

формирующих просеивающую поверхность ССКК показаны на рис. 3. На рис. 3 штриховой линией показан элемент сита при максимальной его деформации.

Амплитуды колебаний крайних точек составных упруго-эластичных элементов динамически – активного самоочищающегося колосниково-карточного сита вибрационного грохота в нормальном направлении составляет соответственно 7,0–8,5 мм, в зависимости от жесткости резины. В перпендикулярном направлении максимальное перемещение точек составило 1,5–2 мм, и не превышало величины зазора между соседними карточными элементами.

То есть, этим подтверждается научная гипотеза об увеличении колебаний точек динамически – активных самоочищающихся колосниково-карточных просеивающихся поверхностей по сравнению с колебаниями короба вибрационного грохота.

Выводы

1. Одним из путей дальнейшего совершенствования конструкций вибрационных грохотов, направленным на улучшение качества и точности разделения по заданной крупности металлургического кокса, является разработка классифицируемых систем с просеивающей поверхностью, которые обладают возможностью активного воздействия на обрабатываемую среду.

2. В результате проведения экспериментальных исследований определены показатели эффективности грохочения для различных типов просеивающих поверхностей. В среднем, эффективность грохочения

для виброактивного сита составила 80 %, для листового 76 %, для проволочного 92 %. Таким образом, самоочищающееся сито обеспечивает высокую эффективность грохочения.

3. Амплитуда колебаний периферических участков горизонтальных полок составных эластичных элементов ССКК, непосредственно формирующих просеивающую поверхность, больше амплитуды колебаний короба вибрационного грохота в 1,5-2 раза, что свидетельствует о динамической активности данной просеивающей поверхности.

Библиографический список

1. Балон И.Д., Хавкин И.В., Антипов В.М. О крупности кокса для доменных печей // Металлург, 1977. - № 8. – С. 11-13.
2. Казанский М.Ф., Антипов В.М., Балон И.Д. Повышение эффективности отсева коксовой мелочи на грохотах // Металлург, 1971. - № 4. - С. 3-5.
3. Пат. № 96513. Вібраційний колосниковий грохот / С.В. Білодіденко, І.В. Пелих, Д.О. Кононов, Б.Ц. Соколовський, В.О. Петренко, Є.В. Бородай. – Прийнято 30.04.2010.; Опубл. 10.11.2011г., Бюл. № 21.
4. Потураев В.Н., Франчук В.П., Надутый В.П. Вибрационная техника и технологии в энергоемких производствах: Монография. – Днепропетровск: Национальная горная академия Украины, 2002. – 186 с.

Поступила 25.01.2013

УДК 669. 02 / . 09 : 658. 5

Сидоров В.А. /к.т.н./, Ошовская Е.В. /к.т.н./
Донецкий НТУ

Производство

Практика анализа отказов оборудования

Даны рекомендации, дополняющие известные процедуры анализа отказов оборудования, направленные на повышение эффективности ремонтных воздействий. Приведены примеры их использования для металлургического оборудования. Ил. 5. Библиогр.: 3 назв.

Ключевые слова: металлургическое оборудование, отказы, анализ, ремонты, повреждения

Recommendations are given to complement the well-known procedure of failure analysis equipment to improve the efficiency of repair actions. Examples of their use for metallurgical equipment. IL. 5. Refs.: 3 titles.

Keywords: metallurgical equipment failures, analysis, repairs, damage.

В теории надежности технических систем центральным понятием является «отказ», который интерпретируется как событие, заключающееся в утрате объектом работоспособности, т.е. событие, при котором функциональные параметры объекта не соответствуют требованиям нормативно-технической и конструкторской документации [1]. В качестве объекта может выступать деталь, узел, механизм, машина, агрегат, технологическая линия, технологический комплекс. В связи с этим и

параметры, характеризующие функциональность, различны. Отсюда вытекает разнообразие отказов, а также методов их анализа.

В статье приведены рекомендации по выполнению анализа отказов оборудования и показаны возможности предлагаемых положений на примере металлургического оборудования.

