

УДК 621.891

Дин Кай Цзянь

канд. техн. наук, профессор

Технологический университет Китая

Китайская Народная Республика

DOI 10.21661/r-561428

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СМАЗОК С ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ДОБАВКАМИ

Аннотация: в статье представлены результаты исследования смазочных свойств минеральной сырой нефти SN 150, с измененными эксплуатационными свойствами R-2000 (мягкий материал), MOTOR LIFE life (химическая подготовка) и Asorox 880 (технологическая добавка с цинком). Тестирование проводилось с использованием тестера T-02 (четыре аппарата шара).

Ключевые слова: трибологические свойства, смазочные материалы, минеральная сырая нефть, эксплуатационная добавка.

Введение.

С конца 60 годов проводятся исследования, направленные на улучшение качества смазок с применением различных добавок, повышающих эксплуатационные свойства смазок [5; 6; 8; 13; 14; 15].

Промышленные масла и смазки, несмотря на их широкое применение и непрерывное совершенствование, не в состоянии, особенно в экстремальных условиях работы трибологических систем, справиться с проблемами недоста-

точной смазки зоны трения трущихся элементов. В этой ситуации эффективным средством, по результатам некоторых исследований [1; 2; 3; 10], является дополнительное «облагораживание» промышленных масел, путем внесения в их состав эксплуатационных добавок (ЭД). Эти добавки, осаждаясь на поверхностях контактирующих элементов, создают, в результате физической или химической адсорбции, новый граничный слой, который прочно связан с поверхностью и обеспечивает появление в зоне трения условий, отвечающих жидкостному или граничному трению. Это способствует оптимизации условий трения, продлевает времени работы масла и, следовательно, снижает стоимость эксплуатации устройств, при одновременном положительном экологическом результате, связанном с утилизацией использованных смазочных масел [9].

Обзор приведенных в литературе результатов исследований смазочных материалов с добавками указывает на различие мнений о пользе эксплуатационных добавок и не допускает однозначной оценки их качества. Поэтому существует проблема оценки влияния разработанных добавок на трибологические свойства узлов трения машин.

Этой проблеме уделяется много внимания среди исследователей и научных коллективов. Однако оценка проведенных результатов противоречива, поэтому проблема считается до конца не решенной. Сторонник применения ЭД считают их полезными при определенных условиях [1]. Немногочисленные противники [14], утверждают, что добавка этого типа приводит к ряду неблагоприятных эффектов таких как повышение серных осадков, блокирование фильтров. В работе [7] отмечается, что присутствие в некоторых ЭД хлора может вызывать

эффекты коррозии и явление питтинга. Кроме того, с экологической точки зрения нежелательно присутствие серы, хлора или фосфора. В работе [4] отмечается аспект взаимодействия в составе смазки технологических добавок. Наряду с этим результаты исследований ЭД [2; 3] подтверждают улучшение свойств исследованных смазочных композиций в присутствии ЭД.

Опубликованы результаты исследований, из которых следует, что некоторые добавки могут вызывать уменьшение токсичности продуктов сгорания и расход масла, повышать давление масла в цилиндрах автомобильных двигателей [10].

В работе [3] обосновывается возможность применения ЭД в процессе обкатки чугуна, вследствие чего происходит уменьшение коэффициента трения и износа в элементах узлов трения, а также замечено улучшение трибологических свойств чугунных элементов машин за счет уменьшения коэффициента трения и износа в результате применения смазочного масла модифицированного ЭД.

Анализ литературных данных позволяет сформулировать вывод, о существовании широкой области применения ЭД, что позволяет получить значительный экономический эффект, а иногда и повысить эксплуатационную безопасность. К непосредственным эффектам применения ЭД можно отнести уменьшение эксплуатационных расходов (уменьшение расхода энергии, топлива, масел в конструкциях, работающих в особенно тяжёлых условиях), повышение долговечности и надёжности устройств, уменьшение стоимости ремонта и обслуживания.

Резюмируя все отмеченное можно утверждать, что существует необходимость дальнейшего изучения механизма действия ЭД, их взаимодействия с базовым маслом.

Методика проведения исследований.

В исследованиях были использованы растворы технологической смазочной добавки Асогох 880, относящейся к типичным добавкам антифрикционного типа АВ, а также препараты MOTOR LIFE и R-2000, являющиеся представителями эксплуатационных препаратов в базовом минеральном масле SN150, применяемом в производстве промышленных масел и смазывающих материалов, в которых требуется применение минеральных масел нефтяного происхождения.

