

ВИРОБНИЦТВО, ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

УДК.621.891

**П.В. Назаренко, Н.Ф. Дмитриченко,
Р.Г. Мнацканов, Л.С. Братица****ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ ДИФФУЗИИ НА ГРАНИЦЕ
МЕТАЛЛ – СМАЗКА НА РАЗВИТИЕ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ
ВИДОВ ИЗНАШИВАНИЯ**

Представлен метод оценки триботехнических свойств смазочных материалов по параметрам, регистрируемым в условиях неустановившегося режима работы трибомеханической системы с локальной формой контакта. Приведены результаты экспериментальных исследований по влиянию неустановившихся режимов работы на организацию смазочного процесса различных групп смазочных материалов и физико-механические свойства тонких поверхностных слоев, на основании которых разработан метод предварительной оценки триботехнических свойств смазочных материалов.

Выбор смазки имеет первостепенное значение при решении проблем, связанных с повышением эффективности техники, находящейся в эксплуатации. Анализ и классификация отказов изделий машиностроения показали, что основной причиной выхода их из строя является не разрушение деталей, а утрата работоспособности вследствие износа и нестабильности триботехнических характеристик. Особенно это характерно для трибомеханических систем, при эксплуатации которых преобладают неустановившиеся режимы работы, оказывающие значительное влияние на смазочную способность масел и смазок.

Неустановившиеся режимы работы связаны, прежде всего, с изменениями механизма смазочного действия и свойств поверхностных слоев металла, значительными изменениями уровня воздействия определяющих факторов (периодичности пусков-остановок, динамического характера приложения нагрузки, колебаниями в системе, изменениями температуры, реверсом, качательным движением, составом среды, масляным голоданием и т.д.). Неустановившиеся режимы работы, которые трудно фиксировать обычными инструментальными методами ввиду быстротечности, всегда являются неизбежным и предшествующим этапом перехода к состоянию повреждаемости. Исследования неустановившихся режимов работы, протекающих, как правило, в условиях граничной смазки, позволяют более точно определять триботехнические характеристики смазочных слоев и тонких поверхностных слоев металла, так как отсутствует гидродинамическая составляющая.

При переходе к процессу повреждаемости, который в большинстве случаев протекает на начальном этапе в скрытой форме, происходят существенные изменения структуры и свойств тонкого модифицированного поверхностного слоя и механизма смазочного действия из-за смены природы протекающих граничных процессов.

Анализ литературных данных свидетельствует, что эффекты, связанные с влиянием смазочной среды на характер структурных изменений твердых тел, весьма разнообразны в своих конечных субмикроскопических проявлениях и экспериментальном выявлении. Этим в значительной мере объясняются противоречия в их интерпретации [1]. Важным обстоя-

тельством в выявлении природы взаимодействия среды и твердого тела является выделение тех первичных взаимодействий, комбинациями которых определяются наблюдаемые эффекты. К ним относятся как собственно поверхностные взаимодействия, локализующиеся в соответствии с термодинамическими условиями на границе раздела фаз, в слое непосредственно у этой границы, так и многочисленные эффекты, связанные с примыкающим к границе слоем конечной толщины [2].

С целью исследования процессов диффузии химически активных элементов смазки в поверхностные слои в период развития катастрофических видов изнашивания была проведена серия опытов с различными смазочными материалами, в которых инициировалось развитие этих видов изнашивания. После соответствующей приработки создавался режим масляного голодания, который приводил к развитию заедания трибомеханической системы.

