

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИНСТРУМЕНТА

Р. К. Алексеев

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Практически любой инструмент, который работает при ударных нагрузках в агрессивных и абразивных средах, подвергается усиленному износу. Это является одним из основных факторов, ограничивающих срок его службы и надежность.

Увеличение ресурса работы такого инструмента обычно проводится:

– за счет увеличения его твердости (будь то полная – применение специальных материалов, термообработка и т. п. – или поверхностная – гальванические покрытия, насыщение поверхностного слоя, наплавка, напыления, различные вставки);

– за счет снижения трения, применяя различные смазки (минеральные и растительные, жидкие и твердые).

1. Физико-химический метод повышения износостойкости рабочих поверхностей инструмента (общие сведения)

Метод основан на энергетической модификации поверхностей фторсодержащими поверхностно-активными веществами (фтортензидами или ПАВами), входящими в композицию «Валкон».

При контакте с твердым телом (металлом, резиной и т. п.) молекулы ПАВ проникают в приграничный слой и образуют на его поверхности тончайшую мономолекулярную пленку толщиной примерно 40–80 ангстрем ($1\text{Å} = 0,1\text{ нм}$). Одним из важнейших преимуществ применения фтортензидов является то, что они не меняют структуру обрабатываемой твердой поверхности, а лишь модифицируют с целью придания ей антифрикционных, антиадгезионных, антикоррозионных и некоторых других специфических свойств:

– резко уменьшается поверхностная энергия материала (примерно в 1000–10000 раз), что ведет к существенному снижению коэффициента трения и, как следствие этого, – к повышению износостойкости сопряженных деталей. Коэффициент трения снижается примерно в 10 раз, а момент трогания покоя – в 10000 раз по сравнению с необработанными поверхностями;

– вследствие своей высокой проникающей способности ПАВ заполняет все поры и микротрещины, дегазирует их и исключает, таким образом, охрупчивание материала (водородная хрупкость); микропоры и микротрещины лишаются возможности концен-

трировать напряжения и перестают быть потенциальными центрами разрушения;

– поверхность защищается от воздействия влаги и агрессивных веществ;

– пленки ПАВ стойки к низким и высоким температурам (они не изменяют своих эксплуатационных характеристик в интервале температур от -160 до $+400$ °С и поэтому могут быть использованы в космических изделиях), к ударным нагрузкам до 300 кг/мм^2 , воздействию химических веществ и радиации (не растворяются ни в одном из применяемых углеводородных растворителей);

– предотвращается растекание смазочных масел по поверхности, исключается закритическое смещение смазочных веществ (рис. 1).

На рис. 1 видно, что капли вазелинового масла сместились на детали, покрытой хромом, а на детали, покрытой композицией «Валкон», остались на месте. Время экспозиции после нанесения масла – 15 мин (поверхности расположены под углом 70 – 75 °С).



Рис. 1

Механика взаимодействия фтортензидов с поверхностью твердого тела выглядит следующим образом: при нанесении на поверхность формируется слой ориентированных молекул, радикально меняющих энергетические воздействия поверхности твердого тела. Молекулы, закрепляемые за счет сил хемосорбции, образуют структуры Ленгмюра в виде спирали с нормально направленными к поверхности материала осями (рис. 2).

При покрытии металлических поверхностей (за исключением чистого титана) спиралевидные молекулы в состоянии захватывать электроны в тех местах поверхности, где особо высока электронная плотность, и, тем самым, «высаживаться» на поверх-

ности. Места с повышенной электронной плотностью образуются на тех участках металлической поверхности, где имеются нарушения кристаллической решетки. Молекулы вступают во взаимодействие с этими электронами, образуя совместную электронную структуру, что обуславливает особо высокое сцепление эпилама с поверхностью субстрата.

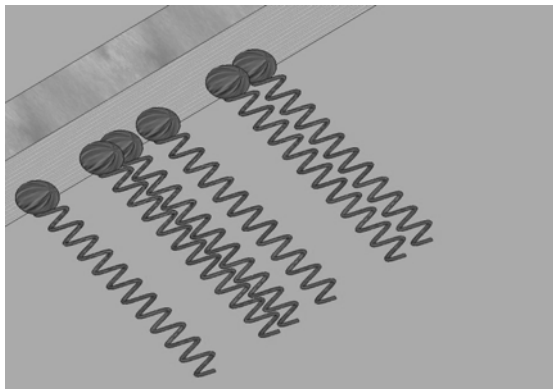


Рис. 2. Прикрепление молекул ПАВ к поверхности твердого тела

Что касается неметаллических поверхностей, например, пластмасс или резины, то фтортензиды связываются с поверхностью за счет водородных мостиков, дисперсионных и капиллярных сил. В случае других неметаллов, например, керамических материалов, соединение происходит за счет взаимодействия с ионной решеткой.

Фтортензиды нетоксичны (4 класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ), взрыво- и пожаробезопасны. При работе с составом «Валкон» необходимо соблюдать требования, соответствующие требованиям, предъявляемым к работе с хладагентами.

