

Ю.Э. Рыжов, к.т.н., с.н.с.

*Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля  
НАН Украины*

## НАПРАВЛЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СОТС НА РАБОЧУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ПАР ТРЕНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

*Приводятся результаты исследований по улучшению антифрикционных свойств поверхностных слоев стальных деталей пар трения путем микролегирования активными компонентами смазочно-охлаждающих технологических сред в процессе алмазного хонингования и доводки. В результате предложенного метода обработки съем металла совмещается с насыщением ювенильных поверхностей антифрикционными соединениями фосфора, что способствует повышению износостойкости деталей сопряжения.*

**Введение.** Качество поверхности деталей машин, неразрывно связанное с ее износостойкостью, в значительной степени зависит от топографии, микротвердости, напряженного состояния и химического состава поверхностных слоев металла.

На выступах, образующих шероховатость поверхности, имеются еще более мелкие неровности – субмикрощероховатость. Субмикрощероховатость играет существенную роль в протекании контактных процессов. Электронно-микроскопические исследования поверхностей показывают, что субмикрощероховатость образуется неровностями, имеющими высоту 2–20 нм. Шероховатость поверхностей деталей прецизионных пар трения находится в пределах  $R_a = 0,02-0,04$  мкм, поэтому вопросы их контактирования необходимо рассматривать с учетом субмикрощероховатости.

Всю совокупность технологических методов получения деталей машин с требуемыми свойствами можно разделить на три основные группы: 1) методы получения материалов для изготовления деталей машин; 2) химико-термические, электронно-лучевые, ионно-плазменные методы обработки; 3) финишные методы механической обработки поверхностей.

Недостаточная разработанность на сегодняшний день методов первой и второй групп применительно к условиям массового производства, а также их относительная дороговизна и сложность реализации, делает наиболее приемлемыми для широкого и

универсального применения финишные методы механической обработки поверхностей деталей пар трения.

Одной из перспективных триботехнологий в области антифрикционного хонингования в ИСМ НАН Украины следует считать антифрикционно-упрочняющую обработку с попутным шаржированием (АУПШ), предназначенную для формирования износо- и задиростойких пар трения скольжения.

Возможным путем решения данной задачи может быть совмещение процесса механического съема металла с антифрикционной обработкой, основанной на модификации (легировании) поверхностных слоев активными компонентами смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС) при финишной обработке.

Роль смазочно-охлаждающих технологических сред в процессах финишной обработки металлов и, в частности, в формировании поверхностных слоев деталей и повышении их износостойкости описана в научно-технической литературе крайне ограниченно. Вопросам оптимизации финишных методов обработки с целью повышения интенсивности съема металла посвящена подавляющая часть публикаций.

Наряду с микрогеометрией поверхности, объемные свойства поверхностного слоя (его состав, микроструктура, напряженное состояние) играют определенную роль в износостойкости. Взаимодействие твердых тел при трении сосредотачивается в локальных поверхностных объемах трущихся деталей. Возникающая при этом на участках контакта интенсивная пластическая деформация, быстрый локальный нагрев и последующее быстрое охлаждение приводят к образованию на поверхности трения неравновесных структур, свойства которых в значительной степени определяют износостойкость материала. Это в равной степени относится к трению скольжения и трению качения.

В работах [1–5] показано, что физико-химическими процессами, протекающими в контактной зоне трущихся тел можно эффективно управлять с помощью смазочно-охлаждающих технологических сред, содержащих активные присадки по отношению к металлу химические элементы в виде органических и неорганических соединений. Иногда эти элементы могут присутствовать в чистом виде в растворенном состоянии.

Скорость адсорбции и механическая прочность адсорбционных слоев зависят от температуры, состава и свойств трущихся поверхностей, строения и концентрации молекул поверхностно-

активных веществ (ПАВ). Во многих случаях функциональные (полярные) группы молекул ПАВ способны вступать в химическое взаимодействие с поверхностями трения с образованием хемосорбционных слоев, которые выдерживают без разложения более высокие нагрузки и температуры по сравнению с химически адсорбированными пленками.

Весьма эффективными смазочными компонентами в составах водосмешиваемых и масляных СОТС являются высокомолекулярные органические соединения различного химического строения. Возможность регулирования в широких пределах свойств полимерных соединений изменением их химического состава объясняет повышенный интерес к ним в различных отраслях промышленности, в том числе в составах СОТС.

В развитие работы [6] совместно с научно-исследовательским институтом нефтепродуктов (НИИ НП "МАСМА", г. Киев) ведется разработка модельных и опытно-промышленных образцов полусинтетических водных СОТС на основе полифосфатов для хонингования и суперфиниширования, а также доводочных паст с целью повышения их легирующего антифрикционного воздействия на формируемую поверхность стальных деталей прецизионных пар трения.

