

«Эпиламирование в общей концепции применения наноразмерных покрытий при ремонте и восстановлении деталей машин и оснастки»,
Вохидов А. С., Добровольский Л. О., ООО «АВТОСТАНКОПРОМ»
тел/факс: (812) 495-9856, 252-1480, e-mail: avtostankoprom@mail.ru

В статье рассмотрены преимущества использования ресурсо- и энергосберегающей технологии эпиламирования (применение фторПАВ) как перспективного направления в области продления межремонтного периода работы оборудования, инструмента и технологической оснастки, повышения надежности и долговечности работы механизмов, представлены свойства эпиламирующих составов и характер их взаимодействия с поверхностями.

In article analyze advantages of use resurso - and power saving up technology epilam (fluorine surface-active substance) are considered as perspective direction in the field of prolongation of the between-repairs period of work of the equipment, the tool and industrial equipment, increase of reliability and durability of work of mechanisms, properties epilams structures and character of their interaction with surfaces are presented.

Эпиламы, фторПАВ, нанопленки, повышение износостойкости, защита от коррозии, энергосбережение, ресурсосбережение, адгезионностойкость, гидрофобность, снижение износа, снижение коэффициента трения, технологическая оснастка, хемосорбция

Epilam, fluorine surface-active substance, nanofilms, increase of wear resistance, protection against corrosion, saving energy, resource saving, adhesion firmness , water repellency, decrease in deterioration, decrease in factor of friction, industrial equipment, chemical adsorb.

Систематизация и классификация способов, методов, технологий и оборудования для нанесения покрытий на поверхности и для обработки поверхностей находятся в непрерывной динамике. Это свидетельствует об эволюционном характере казалось бы узко дисциплинарного направления, в рамках которого отдельно выделяются проблемы получения наноразмерных многофункциональных покрытий (плёнок) на основе жидких композиций фторсодержащих поверхностно-активных веществ (фторПАВ), получивших обобщённое название **эпиламы**. Образование покрытий происходит при испарении растворителей и запуске механизма физикохимического процесса хемосорбции, что обеспечивает надёжную связь покрытия с подложкой.

На **эпиламированной** поверхности формируется слой ориентированных молекул, не только радикально меняющих поверхностную энергию: молекулы ПАВ образуют так называемые структуры Ленгмюра-Блоджетт в виде спиралей с нормально направленными к поверхности осями, позволяющими надёжно удерживать смазку (Рис. 1, 2).

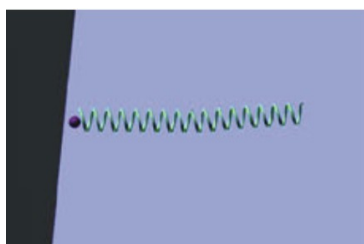


Рис. 1.

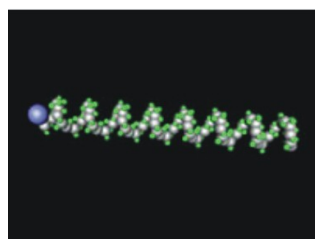


Рис. 2.

Это свойство **эпиламов** должно привлекать внимание мастеров, занятых практическими работами по ремонту и восстановлению деталей машин и механизмов, а так же мероприятиями профилактического характера (технические осмотры, плановые и внеплановые ремонты всех категорий, особенно мелкого, так как на первых стадиях предремонтной эксплуатации оборудования применение **эпиламов** особенно эффективно.

Электронно-микроскопические и рентгеноструктурные исследования поверхностных слоев металла до и после покрытия ПАВ показали, что после механохимического воздействия, например, трения, в обработанных образцах искаженность кристаллической решетки существенно ниже, чем в необработанных.

В зависимости от способа нанесения покрытия на поверхность возможно получение однослойного или многослойного покрытий, способных надёжно защитить поверхность и придать ей дополнительно требуемые свойства. Характер структуры покрытия и равномерность его по толщине в достаточной степени подтверждается при наблюдении участка при атомно-силовой микроскопии (Рис 3, 4); полученные изображения выявляют согласование теоретических предположений и картину фактически образуемых структур Ленгмюра-Блоджетт. Высота «ворса» (частокол Ленгмюра) составляет 1 – 3 нм, покрытие без видимых всплесков. Шероховатость поверхности плёночного покрытия: среднеквадратичная – 2 нм, среднеарифметическая – 1,6 нм.

