УДК 621.89.017

С.Л.ИВАНОВ, *д-р техн. наук, профессор, 328-86-32*
А.С.ФОКИН, *канд. техн. наук, ассистент, 328-86-32*
Санкт-Петербургский государственный горный университет
В.С.ПОТАПЕНКО, *технический директор*
ЗАО «МЕТКАТОМ», Санкт-Петербург
С.П.ПОДХАЛЮЗИН, *генеральный директор*
ООО «Техпартнер», Санкт-Петербург

S.L.IVANOV, *Dr. in eng. sc, professor, 328-86-32*
A.S.FOKIN, *PhD in eng. sc., assistant lecturer, 328-86-32*
Saint Petersburg State Mining University
V.S.POTAPENKO, *technical direktor*
«METKATOM» Co, Saint Petersburg
S.P.PODKHALYUZIN, *general direktor*
«Techpartner» Co, Saint Petersburg

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ТРАНСМИССИИ И ОПОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ ТРУБЧАТЫХ ПЕЧЕЙ

Причинами аварийной остановки трубчатых печей является разрушение подшипников в опорах печи, подшипников и зубчатых колес в механической трансмиссии, выход из строя приводного электродвигателя, нарушение целостности корпуса печи и ее футеровки. В статье рассмотрены возможности по прогнозированию остаточного ресурса подшипников опор и трансмиссии, предлагаются принципы построения комплекса из системы мониторинга состояния и автоматических систем смазки подшипников.

***Ключевые слова*:** диагностика, остаточный ресурс, акустическая эмиссия.

MONITORING OF CONDITION, FORECASTINGAND INCREASING OF RESIDUAL RESOURCE OF TRANSMISSION AND SUPPORTED BEARINGS OF TUBULAR FURNACES

The reasons of an emergency stop of tubular furnaces is destruction of bearings in support of the furnace, bearings and cogwheels in mechanical transmission, failure the electric motor, infringement of integrity of the case of the furnace and it brickwork. In article possibilities on forecasting of a residual resource of bearings of support and transmission are considered, principles of construction of a complex from system of monitoring of a condition and automatic systems of greasing of bearings are offered.

***Key words*:** diagnostic, residual resource, acoustic emission.

В условиях повышения энергонагруженности оборудования, повышения уровня механизации и автоматизации производства растет количество единиц техники, подлежащее техническому обслуживанию и ремонту. Система планово-предупредительных ремонтов, широко используемая еще в недавнем прошлом, в настоящее время не позволяет эффективно поддерживать в исправном состоянии оборудование. Когда экономика была плановой, отсутствовали инструменты рыночного регулирования цен

на продукцию горных и перерабатывающих предприятий, главным фактором было выполнение плана по выпуску продукции, а на обслуживание и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий стратегического направления, к которым относились в том числе глиноземные и цементные заводы, выделялись значительные ресурсы зачастую без оценки эффективности их использования. В условиях рыночных отношений на первое место при обслуживании машин и оборудования выходит эффективность использования имеющегося парка оборудования при сокращении расходов на его ремонт и обслуживание.

Для повышения эффективности использования ресурса узлов, сокращения вероятности аварийных отказов должна применяться развитая система мониторинга и диагностики, позволяющая оценить состояние контролируемого узла, его остаточный ресурс и спланировать его ремонт в рамках профилактических мероприятий по техническому обслуживанию.

Важное место в производстве глинозема и цемента занимают трубчатые печи. Аварийная остановка трубчатой печи, как элемента технологической цепи, сопряжена со значительными материальными затратами, которые складываются не только из расходов на ремонт и восстановление объекта, но и упущенной выгоды предприятия. По условиям эксплуатации не исключается возможность отказа узла и как следствие – остановка печи. При режиме работы ремонтных бригад по 8-часовому графику пять дней в неделю из 168 ч работы печи ремонтный персонал готов к устранению внезапного отказа только 40 ч. В остальное время (около 76 % времени) на рабочем месте находится лишь дежурный персонал, силами которого в большинстве случаев можно лишь обнаружить неисправность и остановить оборудование.

