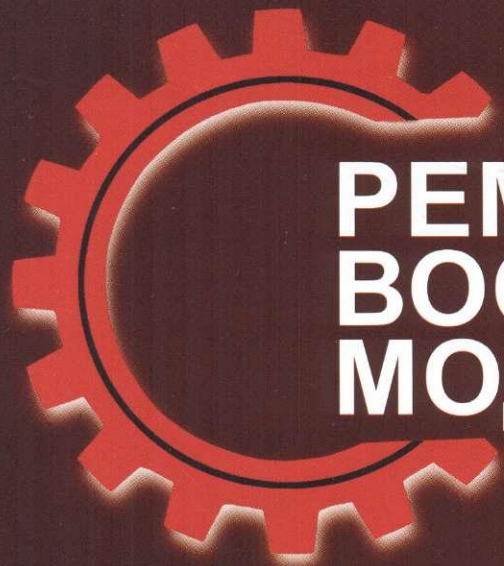




РЕМОНТ ВОССТАНОВЛЕНИЕ МОДЕРНИЗАЦИЯ

РВМ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ,
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



2
2020

● ПРАКТИКА РЕМОНТА, ВОССТАНОВЛЕНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ

- Воронцов А.Л., Полякова А.В.** Особенности технологии совмещения
редуцирования-дорнования при изготовлении распорной втулки 3
- Бабурин М.А., Баскаков В.Д., Галиновский А.Л., Зарубина О.В., Тарасов В.А.**
Применение прессов простого действия и специализированных установок для
глубокой вытяжки листовых деталей 7
- Коноплин А.Ю., Городецкий М.А.** Применение полимерных композиционных
материалов при изготовлении ремонтных муфт для трубопроводов 11

● ДИАГНОСТИКА И ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ

- Скрябин В.А.** Особенности вибрационной диагностики металлургических машин
в условиях предупредительного ремонта. 16

● ОБЩИЕ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

- Щедрин А.В., Алёшин В.Ф., Мельников Э.Л., Минязева Л.Х., Самойлов В.Б.,
Чихачёва Н.Ю.** Исследование закономерностей формирования параметров
качества поверхностного слоя при резании по предварительно деформированному
слою в методах комбинированного дорнования отверстий 21
- Кравченко И.Н., Чеха Т.А., Федоров А.О., Слизов А.Ф.** Особенности подготовки
поверхности деталей для нанесения износостойких плазменных покрытий 27
- Малиновский М.П., Смолко Е.С.** Проблема аппроксимации при расчете
пневматического тормозного привода интегральным методом. 33
- Друзьянова В.П., Конторусова С.С., Татарникова П.А.** Направления
модернизации грузового автотранспорта как инструмент повышения экономической
эффективности грузовых перевозок 39
- Исаев С.П., Еренков О.Ю.** Совершенствование технологии производства
древесных клееных материалов. 43

● ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

- Коротков В.А.** О подходах к определению критериев «новизны» технического решения . . . 47



УДК 669:621.02

Особенности вибрационной диагностики металлургических машин в условиях предупредительного ремонта

В.А. СКРЯБИН, д-р техн. наук, профессор
Пензенский государственный университет, г. Пенза, 440026, РФ
E-mail: vs_51@list.ru
DOI: 10.31044/1684-2561-2020-0-2-16-20
Поступила в редакцию 10.07.2019
После доработки 15.10.2019
Принята к публикации 21.10.2019

Предпринята попытка на основе материалов, полученных в ходе исследования вибрационной активности редуктора главной линии обжимной клетки, проанализировать воздействие сезонного фактора на работоспособность этого оборудования, установить период съема информации, обеспечивающей успешное применение автоматизированной системы технической диагностики данных узлов.

Ключевые слова: *главная линия обжимной клетки, редуктор, сезон, работоспособность, вибрационная диагностика.*

Based on data obtained during the study of vibration activity of a main line reducer of a breakdown stand, the effort was done to analyze the influence of a season factor on operability of the equipment and determine a period of data pickup, ensuring the successful use of a computer-aided system of technical diagnostics.