Проведенные исследования показывают, что деструкция полимеров происходит и при температурах ниже температуры их термодеструкции (300–500 °С), что связано с высокой энергонапряженностью в зоне резания, высокой каталитической активностью ювенильных поверхностей. Выделяющиеся активные макро- и микрорадикалы взаимодействуют с металлической поверхностью, образуя химические слои более прочные, чем те, которые обеспечивают силы физической адсорбции. Хемосорбированные слои облегчают пластическую деформацию металла, предотвращают схватывание контактирующих поверхностей стальных деталей пар трения.

В результате анализа значительного количества литературных источников необходимо отметить практическое отсутствие непосредственных результатов оценки влияния СОТС и их компонентов, применяемых в процессах хонингования, доводки, суперфиниширования, на показатели качества поверхности с точки зрения износостойкости обработанной поверхности деталей машин.

Химический состав поверхности, полученный на электронном растровом микроскопе "CAMSCAN", шероховатость и задиристость образцов из закаленной стали по результатам

испытаний на машинах трения после чистового хонингования с применением некоторых серийно выпускаемых и опытной СОТС представлены в табл. 1.

*Таблиця 1*  
*Химический состав и эксплуатационные свойства стали ШХ15*

№ п/п	СОТС	Содержание химических элементов в поверхностных слоях стали, %						Коэфф. трения, μ	$R_a$ , мкм	Количество циклов до задира
		Si	Cl	S	Ca	P	Na			
1	КЕРОСИН	0.370	-	0.020	-	0.027	-	0.16	0.24	120
2	ГИДРОПОЛ-2	0.228	-	-	0.011	-	1.209	0.14	0.07	150
3	ОСМ-1	0.190	-	0.017	-	-	0.890	0.14	0.12	200
4	МР-4	0.197	0.032	0.046	0.004	-	2.268	0.15	0.18	300
5	АКВАХОН	0.198	0.097	0.075	0.006	0.100	2.148	0.14	0.15	480
6	ТРИБОЛ	0.167	0.054	0.080	0.002	0.130	1.507	0.12	0.14	850
7	АМФАПОЛ	0.153	0.019	0.115	-	-	0.080	0.13	0.16	1000

Из таблицы видно, что по параметру шероховатости  $R_a$  лучшие результаты получены с применением СОТС “ГИДРОПОЛ-2”, а задиристость повышается с ростом процентного содержания серы и фосфора в поверхностных слоях образцов. При этом очевидно, что состав серийно выпускаемых СОТС для механической обработки деталей не является оптимальным в решении задачи повышения их износостойкости путем микролегирования поверхностных слоев при хонинговании и доводке.

При проведении исследований было установлено, что эффект повышения поверхностной прочности образцов наблюдается после обработки с СОТС “АМФАПОЛ”, “АКВАХОН” и “ТРИБОЛ”.

Методы вторично-ионной масс-спектрометрии позволили обнаружить в поверхностных слоях исследованных образцов продукты деструкции СОТС (углеводороды, хлориды, фосфаты, сульфиты) на глубине до 300 нм, что подтверждает предположение об интенсивных адсорбционных и хемосорбционных процессах при контактном взаимодействии “инструмент - СОТС - деталь”.

**Вывод.** Разрабатываемые технологические процессы финишной обработки с применением активных СОТС с легирующим антифрикционным воздействием предназначены для непосредственного управления эксплуатационными свойствами стальных деталей прецизионных пар трения машин и, в ряде случаев, могут служить альтернативой применению дорогостоящих модифицирующих присадок к топливу и моторным маслам.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. *Садыков С.И., Гольдблюм М.А., Керимов Н.С.* Смазочно-охлаждающие жидкости для алмазно-абразивной обработки металлов. – Баку: ЭЛМ, 1978. – 181 с.
2. *Тихонович В.В.* Формирование и свойства вторичных структур на поверхности хромистых сталей при трении в смазочно-охлаждающих жидкостях / Автореф. дисс... канд. физ.-мат. наук. – Киев, 1987.
3. *Кабалдин Ю.Г.* Структурно-энергетический подход к процессам трения, изнашивания и смазки при резании // Трение и износ, 1989. – № 5. – С. 800–808.
4. *Малиновский Г.Т.* Масляные смазочно-охлаждающие жидкости для обработки металлов резанием. – М.: Химия, 1988. – 189 с.
5. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник / Под ред. С.Г. Энтелиса Э.М., Берлинера. – М.: Машиностроение, 1986. – 351 с.
6. *Рыжов Ю.Э.* Улучшение антифрикционных свойств стальных деталей пар трения в процессе алмазного хонингования: В сб. докл.: 26<sup>th</sup> International Conference of Production Engineering, Podgorica-Budva, Jugoslavija, 17–20 sept., 1996. – S. 379–382.

РЫЖОВ Юрий Эдуардович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины.

Научные интересы:

– технология машиностроения.

Подано 07.09.2009