

**УДК 621.**

**В.Е. ХРЕБТО**, к.т.н., **С.В. АНТОНОВ**, **И.В. БОГОМОЛОВ**,

Магнитогорск, ОАО «ММК»

## **УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ И ДРУГИХ ДЕТАЛЕЙ РЕДУКТОРОВ.**

The problem of reliability and durability of units of friction of machines and mechanisms always was and remains extremely actual. Attempts to decide(solve) this problem only due to mechanical and constructional changes for the present do not give, unfortunately, due effect

Проблема надежности и долговечности узлов трения машин и механизмов всегда была и остается чрезвычайно актуальной. Попытки решить эту проблему только за счет механических и конструкционных изменений пока еще не дают, к сожалению, должного эффекта. Поэтому исследователи в разных странах обратили свое внимание на другие области науки, в частности, к химии и физике твердого тела.

Было известно, что при нанесении на металлы пленок органических веществ с функциональными группами или без них (так называемых поверхностно-активных веществ) несколько снижается поверхностная энергия металла, что позволяет регулировать степень смачивания, адгезию, коэффициент трения, поверхностную твердость и т.д.

В середине 20-х годов ведущий химик фирмы "Compagnie Francaise de Raffinage" доктор Р. Woog разработал состав, названный им "Epilame" (эпилам), более известный под именем "стеариновая кислота" и обладавший многими вышеперечисленными свойствами. Этот первый эпилам широко применялся в ряде отраслей промышленности до конца 60-х годов, не имея практически альтернативы.

В 1973 году фирмой "H. Moebius & Fils" был создан эпилам на базе фторполимера, снискавший широкую популярность среди технических специалистов и до настоящего времени применяемый в часовой и приборостроительной промышленности под названием "Fixodrop BS".

К сожалению эти эпиламы, как и более поздние разработки, обладали рядом недостатков, таких как низкая рабочая температура (примерно 150-160°C), химическая стойкость, недостаточная удельная нагрузка, что существенно ограничивает область их применения.

Параллельные исследования велись и в России. Сотрудница НИИ ЧасПром И. Ганцевич высказала идею создания фторсодержащих веществ с

активными функциональными группами. Нанесенные на твердые поверхности они были бы способны предотвратить закритическое смещение смазочных масел из зоны трения и повысить, таким образом, ресурс и надежность механизмов.

В конце 70-х годов в Государственном институте прикладной химии (ГИПХ, Ленинград) коллектив исследователей, возглавляемый кандидатом химических наук Н.А. Рябининым, создал целый ряд высокоэффективных эпиламов.

**Применение эпиламов позволяет:**

- продлить срок службы деталей и механизмов;
- применять более дешевые материалы;
- увеличить межремонтные интервалы;
- улучшить эксплуатационные качества и характеристики узлов и агрегатов;
- сократить расход смазочных и охлаждающих жидкостей.

На Магнитогорском металлургическом комбинате был избран путь восстановления поверхностей износа минеральной добавкой РВС. РВС – это не эпиламы – это минеральное сырье, прошедшее стадии: измельчения, классификации, флотации, обогащения с тем, чтобы содержание вредных примесей было минимальным и по грануляционному составу частицы минералов (их агрегаты) не менее 80 % массы были размером от 5 до 10 мкм. РВС создает на поверхности трения металлокерамический защитный слой (МКЗС) более стойкий к износу и коррозии, чем сам металл, из которого сделана деталь. Металлокерамический защитный слой наращивается на поверхности трения пропорционально энергии и количеству частиц РВС в зоне контакта, вплоть до возврата деталям первоначальных размеров.

