



The matters of increase of the main and auxiliary equipment at RUP "BMZ" are considered.

А. Н. КАТЦЫН, РУП «БМЗ»

УДК 669

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ВОПРОСАМ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА РУП «БМЗ»

Введение

Белорусский металлургический завод был построен по самым передовым и современным технологиям, но жизнь не стоит на месте, поэтому на заводе в последние годы проводятся системная модернизация, перевооружение оборудования и основных технологических процессов, вводятся новые производственные мощности. Работа предприятия в новых экономических условиях свободного рынка ставит перед системой технического обслуживания оборудования более высокие требования по поддержанию оборудования в работоспособном состоянии: обеспечение качества выпускаемой продукции, снижение аварий и внеплановых простоев оборудования.

Белорусский металлургический завод — это большое количество основных и вспомогательных производств, на которых эксплуатируется самое разнообразное оборудование. Внезапный выход из строя одного из агрегатов может стать причиной нарушения всего производственного цикла. Для решения этой проблемы актуальной становится задача оценки истинного технического состояния объекта с целью своевременного вмешательства обслуживающего или ремонтного персонала для восстановления работоспособности объекта и обеспечения заданных параметров и функций, а также своевременного и достаточного планирования запасных частей, материалов, трудовых ресурсов для проведения ремонтных работ.

Решение подобной задачи связано с внедрением методов неразрушающего контроля, которые обеспечивают получение достоверной информации о текущем состоянии оборудования без нарушения производственного цикла.

Наиболее информативным параметром и простым для оценки состояния агрегата является вибрация. В настоящее время накоплен значительный опыт применения метода вибрационного

анализа для успешной диагностики самых различных механизмов, создана мощная аппаратная база — от простейших виброметров до сложных виброанализаторов и стационарных систем контроля вибрации. Однако, как показывает современная мировая практика, для внедрения эффективной стратегии эксплуатации и технического обслуживания оборудования на основании сведений о его состоянии необходим комплексный подход к проблемам вибрационной диагностики: входной контроль, непрерывный мониторинг роторного оборудования, его диагностика, квалифицированный ремонт, приемосдаточные испытания [1].

Наиболее перспективный способ повышения надежности работы оборудования на предприятии — скоординированная работа служб эксплуатации, технического надзора и ремонта, а также эффективное применение современных средств вибрационной диагностики.

Структура службы технического контроля и вибродиагностики

Для решения изложенных выше задач на РУП «БМЗ» при управлении организации ремонтов был создан отдел мониторинга и технической диагностики. Основная задача, поставленная перед отделом, — это оценка технического состояния оборудования по комплексу основных диагностических параметров: анализ характера шума механизма, анализ параметров вибрации, контроль температуры, результаты визуального осмотра, а также анализ дополнительных диагностических параметров: анализ смазки, анализ токовых характеристик электропривода.

Отдел состоит из лаборатории технической диагностики и дефектоскопии и трех бюро: сталеплавильного производства, прокатного производства и метизного производства. В свою очередь каждое бюро включает в себя службу механиков, энергетиков, гидравликов и электриков.

Задачи технического контроля, вибромониторинга и диагностики

На лабораторию диагностики и дефектоскопии возлагаются вопросы разработки, адаптации и внедрения новых методов и средств диагностики. Кроме того, лаборатория диагностики выполняет «глубокие» диагностические исследования механизмов с использованием особо сложной диагностической аппаратуры (дефектоскоп, комплект аппаратуры для спектрального анализа и т.п.) по заявкам бюро и цеховых служб.

