах с продувкой через него Ar и даже в опытах на воздухе.

Большой интерес представляют опыты с продувкой O_2 через раствор перекиси. При нагрузках выше 45 кг возрастают коэффициенты трения, затем развивается заедание. По сравнению с растворителем P_k снижена почти в два раза. Однако, несмотря на высокие максимальные значения коэффициентов трения, регистрируемых в процессе заедания, оно довольно быстро обрывается и сопровождается незначительным износом. Дальнейшее повыше-

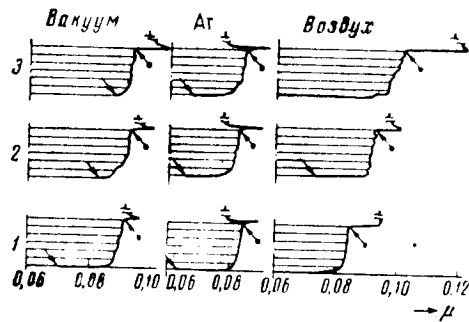


Рис. 2. Диаграммы трения при нагрузках ниже нагрузок заедания

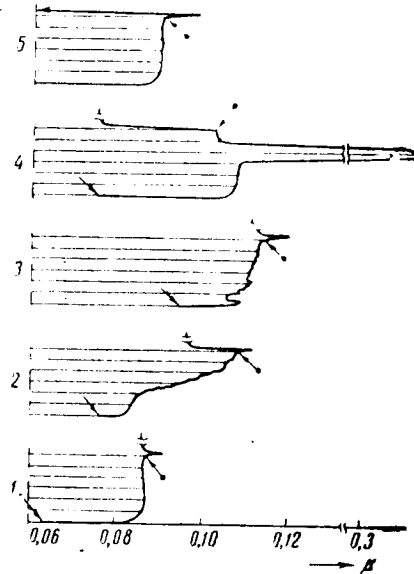


Рис. 3. Диаграммы трения в опытах с продувкой O_2 через раствор перекиси бензола

ние в ходе данного испытания P до 180 кг не вызывает повторного заедания. Диаметры пятен износа на нижних шарах при $P = P_k$ и $P = 180$ кг были равны соответственно 0,8 и 0,9 мм.

В опытах с раствором перекиси обнаружено, что форсирование окисления смазки может облегчать возникновение заедания. Раннее заедание, вероятно, связано с образованием на стали окисных пленок неблагоприятной структуры и значительной толщины. Это обуславливает их интенсивное разрушение и последующее усиленное изнашивание металла. При очень высокой скорости поступления окислителей оно может оказаться недостаточным для предотвращения заедания. Однако в процессе заедания активность окислителей повышается, что приводит к обрыву заедания.

В совершенно других условиях при исследовании противоизносных и антифрикционных свойств расплавов солей нами неоднократно отмечалось, что форсированное окисление стали часто сопровождается заеданием.

Диаграммы трение — время, полученные в опытах с раствором перекиси, приведены на рис. 2 и 3. Каждой горизонтальной полосе отвечает 5 сек. По оси абсцисс отложены коэффициенты трения. Начало опытов, когда преодолевается статическое трение, показано стрелками. Момент выключения электродвигателей в системе привода отмечен стрелками с кружком. Для уменьшения размеров чертежа снижение μ после остановки электродвигателя привода показано линиями с разрывом. Вертикальные отрезки этих линий дают предельные значения μ_c . При данной силе, деформирующей динамометр, переход к более высокой нагрузке эквивалентен уменьшению коэффициента трения. Поэтому на следующих одна за другой диаграммах трения в начале каждого опыта отмечается более низкое значение μ , чем μ_c в конце предыдущего опыта (при переходе от более низких к более высоким нагрузкам). При одинаковых условиях μ_c характеризуют статическое трение. Рядом диаграмм 1—5 соответствуют P , равные 37,5; 52,5; 67,5; 75; 180 кг. Диаграммы, представленные

в первых трех рядах, были записаны с использованием «мягкого» динамометра.