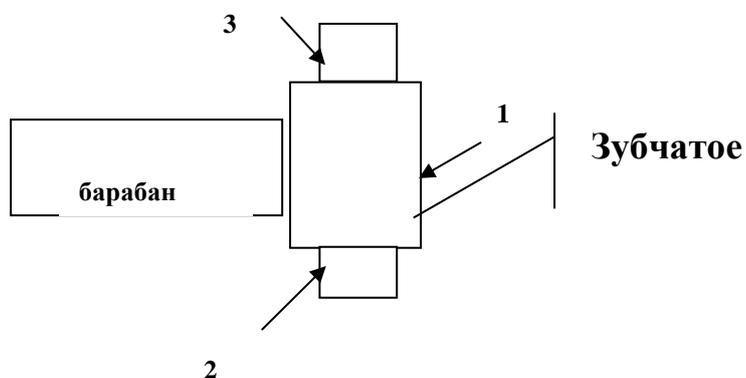
С апреля 2000 года управлением главного механика совместно с представителями ООО «Южуралпромремонт» началась работа по восстановлению трибо-сопряжения зубчатого колеса скиповой лебедки ПС 22,5-210 доменной печи № 6 с использованием триботехнического материала РВС (г. Санкт-Петербург). Ремонт проводился без разборки механизма в режиме штатной эксплуатации.

Ремонтно-восстановительный состав был нанесен совместно с консистентной смазкой на поверхность зубьев барабанной шестерни редуктора лебедки, после чего лебедка работала в обычном режиме.

Через два месяца был проведен визуальный контроль зубчатого зацепления и был отмечен факт увеличения пятна контакта с 25 % до 40 %, а также значительное уменьшение питтинга и частичная затяжка кап на поверхности зубьев. В сентябре 2000 года визуальный контроль показал увеличение пятна контакта рабочих поверхностей зубьев до 70 % и более, практически отсутствие питтинга, значительную затяжку кап. Поверхность зубьев – матово-зеркальная.

В 2002 году в апреле месяце во время капремонта 3-его разряда была проведена повторная триботехническая обработка редуктора скипового

подъемника доменной печи № 6 составом НИОД. Контроль состояния оборудования проводился прибором вибродиагностики СД-12 фирмы «ВАСТ» (Санкт-Петербург). В таблице 1 приведены данные вибропараметров, снятых с редуктора лебедки до обработки триботехническим составом и в процессе приработки с введенной трибодобавкой.



По данной работе имеется акт, подписанный специалистами доменного цеха и управления главного механика, с экономическим эффектом 1083581,6 рублей.

В течение 2002 года была произведена обработка оборудования в СЦ, ДЦ, ЛПЦ-3, ЛПЦ-4, ЛПЦ-8 и ЦПКП. Было использовано 18,3 килограмма триботехнического состава «НИОД» на сумму – 2644,1 тысяч рублей. Общий экономический эффект составил – 33108 тысяч рублей.

В доменном цехе обработано 5 редукторов скиповых подъемников и малые редуктора скиповых лебедок всех восьми доменных печей, гайки двух электропущек для закрывания леток.

В цехе подготовки конверторного производства – редуктора мельниц мокрого помола.

Таблица 1.

Номер точки	До обработки апрель 2002 г.		После обработки 20.04.02 г.		После обработки 19.05.02 г.	
	Виброскорость	Виброускорение	Виброскорость	Виброускорение	Виброскорость	Виброускорение
1	1,5	0,9	1,4	0	0,5	0
2	1,5	1,3	1,4	0,5	0,7	0
3	1,7	1,1	1,5	0,7	0,6	0,1

В листопрокатных цехах №№ 3, 4, 8 и в мартеновском цехе – механизмы подъема и перемещения грузоподъемных кранов.

В ЛПЦ-8 – редуктор разматывателя стана «630» и сегменты барабана моталки дрессировочного стана.

В сортовом цехе – привода клетей сортовых станков «300-1» и «500».

В 2003 году продолжают работы по применению триботехнических составов в механизмах оборудования с целью увеличения их сроков службы. Обрабатываются механизмы мостовых кранов во всех цехах комбината, главные редуктора скиповых подъемников доменных печей, напорный механизм, роликовый круг и ходовая экскаваторов, барабаны и редуктора моталок стана «630». За текущий год планируется провести объем работ с экономическим эффектом около 36 млн.руб.

Применительно к новым машинам, работающим с большой напряженностью, часто в очень высоких температурных условиях, в усложненных условиях влияния внешней среды и к новым материалам, появляющимся в технике, встают задачи более тонкого исследования физических основ трения, закономерностей и механизма процесса изнашивания в машинах, а вместе с тем и разработки практических мероприятий, обеспечивающих долговечность и стабильность работы.

