

ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

Перекрестов Аршавир Петрович¹, Чанчиков Василий Александрович², Свекольников Сергей Александрович³

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ СУДОВЫХ ДВС БЕЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ

¹кандидат технических наук, профессор

Астраханский государственный технический университет г.Астрахань

²кандидат технических наук, доцент

Астраханский государственный технический университет г.Астрахань

³Аспирант 3 года обучения

Астраханский государственный технический университет г.Астрахань

IMPROVING RESOURCE SLIDE BEARINGS CRANKED SHAFTS OF MARINE ICE WITHOUT DESIGN CHANGES ENGINE PARTS

Perekrestov Arshavir

Candidate of Science, Professor

Astrakhan State Technical University, Astrakhan

Chanchikov Vasily

Candidate of Science, assistant professor of

Astrakhan State Technical University, Astrakhan

Svekolnikov Sergey

Postgraduate 3 years of study

Astrakhan State Technical University, Astrakhan

АННОТАЦИЯ

В работе ставится вопрос о повышении интенсивности изнашивания пары трения «шейка вала – вкладыш подшипника». Особое внимание уделяется трибосопряжению – опоры коленчатых валов судовых ДВС. Рассматриваются вопросы повышения износостойкости за счёт усовершенствования смазочной среды. Приводятся результаты исследования смазочных материалов с использованием противоизносной присадки. Проведены трибологические исследования присадки на основе диселенида молибдена, которая повышает триботехнические и эксплуатационные характеристики смазочной среды и по своим характеристикам превосходит базовое смазочное масло.

ABSTRACT

The work raises the issue of increasing the wear intensity the friction pair "cervix is the shaft - the bearing shell". Particular attention is paid friction units - support crankshaft marine ICE. The problems of improving the wear resistance at the expense improvement of the lubricant. The results of the study of lubricants with antiwear additive. Tribological studies conducted on the basis of the additive of molybdenum diselenide, which improves tribological and operational characteristics of the lubricant and outperforms lubricating base oil.

Ключевые слова: трибосопряжения; судовые ДВС; подшипник скольжения; противоизносная присадка.

Keywords: friction units; shipboard ICE; slide bearing; antiwear additive.

Высокий износ главных двигателей препятствует обеспечению нормальных сроков эксплуатации судна при навигациях и неоправданно снижает срок эксплуатации до очередной переборки. Для четырех основных размерных групп главных судовых двигателей затраты по стоимости для ремонта той или иной группы узлов показывают, что наиболее дорогостоящими операциями являются: дефектация подшипников скольжения коленчатых валов с разборкой, заменой негодных деталей и сборкой двигателя. Эти затраты исчисляются сотнями тыс. рублей, простой судов – месяцами. Износ подшипников в большей степени влияет на мощностные и экологические показатели двигателя, что особенно важно в связи с все возрастающими экологическими требованиями и санкциями.

В связи с этим, повышение интенсивности изнашивания пары трения «шейка вала – вкладыш подшипника» является весьма актуальной задачей, поскольку

износостойкость этих узлов трения частично определяет ресурс работы судовых двигателей.

Эффективность мероприятий по повышению износостойкости трибосопряжения опоры скольжения коленчатых валов и надежности судна в целом зависит от комплексного подхода к решению данных проблем. Наиболее вероятен технологический вариант подхода к повышению износостойкости «опорной шейки коленчатого вала» и модернизации вкладыша подшипника скольжения, однако на современном этапе эксплуатации главных судовых дизелей сложно внедрить новые методы улучшения поверхностной обработки материала названных деталей. Одна из причин – дорогостоящие технологии улучшения физико-механических свойств поверхности деталей. В особенности это касается таких способов как закалка токами высокой частоты, электроискровое легирование, лазерная закалка [1]. В любом случае, для снабжения судна такими серийными деталями необходим вывод его из

эксплуатации на длительное время, замена изношенных деталей, центровка вала, иными словами дорогостоящая и длительная частичная реновация судна.

