УДК 544.72:538 9

А.Г.СЫРКОВ, *д-р техн. наук, профессор, syrkovandrey@mail.ru*
Т.Г.КАМАЛОВА, *аспирантка, tahoxa87@mail.ru*
Е.В.РЕМЗОВА, *студентка, 328 90 19*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

A.G.SYRKOV, *Dr. in eng. sc., professor, syrkovandrey@mail.ru*
T.G.KAMALOVA, *post-graduate student, tahioxa87@mail.ru*
E.V.REMZOVA, *student, 328 90 19*
Saint Petersburg State Mining University

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ПОВЕРХНОСТНО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОРОШКАХ АЛЮМИНИЯ И ЕГО ПРОЯВЛЕНИЕ В ТРИБОЛОГИИ

Выявлен синергетический эффект, связанный с повышением антифрикционных и водоотталкивающих свойств после смесевой обработки Al-пудры марки ПАП-2 парами катионоактивных препаратов алкамона (А) и триамона (Т). По данным акустического метода в трибологической паре со смазкой, наполненной Al/(A + T) антифрикционные свойства выше, чем в паре со смазкой, наполненной Al/T и Al/A. Антифрикционный эффект связан со стабильными во времени водоотталкивающими свойствами Al/(A + T).

***Ключевые слова*:** синергетика, нанотрибология, нелинейные эффекты, металлические порошки добавки, модифицирование поверхности добавки, катионные ПАВ, эффект безысносности.

SYNERGETIC EFFECT OF SURFACE-MODIFIED POWDERS OF ALUMINIUM AND ITS MANIFESTATION IN TRIBOLOGY

Revealed a synergistic effect associated with an increase in anti-friction and water resistance after processing mixtures Al-powder brands PAP-2 pairs of cation active preparations alkamon and triamon. According to the acoustic method in the tribological pair with a lubricant-filled Al/(A + T), anti-friction properties than in a pair with a lubricant-filled Al/T, and Al/A. Antifriction effect is associated with stable over time water-repellent properties of Al/(A + T).

***Key words*:** synergy, nanotribology, nonlinear effects, dispersed metal additives, modifying of a surface of an additive, cationic tensides, Garkunov's effect.

В настоящее время в физике конденсированного состояния и в материаловедении все чаще для объяснения строения, механизма формирования и свойств наноструктурных объектов используют представления о самоорганизации вещества и о синергетике.

В какой-то степени можно даже говорить о том, что наличие в высокоорганизованных веществах синергетических эффектов и осцилляций различных свойств – это необходимые атрибуты наноструктурированных материалов. Подобные материалы находят широкое применение в науке и технике как компоненты электронных систем, защитных покрытий, композитов, гетерогенных катализаторов и т.д.

К моменту начала предлагаемого исследования из работ научной группы [2, 5] был известен синергетический эффект, связанный с повышением энергии связи электронов азота уровня N1s после смесевой обработки стали разбавленным водным рас-

Таблица 1

Сравнительные физико-химические характеристики исходной стали 3 (Ст) и образцов стали 3, модифицированных препаратами на основе четвертичных соединений аммония

Образец	Ст	Ст/(А + Т)	Ст/А	Ст/Т	Ст/АТМАХ
$E_{св}$ N1s, эВ (РФЭС)	–	404,2	402,4	402,1	402,3
Антифрикционный эффект Ст в 0,01 %-ном водном растворе ПАВ, отн. ед.	–	1,00	0,25	0,20	0,23
Скорость поглощения паров воды, г/(м^2·ч), при P/P_0 = 0,97	0,0051	0,0010	0,0026	0,0048	0,0031
Величина коррозии ($\Delta m/m$) в соляных рудниках (196 сут), %	1,85	0,87	1,16	1,15	1,22

АТМАХ – алкилтриметиламмонийхлорид: $[C_nH_{2n+1}N + (CH_3)_3]Cl$.