Keywords: *main line, breakdown stand, reducer, season, operability, vibration diagnostics.*

Одной из тенденций в развитии современно-го металлургического оборудования, в частности прокатных станов и тяжелых машин других отраслей промышленности, является внедрение автоматизированных систем технической диагностики (АСТД) [1—3]. Такие системы обеспечивают обслуживающий персонал данными о техническом состоянии узлов оборудования, позволяют в ряде случаев своевременно выявить их предаварийное состояние и принять меры к предупреждающему ремонту. Важным условием успешного функционирования АСТД является установление периодичности съема и фиксации информации о техническом состоянии узлов, соответствующего особенностям их устройства и условий эксплуатации. При излишне частой фиксации параметров нерационально возрастают объемы информации, которую необходимо фиксировать и хранить в бумажном и электронном видах, усложняется ее анализ. При относительно редкой фиксации параметров узлов, охваченных АСТД, может быть пропущен момент перехода от стадии нормального износа к стадии интенсивного (аварийно-

го) износа и вместо ремонта предупредительного приходится выполнять ремонт аварийный, сопровождающийся существенными экономическими потерями.

Существенным фактором, оказывающим влияние на частоту возникновения отказов оборудования, который необходимо учитывать при определении периодичности съема и фиксации информации о техническом состоянии узлов, является изменение температуры окружающей среды, связанное с сезонными климатическими изменениями. Наиболее ярко «сезонный фактор» проявляется при эксплуатации горного оборудования, эксплуатирующегося на открытых площадках. Так, например, частота поломок металлоконструкций экскаваторов в зимний период может увеличиваться в 2,5—6,0 раз по сравнению с летним периодом [3—8]. Оборудование, эксплуатирующееся в закрытых помещениях, менее подвержено перепадам температур и, соответственно, «сезонный» фактор в его работе проявляется менее ярко. Однако опыт, накопленный автором в ходе многолетних исследований металлургических машин, позво-

ляет утверждать, что не учитывать этот фактор при исследованиях и разработках АСТД металлургического оборудования нельзя. По нашему мнению, применительно к работе металлургического оборудования, можно выделить два сезонных периода увеличения числа отказов узлов: весенний (переход от относительно низких температур в пространстве цеха к более высоким) и осенний — при переходе от температур относительно высоких (до $+30^{\circ}\text{C}$ летом) к более низким. В первом случае в узлах оборудования, собранных в зимний период при относительно низких температурах, увеличиваются из-за теплового расширения зазоры, уменьшается вязкость смазок и, соответственно, несущая способность смазочного слоя, что приводит к увеличению интенсивности износа сопрягаемых элементов узлов. Во втором случае в узлах, собранных при относительно высоких летних температурах, уменьшаются зазоры, что в сочетании с повышением вязкости смазок может привести к ухудшению смазки узлов. Если при летней сборке зазоры в узлах были занижены по сравнению с требованиями технической документации, возможно даже полное разрушение отдельных элементов конструкций. Такая ситуация проявлялась в осенний период при начале эксплуатации прокатного стана Магнитогорского металлургического комбината. При резком похолодании произошло разрушение обоймы одной из зубчатых муфт привода ножиц. Причина разрушения — недостаточный осевой люфт обоймы. При монтаже не были учтены изменения размеров сопрягаемых деталей при похолодании.

Влияние сезонного фактора на работоспособность узлов металлургических машин изучено, по нашему мнению, недостаточно полно. Поэтому актуальной представляется задача сбора информации о периодичности отказов изделий и влиянии нарастания износа на показатели работы оборудования, которые могут быть использованы как диагностические факторы при проектировании АСТД.

В статье предпринята попытка на основе материалов, полученных в ходе исследования вибрационной активности редуктора ЦОС-120 главной линии обжимной клетки 350, проанализировать воздействие сезонного фактора на работоспособность этого оборудования, уста-

новить период съема информации, обеспечивающий успешное применение АСТД данных узлов.

Исследование вибрационной активности цилиндрического одноступенчатого редуктора ЦОС-120 главной линии обжимной клетки 350 выполнено в период февраля—мая 2017 г. Измерения параметров вибрации проводили при работе оборудования в режиме рабочего хода, при помощи вибromетра 107В и пьезоэлектрического датчика. Крепление датчика осуществляли при помощи магнита. Схема размещения точек измерения вибрационных параметров редуктора ЦОС-120 приведена на рис. 1, результаты измерения в хронологическом порядке — в таблице.

Измерения проводили в вертикальном (V), горизонтальном (H), осевом (A) направлениях. Проводили измерения общих параметров вибрации и частотной формы вибрационного сигнала при рабочей частоте вращения. Контролируемый частотный диапазон: при измерении виброскорости 2—400 Гц; при измерении виброускорения 10—4000 Гц.