Основным источником данных при анализе отказов металлургического оборудования являются записи в агрегатных журналах, ведомостях дефектов, журнале

© Сидоров В.А., Ошовская Е.В., 2013 г.

сменных мастеров или диспетчерском журнале. Агрегатный журнал ведется для оборудования, обеспечивающего непрерывность технологического процесса, и служит для накопления данных о техническом состоянии и выполненных ремонтах оборудования (рис. 1). Это основной документ для установления характера и объема ремонтных работ, сроков службы узлов и деталей оборудования.

В агрегатных журналах данные об отказах фиксируются по сообщениям эксплуатационного и дежурного персонала после появления внешних признаков. Совместно с замеченными неисправностями фиксируются и проводимые работы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования. Записи выполняются различными специалистами: мастерами-ремонтниками, операторами, дежурными слесарями. Ответственность за хранение, состояние и правильность ведения агрегатных журналов возлагается на механика цеха. Контроль за ведением агрегатных журналов в производственных цехах предприятия осуществляет помощник начальника цеха по оборудованию и отдел главного механика (ОГМ). Записи об обнаруженных дефектах, а также результаты осмотров заносятся в агрегатный журнал в день осмотра оборудования, а записи о выполненных ремонтных работах – не позднее, чем в двухдневный срок после окончания ремонта. Характеристика дефектов, фиксируемых в агрегатном журнале, должна быть краткой, но ясной для суждения о способе устранения дефекта (путем ремонта детали на месте или замены ее новой). Далее приводится краткое описание выполненных работ по устранению дефекта.

Агрегатные журналы содержат как необходимые, так и излишние данные, которые следует отфильтровать во время предварительной сортировки. Записи в журналах могут вестись нерегулярно, неоднозначно и не всегда полно отражая произошедшие события. Задача унификации записей об отказах решалась в работах [2, 3] путем разработки основных правил заполнения агрегатного журнала на основе определения единых требований к описанию однотипных событий, включающих классификаторы машин, узлов, деталей, видов и причин отказов, видов технического обслуживания.

Однако, практическая реализация такого подхода приводит к потере части достоверной информации, касающейся взаимосвязи и взаиморасположения элементов оборудования, что выдвигает требование о **возможности однозначного определения местоположения объекта**.

В связи с этим, рекомендуется использовать следующие способы ориентации:

Агрегат наименование

№ п/п	механизм Наименование узла, в котором обнаружены дефекты	Дата осмотра или ревизии	Краткая характеристика дефектов	Подпись лица производившего осмотр	Дата ремонта	Перечень выполненных работ для устранения дефектов	Узлы и детали, замененные при ремонте			Подпись механика цеха
							наименование	к-во шт.	срок службы в мес.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Рис. 1. Пример формы агрегатного журнала

- относительно сторон света – северный, южный и др.;
- относительно местонахождения в цехе – сторона шихтового пролета, сторона печного пролета и др.;
- относительно частоты вращения – быстроходный или входной вал, тихоходный или выходной вал и др.;
- относительно принадлежности к элементам – вал двигателя, вал барабана и др.;
- относительно положения в механизме – приводная или холостая сторона, правый или левый и др.

Это позволяет делать выводы о равномерности нагружения однотипных элементов машины и выделять места наиболее частых повреждений.

Пример. Объект исследования – тележки газорезок 6-ти ручьевой МНЛЗ. На рис. 2 приведены сведения об отказах подшипников механизма передвижения тележек, которые были зарегистрированы в течение 5 лет после окончания гарантийного срока эксплуатации. Как видно, количество отказов подшипников для тележек различно. Сопоставление количества и мест возникновения отказов позволило сделать вывод о том, что тележки 1-го, 3-го, 5-го и 6-го ручьев неравномерно опираются на направляющие. Причинами такой ситуации выступали перекос рамы тележки, деформации и износ направляющих.