С другой стороны, положительного эффекта повышения износостойкости можно ожидать в перспективе от модификации самой смазочной среды судового дизельного двигателя. Достигается этот процесс на практике, в основном, введением специальных присадок в базовое масло, что повышает износостойкость поверхностных слоев трения деталей.

Однако в плане теоретических изысканий и практического опыта, вопросы применения противоизносных присадок в картерной системе смазки судовых

дизельных двигателей пока еще слабо изучены. Сегодня широко применяются различные трибологические составы (рис. 1).

Эффективность применения каждого из них зависит от многих факторов – концентрации в базовом смазочном масле, условий теплонапряженности пары трения, относительного контактного давления. Это требует от трибологического состава создания на поверхности базового металла устойчивых плакирующих структур.

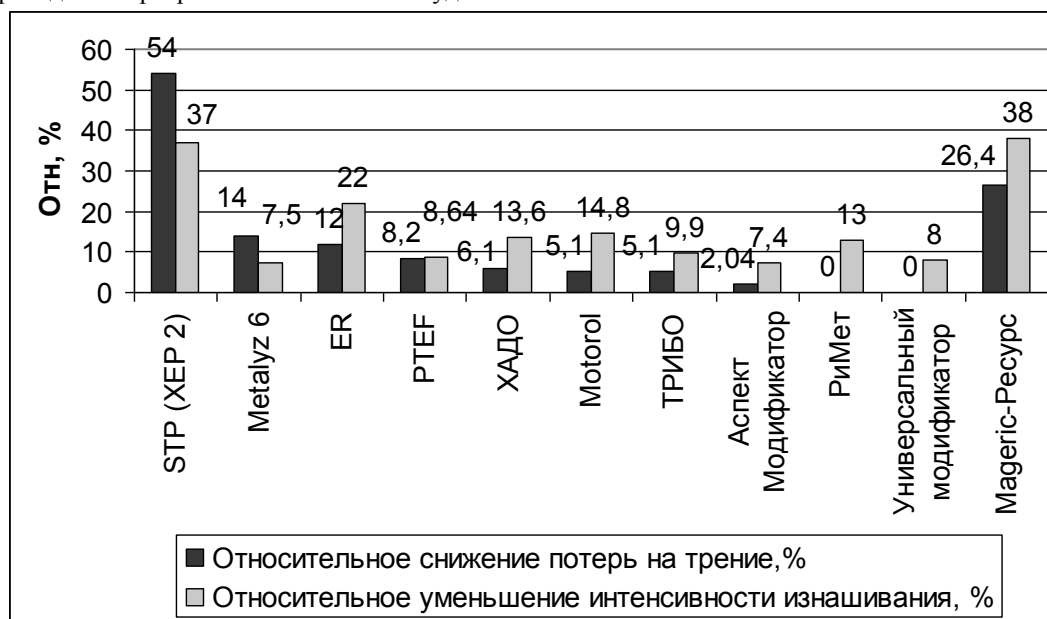


Рис. 1. Эффективность по снижению трения и изнашивания для типичных трибологических составов, распространенных на отечественном рынке присадок-добавок.

Наиболее активно такие структуры создаются в результате хемосорбционных процессов, которые проходят при участии поверхностно-активных веществ, создающих устойчивые связи с базовой трибологической поверхностью. Общие тенденции в создании таких присадок в качестве модификаторов трения на основе твердосмазочных порошков MoS_2 и MoS_3 были описаны в статье «Наноразмерные структуры в углеводородных смазочных материалах» [2]. Эти тенденции заключаются в максимальном измельчении твердой фазы до наноразмерного уровня и стабилизации ее поверхностно-активными веществами. Этим достигается отсутствие коагуляции твердых частиц в крупные агломераты, и, как следствие, коллоидная структура присадки, что немаловажно при ее растворении в объеме смазочного масла.