Объектом анализа распределения химических элементов, выполненного на микроскопе-микроанализаторе "Camscap-4DV", являлись три зоны дорожки трения: центр дорожки трения, край дорожки трения и срединная часть очага схватывания. На рисунке показаны результаты этого анализа для пластичной смазки ВНИИ НП-207. Характер распределения химических элементов в центре и на краю дорожки трения такой же, как и на поверхности, не участвующей в трении (исходной поверхности). Отличия касаются четырех элементов: Si, S, Cr, Ca. Процентное содержание Si снизилось с 2,722% на исходной поверхности до 2,238% на краю дорожки и до 1,759% в центре. Количество S и Cr также возросло. В зоне очага схватывания отмечаются возрастание Si с 2,722% (исходная поверхность) до 3,629%, S – с 0,77 до 1,178%, резкое возрастание хрома с 0,191 до 3,557% и очень резкое возрастание Ca с 0,62 до 12,465%. Характер распределения химических элементов в зоне очага схватывания резко отличается от исходной поверхности и подтверждает ранее сделанный вывод о неоднородности распределения химических соединений на контактной поверхности. В центре дорожки трения и на краю количество Si уменьшается, а в центре очага схватывания возрастает. Если учесть тот факт, что в смазке ВНИИ НП-207 содержится Si (кремниорганическая жидкость), то можно предположить, что диффузия Si происходит как из смазочной среды, так и из самого металла.

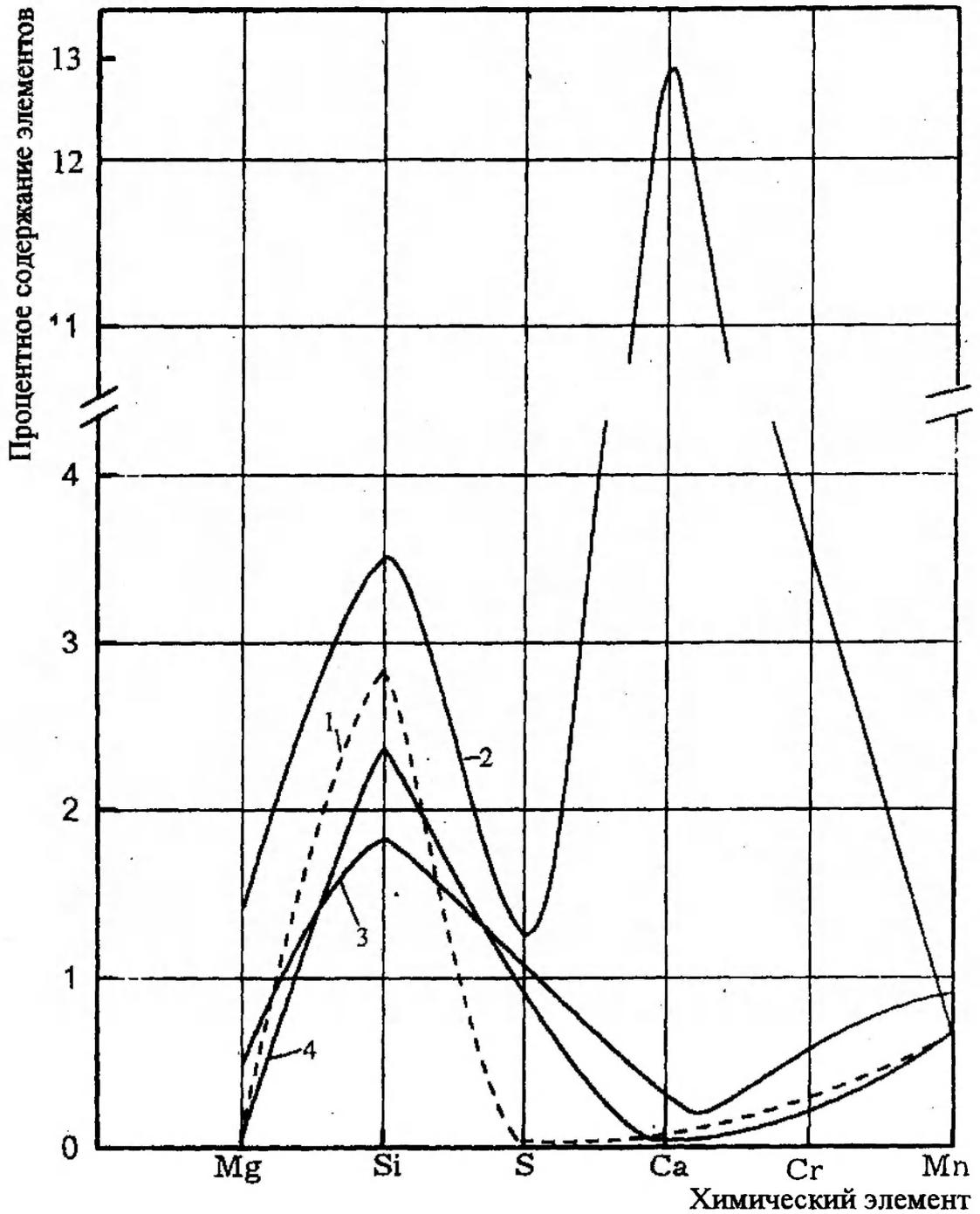
Количество S также возрастает в очаге схватывания. Распределение S поперек дорожки трения показывает, что S концентрируется, в основном, в зонах пластической деформации, где интенсивно протекают процессы текстурирования и аморфизации, т. е. в зонах с повышенной энергией активации.