В период наблюдений 3 апреля 2017 г. произошла плановая остановка прокатного стана, во время которой было осуществлена замена быстроходного вала вышеуказанного редуктора из-за обнаружения начальной стадии разрушения сепараторов подшипников, при визуальном осмотре оборудования во время предшествовавшего текущего ремонта 27 марта 2017 г.

Из данных таблицы, основываясь на рекомендациях по определению технического состояния оборудования на основе результатов

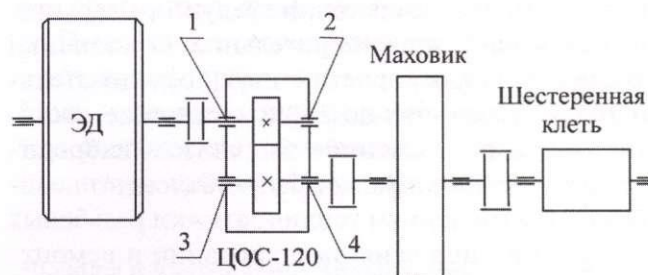


Рис. 1. Расположение точек измерения параметров вибрации редуктора ЦОС-120:

1 и 2 — подшипники быстроходного вала редуктора со стороны, соответственно, электродвигателя и шестеренной клетки; 3 и 4 — подшипники тихоходного вала редуктора со стороны, соответственно, электродвигателя и шестеренной клетки; ЭД — электродвигатель

Результаты измерения параметров вибрации редуктора ЦОС-120

Параметры ви- брации	Направление измерения	Дата измерения						
		19.02.17	03.03.17	08.04.17	14.04.17	21.04.17	19.05.17	20.05.17
Точка измерения 1								
СКЗ, мм/с	вертикальное	2,6	3,5	2,2	3,6	2,95	1,5	1,7
СКЗ, мм/с	горизонтальное	2,3	2,1	0,84	1,1	1,89	1,18	1,08
СКЗ, мм/с	осевое	2,9	2,5	1,16	1,89	2,14	1,5	1,9
СКЗ/ПИК, м/с ²	вертикальное	6/ —	5,8/25	3,5/8,9	4/12	3,9/12	2,4/8	2,3/8
СКЗ/ПИК, м/с ²	горизонтальное	6,8/ —	5,2/20	1,7/5,7	2,7/9,5	2,5/8,7	2,1/6,6	1,5/5,9
Точка измерения 2								
СКЗ, мм/с	вертикальное	2	2,3	2,17	2,55	2,75	1,8	1,5
СКЗ, мм/с	горизонтальное	1,7	2,5	1,0	2,43	2,86	0,98	1,6
СКЗ, мм/с	осевое	2,2	2,7	1,25	2,9	3,24	3	2,1
СКЗ/ПИК, м/с ²	вертикальное	3,9/ —	4,1/13	4/10	5,8/20	3/13	2/10	3/12
СКЗ/ПИК, м/с ²	горизонтальное	3,7/ —	3,8/13	3/10	5/14	3/12	3,6/11	2,3/7
Точка измерения 3								
СКЗ, мм/с	вертикальное	1,4	1,4	0,64	1,53	1,21	1,3	1,1
СКЗ, мм/с	горизонтальное	2,8	1,8	1,02	1,35	2,26	1,6	1
СКЗ, мм/с	осевое	1,8	2,3	1,61	2,1	2,26	1,4	2,1
СКЗ/ПИК, м/с ²	вертикальное	4,9/ —	4,5/15	1,5/4,8	2,1/7,7	2,2/7,5	2,9/10	2,7/8
СКЗ/ПИК, м/с ²	горизонтальное	4,8/ —	4/14	1,5/4,3	1,9/7,3	2,1/6,3	2/6,9	2/7
Точка измерения 4								
СКЗ, мм/с	вертикальное	2,2	1,0	0,45	1,34	1,17	0,8	1,1
СКЗ, мм/с	горизонтальное	1,1	1,3	0,57	1,28	1,26	0,7	1,0
СКЗ, мм/с	осевое	2	3,1	1,35	2,06	3,46	2,1	1,3
СКЗ/ПИК, м/с ²	вертикальное	2/ —	2,4/9	1,4/5	4/11	3/10	2,5/7	2,5/7
СКЗ/ПИК, м/с ²	горизонтальное	2,2/ —	2,1/7	1,8/5,6	2,4/9	2/7,5	3/8	2/7
Примечание: условные обозначения: СКЗ — среднеквадратичное значение виброскорости; СКЗ/ПИК — среднеквадратичное/пиковое значение виброускорения.								

