

КОМПОНЕНТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗКАХ В КАЧЕСТВЕ ДОБАВОК

А. Ш. Давлетьяров, кандидат техн. наук, доцент
М. К. Бралиев, доцент, **Л. М. Нурғалиев**, магистрант

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана

Мақалада жоғары жүктеме мен температура жағдайларында жұмыс істейтін подшипник түйіндерінің пайдалану ұзақтығын тұтқыр майларға әртүрлі, құрамында металдар бар қоспалар енгізу арқылы жоғарлату мәселелері қаралған. Майлардың құрамына мыс, қалайы, мырыш, алюминий, никель, кобальт, күміс, кадмий тәрізді металдардың тұздары, қышқылдары мен басқа да бірікпелерін және қола, жез қорытпаларын қосқан құрамдар мен олардың майдың триботехникалық мінездемесін жоғарлату механизмі келтірілген. Молибден дисульфидінің жоғары майлау қасиеттеріне көңіл аударылған. Майлау құрамдарының әсерлерін сараптау негізінде подшипниктердің жұмыс қорын анықтайтын факторлар мен олардың үйкеліс беттерінің материалдарының физика-механикалық қасиеттеріне келтіретін ықпалы ескерілуі қажет екені айтылады.

В статье рассматриваются вопросы повышения долговечности подшипниковых узлов, работающих в условиях повышенных нагрузок и тепловых напряжений, путем введения в консистентные смазки различных металлосодержащих добавок. Приводятся различные составы и механизмы улучшения триботехнических характеристик смазок, путем добавления в них солей, кислот и других соединений таких металлов, как медь, олово, цинк, алюминий, никель, кобальт, серебро, кадмий, а также сплавов бронзы и латуни. Отмечаются высокие смазочные свойства дисульфида молибдена. На основе анализа действия различных смазочных композиций подчеркивается необходимость учета конкретных факторов, определяющих ресурс подшипников и их влияния на физико-механические свойства материалов поверхностей трения.

The questions of increase of bearing unit durability, working in conditions of high pressure and heat stresses by the method of introduction in axle-greases different metal containing additives are considered in the article. Different compositions and mechanisms of improvement of tribotechnical characteristics of greases by the method of addition of salts, acids and other compounds of such metals as copper, tin, zinc, aluminium, nickel, cobalt, silver, cadmium and also alloys of bronze and brass. High greasy properties of molybdenum disulfide are noted. On the basis of analysis of different greasy composition actions, the necessity of consideration of certain factors, determining resource of bearings and its influence on physic-mechanic properties of materials of fusion surfaces is underlined.

В современных машинах и механизмах имеется много подвижных сопряжений, смазывание которых с использованием жидких масел затруднено. В таких случаях применяют пластичные смазки. К числу таких сопряжений относятся подшипниковые узлы ступиц колёс автотракторной техники.

Отличительной особенностью современной автотракторной техники, является её повышенная энергонасыщенность. При этом увеличивается нагруженность и тепловая напряженность деталей. В более тяжелых условиях приходится выполнять свои функции и смазочным материалам. Ужесточение условий эксплуатации трибосопряжений обуславливает необходимость улучшения трибологических свойств пластичных смазок.

Современные пластичные смазки представляют собой многокомпонентные структуры, отвечающие многим, зачастую противоречивым требованиям, которые выдвигает специфика работы узлов машин и механизмов. Пластичные смазки состоят из трех компонентов: масляной основы, загустителя и добавок. Добавки служат для различных целей, например, для повышения износостойкости рабочих поверхностей трущихся деталей можно использовать эффект металлоплакирования, который реализуется при введении в состав смазочных материалов металлосодержащих добавок. Они классифицируются следующим образом: маслорастворимые соединения металлов (окислы, соли, комплексные соединения); порошки металлов, сплавов и их смеси.