Если для S характерно увеличение концентрации в направлении от края дорожки трения к центру, то для Si характерна обратная тенденция. Очевидно, что основным поставщиком S на поверхностные слои металла является смазочная среда, содержащая многофункциональную присадку, т. е. диффузионные процессы протекают в направлении смазка – поверхность.

Увеличение концентрации Cr в центре дорожки трения также указывает на то, что Cr, как и S, концентрируются в зонах с повышенным уровнем пластического деформирования. Однако в отличие от S диффундирование Cr в поверхностные слои происходит не из смазочной среды, а из ближайших к поверхностному слою слоев металла, поскольку в смазочном материале Cr отсутствует. В очаге схватывания было зафиксировано значительное увеличение концентрации Cr, содержание которого возросло в восемнадцать раз относительно исходной поверхности.

Еще более значительно возросло содержание Ca, что связано, по-видимому, с диффундированием молекул Ca, составляющих основу дисперсной фазы смазочного материала в поверхностные слои металла.

В результате трибохимической активации присадок в зоне контакта, процессов хемосорбции и триботермомодеструкции происходит модифицирование металла с диффундирова-



Распределение химических элементов по дорожке трения
(поперечное направление для смазки ВНИИП-207):

1 – исходная поверхность; 2 – каверна;
3 – центр дорожки трения; 4 – край дорожки трения

нием в его поверхностные слои как органической фазы, так и ионов Cr, Mg, Si, S, Ca и других элементов, легирующих трущиеся поверхностные слои, изменяющие его структуру и микрорельеф.

По нашему мнению, Cr в смазочной среде служит катализатором образования защитных пленок (полимеров трения). Исследования диффузионного перераспределения Cr в чугуне [3] показали, что уменьшение содержания Cr от 9,3 до 7% вызывает увеличение износа в пять раз.

Лучшие антифрикционные и противоизносные свойства демонстрируют поверхностно-активные вещества, состоящие из активных кислород-, фосфор-, серо-, хромсодержащих групп и длинных углеводородных радикалов. Достоинством таких присадок является эффект образования полимолекулярных адсорбционных слоев с сильным адгезионным взаимодействием.

Проведенные исследования позволяют высказать предположение о взаимосвязи между повышением микротвердости поверхностного слоя металла и наличием химических соединений, образующихся при трении в комплексе металл – смазочная среда.

Особенности изменений структуры тонкого поверхностного слоя показывают, что при подборе смазочного материала необходимо учитывать ряд важнейших факторов:

- механизм пластической деформации;
- диффузионные процессы;
- кинетику изменения физико-химических свойств;
- влияние смазочных материалов различного класса на диффузионные и физико-химические процессы;
- режимы смазки и нагружения трибомеханической системы.