Бюро мониторинга и технической диагностики решает свой круг задач контроля и диагностики оборудования, закрепленного за ними производства. Диагностические измерения проводятся планомерно — согласно утвержденным графикам, и внепланово — по рекомендациям диагностических программ, когда сроки измерения рассчитываются компьютером, исходя из состояния диагностируемого оборудования. Отлажена четкая система передачи данных о техническом состоянии оборудования руководителям механослужб и электрослужб цехов, в свою очередь работники цехов передают информацию в службу диагностики об устранении неисправностей и замечаний согласно картам контроля технического состояния агрегата. Также работники службы диагностики обязательно участвуют при выполнении ремонтов технологического и вспомогательного оборудования, осуществляя контроль за правильным выполнением ремонта, полнотой устранения выданных замечаний согласно картам контроля, а также проводят визуальный осмотр подшипного оборудования (механических передач, гидроцилиндров, контроль состояния подшипниковых узлов и т.д.).

В задачу службы вибродиагностики входят также виброналадочные работы на машинах и механизмах по заявкам соответствующих служб. Это балансировка рабочих колес и роторов на месте эксплуатации оборудования. Применение балансировки в собственных опорах позволило отказаться от таких операций, как демонтаж, транспортировка к месту балансировки и монтаж на месте эксплуатации.

Устранение несоосности валов роторного оборудования, как один из видов виброналадочных работ, осуществляется специалистами службы с помощью современных лазерных измерительных комплексов. Это позволяет быстро и более точно выполнять данные работы, что ведет к сокращению времени простоя и качественному выполнению наладочных работ. В результате уменьшается нагрузка на подшипники, увеличивается их долговечность, уменьшаются износ уплотнений, вибрация и шум, потребление электроэнергии [2].

Таким образом, служба вибродиагностики и технического контроля занимается решением задач, конечной целью которых является переход от системы ремонтов по «регламенту» к ремонтам по «состоянию».

Переход к обслуживанию по состоянию с применением систем вибромониторинга и диагностики

Коренное отличие технологии проведения ремонта по состоянию от планомерно-предупредительного ремонта (ППР) состоит в том, что ППР основывается только на времени эксплуатации механизма, а технология ремонта по состоянию учитывает всю совокупность факторов, определяющих его эксплуатационный ресурс. Какие бы факторы и в какой комбинации в каждом конкретном случае они не воздействовали на механизм, мы наблюдаем совокупную реакцию на эти воздействия по изменению соответствующих вибрационных параметров. Они в силу своей высокой информативности и чувствительности обязательно отразят происходящие с механизмом перемены. В последующем обработкой и анализом вибропараметров можно определиться с реальной причиной, вызывающей данные изменения: дефекты изготовления или монтажа, естественные износные процессы в узлах и деталях и т.д. Другими словами, при этом появляется возможность не только контролировать состояние механизма, но и определять реальные причины происходящих изменений в каждой конкретной ситуации, а, значит, и принимать вполне обоснованные решения по их недопущению в дальнейшем [3].

Еще одним преимуществом технологии ремонта по состоянию является то, что используемые при этом технические средства, как правило, позволяют производить диагностические измерения и контролировать состояние механизмов, но и обеспечивают решение задач по оперативной наладке механизмов в процессе эксплуатации. В первую очередь это касается динамической балансировки роторов, выверки соосности валов, выявления не жесткости опор.

Таким образом, при использовании технологии «ремонтов по состоянию» существенно изменяется сам цикл работ при эксплуатации оборудования. При технологии ППР эксплуатационный цикл представляет собой непрерывное чередование двух фаз: «работа»/«ТО или ремонт», при этом в любой момент цикла может возникнуть поломка механизма со всеми вытекающими последствиями [4].

При технологии «ремонта по состоянию» в составе цикла появляются совершенно новые фазы, коренным образом меняющие саму идеологию эксплуатации оборудования. Параллельно с работой механизма с определенной периодичностью осуществляется контроль текущего технического состояния механизма по измерению соответствующих вибропараметров. Анализ этих параметров во времени позволяет отслеживать реальную динамику происходящих изменений и обоснованно прогнозировать сроки и содержание наладоч-

ных работ, ТО и ремонтов. Введение операций контроля и при необходимости наладки дает возможность существенно улучшать качественное состояние механизмов после выполнения ремонтных работ.