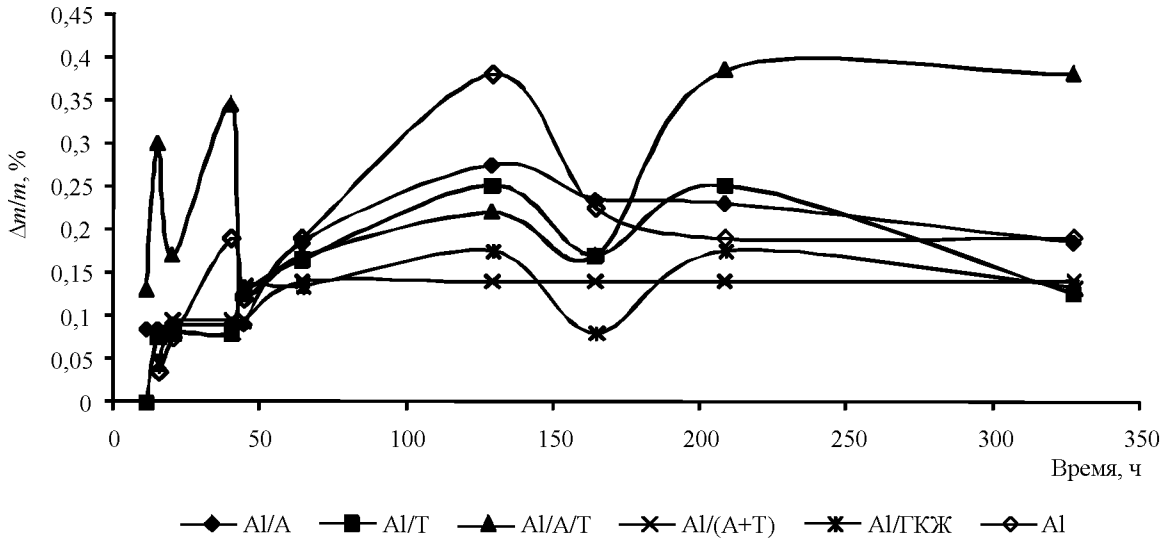


Рис.1.Осцилляции адсорбции паров воды на модифицированных образцах порошка алюминия

твором алкамона (А) и триамона (Т). Усиление этой энергии ~ на 2 эВ (табл.1) сопровождается ростом антифрикционного эффекта, повышением гидрофобности и антикоррозийных свойств твердой поверхности по сравнению с образцами, обработанными только одним компонентом (алкамоном или триамоном) [6].

Цель данной работы – проанализировать закономерности изменения водоотталкивающих свойств порошков алюминия, модифицированных теми же катионоактивными препаратами, и изучить возможность синергетического эффекта в трибологической паре со смазкой, наполненной полученными порошками.

Исходной твердой присадкой служила Al-пудра марки ПАП-2, которую обрабатывали парами катионоактивных препаратов А и Т по различной программе.

Установлены, в основном, осциллирующие зависимости величины адсорбции от времени экспозиции образцов в насыщенных парах воды (рис.1) [3]. Интересно, что образец, полученный смесевой обработкой Al-пудры парами А и Т самый стабильный и на протяжении 200 ч не сорбирует влагу, в отличие от образцов, обработанных только одним компонентом.

Экспериментально полученные свойства осцилляции свидетельствуют, очевидно, о самоорганизации вещества в процессе ад-