В результате применения металлосодержащих смазочных композиций, при трении на рабочих поверхностях деталей образуются защитные плёнки, которые могут предохранять поверхности от износа и схватывания. В зависимости от того, какие порошки и каких металлов участвовали в формировании защитных плёнок, они могут обладать более высокой пластичностью, иметь более низкий коэффициент трения, чем основной материал детали, высокие контактную прочность и теплопроводность.

Наиболее широкое распространение в качестве добавок, применяемых при производстве консистентных смазок, получили соединения меди, олова, кобальта, свинца, никеля, то есть тех металлов, использование которых в чистом виде также приводит к улучшению триботехнических характеристик товарных смазок.

В качестве противоизносных и противозадирных присадок хорошо зарекомендовали себя порошки окислов меди, свинца, цинка, сурьмы, олова, никеля.

Довольно часто применяют соли металлов, которые в процессе трения образуют соединения, способствующие улучшению триботехнических характеристик смазочных материалов.

В качестве присадок используют соединения, улучшающие противоизносные характеристики смазок. Тиофосфаты кадмия или свинца, имеющие общую формулу, рекомендуют применять для повышения несущей способности смазочных материалов [1].

Особенно широко в качестве добавок используют соединения меди и свинца. Смазки, содержащие глицерат сернокислой меди или соединение меди, обладают повышенными антифрикционными характеристиками. Введение в смазочные композиции органосвинцовых азотсодержащих соединений или тетраэтил свинца способствует улучшению их противоизносных свойств.

Высокоэффективны оловоорганические присадки к маслам и смазкам. Так, например, при содержании всего 0,25 % лаурата олова в смазке износ пары трения сокращается в 2 раза по сравнению с базовым смазочным материалом и наблюдается полирование рабочих поверхностей.

Положительный эффект дает легирование смазочных сред готовыми комплексными соединениями металлов. Так, в качестве металлосодержащей присадки авторы [2] предлагают использовать комплексное соединение переходного металла, имеющего формулу $[M(L)_x]A_m$, где M – катион переходного металла.

Для повышения антифрикционных и противоизносных характеристик смазочного материала рекомендуется также дополнительно вводить в его состав соли меди ацетилсалициловой кислоты.

При работе механизмов в условиях повышенных давлений и износа с целью улучшения эксплуатационных характеристик базовых смазочных сред применяют комплексные присадки, состоящие из соединений двух несходных металлов, которые могут быть либо химически соединены, либо механически перемешаны.

Известны противоизносные присадки, представляющие собой хелаты металлов групп IB, IIB и IVB, содержащие аминовые, гидроксильные, оксазолиновые или имидозалиновые группы [3].

Для улучшения противоизносных свойств смазок авторы [4] предлагают вводить в их состав металлосодержащие соединения 0,001–5,0 масс. %.

Значительно улучшить противоизносные и антифрикционные характеристики базовых смазочных материалов за счет образования на трущихся поверхностях пленок меди, свинца или олова позволяет также использование в качестве металлосодержащих присадок

оксигинолинов названных металлов в количестве 0,1–10 масс. %.

Определенный интерес представляют смазочные композиции, содержащие продукты взаимодействия капролактама с гидратами окисей металлов (железа, кобальта, меди, никеля, кадмия и т. п.). Авторы [5] считают, что продуктами указанных реакций являются металлхелаты, образующиеся за счет донорно-акцепторного взаимодействия азота амидной группы капролактама с атомами металлов.

Известна также присадка, состоящая из хлорида поливалентного металла и алифатической эпоксидной смолы. Аналогичны по механизму смазочного действия и присадки, повышенные триботехнические свойства которых обеспечиваются присутствием в их составе хлорида поливалентного металла (меди, никеля, кобальта) и продуктов полимеризации эпихлоргидрина и диэтиленгликоля или 2-аминопроизводного индолина.

В последние годы, за рубежом, в качестве противоизносных и антифрикционных присадок к маслам применяются молибденсодержащие комплексные соединения [6].