Асогох 880 является технологической добавкой, которая принадлежит к группе многофункциональных, способных одновременно улучшать несколько свойств масла.

Эксплуатационный препарат BILSTEIN R-2000 является запатентованным смазочным средством, полирующим сопряженные поверхности деталей машин при помощи микроскопических частиц металла, присутствующих в смазках, которые образуют устойчивый защитный слой в экстремальных условиях контакта металла с металлом. При такой технологии смазки сохраняется гладкая и хорошо смазанная поверхность.

MOTOR LIFE, состоит из синтетических углеродов, ингибиторов коррозии с добавками, снижающими температуру затвердевания. Характеризуется большим молекулярным весом, высокой химической и термической стабильностью. Препарат можно смешивать с нефтью и синтетическими маслами, что создает химический барьер, противодействующий возникновению коррозии и нагара.

Для трибологических исследований использована 4-х шариковая машина трения, с компьютерной системой управления и измерений. Исследования проводились согласно стандарту PN-76/C-04147.

Исследовались смазочные свойства следующих смазочных композиций.

1. Sn 150.

2. SN 150 + 2% Acorox 880.

3. SN 150 + 4% R-2000.

4. Sn 150 + 5% MOTOR LIFE, которые оценивались анализом следующих показателей:

- нагрузка до момента схватывания (образование сварочного мостика) P_z , [Н];
- износ при заданной нагрузке I_h [кг];
- предельная нагрузка до разрыва масляной пленки P_n [Н];
- нагрузка разрыва масляной пленки P_t [Н].

Нагрузка до момента схватывания P_z и показатель износа под нагрузкой I_h характеризует противозадирные свойства смазочных материалов, а предельные нагрузки P_n и P_t характеризуют прочность масляного слоя и служат к определению условий, когда происходит разрушение этого слоя. При этом P_t является наименьшей нагрузкой, при которой в условиях, установленных стандартом, наступает рост сопротивлений в узле трения, указывающий на разрыв масляного слоя, сопровождающегося резким ростом пятен схватывания (износа и момента трения).

Результаты исследований.

Результаты исследований показаны на рис. 1–6. Диаграмму зависимости диаметра средних следов износа шариков в функции нагрузки показано на рис.

1. На основании этой диаграммы можно отметить, что наилучшие свойства имеет базовое масло с добавкой препарата MOTOR LIFE. Отмечено для него самую широкую область нагрузок, идущих впереди сварения ($P_z = 315$ даН), а также наименьшие следы износа на шариках. Следующий препарат R-2000, для которого нагрузка схватывания $P_z = 200$ даН) характеризовалась большими чем для препарата MOTOR LIFE следами износа, и технологическая добавка Acorox 880, характеризующая малыми следами износа при более низких нагрузках – схватывание произошло при 160 даН. Базовое масло SN 150 имело наихудшие смазочные свойства из представленных композиций и характеризовалось наименьшей нагрузкой схватывания ($P_z = 100$ даН). Наблюдались также значительные размеры диаметров изъянов на шариках.