Внедрение технологического процесса с использованием композиции «Валкон» позволяет:

1. По техническим показателям:

- увеличить стойкость металлорежущего, деревообрабатывающего инструмента и технологической оснастки;
- увеличить стойкость штампов, пресс- и литформ;
- снизить коэффициент трения сопрягаемых поверхностей;
- изменить режимы механической обработки за счет более низкого коэффициента трения;
- снизить вибрацию и шум (станки, гидравлика, двигатели, механизмы);
- повысить компрессию в цилиндрах двигателей;
- повысить мощность двигателей;
- защитить механизмы от «сухого» и «холодного» старта;
- повысить точность позиционирования станков с ЧПУ;
- снизить толщину покрытий из драгоценных металлов;
- перевести РТИ в повышенный класс химической стойкости;

- придать обработанным поверхностям водоотталкивающие свойства, коррозионную стойкость и низкую поверхностную энергию;

- замедлить процессы старения деталей из резины и пластмассы.

2. По экономическим показателям:

- снизить расход электроэнергии;
- уменьшить расход топлива в двигателях внутреннего сгорания;
- уменьшить расход масла (станки, гидравлика, двигатели, коробки передач, механизмы, редукторы);
- уменьшить расход инструмента за счет его повышенной стойкости;
- снизить расходы на содержание и ремонт оборудования;
- высвободить производственные площади;
- повысить конкурентоспособность продукции.

В итоге все это позволит получить дополнительную прибыль от высвобождающихся финансовых средств, которые могут быть использованы на развитие производства.

2. Выбор инструмента для эпиламинирования

Из всей гаммы инструмента, пригодного к эпиламинированию, мной были выбраны пресс-формы (рис. 3) и вырубные штампы (рис. 4), которые являются самыми дорогостоящими инструментами, изготавливаемыми заводом ВНИИЭФ. В процессе эксплуатации они подвергаются усиленному износу. На штампах притупляются режущие кромки от ударных нагрузок, а формирующие поверхности пресс-форм изнашиваются вследствие адгезии с пресс-материалом.

И если штампы не имеют дополнительной защиты, то в конструкции большинства пресс-форм используется гальваническое покрытие хромом.



Рис. 3

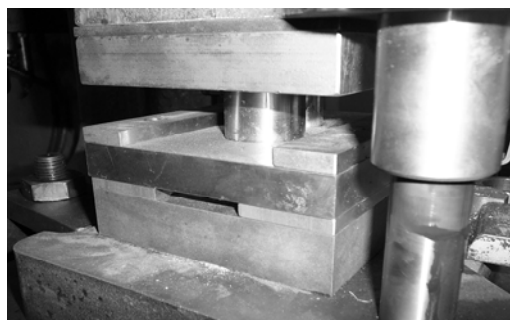


Рис. 4

3. Хромирование пресс-форм

Увеличение стойкости и снижение адгезии формирующих поверхностей деталей пресс-форм и получение на них глянца производится операциями: полирование, хромирование, полирование. Технология покрытия деталей хромом производится в гальваническом цехе завода ВНИИЭФ.

По техническим условиям требуется равномерное отложение и получение зеркально блестящего осадка. Основными факторами, влияющими на успешное ведение процесса хромирования, является правильный выбор состава электролита, режима работы, формы и расположения анода. Необходимую толщину слоя хрома устанавливают, исходя из характера среды, в которой работает пресс-форма (практически установлено, что слой хрома в пределах 6–7 мкм хорошо защищает металл от коррозии). При хромировании деталей на внутренних стенках (у верхних кромок) слой хрома отлагается больше, особенно в углах. В результате отложения различных слоев хрома в деталях образуются поднутрения. В процессе работы из такой пресс-формы невозможно вынуть деталь, так как происходит заклинивание. Поэтому при хромировании необходимо получить слой хрома, равный по толщине на всей поверхности оформляющей части пресс-формы, особенно в углах. Это достигается главным образом применением дополнительных анодов, а также установкой соответствующих экранов над острыми и выпуклыми участками пресс-форм.

Наряду с этим хромирование пресс-форм для обработки неметаллических материалов обеспечивает легкое отделение их от поверхности и блеск отпрессованных деталей. Но в процессе осаждения хрома происходит наводороживание покрытия, что приводит к его хрупкости. Для уменьшения хрупкости покрытия хромированные детали, работающие при динамических нагрузках, должны подвергаться термической обработке при температуре 180–200 °С. При этом из покрытия удаляется 2/3 содержащегося в нем водорода и уменьшается хрупкость покрытия, что позволяет увеличить срок службы хромированных изделий.

Электролитические осадки хрома хорошо и долго сохраняются на воздухе, не меняя своего цвета. Кроме того, хром стоек в растворе азотной кислоты, а также в среде органических кислот и сероводорода. Хромовые покрытия жароустойчивы и начинают изменять свой цвет при температуре 480–500 °С, а также обладают износостойкостью и твердостью, превышающей высокоуглеродистую и закаленные стали. Сопротивление механическому износу хромированных изделий увеличивается в 5–10 раз.