Наиболее часто встречающимся элементом металлсодержащих присадок в смазочных средах является медь. Это можно объяснить желанием разработчиков получить на поверхности трения металлическую пленку, образующуюся в результате разложения смазочных композиций и протекания в зонах трения физико-химических процессов. Металлическая пленка приводит к созданию систем автокомпенсации неравновесных процессов изнашивания и снижению трения. Данный процесс, открытый в 1956 г. Д.Н. Гаркуновым и И.В. Крагельским, носит название “избирательного переноса” [7]. Реализация этого явления позволяет добиться безызносности при работе различных узлов трения. Несмотря на то, что избирательный перенос был открыт при трении пары сталь – бронза в среде глицерина, добавка металлсодержащих присадок в смазочные среды, отличные от глицерина, обеспечивает данный эффект и в парах трения черных металлов. В обоих случаях на поверхностях трения образуется сервоитная пленка активного металла, одинаково улучшающая триботехнические свойства сопряжения. Разница при этом состоит в том, что в первом случае поставщиком пленкообразующего металла является материал одной из деталей пары, а во втором – этот металл находится в присадке или в элементарном виде, или в виде какого-либо соединения.

Однако известно, что механизм действия маслорастворимых металлсодержащих добавок в смазочной среде основывается на разложении в зоне контакта трущихся сопряжений оксидов, солей, металлоорганических и других комплексных соединений с выделением металла и образованием кислотных и щелочных остатков. Полученные остатки отличаются повышенными коррозионными свойствами и способствуют интенсивному разрушению структуры базового масла.

Кроме маслорастворимых, все более широкое распространение находят добавки, содержащие порошки чистых металлов и сплавов. Металлические частицы, попадая в зону фрикционного контакта, намазываются на поверхности трения на участках фактической площади контакта и в ряде случаев даже заполняют впадины между микронеровностями, покрывая поверхности трения тонким защитным слоем. Так, для повышения противоизносных, антифрикционных и противозадирных свойств смазочных материалов применяют такие металлы и сплавы, как медь, олово, цинк, алюминий, никель, кобальт, серебро, кадмий, бронзу, латунь и др.

Металлсодержащие смазочные композиции, наряду с порошкообразными металлами, содержат активные химические компоненты, способные образовывать с ними структуры, необходимые для получения эффекта безызносности. Активные компоненты смазочной среды либо образуются в процессе трения, либо добавляются при производстве. Подтверждением этому служат смазочные композиции, содержащие альдегиды, способные при трении образовывать вещества, необходимые для формирования металлсодержащих соединений, например, комплексов двухвалентной меди.

Известны также случаи легирования металлсодержащих смазочных сред фенилантраниловой кислотой, которая может образовывать комплексные соединения.

Для улучшения трибологических свойств металлсодержащих смазочных материалов прибегают к легированию их различными полимерами. В частности, авторы [8] предполагают, что продукты разложения политетрафторэтилена при трении могут взаимодействовать с металлами, например с медью, образуя соответствующие металлхелаты.

Высокой смазочной способностью и хорошей адгезией к металлическим поверхностям обладает порошок дисульфида молибдена, что объясняет его частое использование в составах

добавок при изготовлении пластичных смазок. Кристаллы двусернистого молибдена имеют гексагональную форму и образуют пластинчатую структуру. Каждая элементарная пластинка двусернистого молибдена состоит из трех слоев – внутреннего, образованного атомами молибдена, и внешних – атомами серы. Атомы серы обеспечивают высокую адгезионную связь частиц присадки с поверхностью трения и низкое сдвиговое сопротивление между трущимися деталями. Двусернистый молибден обладает большей термической устойчивостью, чем присадки органического происхождения, и может применяться при относительно высоких температурах. Минимальный размер частиц двусернистого молибдена, выпускаемого промышленностью, составляет 1...3 мкм.