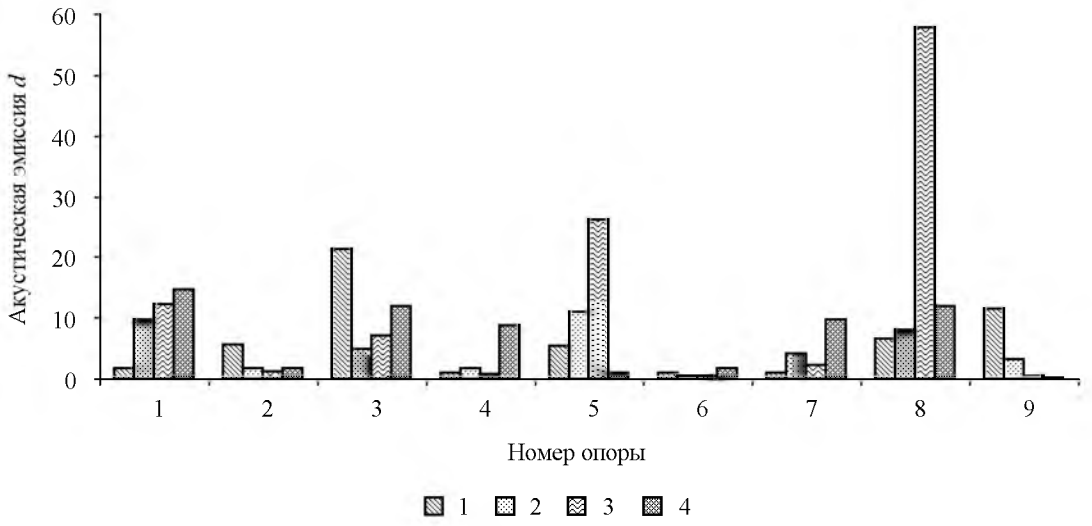
По условиям эксплуатации печь работает в среднем 3-4 мес. что, в первую очередь, ограничивается сроками службы футеровки. Ремонт печи требует значительных трудозатрат, связанных с разборкой оборудования, оценкой его состояния по внешнему виду, а подшипников качения – дополнительно по радиальному биению. Подшипники опор трубчатой печи перед остановкой, как правило, прослушивают и на слух определяется их состояние. Во время ремонта их вскрывают, визуально оценивают техническое состояние, если подшипник не выбраковывается, его набивают смазкой, закрывают и эксплуатируют до выработки ресурса, указанного в ППР, или разрушения.

В настоящее время, когда ремонтные службы сокращаются, расходы на запасные части снижаются, а сроки ремонта не позволяют провести полный комплекс работ, важна объективная оценка состояния оборудования. Для этого необходимо повысить использование ресурса узлов, а также уменьшить вероятность аварийных остановок оборудования из-за разрушения подшипников опор и деталей трансмиссий.

Как показал опыт ряда предприятий и проведенные авторами экспериментальные исследования*, для неразрушающего контроля трансмиссий трубчатых печей и подшипников опор эффективен метод акустико-эмиссионного анализа. Применение данного метода позволяет качественно оценить состояние подшипников качения опорных роликов, скорость вращения которых 5-10 об./мин. Метод акустико-эмиссионного анализа дает возможность оценить состояние подшипника, поскольку основными источниками формирования акустико-эмиссионного сигнала в ультразвуковом диапазоне частот являются: упругие волны от нормальных и касательных напряжений в пятнах контакта в приповерхностных слоях взаимодействующих между собой тел от действующих нагрузок и чисел оборотов; микроудары, которые усиливаются из-за деструкции смазки; гидродинамические эф-

* К вопросу оценки ресурса элементов трансмиссий горных машин / А.А.Артемьев, В.С.Потапенко, С.Л.Иванов, Э.А.Кремчеев, А.А.Поддубная, А.С.Фокин // Горные машины и электромеханика. 2007. № 9. С.31-35.

*Artemev A.A., Potapenko V.S., Ivanov S.L., Kremcheev E.A., Poddubnaja A.A., Fokin A.*C. To a question of an estimation of a resource of elements of transmissions of mountain cars // Mountain cars and electromecanics. 2007. N 9. P.31-35.



Результаты измерений подшипниковых узлов печи спекания № 2 ОАО «ПГЗ»

фекты от смазки в зоне контактных напряжений тел; импульсные сигналы от образования трещин в металле кинематической пары; микроудары и удары от перекатывания дефектных поверхностей (шелушение, сколы и др.); микроперемещения наружного кольца в гнезде корпуса; износ посадочных мест подшипника, сопровождаемый скользящими перемещениями посадочных колец относительно посадочных мест; микропроскальзывание тел вращения по дорожкам качения.