При этом нужно понимать, что проведение ремонта роторного механизма ни в коей мере не гарантирует, что все проблемы решены и его можно эксплуатировать без всяких ограничений. Послеремонтный виброконтроль дает объективную картину о действительном состоянии механизма. После ремонта виброактивность механизма может существенно снизиться, но может измениться мало или даже возрасти. Естественно, что причина может быть в качестве ремонта (дефектные узлы, плохой монтаж и т.д.), но очень часто такое происходит и тогда, когда никаких претензий по ремонту нет. И в этом ничего необъяснимого нет. Дело в том, что любой роторный механизм, даже простенький вентилятор, на самом деле в динамике представляет собой сложную колебательную систему, поведение которой зависит от множества факторов. Поэтому послеремонтный виброконтроль, и при необходимости наладка, являются важнейшей фазой технологии «ремонта по состоянию», гарантирующей продление эксплуатационного ресурса оборудования [5].

Применение систем мониторинга и технической диагностики оборудования с переходом на технологию обслуживания механизмов «по состоянию» позволяет:

- контролировать реальное текущее техническое состояние механизмов и качество ремонтов;
- уменьшить финансовые и трудовые затраты при эксплуатации оборудования;
- продлить межремонтный период и срок службы механизмов;
- сократить потребность в запасных частях, материалах, оборудовании;
- избавиться от внезапных поломок механизмов и остановок производства;
- планировать сроки и содержание технического обслуживания.

Основные методы мониторинга и диагностики, применяемые на РУП «БМЗ»

Контроль дает информацию о величинах диагностических параметров (общий уровень вибрации, температура, давление и т.п.) и зонах их допустимого отклонения. При мониторинге появляется дополнительная информация о тенденциях изменения диагностических параметров механизма во времени, которая может использоваться для прогноза. Еще больший объем информации дает диагностирование, а именно идентификация места, вида и величины дефекта. Наиболее сложна задача прогноза развития дефекта, а не изменений контролируемых параметров, решение кото-

рой позволяет определить остаточный ресурс или прогнозируемый интервал безаварийной работы.

Подшипник качения является наиболее распространенным элементом конструкции любого роторного механизма и в то же время наиболее уязвимым. Подшипники осуществляют пространственную фиксацию вращающихся роторов и, следовательно, именно подшипники воспринимают большую часть статических и динамических нагрузок, возникающих в работающем механизме. Состояние подшипников служит важнейшей составляющей технического состояния механизма, его исправности и работоспособности [6].

Немаловажна и диагностика других дефектов, таких, как расцентровка, дисбаланс ротора, дефект зубчатых и ременных передач, дефект муфт и т.д.

В настоящее время в вибродиагностике используются по крайней мере четыре метода оценки технического состояния механизмов:

- метод ПИК-фактора;
- метод прямого спектра;
- метод спектра огибающей;
- метод ударных импульсов.

Специалисты службы диагностики в той или иной мере используют все перечисленные методы. Однако, исходя из практического опыта, выяснилось, что для проведения диагностики того или иного узла при обследовании достаточно большого количества оборудования необходимо использовать как минимум два метода. Так, например, для диагностики подшипников качения наиболее информативными являются метод ударных импульсов и метод огибающей. При использовании данных методов инженер-диагност может обследовать достаточно большое количество агрегатов с высокой вероятностью выявления дефектов на обслуживаемом оборудовании.

Для повышения достоверности наличия того или иного дефекта и прогнозирования сроков работы агрегатов до вывода в ремонт необходимо сочетать как можно больше методов. Так как данный процесс достаточно трудоемкий, то задачи «глубокой» диагностики оборудования ложатся на лабораторию технической диагностики [7].