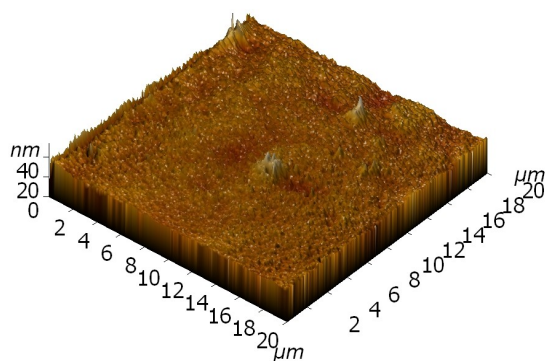


Рис. 3. - 3D-формат

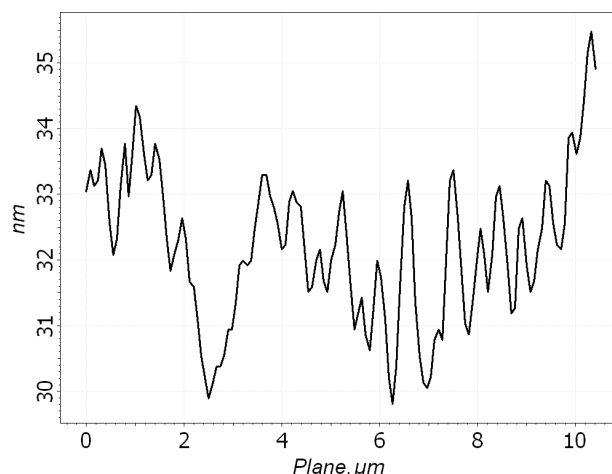


Рис. 4 - профилограмма

Технологический процесс эпиламинирования строится по простой схеме, не требующей дорогостоящего оборудования и доступной любому машиностроительному предприятию и хозяйству АПК:

Обезжиривание → Эпиламирование → Термофиксация → Контроль и очистка от механических загрязнений

Все эти факты представляют несомненный интерес как для создателей техники и оборудования, так и для тех, кто всё это эксплуатирует и ремонтирует. Понимание сущности процесса эпиламирования (нанесения плёнки на поверхность) и значимости конечного результата (образование плёнки определённой структуры) позволяет сделать осознанный выбор в пользу не только проведения единичного эксперимента в условиях отдельно взятого хозяйства (машино-тракторной или ремонтной станции), но широкого внедрения технологии в практику сельскохозяйственного машиностроения и многочисленных хозяйств.

От выбора **объектов эпиламирования** во многом зависит эффективность практического применения технологии. Комплексный подход к решению такой проблемы, как снижение работы сил трения (уменьшение мощности на преодоление трения в узлах, сокращение расхода энергии) предполагает проведения как дискретного, так и интегрального машиноведческого анализа взаимодействия не только всех соприкасающихся поверхностей конкретной сельскохозяйственной машины (агрегата), но и поверхностей, требующих защиты от вредных (для материала) факторов. Практика составления так называемых «карт смазок» транспортных средств, технологического и вспомогательного оборудования сегодня требует иного подхода с учётом новых возможностей и перспектив нанотехнологий, в частности – технологий получения наноплёнок. Так, на примере дискретного анализа видна перспективность внедрения наноплёнок в сфере сельскохозяйственного производства: при проведении ремонтно-восстановительных работ на картофельных фабриках главных валов сушильных барабанов (фирмы Timmers Mashinebouw и других) технический эффект направлен на уменьшение адгезии (прилипания) картофельной массы к поверхностям барабанов и облегчение схода её при завершении процесса сушки.

Например, эффект от снижения адгезии (совместно с исключением попадания внеструктурных элементов - минералов, камней, химических реагентов и пр.), а также при исключении нарушений условий эксплуатации оборудования можно характеризовать продолжительностью ресурса в виде:

$$T = \frac{n_t}{(mx^a)}; \text{ где}$$

T - количество остановки (обслуживания, чистки, хромирования) оборудования, разы;

n - количество дней в интервале эксплуатации (статистический: 365 дней; 30 дней и т.д.);

m - количество остановок (обслуживания, чистки, хромирования) оборудования в течение заданного периода;

x^a – коэффициент (генератор) эффекта, где **a**- высота «ворса» по Ленгмюру-Блоджетт (диапазон нм);

С учетом физико-химических свойств нанопленок эпилама по структуре Ленгмюра-Блоджетт параметр x стационарно варьируют в пределах $1,4 \leq x \leq 3$, а средняя величина a – в пределах 3...7 нм.

До внедрения технологии эпиламинирования, при прочих равных условиях параметр x^a равен единице, так как величина постоянной при нулевой степени (толщина пленки эпилама отсутствует, следовательно, степень $a=0$) всегда равна единице.

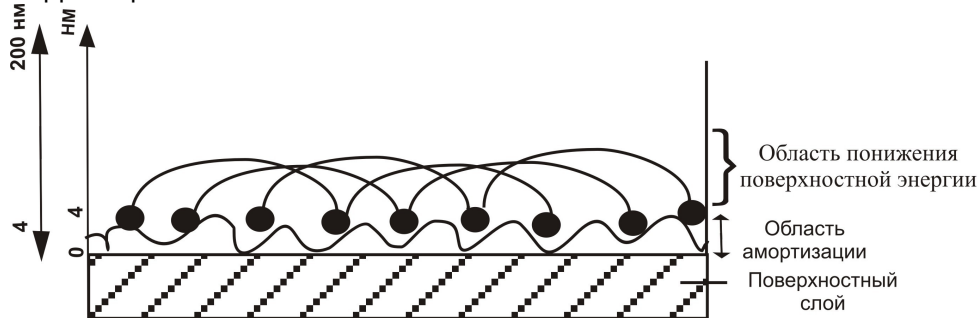


Рис. 5. Траектория прыгающих частиц на эпиламинированной поверхности.