Для подтверждения возможности диагностировать состояние тихоходных тяжелонагруженных подшипников роликоопор печей спекания был проведен промышленный эксперимент (см. рисунок). На каждой опоре было выбрано четыре точки для измерения сигнала акустической эмиссии: в точке 1 измерялся сигнал, излучаемый радиальным подшипником № 1, справа сверху по ходу материала; в точке 2 – радиальным подшипником № 2 слева сверху по ходу материала; в точке 3 – радиальным и упорным подшипниками снизу справа по ходу материала; в точке № 4 – радиальным и упорным подшипниками снизу и слева по ходу материала. Эксперимент показал возможность качественно оценить состояние подшипников по показаниям прибора ИРП-12.

Обобщая результаты эксперимента и сравнивая их с ранее накопленным опытом на других видах оборудования, были даны следующие предварительные рекомендации: показания сигнала акустической эмиссии до 20 единиц – соответствует нормальному состоянию подшипникового узла (зеленая зона работы подшипника), выше 20 единиц требует особого внимания (желтая зона работы подшипника). Значение акустико-эмиссионного сигнала более 50 как, например, у подшипника № 3 опоры восемь (см. рисунок), требует принятия срочных мер по визуальному осмотру и выбраковке подшипника (красная зона работы подшипника).

Показана возможность оценить состояние смазки в подшипнике и выявить подшипники, в которых смазка не удовлетворяет условиям работы узла*. Это достигается при оценке сигнала акустической эмиссии не по величине, а по характеру. В узлах, где смазки недостаточно, или смазка под воздействием высокой температуры или агрессивных сред изменила свои физические свойства, сигнал акустической эмиссии

* Автоматические централизованные системы смазки, опыт применения, проблемы и перспективы использования / С.Л.Иванов, П.П.Дудко, Г.Ю.Дмитриев, С.П.Подхалюзин // Проблемы горно-транспортных систем и электромеханики. СПб, 2008. С.22-26.

Ivanov S.L., Dudko P.P., Dmitriev G.Ju, Podhaljuzin S.P. Automatic the centralized systems of greasing. Experience of application, the Problem and use prospect // Problems of mountain-transport systems and electromecanics. Saint Petersburg, 2008. P.22-26.

имеет нестабильный характер в периоде измерения с частыми перепадами его амплитуды. При этом величина сигнала может оставаться в пределах зеленой зоны работы подшипника.

Установка стационарной системы по оценке состояния ответственных узлов трубчатой печи позволяет организовать постоянный и достоверный, не зависящий от человеческого фактора, процесс сбора данных. Оценка изменения уровня сигнала акустической эмиссии позволяет составить прогноз о времени полной выработки ресурса, заблаговременно подготовить необходимые запасные части и в штатном режиме заменить узел до его аварийного выхода из строя.

Мониторинг состояния подшипников роликов опор также позволяет оперативно управлять автоматической системой смазки, подавая смазку именно в тот узел, который испытывает масляное голодание, и необходимое количество для работы узла в режиме жидкостного или полужидкостного трения. Подача смазки в ручном режиме является неэффективным способом смазки подшипников, так как производится нерегулярно, в разных объемах и без учета фактической потребности узла в смазке.

Использование автоматической системы смазки для смазывания подшипников роликов опор с периодичностью, не зависящей от фактического состояния подшипника, приводит к минимизации расхода смазки в сравнении с ручной подачей. При использовании комплекса акустико-эмиссионный анализ – автоматическая система смазки возможно сократить расход смазки в сравнении с периодической подачей. Варьирование количества смазки определяется следующими основными причинами: на каждой опоре трубчатой печи находится по шесть подшипников, работающих в различных режимах нагружения; опоры трубчатой печи расположены по всей длине печи в различных ее участках (возле холодильника, участок, имеющий футеровку и без футеровки, начало цепной зоны, цепная зона), которые имеют различную температуру и по-разному воздействуют на смазку подшипников; корпус печи имеет неровности, которые вызывают появление циклической составляющей нагрузки, действующей на опорные ролики.

Создание комплекса совмещенных систем мониторинга и автоматической смазки позволяет не только увеличить ресурс ответственного оборудования, но и предоставляет возможность организовать службу ремонта оборудования по фактическому состоянию. Это, в свою очередь, ведет к повышению эффективности использования ресурса отдельных узлов оборудования в целом и производительности труда.