Метод ударных импульсов

Метод ударных импульсов основан на измерении и регистрации механических ударных волн, вызванных столкновением двух тел. Ускорение частиц материала в точке удара вызывает волну сжатия, которая распределяется в виде ультразвуковых колебаний. Ускорение частиц материала в начальной фазе удара зависит только от скорости столкновения и не зависит от соотношения размеров тел. Период времени небольшой и заметной деформации не происходит. Величина фронта волны является мерой скорости столкновения (удара) двух тел. Во второй фазе удара поверхно-

сти двух тел деформируются, энергия движения отклоняет тело и вызывает в нем колебания. Соударение дефектов подшипника вызывает возникновение высокочастотных, быстро затухающих колебаний, распространяющихся от подшипника по конструкциям механизма в виде волн сжатия/растяжения, аналогично тому, как распространяется звук в воздухе. Наблюдаемый процесс аналогичен тому, как отзывается на удары камертон. Как бы вы по нему ни ударили, он звенит на своей собственной частоте. Так и подшипниковые узлы от соударения дефектов «звонят» на своей частоте. Частота эта практически всегда находится в диапазоне 28–32 кГц. В отличие от камертона эти колебания очень быстро затухают, поэтому на соответствующем образе получаемых осциллограммах они выглядят практически, как импульсы, что и дало название методу — метод ударных импульсов. Амплитуды ударных импульсов однозначно связаны со скоростью соударения дефектов и их глубиной. Результаты измерений очень легко отнормировать по скорости соударения, зная геометрию подшипника и его обороты. Таким образом, по амплитудам ударных импульсов можно достоверно диагностировать наличие и глубину дефектов [2].

Метод огибающей

Высокочастотная часть вибросигнала меняет свою амплитуду во времени, т.е. она модулируется более низкочастотным сигналом, именно в этом модулирующем сигнале и содержится информация о состоянии подшипника. Выделение и обработка информации составляют основу данного метода. Экспериментально было установлено, что наилучшие результаты такой метод дает в том случае, если анализировать модуляцию не широкополосного сигнала, получаемого от акселерометра, а предварительно осуществить полосовую фильтрацию вибросигнала в диапазоне примерно 6–10 кГц и анализировать его модуляцию. Для этого отфильтрованный сигнал детектируется, т.е. выделяется модулирующий сигнал (или еще его называют «огибающая сигнала»), который подается на узкополосный спектроанализатор, и мы получаем спектр интересующего нас модулирующего сигнала или спектр огибающей, что и дало название методу. Сам спектр огибающей имеет всегда очень характерный, специфический вид. При отсутствии дефектов он представляет собой почти горизонтальную, слегка волнистую линию. При появлении дефектов над уровнем этой достаточно гладкой линии сплошного фона начинают возвышаться дискретные составляющие, частоты которых однозначно просчитываются по кинематике и оборотам ротора. Частотный состав спектра огибающей позволяет идентифицировать наличие дефектов, а превышение соответствующей

щих составляющих над фоном однозначно характеризует глубину каждого дефекта [8].

Дальнейшее развитие отдела мониторинга и технической диагностики

Электросталеплавильные цеха

В электросталеплавильных цехах контролируются методами вибродиагностики ПГУ, как наиболее ответственное оборудование, а также вентиляторы, насосы и т.п. Для непрерывного контроля за дымососами ДСП необходимо установить стационарную систему диагностики на ПГУ-1 и ПГУ-2.

Для диагностики оборудования сталеплавильных цехов необходимо использовать метод термографии, который основан на дистанционном замере температурных полей исследуемого объекта.

Термографический метод контроля позволяет контролировать состояние футеровки электросталеплавильных печей, сталеразливочных ковшей, методических нагревательных печей станов, дымовых труб и т.п. Он дает возможность оценивать состояние футеровки, тем самым не допускать прогара с уходом жидкого металла со всеми вытекающими отсюда последствиями (т.е. необходимости ремонта оборудования.).

Термография позволяет также вести контроль электрического оборудования: мест повышенного электрического сопротивления и вызванного этим местного разогрева контакта.

Сортопрокатный цех

В СПЦ на сегодняшний день периодическому контролю подвергаются станы 150, 320, 850, блок «Морган», используя переносную измерительную аппаратуру.