На рисунке заметно, что воздействия элементарных частиц (даже с высокой поверхностной энергией) происходит друг на друга, за исключением первого слоя, что позволяет снизить коэффициент трения, стабилизировать каталитическую активность, придать износостойкость и исключить деструктуризацию (возникновение коррозии, задигов и т.д.).

В настоящее время актуализируются следующие направления из всего комплекса проблем, связанных с расширением рынка потребителей эпилам и внедрения эпиламинирования как в техпроцессах изготовления, так и в процессах ремонта и восстановления деталей продукции широкого спектра применения:

- расширение ряда (линейки) составов эпиламов (компоненты, рецептура, добровольная сертификация);
- способы нанесения эпиламов на поверхности (оборудование, оснастка, инструмент);
- принципиальные схемы механизмов и устройств для нанесения эпиламов на поверхности;
- технологические схемы и процессы нанесения эпиламов применительно к конкретным изделиям и производствам;
- отработка перечня контролируемых параметров качества поверхностей, подготовленных под эпиламинирование, и средств контроля и измерения;
- отработка перечня контролируемых параметров качества собственно покрытия и средств контроля и измерения;
- сравнительный анализ (Ктр, стойкость к истиранию, гидрофобность и др.) эпиламинированных поверхностей при различных способах эпиламинирования и при различных рецептурах эпиламов;
- математическое обеспечение обработки данных исследований.

В общей концепции получения наноразмерных покрытий эпиламинирование сегодня переживает период ренессанса, что отрывает новые перспективы в применении апробированных многолетней практикой составов и технологий.

Накануне распада СССР в стране имелись серьезные наработки как в части рецептуры фторПАВ и производства их в промышленных масштабах, так и в области технологий создания покрытий на их основе. Практическое

применение составов не получало широкой огласки в силу специфики свойств покрытий и узкого диапазона сфер (работы специального назначения) применения. В настоящее время портфель заказов на исследования свойств плёнок (покрытий), получаемых эпиламинированием, возрастает в связи с поворотом общественного сознания (особенно в среде научных, исследовательских, инженерных и производственных слоев технического сообщества) в направлении выработки адекватного ответа вызову, брошенному человечеству временем – вызову, продиктованному вступлением человеческого сообщества в эпоху Шестого технологического уклада. Ниша, занимаемая практическим применением эпиламов в общей концепции наноразмерных покрытий, сегодня переходит в стадию коммерциализации уже стартовавших проектов, а также наработок, прошедших этапы НИОКР, но отложенных от реализации в доперестроечный период. В связи с повышением деловой активности в отечественной промышленности многие проекты по внедрению технологии эпиламинирования находятся в стадии перехода от протоколов о намерении к заключению договоров с крупными промышленными объединениями ряда ведомств. Многофункциональность эксплуатационных свойств указанных покрытий (снижение коэффициента трения в трибологических системах, снижение степени истирания контактирующих поверхностей, улучшение адгезионностойкости, гидрофобности, биостойкости и противодействие влиянию радиации) способствуют возрастанию внимания к данным покрытиям и технологиям со стороны не только традиционных отраслей промышленности (машино-, станко-, приборостроение), но и таких отраслей, как ВПК, АПК, индустрия спорта и др.

Государственная политика в области развития нанонауки, наноиндустрии и нанообразования уже сейчас создаёт действенные предпосылки для воплощения идей, лежащих в основе проектирования технологических процессов, составляющих костяк целого ряда бизнес проектов в сфере масштабирования применения эпиламов.

Литература:

1. Вохидов А.С., Мальков М.В., Мисюряев А.А. Износостойкость пресс/лит – форм и инструмента: некоторые аспекты эффективности применения нанотехнологии эпиламинирования в агрессивных и адгезионных средах (на примере полиуретановых изделий и бурового инструмента). Сб.: Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки. Часть 2. Материалы 10-й Международной научно-практической конференции 15-18 апреля 2008 г., Санкт-Петербург. Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 577 с.
2. Вохидов А.С., Добровольский Л.О. Эпиламы: продлить межремонтный период работы оборудования, инструмента и технологической оснастки. Сб.: Ресурсосберегающие технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано- до макроуровня. Часть 2. Материалы 11-й Международной научно-практической конференции 14-17 апреля 2009 г., Санкт-Петербург. Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 492 с.

3. A.S.Vohidov, L.O.Dobrovolskij. Multifunctional fluorine peahens nanofilms in electronics and friction tribotechnics – the epilam technology. Abstracts. The second Nanotechnology International Forum (October 6 – 8 2009). M., 2009.