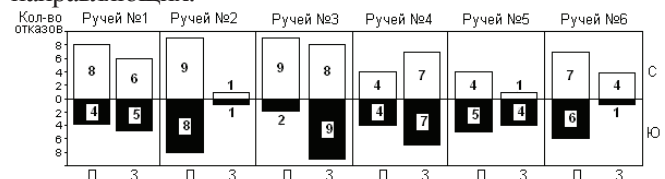


Рис. 2. Распределение отказов подшипников по тележкам газорезок МНЛЗ (обозначения подшипников): П – передние; З – задние; С – северная сторона; Ю – южная сторона

Исходя из этого, были проведены работы по устранению указанных причин. Принято решение об изменении системы смазывания подшипников – вместо закладной пластичной установлена капельная система жидкой смазки.

Пример. Анализ отказов подшипников ходовых колес разливочных кранов сталеплавильного цеха проведен за 10 летний период эксплуатации. Установлено, что краны № 1, № 2 имеют симметричное число отказов по северной и южной стороне. По кранам № 4, № 5 число отказов с южной стороны вдвое больше, чем с северной. Этот вывод позволил исключить работы по замене подкрановых балок.

Дальнейшее сопоставление данных показало, что

по каждому крану количество отказов по ходовым колесам различно. Причиной данной ситуации явилось неравномерное распределение сил от веса крана между ходовыми колесами из-за заклинивания балансиров при нарушении режима смазывания и одностороннем износе элементов механизма. Визуальный осмотр осей балансиров позволил установить степень их износа и назначить меры по восстановлению.

Известно, что анализ отказов выполняется в качественной и количественной формах. В ходе качественного анализа выделяются типичные для рассматриваемого оборудования отказы; выполняется их сортировка по месту возникновения и привязка к определенной детали, узлу, механизму; определяются физический характер повреждения и условия возникновения. Последующая количественная оценка направлена на определение показателей безотказности отдельных элементов и машины в целом, прогнозирование их изменения.

При выполнении качественного анализа отказов рекомендуется использовать следующие признаки **физического характера повреждений**:

1. Виды механического износа: износ схватыванием I-го или II-го рода, окислительный или абразивный износ, осповидное выкрашивание.
2. Воздействие внешних факторов: коррозия, тепловой перегрев, прохождение электрического тока, кавитация и др.
3. Состояние поверхности сопрягаемых деталей: неподвижное, фреттинг-коррозия, относительное смещение, наличие зазора.
4. Неравномерность действующих сил по степени износа однотипных узлов и деталей: подшипников, пальцев, шлицов и др.
5. Взаимное положение деталей - по пятну контакта зубчатых передач, по характеру износа поверхностей.
6. Степень развития усталостных повреждений.
7. Характер разрушения: вязкое, хрупкое, усталостное.

Качественный анализ следует дополнять **анализом во времени**, который позволяет: выявить сезонные изменения количества отказов; изменения, связанные с переменами в условиях работы оборудования, различной степенью загруженности при выполнении производственной программы, а также сопоставить поток отказов с видами и периодичностью выполненных ремонтов и операций по техническому обслуживанию. Причем, в качестве анализируемого периода целесообразно рассматривать промежуток времени между двумя капитальными ремонтами: проведенным и планируемым. Изменение во времени количества характерных видов повреждений позволяет оценить как качество заменяемых элементов оборудования, так и качество технического обслуживания и ремонтов.

Пример. Анализ отказов прокатных клетей, проведенный на основе однозначного определения физического характера повреждений, позволил выявить следующие их категории:

- 1) разрушение вала;
- 2) разрушение подшипника жидкостного трения (ПЖТ);

- 3) разрушение шпонки;
- 4) износ и повреждение уплотнений.

Количественное распределение отказов по категориям за 9 лет эксплуатации клетей показано на рис. 3. Сопоставление процентного соотношения категорий отказов позволило сделать следующие выводы:

- основными отказами для данного вида механического оборудования являются износ и повреждения уплотнений;
- разрушение шпоночного соединения предшествует разрушению ПЖТ и в дальнейшем разрушению вала;
- ежегодное увеличение количества отказов этих элементов свидетельствует о низкой стойкости поставляемых валов или о больших динамических нагрузках.