Учитывая свойства хромовых покрытий, мной было предложено и внедрено эпиламирование рабочих поверхностей пресс-форм композицией «Валкон» в инструментальном цехе завода ВНИИЭФ.

4. Внедрение технологии эпиламирования в инструментальном производстве завода ВНИИЭФ

Для внедрения композиции «Валкон» при изготовлении деталей мной был разработан типовой технологический процесс 9ТП-421 на основе технологической инструкции, предложенной Балтийским государственным техническим университетом «Военмех» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург.

Типовой технологический процесс на обработку поверхности детали фторорганической композицией (фтортензидами) состоит из следующих операций:

1) Очистка и обезжиривание – очистить деталь от механических загрязнений и обезжирить (бензином БР-1, БР-2, ацетоном или бензино-спиртовой смесью). Поверхность промывается с помощью кисти или тампона (ваты, марли, чистой ветоши). Работу проводить в резиновых перчатках.

2) Сушка – сушить деталь в сушильном шкафу при температуре $t = 110\text{--}120$ °С в течение не менее 50 мин. Крупногабаритные изделия сушить в помещении при комнатной температуре до полного высыхания растворителя (относительная влажность воздуха в помещении не должна превышать 60 %) или с помощью строительного фена.

3) Покрытие фторорганической композицией – нанести состав на рабочие поверхности детали с помощью кисти, тампона или пульверизатора не менее 3-х раз с выдержкой 7–10 мин после нанесения каждого слоя. Работу проводить в резиновых перчатках. Детали небольших размеров уложить в металлическую корзину и погрузить в раствор фтортензидов. Выдержать их в нем не менее 25 минут. Через каждые 3 мин корзинка поднимается и опускается для перемешивания раствора и улучшения его доступа к поверхности изделий. Необходимо следить за тем, чтобы изделия постоянно были покрыты раствором и не имели контакта с воздухом.

3) Сушка – крупногабаритные и прецизионные изделия сушить при комнатной температуре и относительной влажности воздуха не более 60 % в течение 4–6 часов. Если позволяют размеры, то обработанные детали поместить в сушильный шкаф и выдержать при температуре $t = 110\text{--}120$ °С в течение не менее 50 мин.

4) Контроль наличия покрытия – на обработанную поверхность поместить каплю вазелинового масла. Поверхность с каплей масла расположить под углом 70–75 °С и оставить на 15 мин. Если капля масла не сместилась, значит, на поверхности есть покрытие.

Покрытие деталей производилось на слесарном участке № 1 инструментального цеха с применением типового технологического процесса и соблюдением правил ТБ. За 2010 г. в инструментальном цехе завода ВНИИЭФ было изготовлено и отремонтировано с применением технологии эпиламирования 60 пресс-форм и 5 вырубных штампов.

Рассчитан расход композиции «Валкон», который составил 350–600 мл на 1 м² поверхности при ее трехкратном покрытии.

5. Результаты

По результатам применения покрытия «Валкон» на вырубных штампах период стойкости режущих кромок увеличился в 2,5–4 раза (например: стойкость штампа А11.486 была 3–6 месяцев, а с покрытием композицией «Валкон» увеличилась до 1–1,5 лет), а пресс-формы были испытаны, аттестованы, применялись в эксплуатации и сохраняют работоспособность по сей день (рис. 5–8).



Рис. 5. Вырубной штамп в работе



Рис. 6. Штамп для формовки и вырубки



Рис. 7. Пресс-форма



Рис. 8. Детали литейной формы

Были определены преимущества применения покрытия по сравнению с хромированием:

- уменьшение цикла изготовления, ремонта пресс-форм и затрат на 15–30 %, исключая технологическую подготовку гальванического производства, а также окончательную полировку покрытых поверхностей;

- возможность нанесения покрытия на любую сложную поверхность, без изготовления дополнительного анода;

- возможность нанесения покрытия на деталь любых габаритов, которая лимитируется размерами ванн при покрытии хромом;

- исключается водородная хрупкость за счет своей проникающей способности;

- высокая технологичность:

- отсутствие непокрытых зон и поднутрений;

- не требуется ужесточение исполнительных размеров под покрытие.

Заключение

Применение покрытия «Валкон» позволило:

- существенно повысить износостойкость вырубных штампов в 2,5–4 раза и пресс-форм в 2–3,5 раза;

- уменьшить количество заусенцев на вырубленных деталях;

- исключить хромирование рабочих поверхностей пресс-форм;

- значительно сократить (в 8–10 раз) или исключить применение силиконовых смазок при изготовлении деталей пресс-формами;

- обеспечить свободный съем детали с инструмента за счет равномерного покрытия и снижения адгезии;

- снизить затраты на ремонт вырубных штампов на 50–70 % и пресс-форм на 30–35 %.

Экономический эффект от применения состава «Валкон» по ориентировочным расчетам за 2010 г. составил:

- для пресс-форм = 315 тыс. руб.;

- для вырубных штампов = 60 тыс. руб.