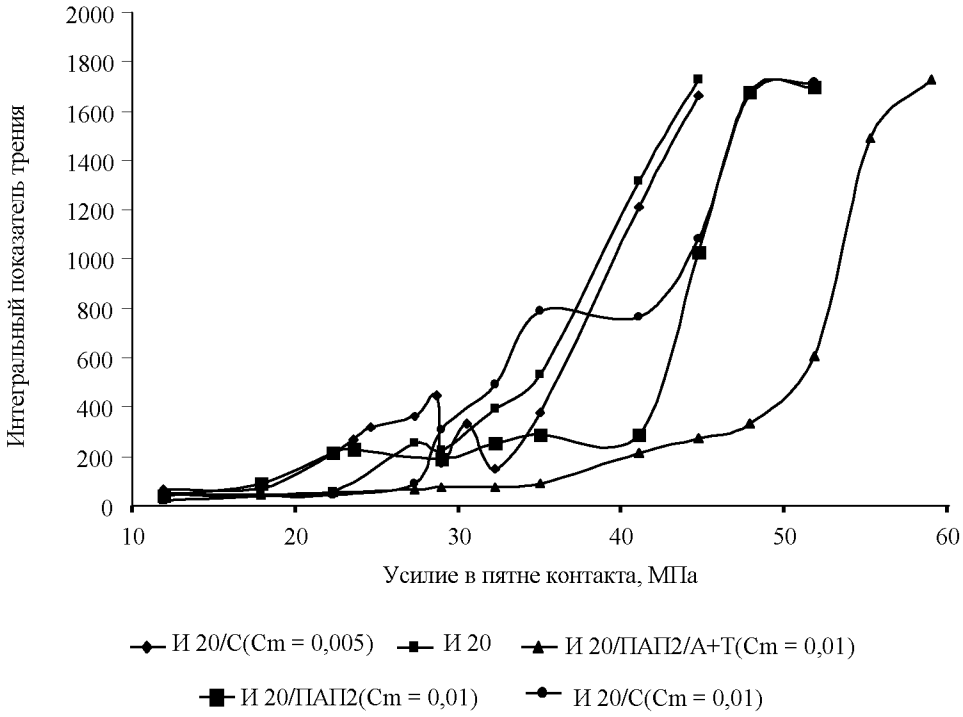


Рис.2. Зависимость интегрального показателя трения от давления в пятне контакта

Таблица 2

Влияние типа присадки на интегральный показатель трения D и пределы изменения адсорбции паров воды на присадке ($0 < t < 327$ ч)

Образец присадки, 1 % (по массе) в смазке	Пределы изменения адсорбции паров воды a ($P/P_0 \rightarrow 1$), % (по массе)	Значение D при P = 47 МПа
Al	0,12-0,38	1690
Al/T/A	0,09-0,38	1000
Al/T	0,09-0,25	780
Al/(A + T)	0,10-0,13 (a = 0,13 = const при t > 40 ч)	300
Al/A	0,21-0,23	910

сорбции паров воды. Эти осцилляции описываются сложным уравнением [4]:

$$a(t) = A + B\ln t + Ct^{\alpha}\sin\left(\frac{\beta}{t^{\gamma}}\right).$$

График зависимости интегрального показателя трения D от давления P в пятне контакта показывает, что кривая для смазки с добавкой Al/(A + T) является плавной и гладкой во всем диапазоне изменения P, которая описывается уравнением $D = 8{,}5e^{0{,}082P}$ (рис.2). Остальные кривые имеют сложную форму и характерный «пик» зависимости при P = 25-30 МПА, отвечающий стадии притирки и распределения смазки по контактирующим поверхностям [1, 4].

Образец Al/(A + T) имеет наименьший интегральный показатель трения (табл.2), чем образцы Al/T и Al/A. Также можно отметить, что образец, полученный послойной обработкой Al/T/A, имеет наибольший показатель трения среди модифицированных образцов.

Выявлено, что смазка с добавкой Al/(A + T) обладает наилучшими антифрикционными свойствами по сравнению со смазками, наполненными Al/T и Al/A. Иначе говоря, вещества, которыми обрабатываются добавки к маслу, являются синерги-

стами, т.е. действуют таким образом, что активность их смеси превышает сумму активностей компонентов.

Антифрикционный эффект связывается со стабильным во времени водоотталкивающим эффектом добавки Al/(A + T).