Пример. Основным и наиболее частым видом отказов гидропривода холодильника МНЛЗ является наличие утечек разнообразного происхождения. Количество таких отказов после первого года эксплуатации значительно возросло (рис. 4), но в последующий период эксплуатации сохранялось практически на постоянном уровне. Это подтверждает тезис о том, что сложная система имеет свойства постоянности потока отказов при неизменности характера и качества проводимых ремонтов.

Устранение отказов происходит в результате ремонтных воздействий, направленных на возвращение объекта в работоспособное состояние, поэтому при анализе отказов важным является качественное и количественное рассмотрение выполненных ремонтных воздействий с **однозначным определением их характера**.

В общем случае для восстановления работоспособного состояния механизма можно использовать следующие ремонтные операции:

- затяжка резьбовых соединений;
- проведение дополнительного смазывания;
- проведение регулировочных операций: регулировка зазоров и взаимного положения деталей, центрирование валов, балансировка ротора;
- замена изношенных или разрушенных деталей;
- восстановление корпусных деталей.

Причем эффективность применения ремонтных операций различна для устранения конструктивных, производственных и эксплуатационных отказов. Так, отказы, связанные с дефектами изготовления или ремонта, проявляются сразу после запуска механизма и присутствуют на протяжении всего периода эксплуата-

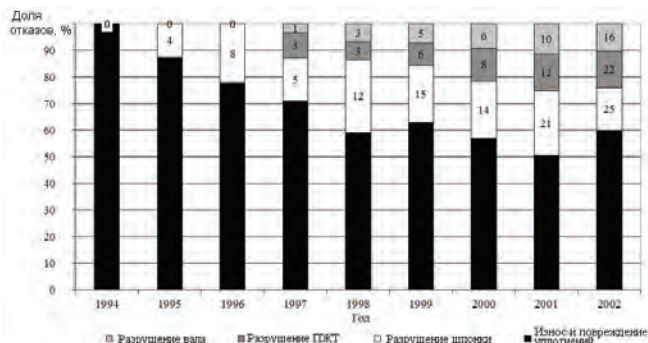


Рис. 3. Временное распределение отказов прокатных клетей по категориям

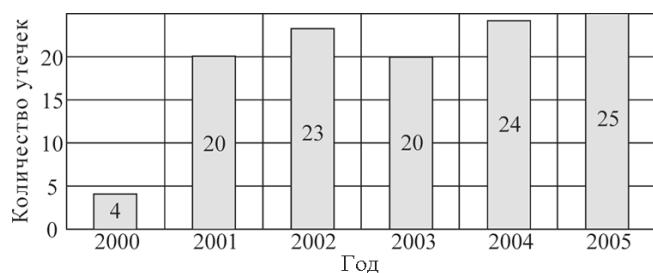


Рис. 4. Временная гистограмма распределения общего количества утечек

ции. К таким дефектам относятся изгиб вала, овальность посадочных мест подшипников, ослабление посадки подшипников на валу и в корпусе механизма. Отказы, вызванные ошибками, допущенными при монтаже, проявляются сразу же после запуска в случае явных повреждений, либо через 1-2 месяца после ввода механизма в эксплуатацию при скрытых ошибках. Чаще всего ошибки монтажа связаны с неравномерностью затяжки резьбовых соединений или недостаточными силами затяжки, неправильным центрированием валов привода и исполнительного органа, неверным смазыванием, перекосами механизма и его узлов. Данные неисправности должны устраняться путем регулировки, затяжки, либо другого вида безразборного ремонтного воздействия в период пробных пусков.

Процессы, протекающие в механизме в процессе эксплуатации, приводят к постепенному накоплению повреждений в течение 2-3 лет, а затем к ступенчатому изменению функциональных параметров объекта, вначале в пределах допустимых, а затем недопустимых значений. Данные повреждения связаны с износом подшипников, нарушением уравновешенности ротора при абразивном износе, изгибе вала, проседании фундамента, ослаблении резьбовых соединений. Устранение таких повреждений обычно проводится путем предупредительной замены для соблюдения условия обеспечения целостности сопрягаемых элементов механизма. Ремонт путем замены элементов должен предварять начало повреждения базовых поверхностей.