Периодичность контроля определяется прогнозом, который выдает программа обработки вибросигнала предыдущих замеров. Для повышения достоверности прогноза необходим 100%-ный контроль оборудования. Так, например стан 150 имеет 16 клеток, на каждой клетки четыре точки замера, замер каждой точки длится 5 мин. На полное обследование стана уходит 6 ч с учетом подготовительных операций. Далее следуют сброс информации с прибора-анализатора на персональный компьютер и расшифровка полученных спектров. Таким образом, время, затраченное на обследование и выдачу рекомендаций по одному стану 150, составляет 26 ч, что не всегда устраивает персонал цеха. Поэтому предлагается внедрить стационарные (встроенные) системы контроля и диагностики роторного оборудования. Это позволит непрерывно наблюдать и оперативно выявлять неисправности и принимать решение по устранению дефектов и планировать ремонты.

Стационарными системами целесообразно обеспечить основное оборудование станов 150, 320, 850 и проволочный блок «Морган». Установ-

ка данной системы требует отдельной проработки с разработчиками аппаратуры фирм SKF, SPM и TST.

Сталепроволочные цеха

В сталепроволочных цехах под контролем находится оборудование, отказ которого может вызвать остановку производства (оборудование химических блоков, агрегаты гальваники, патентирования и т.д.).

Контроль волоочильного оборудования и канатосвивочных машин ведется персоналом бюро МиТД с привлечением специалистов ЛТДиД при решении сложных задач:

- доводка новых и реконструируемых машин;
- выявление сложных дефектов при диагностике оборудования.

Для уменьшения затрат на ремонты необходимо внедрить технологию узлового ремонта, в частности, производить динамическую балансировку роторного оборудования, вращающегося с большими оборотами (более $5000^{об}/_{мин}$). Как показал опыт СтПЦ-1, затраты на замену подшипников сокращаются в 2,0–2,5 раз. Поэтому рекомендуется закупить в СтПЦ-2 станок типа ВМ-300 производства «Диамех» (Россия), а также внедрить входной контроль подшипников качения. Это позволит уменьшить простои оборудования, связанные с его ремонтом.

Выводы

Развитие службы технического диагностирования должно включать как расширение объектов диагностирования, используемых диагностических приборов, так и постоянное повышение квалификации специалистов и точности поставленных диагнозов. Необходимым является раз-

работка перспективного плана развития, положений о ремонте оборудования по состоянию, стандарта предприятия о нормировании показателей технического состояния оборудования. В план работы бюро по диагностированию следует включить разработку методики накопления и анализа диагностической информации и проведенных ремонтов. Важным аспектом постоянного повышения квалификации является разработка справочников типовых повреждений со спектрограммами и временными реализациями вибрационных сигналов для ответственного оборудования. Желательно участие сотрудников бюро в работе научно-технических конференций, специализированных выставок, изучение опыта работы служб диагностирования металлургических предприятий, проведение курсов обучения и повышения квалификации.

Литература

1. Барков А.В., Баркова Н.А., Азовцев А.Ю. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. Санкт-Петербург: Изд-во АО ВАСТ, 1997.
2. Вибро-Центр. Вибрация и все, все, все... <www.vibration.narod.ru/vibrocenter.htm>.
3. Баркова Н.А. Современное состояние виброакустической диагностики машин. Ассоциация ВАСТ.
4. Радчик И., Рябков В., Сушко А. Комплексный подход к вопросам повышения надежности работы основного и вспомогательного оборудования современного металлургического производства // Оборудование. 2006. №1.
5. Баркова Н.А. Введение в виброакустическую диагностику роторных машин и оборудования. Санкт-Петербург: Изд-во АО ВАСТ, 1997.
6. Ширман А., Соловьев А. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. М., 1996.
7. Барков А.В. Возможности нового поколения систем мониторинга и диагностики // Металлург. 1998. № 11.
8. Продукты и услуги // ВАСТ и VibroTek <www.vibrotek.com/russian/catalog/softwr-r.htm>.