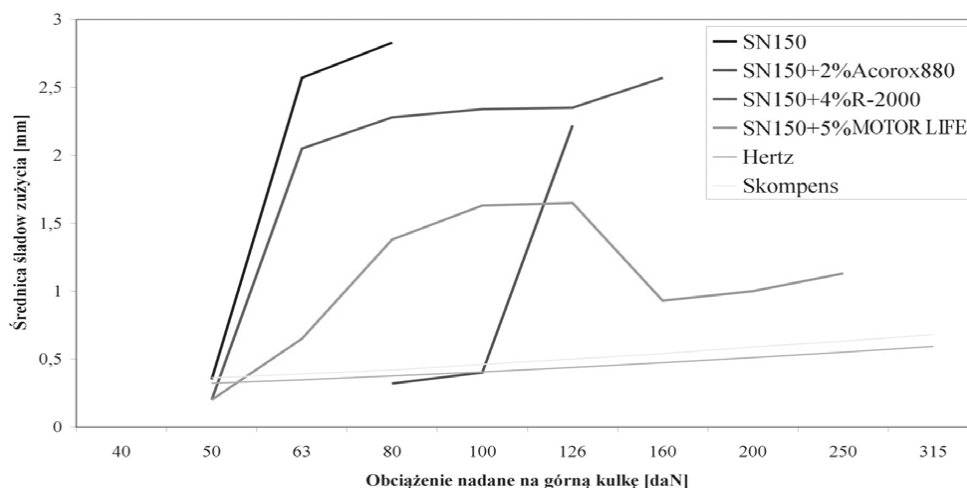


Рис. 1. Изменение среднего диаметра пятна схватывания при различной нагрузке

Анализируя диаграмму изменения силы трения при возрастании нагрузки обнаружено, что для чистого базового масла после, примерно, 2с явный разрыв граничного слоя и после 8с – схватывание. В случае остальных смазочных композиций разрыв граничного слоя произошёл после 2с – для SN 150 + 4% R-2000, около 5с – для SN 150 + 2% Acorox 880 и SN 150 + 5% MOTOR LIFE. Для каждой из композиции наступил резкий рост силы трения, которая, однако, была значительно ниже силы схватывания при использовании базового масла, что может свидетельствовать об «упрочнении» граничного слоя и улучшении устойчивости на действие высоких нагрузок и температуры.

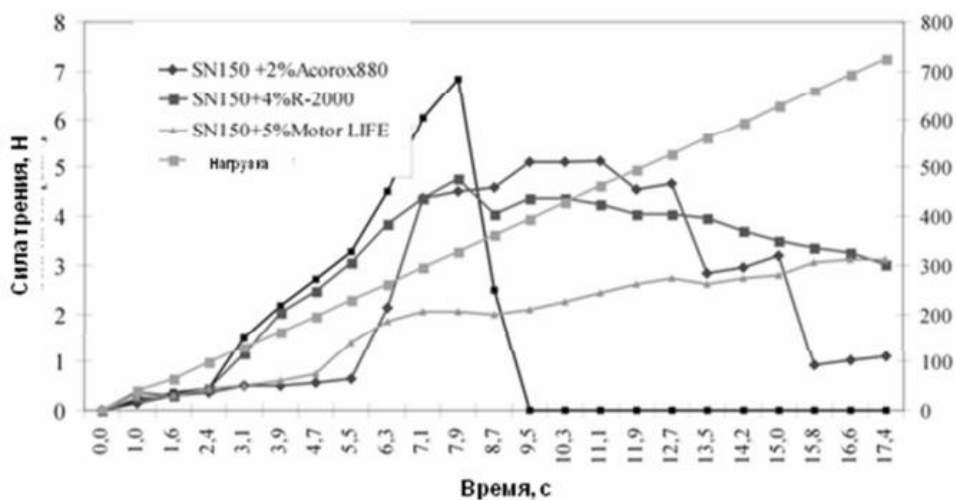


Рис. 2. Изменение силы трения в узле в зависимости от линейного нарастания нагрузки

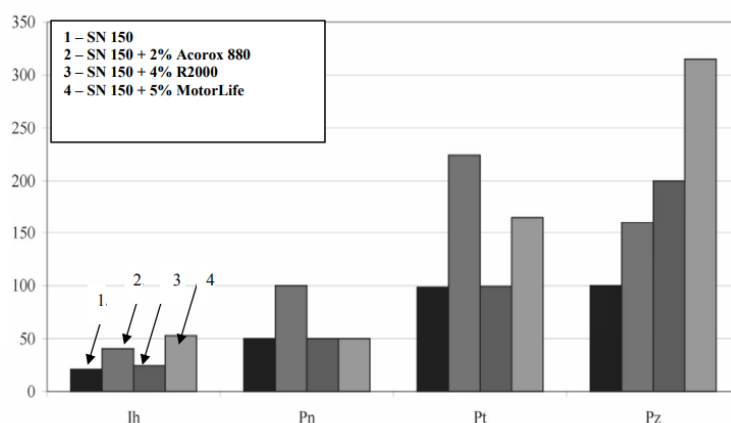


Рис. 3. Трибологические свойства исследованных композиций

На рис. 3, а также в таблице 1 показано изменение смазочных свойств композиций, принятых к исследованиям. Диаграмма показывает значительный рост всех показателей определяющих смазочные свойства принятых композиций относительно базового масла.