Для снижения рабочей температуры узлов трения и износа трущихся деталей в качестве добавки к смазочным материалам используют композицию порошков следующих материалов: твердый раствор железа с никелем, железо, никель, карбид железа и активированный уголь.

С целью улучшения антифрикционных, противозадирных и противоизносных свойств масел в работе предлагается использовать модификатор трения, включающий твердую добавку, в качестве которой применяют смесь ультрадисперсных порошков алмаза, графита и аморфного углерода.

Алтайским технологическим центром “Сплав” предложен смазочный состав, содержащий порошок кобальта с частицами размером 7...10 нм [9]. Предлагаемый состав обеспечивает безыносный режим работы пары трения в индустриальном и моторном маслах.

Смазочная композиция, разработанная Ивановским химико-технологическим институтом, предназначена для узлов трения, работающих в условиях значительных контактных нагрузок [10]. Высокие трибологические свойства этой смазочной композиции обусловлены использованием в качестве композиционного наполнителя стеклянных микросфер, металлизированных медью или бронзой. Дисперсность микросфер составляет 15...100 мкм.

Трибологические свойства пластичных смазок улучшает добавление в их состав тонкодисперсных серпентинитов ($Mg_6[SiO_{10}](OH)_8$). Натурные испытания смазок с добавками серпентинитов позволили выявить не менее чем двукратное повышение ресурса подшипников колёсных пар шахтных вагонеток, шарошечных долот буровых станков и редукторов трамвайных тележек [11]. Однако, в исследовательской и производственной практике известны случаи, когда смазывание подшипников качения смазочными композициями с добавлением серпентинитов при отсутствии каких-либо повреждений на дорожках качения приводило к внезапному разрушению колец из-за водородного охрупчивания поверхностного слоя на значительную глубину [12].

Огромное разнообразие существующих смазочных композиций позволяет заключить, что в настоящее время отсутствует единый подход к выбору состава и дисперсности порошкообразного наполнителя, от формы и размеров металлических частиц которого могут зависеть трибологические свойства металлосодержащих смазочных материалов. В зоне фактического контакта поверхностей трения в присутствии металлосодержащих смазочных материалов протекает целый ряд механических и физико-химических процессов, на которые сложное влияние оказывают многие факторы. Обосновать выбор состава и дисперсности порошкообразной добавки в смазочную среду с целью повышения ресурса подшипников качения ступиц колёс можно лишь на основании анализа механизма изнашивания поверхностей качения, основных факторов, определяющих ресурс подшипников, а также исследований трибологических свойств металлосодержащих смазочных материалов, их влияния на физико-механические свойства и химический состав материала поверхностей качения и на ресурс подшипников ступиц колёс в эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tribochemistry / C. Kijadas [et al] // Tribology 2001. Scientific Achievements, Industrial Applications, Future Challenges : Plenary and Key Papers from 2-nd World Tribology Congress. – Vienna: Austria. 3-7 Sept. 2001. – P. 39-46.
2. А. с. 761544 СССР, МКИ С 10 М 1/54, 5/28. Металлоплакирующая присадка к смазочным материалам / П. Г. Сулов, Н. Н. Никонов, Е. М. Бляхман, П. Е. Гофман (СССР). – № 2521995/23-04 ; заявл. 22.08.77 ; опубл. 25.05.80, Бюл. № 33. – 8 с.