их вибрационной диагностики, приведенных в работах [1, 4], можно сделать вывод, что для обследований 19 февраля и 3 марта 2017 г., предшествовавших выходу из строя быстроходного вала, техническое состояние редуктора характеризуется как удовлетворительное. Отклонения значений виброскорости в двух последовательных обследованиях до $\pm 50\%$ — явление достаточно распространенное в практике вибродиагностирования и может быть объяснено неизбежным изменением усилия затяжки резьбовых соединений под влиянием вибрации и ремонтных воздействий со стороны обслуживающего персонала, проведенных в период времени между указанными датами.

Осмотр подшипников быстроходного вала, проведенный после его замены, позволил установить следующее.

1. На беговой дорожке одного из рядов роликов подшипника со стороны обжимной клетки присутствуют следы схватывания (рис. 2). Размеры повреждения позволяют предположить о наличии данного дефекта в скрытом виде при установке подшипника и дальнейшем интенсивном развитии при снижении демпфирующих свойств масляной пленки при повышении температуры окружающего воздуха.

2. Внутреннее кольцо подшипника со стороны электродвигателя имеет многочисленные трещины (рис. 3) и следы проворота на посадочной поверхности. Это результат воздействия динамических (ударных) нагрузок из-за повышенных зазоров, ослабления посадки внутреннего кольца подшипника при сборке и повышения момента сопротивления при работе подшипника.

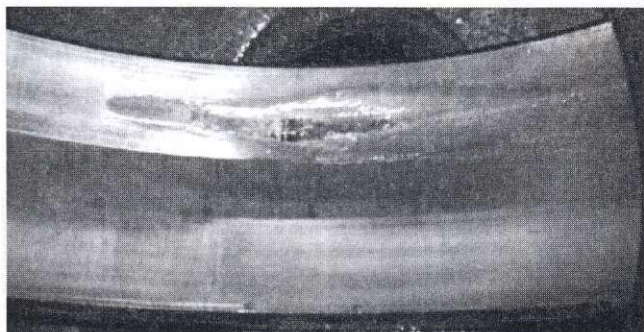


Рис. 2. Повреждения на беговой дорожке наружного кольца подшипника

3. На роликах обоих подшипников просматриваются цвета побежалости от темно-желтого до темно-синего цвета, что соответствует температуре нагрева поверхности 230—270 °С.

Изложенное позволило сделать вывод о том, что разрушение деталей подшипника произошло в результате неблагоприятного сочетания комплекса параметров, определяющих его работоспособное состояние: ослабление резьбовых соединений, износ посадочных мест. Иницирующим событием послужило изменение температуры окружающей среды.

Для предупреждения аварийных отказов в работе металлургического оборудования, эксплуатирующегося в закрытых производственных помещениях, в весенний и осенний периоды необходимо уменьшать периодичность диагностирования оборудования, особенно по параметрам вибрации. Это позволит не пропустить момент перехода от стадии нормального износа к стадии интенсивного (аварийного) износа элементов составных частей диагностируемого оборудования и вместо ремонта предупредительного не придется выполнять ремонт аварийный, сопровождающийся существенными затратами.

Таким образом было определено, что развитие повреждений подшипников носило лавинообразный характер, связанный с изменением внешних условий работы, в частности с изменением температуры окружающей среды и свойств масляной пленки в узлах трения. Это увеличило и динамические удары по внутреннему кольцу одного из подшипников, в дополнении к ослаблению резьбовых соединений и износу посадочных мест подшипников. Разрушение деталей подшипника произошло в результате неблагоприятного сочетания ком-

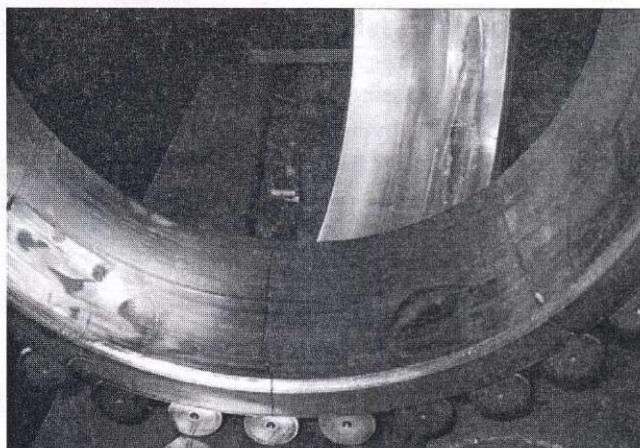


Рис. 3. Трещины и следы проворота на посадочной поверхности внутреннего кольца подшипника

плекса параметров, определяющих его работоспособное состояние: ослабление резьбовых соединений, износ посадочных мест. Иницирующим событием послужило изменение температуры окружающей среды.