Комплексный учет этих факторов является необходимым условием в решении вопроса управления организации смазочного процесса и минимизации износа в конкретных эксплуатационных условиях.

Оптимизация триботехнических характеристик и процесса трения и смазки в условиях неустановившихся режимов трения в целом связана с необходимостью разработки специальных методов и средств оценки противоизносных и антифрикционных свойств трибосоприжения на базе специальных критериальных показателей, характеризующих специфическое состояние поверхностного слоя материала и смазочного слоя в период обнаружения первых неявных признаков повреждаемости. Комплексное решение указанных вопросов позволит повысить износостойкость контактных поверхностей и в целом ресурс, надежность трибомеханических систем.

Список литературы

1. Рыбакова Л.Н., Куксенова Л.И. Структура и износостойкость металла. – М.: Машиностроение, 1982. – 212 с.
2. Щукин Е.Д. Понижение поверхностной энергии и изменение механических свойств твердых тел под влиянием окружающей среды // Физико-химическая механика материалов. – 1976. – № 1. – С. 3.
3. Марковский Е.А., Кириевский Б.А. Изменение химического состава поверхностных слоев, деформированных трением // Проблемы трения и изнашивания. – Киев: Техника, 1974. – № 6. – С.105.



Павло Васильович Назаренко (1928-1998) закінчив Київський інститут цивільного повітряного флоту в 1954 році. Доктор технічних наук професор ректор Київського міжнародного університету цивільної авіації, заслужений діяч науки і техніки України. Напря наукових досліджень – створення нових антифрикційних матеріалів для деталей машин і засобів нанесення покриття на деталі авіаційної техніки для підвищення їхньої стійкості до спрацювання.

Pavel V. Nazarenko (1928-1998) graduated from Kyiv Institute of Civil Aviation (1954). DSc (Eng) professor. Scientific research sphere – creation of new antifriction materials for machine details and means of covering the aviatechnical details for their strengthening. He is the author of 212 publications in the field of friction and wear in machines and mechanisms.



Микола Федорович Дмитриченко (1952) закінчив Київський інститут інженерів цивільної авіації в 1976 році. Доктор технічних наук професор проректор Київського міжнародного університету цивільної авіації. Сфера наукових досліджень – теорія спрацювання та змащування.

Nikolay Ph. Dmytrychenko (1952) graduated from Kyiv Institute of Civil Aviation Engineers (1976). DSc (Eng) professor, prorector of Kyiv International University of Civil Aviation. Scientific research sphere – friction, resistance to wear and lubrication theories.



Рудольф Георгієвич Мнацаканов (1954) закінчив Київський інститут інженерів цивільної авіації в 1977 році. Кандидат технічних наук провідний співробітник кафедри технології ремонту та виробництва матеріальних апаратів і авіаційного матеріалознавства Київського міжнародного університету цивільної авіації. Має 45 наукових публікацій в сфері трибології.

Rudolf G. Mnatsakanov (1954) graduated from Kyiv Institute of Civil Aviation Engineers (1977). DSc (Eng), senior researcher of Technology of repair and production of airplanes and aviation materials Department. Author of 45 publications in the field of tribology.



Леонід Степанович Братиця (1947) закінчив Київський інститут інженерів цивільної авіації в 1971 році. Вчений секретар Київського міжнародного університету цивільної авіації, доцент кафедри технології ремонту та виробництва літальних апаратів і авіаматеріалознавства Київського міжнародного університету цивільної авіації. Сфера наукових досліджень – матеріалознавство в машинобудуванні, тертя та зношування в машинах. Автор 41 науково-методичних і наукових робіт.

Leonid S. Bratitsa (1946) graduated from Kyiv Institute of Civil Aviation Engineers (1977). Scientific secretary of Kyiv International University of Civil Aviation. Ass. professor of Technology of repair and production of airplanes and aviation materials Department. Author of 41 educational and methodical publications, including 26 ones in the fields of friction and wear in machines and mechanisms.