3. Пат. 4, 212, 754 США, МКИ С 10 М 1/10. Хелатные моющие и противоизносные присадки к смазкам, полученные из оксисилированных бензотриазолов. – № 32,079; заявл. 23.04.79 ; опубл. 15.07.80 ; НКИ 252-49.7. – 8 с.
4. Пат. 3, 396, 109 США, МКИ С 10 М. Смазки, содержащие продукт реакции дитиофосфината металла с амином. – № 640,761 ; заявл. 26.01.67 ; опубл. 06.08.68 ; НКИ 252-32.7. – 6 с.
5. Крачун, А. Т. Разработка и использование новых твердосмазочных материалов на основе капролактама / А. Т. Крачун, Е. В. Зобов, Г. А. Рудик // Трение и износ. – 1980. – Т. 1. – № 6. – С. 1050-1055.
6. Пат. 4,164,473 США, МКИ С 10 М 1/48. Органолибденовые противоизносные, антифрикционные присадки. – № 928,817 ; заявл. 28.07.78 ; опубл. 14.08.79 ; НКИ 252-32. – 8 с.
7. Куксенова, Л. И. Смазочные материалы и явление избирательного переноса / Л. И. Куксенова, А. А. Поляков, Л. М. Рыбакова // Вестник машиностроения. – 1990. – № 1 – С. 35-40.
8. Кужаров, А. С. Реализация координатных соединений на трущихся поверхностях металлов. Ч. III. Новый механохимический способ получения комплексных соединений / А. С. Кужаров, А. Д. Гарновский, А. А. Кутыков // ЖОХ. – 1979. – Т. 49. – № 5. – С. 861-864.
9. Пат. 2028370 Российская Федерация, МКИ С 10 М 125/04. Смазочный состав / П. М. Брыляков, Е. Е. Приходько, Н. В. Степанова – № 5039882/04 ; заявл. 18.02.92 ; опубл. 30.02.95, Бюл. № 4. – 12 с.
10. А. с. 1641868 СССР, МКИ С 10 М 141/02. Смазочная композиция / А. А. Калинин, В. Г. Мельников [и др.] (СССР). – № 4683786/04 ; заявл. 25.04.89 ; опубл. 15.04.91, Бюл. № 4. – 8 с.
11. Зуев, В. В. Энергоплотность, свойства минералов и энергетическое строение Земли / В. В. Зуев. – СПб. : Наука, 1995. – 125 с.
12. Погодаев, Л. И. Повышение надёжности трибосопряжений / Л. И. Погодаев, В. Н. Кузьмин, П. П. Дудко. – СПб. : Академия транспорта Российской Федерации, 2001. – 304 с. : ил.

УДК: 539.3

АСИМПТОТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗГИБАЮЩЕГО МОМЕНТА В СКОШЕННОЙ КРУГОВОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ

А. Н. Кушеккалиев, кандидат физ.-мат. наук, доцент

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана

Жұмыста жұқа қиылған айналма цилиндрлік қабықтағы толқындық процесінің қисық соққы әсері және де қабықтың орта бетінің полугеодезикалық координаталар жүйесі қаралады. Қабық қозғалысының сипаттамасын қолдану үшін Кирхгофф-Лявтың теориясын пайдалана отырып қисық эффекттің динамикалық теңдеулері үшін қолданатын асимптотикалық иілгіш алынған.

В работе рассматривается волновой процесс в тонкой скошенной круговой цилиндрической оболочке при краевом ударном воздействии, причем срединная поверхность оболочки относилась к полугеодезической системе координат. Применяя для описания движения оболочки теорию Кирхгоффа-Лява и уравнениями динамического простого краевого эффекта получено асимптотическое представление для изгибающего момента.

This work is devoted to waving process in thin oblique circular cylindrical cover at regional shock effects, and the middle surface of a cover is concerned with semigeodetic system of coordinates. Applying to the description of movement of a cover the theory of Kirhgoffa-Ljava and the equations of dynamic simple regional effect receive asymptotic presentation for the bending moment.

Рассмотрим волновой процесс в круговой цилиндрической оболочке со скошенным краем, к которому приложена ударная нагрузка.

Положение точек оболочки в пространстве зададим следующим образом:

$$\vec{P} = \vec{M}(\alpha_1, \alpha_2) + \alpha_3 \vec{n}(\alpha_1, \alpha_2),$$