Данные наблюдений 14.04 и 21.04 свидетельствуют, что после замены дефектного узла быстроходного вала новым в первое время показатели виброактивности нового узла остаются на уровне, приблизительно соответствующем показателям замененного узла в период его нормальной работы до аварийного выхода из строя. Уменьшение виброактивности нового узла, зафиксированное наблюдениями 19.05 и 20.05, указывает на развитие приработки элементов привода.

Необходимо отметить, что вся вибродиагностика редуктора ЦОС-120 главной линии обжимной клетки 350 прокатного стана была проведена на основании соответствующего договора работниками предприятия ГАКС-РЕМ-АРМ (г. Пенза) под руководством ведущего эксперта данного предприятия д. т. н., профессора Скрябина, что позволило существенно расширить технологические возможности оборудования после выполнения ремонтных работ.

Выводы и направление дальнейших исследований

1. Период наблюдений вибрационных характеристик редуктора ЦОС-120 главной линии обжимной клетки 350 прокатного стана не обеспечил гарантированной возможности фиксации изменений параметров вибрации редуктора, по-

звоняющей выявить предаварийное состояние подшипников быстроходного вала редуктора. Использование дополняющего метода диагностирования — визуального осмотра — позволило своевременно обнаружить, провести внеплановую замену быстроходного вала редуктора и предупредить развитие аварийной ситуации.

2. Установлено, что возникновение и развитие дефектов подшипников быстроходного вала редуктора обусловлено изменением температуры окружающей среды, что свидетельствует о влиянии «сезонного фактора» на техническое состояние механического оборудования, эксплуатирующегося в закрытых производственных помещениях.

3. Влияние «сезонного фактора» на работоспособность металлургического оборудования практически еще не изучено. В связи с этим актуальной представляется задача сбора информации об отказах, изменении скорости износа элементов составных частей металлургического оборудования в весенний и осенний периоды. Эти данные могут быть использованы как критерии для определения периодичности диагностирования оборудования и как диагностические факторы для дополняющих методов

диагностирования. Это позволит принимать правильные решения о необходимости предупредительной замены изношенных составных частей оборудования для предотвращения аварийных отказов и внеплановых остановок оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Схиртладзе А.Г., Скрыбин В.А. Ремонт технологического оборудования. КУРС: ИНФРА-М. 2018. 352 с.
2. Смирнов А.Н., Герике Б.Л., Муравьев В.В. Диагностирование технических устройств опасных производственных объектов. Новосибирск: Наука. 2003. 244 с.
3. Голуб Е.С., Мадорский Е.З., Розенберг Г.Ш. Диагностирование судовых технических средств. М.: Транспорт. 1993. 150 с.
4. Макворд М. Диагностика вибраций прокатного стана // Производство проката. Черные металлы. 2008. № 8. С. 39—44.
5. Артемьев Б.В., Владимиров Л.В., Козлов А.А., Владимиров Ю.Л., Артемьев И.Б., Ключев З.В. Модернизация радиационных толщиномеров для прокатного производства // Ремонт, восстановление, модернизация. 2016. № 9. С. 13—16.
6. Дмитриев Б.М. Диагностика технического состояния гибкой производственной системы // Ремонт, восстановление, модернизация. 2018. № 1. С. 10—14.
7. Доппа Р.В., Щербинко А.В., Брежнев Д.Ю., Щербинко Т.А. Методический подход к построению диагностической модели поиска отказов сложной технической системы при организации восстановления ее работоспособности // Ремонт, восстановление, модернизация. 2017. № 8. С. 23—25.
8. Сиваков В.П., Вураско А.В., Вихарев С.Н. Периодичность диагностирования оборудования при вибрационном контроле // Ремонт, восстановление, модернизация. 2019. № 8. С. 24—28.

Уважаемые авторы и читатели нашего журнала!

С ноября 2013 г. на нашем сайте www.nait.ru доступна **новая постатейная** форма подписки на электронную версию журнала «Ремонт, восстановление, модернизация» (стоимость электронной версии одной статьи — 500 руб.). Вы можете оформить подписку как на полнотекстовую версию журнала, так и на одну или несколько интересующих Вас статей.