Таблица 1

Смазочные свойства исследованных смазочных композиций

	Pn [даН]	Ih [даН]	Pt [даН]	Pz [даН]
SN 150	50	20.7	98	100
SN 150 + 2% Acorox 880	100	40.3	208	160
SN 150 + 4% R-2000	50	24.3	100	200
SN 150 + 5% MOTOR LIFE	50	52.4	195	315

Так как одной с целей работы было определение взаимодействия эксплуатационных препаратов с технологической добавкой, с учетом оптимальной степени загущенности смазки с добавками, были составлены смазочные композиции базового масла SN 150 с технологической добавкой Асогох 880 с добавкой

эксплуатационных препаратов R-2000 и MOTOR LIFE. Результаты исследований на четырёхшариковом приборе представлено на рис. 4, 5 и 6.

Анализ полученных результатов исследований не показал антагонизма при взаимодействии технологической добавки Acorox 880 с препаратами R-2000 и MOTOR LIFE. Все показатели, описывающие смазочные свойства, были улучшены относительно композиций только с одной добавкой. Особенно наглядно это видно на рис. 4, представляющей зависимость среднего диаметра изъяна на неподвижных шариках в функции данной нагрузки. Произошло, относительно к композиции однокомпонентных, уменьшение диаметров изъянов на шариках при отдельных загрузках, а также наступило перемещение нагрузки сварения по направлению высших нагрузок.

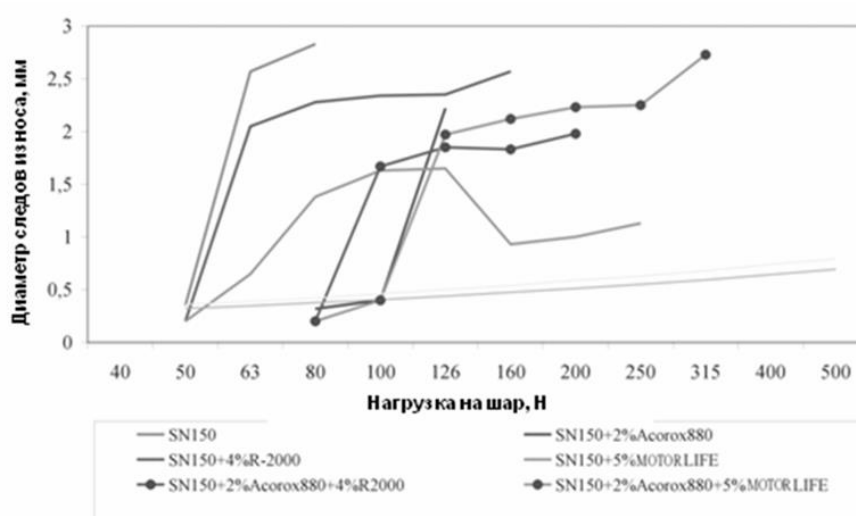


Рис. 4. Изменение среднего диаметра пятна металлического контакта (износа) в зависимость от нагрузки

На рис. 5 заметно смещение максимума величины силы трения по времени испытаний, для двухпозиционных смесей, характеризующей начало процесса сцепления. Сопоставление смазочных показателей для всех исследованных смазочных композиций представлено на рис. 6, на основании которого можно

подтвердить, что эксплуатационные препараты R-2000 и MOTOR LIFE хорошо взаимодействуют с технологической добавкой Асогох 880.