Поэтому при создании эффективной противоизносной присадки группой авторов решалась задача получения коллоидного раствора с тонкоизмельченной фазой твердого вещества. Ранее предпринималась попытка создать подобную формулу противоизносной присадки, включающей в себя твердые ядра магнетита Fe_3O_4 , измельченного до размеров 10-100 нм и окруженные молекулами стабилизирующей олеиновой кислоты $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ длиной молекул до 2,6 нм [3]. Недо-

статком этой присадки следует считать низкую коллоидную устойчивость с течением времени хранения (в том числе, при хранении в объеме смазочного картера двигателя – при бездействии двигателя длительное время). Образование крупных агломератов величиной до 5-10 мкм и выше создает в дальнейшем затруднения при транспортировке присадки в объеме масла и созданию на поверхности трения устойчивых защитных структур из-за неоднородного распределения частиц присадки.

Усовершенствования состава присадки [3] заключались в дополнении базового твердого ядра частицами порошка диселенида молибдена MoSe_2 , в результате чего, гетерогенная смазочному маслу структура твердого ядра присадки приобретает ярко выраженные твердосмазочные свойства. Диселенид молибдена способен заполнять отдельные микронеровности, остающиеся, как правило, без должной смазки, то есть граничная пленка перекрывает их по всей площади соприкосновения. При выработке подобной присадки ставилась задача измельчения частиц твердой гетерогенной маслу фазы на максимальном уровне – до наноразмерных значений, при этом исходные твердые компоненты Fe_3O_4 и MoSe_2 изначально тщательно перемешивались между собой в трех разных пропорциях по массе (табл. 1).

Далее с помощью роторно-пульсационной установки РПУ-0,8-А55-2,2 на скорости вращения ротора 2900 об/мин загруженная твердая фаза перемешивалась в течении 10 ч со стабилизирующей олеиновой кислотой $C_{18}H_{34}O_2$ в массовом соотношении 1:9. По окончании диспергирования раствор сливался и исследовался в трех вышеназванных вариациях по соот-

ношению компонентов твердой фазы. Результаты анализа размеров присадки с использованием электронного микроскопа Quanta 200 3D-SEM/FIB и анализатора частиц HORIBA LB-550 показали, что наименьшими размерами в интервале от 10 до 100 нм обладает присадка формулы $Fe_3O_4 + MoSe_2$ смешанная по составу 1 (табл. 1).

Таблица 1

Массовые соотношения частиц твердой фазы и стабилизатора для вырабатываемой присадки

№ п/п	Соотношение компонентов присадки по массе		
	Магнетит Fe_3O_4	Диселенид молибдена $MoSe_2$	Олеиновая кислота $C_{18}H_{34}O_2$
1	1	9	90
2	5	5	90
3	9	1	90

Указанный состав противоизносной присадки в добавлении 1 об. % к смазочному маслу МС-20 по ГОСТ 21743-76 был подвергнут испытаниям на машине трения СМТ-1 по схеме испытания «колодка-ролик». В сравнительных испытаниях кроме указанного состава присадки участвовало масло МС-20 по ГОСТ

21743-76 как база сравнения и два образца присадки по [3]. Присадки различались по концентрации – в первом случае объемное содержание в базовом масле МС-20 составляло 0,5%, во втором – 1,0%. Таким образом, было проведено 24 шага испытаний (рис. 2.), время каждого составляло не менее 2 ч.