Сравнение диаграмм трения для раствора с диаграммами трения для растворителя показывает следующее. В опытах с продувкой Ar коэффициенты трения выше в растворителе. В ходе испытаний растворов наблюдается хотя и медленное, но непрерывное повышение μ . Это несомненно

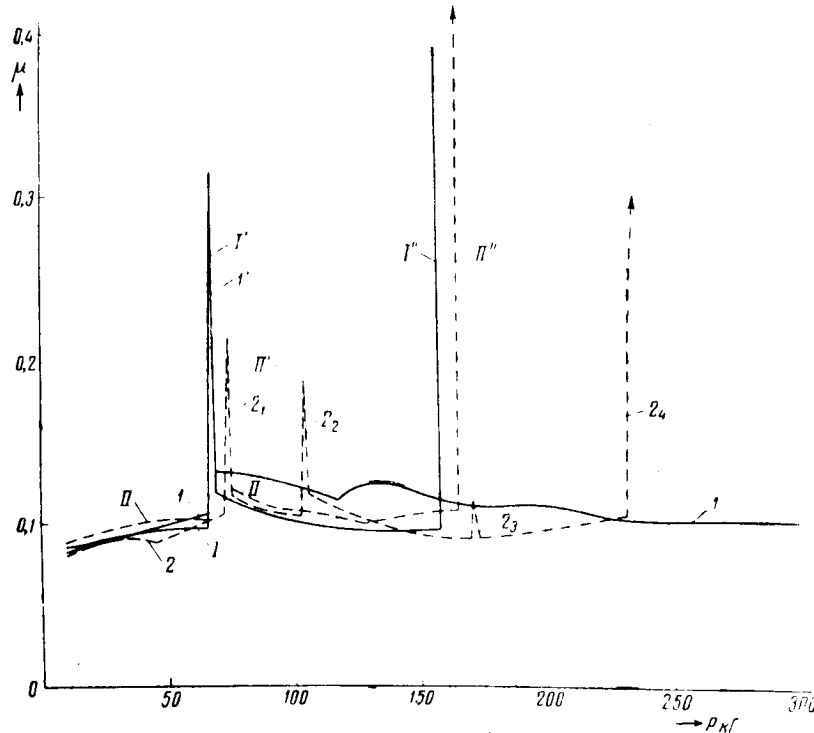


Рис. 4. Зависимость коэффициентов трения от нагрузок в опытах с антиокислителем

связано с действием окислителей и типично для них. В остальном раствор и растворитель вели себя сходно.

В опытах на воздухе существенные различия между ними появляются при нагрузках выше 45 кг. В опытах с раствором статическое и кинетическое трение оказывается выше, а амплитуда колебаний силы кинетического трения больше.

Опыты с продувкой O_2 через масло и через раствор перекиси в масле (рис. 3) показывают, что в растворе при $P > 45$ кг кинетическое трение значительно выше, а статическое ниже.

На диаграммах 2 и 3 обращает на себя внимание сильное изменение μ во время опытов.

Диаграмма 4 была получена при $P = P_k$. Она показывает вырожденное заедание.

Кроме опытов с перекисью бензоила при комнатной температуре проводили испытания 1%-ных растворов в различных маслах чистого фенилизопропилэтилпероксида (ФИЭП), любезно предоставленного нам К. И. Ивановым. Этот пероксид отличается значительной стойкостью. Введение в масла ФИЭП сказывается очень сильно при испытании растворов в глубоком вакууме — значения P_k повышаются до 60—80 кг. Его влияние в опытах на воздухе и при продувке O_2 было незначительным, что, конечно, связано с высокой стабильностью этой перекиси.

Перейдем к рассмотрению опытов с антиокислителем. Их результаты показаны на рис. 4. Кривые 1, 1', 2, 2' относятся к опытам на воздухе и

с продувкой O_2 . Было установлено отсутствие влияния антиокислителя (до концентрации 10%) на режимы трения и возникновение заедания в глубоком вакууме. Поэтому относящиеся сюда опыты на рис. 4 не представлены. Все кривые на рис. 4 построены по большому числу точек. В опытах на воздухе, и особенно при продувке O_2 , через многие маловязкие масла с повышением P может наблюдаться несколько заеданий (пики 2_1 , 2_2 , 2_3 , 2_4 на кривой 2 и т. д.). Из рассмотрения рис. 4 видно, что антиокислитель совершенно не влияет на возникновение и протекание первого заедания. Его присутствие в смазке проявляется, когда испытание продолжается при более высоких нагрузках. Очень сильно снижаются нагрузки, вызывающие интенсивное заедание или сваривание.