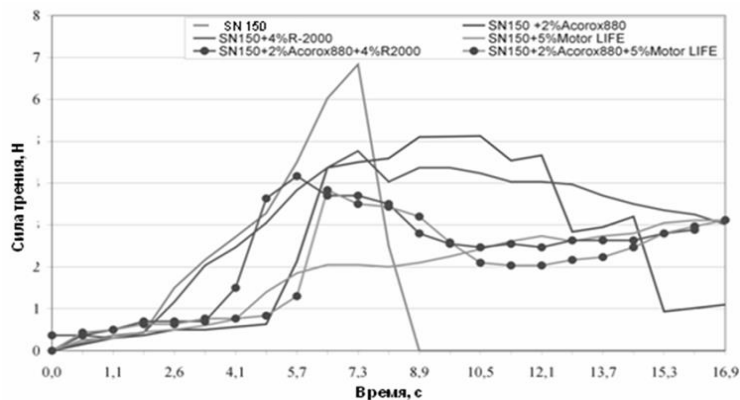


Рис. 5. Сила трения в зависимости от линейного нарастания нагрузки

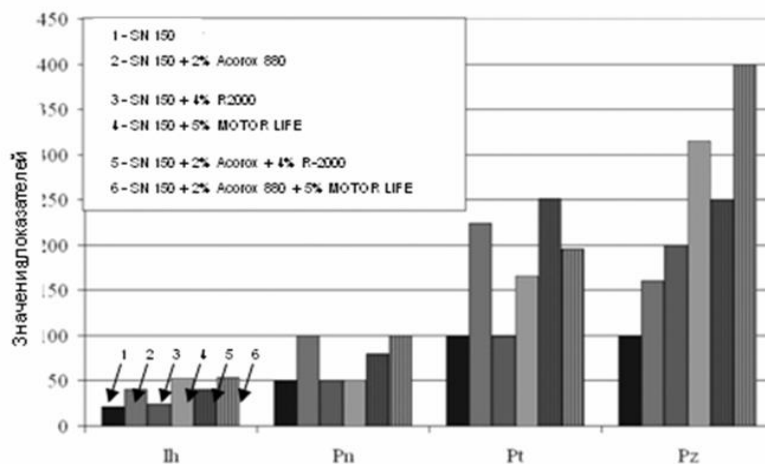


Рис.6. Смазочные свойства композиций, созданных в результате внедрения в базовые масло двух добавок

Выводы:

– модифицирование эксплуатационными препаратами масла вызывает улучшение смазочных свойств масла, что проявляется в значительном улучшении их трибологических характеристик;

– эксплуатационные препараты R-2000, а также MOTOR LIFE хорошо взаимодействуют с технологической добавкой Asorox 880, вызывая повышение показателей исследованных трибологических характеристик масел.

References

1. Białka Z. Laboratoryjna metoda oceny wpływu dodatków eksploatacyjnych na własności smarne olejów przekładniowych / Z. Białka, W. Zwierzycki // Tribologia. 2001. No. 4.

2. Białka Z. Wpływ dodatków eksploatacyjnych na własności smarne olejów przekładniowych / Z. Białka, W. Zwierzycki // Tribologia. 2001. No. 1.

3. Jenek M. Wpływ preparatów eksploatacyjnych na wybrane właściwości tribologiczne żeliwa / M. Jenek, S. Laber // Tribologia. 2002. No. 4.

4. Jenek M. Badanie współdziałania technologicznych dodatków smarnościowych z preparatami eksploatacyjnymi // IX Kongres Eksploatacji Urządzeń Technicznych. Krynica, 2001.

5. Kajdas C. Charakterystyka przeciwzużyciowa i reakcje tribochemiczne estrów alifatycznych / C. Kajdas, M. Al-Nozili // Tribologia. 2002. No. 3.

6. Kaltchev M. The surface chemistry of chlorine-and sulfurcontaining extreme-preassure lubricant additive / M. Kaltchev, J. Lara, P.V. Kotvis // 2nd World Tribology Congres (Vienna, Austria, 3–7 September, 2001).
7. Kałdoński T. Niekonwencjonalne dodatki do olejów smarowych / T. Kałdoński, A. Król // Tribologia. 1999. No. 6.
8. Kimura Y. Boron nitride as a lubricant additive / Y. Kimura // Wear. 1999. Vol. 232. No. 2. EDN: ADVXWZ
9. Korcek S. Chemistry of engine oil – an important design parameter / S. Korcek, M.D. Johnson, R.K. Jensen // 2nd World Tribology Congres (Vienna, Austria, 3–7 September, 2001).
10. Laber A. Efekty eksploatacyjne silnika spalinowego smarowanego preparatem eksploatacyjnym na bazie metali miękkich / A. Laber, S. Laber // Problemy Eksploatacji. 2000. No. 3.
11. McFall D. Dwugłos na temat dodatków wspomagających do olejów / D. McFall // Paliwa Oleje i Smary w Eksploatacji. 2000. No. 69.
12. Pawelec E. Ocena wybranych nietoksycznych dodatków niskotarciowych w aspekcie oddziaływań przeciwzużyciowych / E. Pawelec, J. Drabik, J. Janecki // Tribologia. 2000. No. 4.
13. Qiu S. Preparation of Ni nanoparticles and evaluation of their tribological performance as potential additives in olis / S. Qiu, Z. Zhou, J. Dong // Journal of Tribology. 2001. Vol. 123.

14. Reznikov W. Współczesne oleje silnikowe a dodatki uzupełniające /
W. Reznikov // Paliwa Oleje i Smary w Eksploatacji, wrzesień – listopad. 1994.

15. Tarazov S. Study of friction reduction by nanocopper additives to motor oil /
S. Tarasov, A. Kolubaev, S. Belyaev // Wear. 2002. Vol. 252. No. 1.