Важно отметить необходимость достаточно точной идентификации ведущих разновидностей изнашивания и повреждений технических средств; установление масштабных (энергетических) уровней повреждаемости (разрушения) деталей; моделирования процессов изнашивания материалов (деталей) в зависимости от условий эксплуатации техники и наконец - расчетного прогнозирования ресурса ведущих деталей и принятия окончательных решений, включающих режимные, конструктивные, материаловедческие и технологические мероприятия. Для этого на ММК применяются приборы виброакустической диагностики.

### **Вибродиагностика зубчатого зацепления.**

Нормально функционирующая зубчатая передача даже при отсутствии дефектов может обладать весьма заметной виброактивностью. Колебания при этом возникают в широком диапазоне частот и могут иметь весьма сложный состав и характер.

Возбуждение колебаний в зубчатых передачах, в том числе и нормально функционирующих, вызывается проявлением двух основных факторов - погрешностями изготовления и сборки (монтажа) зубчатых колес и периодическим изменением жесткости зубьев по фазе зацепления.

Эксплуатационные дефекты зубчатой передачи условно можно разделить на следующие виды: абразивный износ зубчатого зацепления, выкрашивание зубьев (питтинг) зубчатых колес, трещины и излом зубьев зубчатых колес и заедание зубчатых колес.

Для выявления этих дефектов на ранней стадии на комбинате используются приборы вибродиагностики фирмы «ВАСТ» (г.Санкт-Петербург) и фирмы SKF (Швеция).

Погрешности изготовления складываются из постоянных и переменных погрешностей в шаге зубьев. Погрешности монтажа проявляются в виде нарушений соосности валов и перекосе их осей, нарушении боковых зазоров и др.

Периодическое изменение жесткости зубьев и постоянная погрешность шага зацепления вызывают появление в вибрации зубчатой передачи колебаний на зубцовой частоте и ее гармониках:

$$f_z = z_1 f_{r1} = z_2 f_{r2};$$

где  $z_1, z_2$  - числа зубьев и  $f_{r1}, f_{r2}$  - частоты вращения сопряженных колес.

Переменная погрешность в шаге зацепления и нарушения соосности (перекосы осей валов) вызывают вибрацию на частотах вращения валов обоих колес и/или на модуляционных частотах:

$$k f_{r1} \text{ и } k f_{r2};$$

$$m f_z \pm n f_{r1} \text{ и } m f_z \pm n f_{r2};$$

где  $k, n, m = 1, 2, \dots$

Ошибка зубонарезания каждого из колес зубчатой пары приводит к вибрации, связанной с числом зубьев делительного колеса зубонарезного станка:

$$f_g = z_g k f_r;$$

где  $z_g$  - число зубьев делительного колеса зубонарезного станка,  $k = 1, 2, \dots$

Сигналы вибрации, снятые прибором, обрабатываются экспертной программой на компьютере и выдается заключение о количественном значении износа со значением вероятности диагноза.

В настоящее время за рубежом при решении проблем повышении производительности особо выделяется человеческий, или личностный, фактор, который является мощным резервом роста эффективности производства и непосредственной причиной изменения всех остальных направлений развития предприятия. И это неслучайно, ведь, кроме оборудования, в не меньшей мере в технологическом процессе участвуют талант специалиста, его квалификация, трудовые навыки и интуиция. Хотя основу повышения производительности труда составляет научно-технический прогресс, в целом роль личностного фактора в ее повышении значительнее, чем доля НТП. По оценкам американских специалистов, 85% успеха фирмы зависит от способностей, мотивации и уровня профессиональной подготовки ее работников и только 15% - от технического потенциала.

**Список литературы:** 1. *А.Ширман А.Соловьев* Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. Дефекты зубчатых передач. 2. *В.Н. Половинкин, В.Б. Лянной, Ю.Г. Лавров* Антифрикционная противоизносная добавка в смазочные материалы минерального происхождения (геомодификатор трения). 3. *Л.И. Погодаев* Новые теоретические подходы к проблемам прогнозирования надежности материалов и оборудования.