В опытах с продувкой O_2 через масло (без антиокислителя) при больших нагрузках (после второго заедания) наблюдается очень высокое статическое трение. Введение в масло антиокислителя приводит к сильному снижению статического и к некоторому повышению кинетического трения.

Быстрый обрыв заедания и переход на режим приработки поврежденных заеданием поверхностей совершается, по-видимому, под действием окислителей уже имеющихся в смазке к началу заедания. Заедание вызывает обнажение значительной поверхности металла и связанные с ним процессы окисления. При заедании интенсивно выделяется тепло, оно также форсирует процессы окисления. Таким образом, в смазке накапливаются продукты окисления, которые влияют на последующее развитие процесса трения. Сильные окислители (перекиси и т. п.), появляющиеся в смазке в результате заедания, могут проявить себя в ходе дальнейших испытаний, прежде всего при повышении параметров трения, например нагрузок. Антиокислитель, применявшийся в изложенных выше опытах, тормозит окисление масла при первом заедании, предотвращая накопление в нем активных окислителей. Это резко проявляется в облегчении условий возникновения интенсивного заедания.

ВЫВОДЫ

1. Значение опытов с антиокислителем заключается в том, что они служат еще одним убедительным доказательством важной роли продуктов окисления углеводородных смазок при трении металлов.

2. Рассмотрение воздействия молекулярного кислорода, про- и антиокислителей, а также следов продуктов окисления углеводородных смазок на трение стали по стали показывает, что на этот процесс значительно влияют большинство факторов и явлений, связанных с процессами окисления металла и смазки.

3. Важная роль, которую при трении стали играют продукты окисления углеводородных смазок, позволяет предположить, что питание зоны трения кислородом может быть осуществлено при помощи кислородсодержащих органических соединений. Эти соединения должны быть достаточно реакционноспособными, с тем чтобы при трении в результате тех или иных реакций происходило непрерывное восстановление окисного слоя на поверхности стали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. В. Виноградов, Лян Го-линь, Н. Т. Павловская. Нефтехимия, 1, № 2, 274, 1961.
2. Г. В. Виноградов. Сб. Присадки к маслам и топливам. Материалы совещания, Гостоптехиздат, М., 1961.
3. Г. В. Виноградов, Лян Го-линь, Н. Т. Павловская, Сб. Трение и износ в машинах. Сб. XV, Изд-во АН СССР, М., 1961.
4. A. E. Roach. Lubr. Engng, 11, 259, 1955.
5. М. Д. Безбородько, Г. В. Виноградов, Н. Т. Павловская.

- Сб. Повышение качества и применение смазочных материалов. Гостоптехиздат, М., 1957, стр. 32.
6. М. Д. Безбородько, Г. В. Виноградов, Н. Т. Павловская, И. Г. Цуркан. Изв. АН СССР, Отд. техн. н., 1958, № 12, 104.
 7. Г. В. Виноградов, В. В. Архарова, М. Д. Безбородько. Изв. высш. уч. зав. Нефть и газ, 1960, № 6, 81.
 8. G. V. Vinogradov, V. V. Arkharova, A. A. Petrov. Wear., 4, 214, 1961.
 9. М. Д. Безбородько, Н. Т. Павловская, В. В. Архарова. Тр. третьей всес. конф. по трению и износу в машинах. Изд-во АН СССР, М., 3, 177, 1960.
 10. C. B. Davies. Ann. N. Y. Acad. Sci., 53, 919, 1951.
 11. B. Lunn. Lubr. Engng, 11, 255, 1955.
 12. W. Hirst, I. K. Lancaster. J. Appl. Phys., 27, 1057, 1956.
 13. Г. В. Виноградов и др. Вестн. АН СССР, 1961, № 1, 48.

Институт нефтехимического синтеза
АН СССР

Поступила в редакцию
30 января 1961 г.