Анализ наиболее характерных ремонтных воздействий определяет необходимость оснащения ремонтной службы специализированным ремонтным инструментом, обучения персонала и повышения эффективности проводимых ремонтов.

Пример. На рис. 5 приведена диаграмма распределения общего количества проведенных ремонтных воздействий по узлам и деталям гидропривода холодильника МНЛЗ. Было выделено 14 категорий ремонтных воздействий: 1 – замена элементов фильтров; 2 – заваривание трещин; 3 – замена уплотнений; 4 – регулировка аккумулятора; 5 – замена маслопровода; 6 – замена мембран гидроаккумулятора; 7 – обтяжка резьбовых соединений трубопроводов; 8 – перезаделка рукава высокого давления; 9 – замена клапана; 10 – замена штуцеров; 11 – заваривание фланцев; 12 – замена насоса; 13 – замена рукавов высокого давления; 14 – замена болтов.

Анализ полученной картины позволил сделать следующие выводы.

1. Замена участков маслопровода проводилась каж-

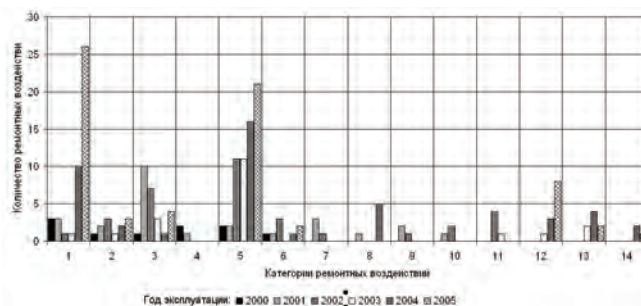


Рис. 5. Распределение ремонтных воздействий по узлам и деталям гидропривода холодильника МНЛЗ за 6 лет эксплуатации

дый год. На 3-й год эксплуатации количество таких воздействий возросло в 5 раз и далее продолжало увеличиваться. Причина такой ситуации заключалась в низком качестве заменяемых маслопроводов.

2. Замена фильтров также являлась одной из часто выполняемых операций (5-39 %), причем ее количество в последние годы резко увеличилось, что объясняется быстрым загрязнением масла из-за низкого качества заменяемых маслопроводов.

3. Замена уплотнений – постоянно выполняемое ремонтное воздействие, но за последние годы эксплуатации отмечено снижение данной операции.

4. Заваривание трещин – ремонтная операция, выполняемая регулярно, но количество случаев невелико и практически постоянно (5-7 %). Это же относится и к заменам мембран гидроаккумуляторов. Причины этих ремонтов связаны с возникновением вибраций трубопроводов при рабочем ходе гидроцилиндров.

5. Остальные виды работ выполнялись редко. Однако в последние годы отмечен рост случаев замены насоса, что вызвано ухудшением состояния рабочей жидкости.

Таким образом, получаемая в результате анализа отказов информация позволяет оценить следующее: совершенство конструкции механической системы; правильность решений, принятых на этапе изготовления; соблюдение режимов и условий эксплуатации; целесообразность и эффективность воздействий, осуществляемых при техническом обслуживании и ремонте. Поэтому, грамотно выполненный анализ отказов и проведенных ремонтных воздействий обеспечивает обоснованный и целенаправленный выбор управляющих решений для следующего этапа эксплуатации оборудования.

Библиографический список

- ГОСТ 27.002. Надежность в технике. Термины и определения. - М.: Изд-во стандартов, 1983. - 30 с.
- Организация технического обслуживания металлургического оборудования / В.Я. Седуш, Г.В. Сопилкин, В.З. Вдовин и др. – К.: Техніка, 1986. – 124 с.
- Ченцов Н.А. Организация, управление и автоматизация ремонтной службы. – Учебник. – Донецк: Норд Пресс, 2007. – 258 с.

Поступила 07.04.2013