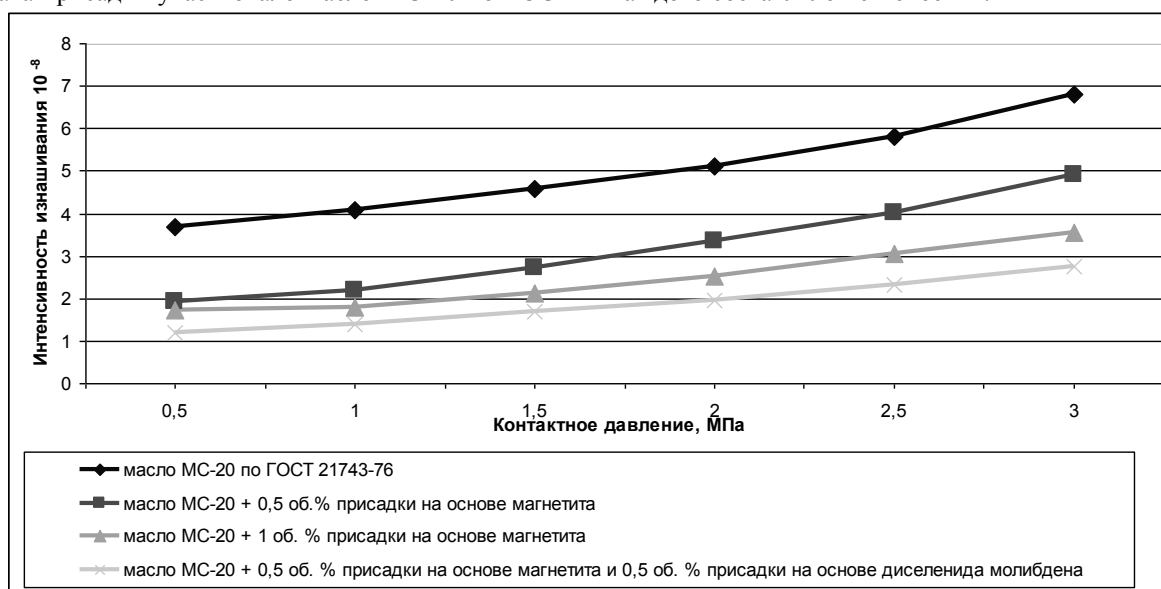


Рис. 2. Результаты противоизносных испытаний.

В результате трибологических испытаний выявлена улучшенная смазочная способность присадки на основе комплексной формулы твердого ядра $Fe_3O_4 + MoSe_2$ [4] по сравнению с чистым маслом и своими противоизносными аналогами по [3].

Последний факт можно объяснить двояко. Во-первых, улучшенная смазочная способность смазочной среды в случае применения присадок, содержащих ненасыщенную жирную кислоту типа олеиновой, объяснима с позиции повышенной смазочной способности самой кислоты. С другой стороны, наличие в присадке диселенида молибдена дает практически 200% снижение интенсивности изнашивания I по сравнению с чистым смазочным маслом и более чем 50% снижение аналогичного показателя по сравнению со смазочной композицией, состоящей из 1 об. % присадки по [3] и чистого масла.

Отсюда можно сделать вывод, что диселенид молибдена, измельченный до уровня 100 нм и менее

создает на поверхности базового черного металла некое подобие защитной пленки, которая за относительно малое время прирабатывается и прочно удерживается в зоне контакта. Положительная адгезия твердосмазочного вещества на поверхности трения играет большую роль в снижении не только интенсивности изнашивания в течение длительного периода, но и снижает пусковые моменты трения при запуске сопряжения в работу. При испытаниях указанная разница с чистым маслом составляла более чем 150%.

Перечисленные достоинства разработанной присадки на основе $Fe_3O_4 + MoSe_2$ [4] дают возможность рекомендовать ее в качестве добавки к базовым смазочным маслам судового назначения, а высокая химическая стабильность состава позволяет применять ее и с присадочными композициями.

Литература:

1. Путинцев С.В. Механические потери в поршневых двигателях: специальные главы конструирования, расчета, испытаний / С.В. Путинцев – М.: МГТУ им. Н. Баумана, 2011. – 288 с
2. Паренаго О.Н. Наноразмерные структуры в углеводородных смазочных материалах / О.Н. Паренаго, В.Н. Бакунин, Г.Н. Кузьмина // Журнал прикладной химии. – №5. – 2003.- С. 10-16.
3. Патент № 2276681 РФ, МПК С10L 1/18 (2006.01) Противоизносная присадка / Перекрестов А.П., Сычёва А.А. - № 2004132806/04, заявл. 10.11.2004; опубл. 20.05.2006, Бюл. № 14. – 5 с.
4. Патент № 2570643 РФ, МПК С10М 169/04 (2006.01) Противоизносная присадка / Перекрестов А.П., Дроздов Ю.Н. - № 2014130314/04, заявл. 22.07.2014; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 34. – 5 с.