Соответствующая зависимость D от P в интервале 15-55 МПа описывается экспонентой вида $D = 8{,}5e^{0{,}082P}$, что свидетельствует о жидкостном режиме трения – необходимом условии эффекта безысносности Гаркунова.

Работа выполнена в рамках Аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы» (2008-2012 гг.): фундаментальное исследование № 1.13.08, прикладное исследование № 1.4.09.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антифрикционные свойства индустриального масла с присадками наноструктурированных металлов / А.Г.Сырков, Д.С.Быстров, Т.Г.Вахренева, И.В.Пантюшин // Химическая физика и мезоскопия. Ижевск. 2009. Т.11. № 4. С.462-466.

2. *Вахренева Т.Г.* Опыт оценки антифрикционных свойств поверхности металла методом Стокса / Т.Г.Вахренева, М.Р.Уразаева, А.Г.Сырков // Записки Горного института. 2007. Т.170. С.240-243.

3. Водоотталкивающие свойства наноструктурированных металлических порошков на основе алюминия / А.Г.Сырков, Д.С.Быстров, Л.А.Журенкова, Т.Г.Вахренева // Цветные металлы. 2009. № 2. С.79-82.

4. Нелинейные зависимости интегрального показателя акустической эмиссии (трения) от нагрузочного давления для смазок с присадками наноструктурированных металлов / В.В.Тарабан, А.Г.Сырков, Д.С.Быстров, Т.Г.Вахренева // Конденсированные среды и межфазные границы. 2009. № 4. С.323-327.

5.Опыт разработки и внедрения наноструктурированных покрытий для защиты металлоконструкций на предприятии горной отрасли / А.Г.Сырков, И.В.Плескунов, Е.В.Ремзова, С.А.Игнатьев // Записки Горного института. 2007. Т.173. С.237-239.

6. Электрофизические и химико-физические микро- и нанотехнологии усиления адгезии компонентов в системе металл – диэлектрик / Н.С.Пщелко, А.Г.Сырков, И.В.Пантюшин, Т.Г.Вахренева, Д.А.Сырков // Российские нанотехнологии. 2009. Т.4. № 11-12. С.42-47.

REFERENCES

1. Antifrictional properties of industrial oil with additives of nanostructured metals / A.G.Syrkov, D.S.Bystrov, T.G.Vakhreneva, I.V.Pantyushin // Chemical physics and mesoscopic. Izhevsk. 2009. Vol.11. N 4. P.462-466.

2. *Vakhreneva T.G.* Experience of an estimation of antifrictional properties of metal surface by Stox method / T.G.Vakhreneva, M.R.Urazaeva, A.G.Syrkov // Notes of the Mining Institute. 2007. Vol.170. P.240-243.

3. *Syrkov A.G.* Water-repellent properties of nanostructured metallic powders on aluminium base // A.G.Syrkov, D.S.Bystrov, L.A.Zhurenkova, T.G.Vakhreneva // Nonferrous metals. 2009. N 2. P.79-82.

4. Nonlinear dependences of the integrated indicator of acoustic issue (friction) on loading pressure for greasings with additives of the nanostructered metals / V.V.Taraban, A.G.Syrkov, D.S.Bystrov, T.G.Vakhreneva // Condensed media and interphase boundaries. 2009. N 4. P.323-327.

5. Experience in the development and implementation of nanostructured coatings to protect steel structures in the mining industry // A.G.Syrkov, I.V.Pleskunov, E.V.Remzova, S.A.Ignatiev // Notes of the Mining Institute. 2007. Vol.173. P.237-239.

6. Electrophysical and chemico-physical micro- and nanotechnologies of strengthening of adhesion of components in metal-dielectric system / N.S.Pshelko, A.G.Syrkov, I.V.Pantyushin, T.G.Vakhreneva, D.A.Syrkov // Russian Nanotechnologies. 2009. Vol.4. N 11-12. P.42-47.