

БЕЗОПАСНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ, ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВ

УДК 621.515.4:697.921.4

О ВИДАХ ИЗНОСА МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ВИНТОВОГО КОМПРЕССОРА

Пундик Михаил Александрович, аспирант,
ассистент кафедры холодильной и торговой техники
ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли»
e-mail: mihailpundik@gmail.com
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 31
Тел.: +38 (071) 327-64-61

Карнаух Виктория Викторовна, канд. техн. наук,
профессор кафедры холодильной и торговой техники
ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 31
e-mail: pocco0629@gmail.com
Тел.: +38 (071) 337-47-27

Сидоров Владимир Анатольевич, д-р техн. наук, профессор
кафедры механического оборудования заводов черной металлургии
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»
283001 г. Донецк, ул. Артема, 58
e-mail: sidorov_va@ukr.net
Тел.: +38 (071) 312-79-13

Рассмотрены основные органолептические методы технической диагностики, неисправностей механической части винтовых компрессоров, используемых в системах кондиционирования и вентиляции промышленных и торговых помещений. Определены характерные виды износа механической части винтового компрессора для разработки алгоритма вибрационной диагностики. Сформулированы признаки визуального проявления повреждений механической части винтового компрессора.

Ключевые слова: винтовой компрессор; подшипник; золотник; техническая диагностика; техническое состояние; износ; механическое повреждение.

Введение. Маслозаполненные воздушные, аммиачные и фреоновые винтовые компрессоры (рис.1) в значительной мере расширили области своего применения на предприятиях пищевой, фармацевтической, нефтеперерабатывающей промышленности и в жилых сооружениях [1; 4; 5].

Исследование рынка компрессоростроения предприятий: «Арсенал Машиностроение» г. Санкт-Петербург, «Ростовский Компрессорный Завод» г. Ростов-на-Дону, «Тегас» г. Краснодар, свидетельствует о увеличении производства винтовых компрессоров, различного типа [2]. На предприятиях Донецкой области представлены конструкции винтовых компрессоров фирм «YORK» (США), «Sabroe» (Дания), «Bitzer» (Германия).

Рабочим органом винтовых компрессоров является, сложная по объёмной конфигурации, пара винтов (рис. 2) с различным числом зубьев (заходов). Корпус имеет цилиндрическую расточку с профилированием окна всасывания и нагнетания. Нагрузки от роторов воспринимаются осевыми и радиальными подшипниками [3].

Опыт эксплуатации показывает, что надёжность данных механизмов весьма высока и обеспечивает длительную безотказную работу. Однако, после 5...10 лет непрерывной эксплуатации с винтовыми компрессорами могут происходить внезапные отказы, наиболее часто связанные с нарушениями режима смазывания и технологическими ошибками. При отсутствии резервирования, это приводит к снижению производительности предприятия.

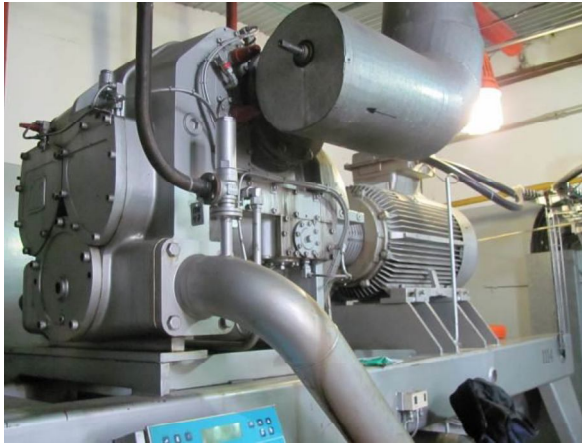


Рис. 1. Общий вид компрессорной установки с применением винтового компрессора



Рис. 2. Рабочий орган винтового компрессора – винты

Целью данной статьи является рассмотрение проявлений и причин возникновения неисправностей механической части, из-за которых происходит некоторая часть отказов.

Изложение основного материала исследования. В маслозаполненных винтовых компрессорах вращение от привода через соединительную муфту или ременную передачу сообщается одному из роторов – ведущему. К ведомому ротору, крутящий момент передается через демпфирующий элемент, которым служит масло. Компрессорное масло, впрыскиваемое внутрь винтового блока, обеспечивает отсутствие металлического контакта между роторами, смазывание подшипников и отвод тепла, выделяющегося при сжатии. Масло затем выделяется из газо- или воздушно-масляной смеси системой сепарации, охлаждается и возвращается в винтовой блок. Газ (воздух) сжимается в камерах, которые формируются стенками корпуса винтовой пары и роторами. Объем камер сжатия постепенно уменьшается, а давление увеличивается по направлению движения сжимаемой среды.

Масло, в винтовом компрессоре, является элементом, имеющим несколько функций. Поэтому, изменение свойств и характеристик масла в процессе эксплуатации, часто становится причиной изменения физических процессов износа и технического состояния. В винтовых компрессорах используются подшипники качения или/и подшипники скольжения. Безотказность и долговечность подшипников скольжения в данной конструкции выше, чем подшипников качения. Повреждения винтов обычно – это следствие износа и повреждений рядом расположенных элементов. Характерные повреждения винтовых компрессоров: разрушение вала; износ вкладышей подшипников скольжения; разрушение фиксирующих элементов; задевание винтов за неподвижный корпус; повреждения сепаратора, колец и тел качения подшипников качения.

В исправном состоянии винтовые компрессоры являются полностью уравновешенными, не производят больших вибраций, имеют стабильную температуру и не нуждаются в массивном фундаменте. Основными источниками вибрации механического происхождения являются винты и подшипники компрессора. При диагностировании винтовых компрессоров наиболее информативным

является спектральный анализ параметров вибрации, позволяющий определить зарождение повреждений на ранней стадии. Признаки повреждения – повышение температуры и значений вибрационных параметров, повышенное потребление электроэнергии, снижение производительности, изменение характера шума. Эти признаки фиксируются органолептическими или приборными методами. Точная постановка диагноза и принятие правильного решения требует проведения визуального осмотра, выполняемого при неполной или полной разборке механизма. Анализ видов механического износа, расположение повреждений позволяет определить причины и последовательность развития неисправности и последующего отказа.

При *неполной разборке* проводится осмотр: золотника, подшипников и сальника. Отсутствие повреждений золотника (рис. 3а) позволяет сделать вывод о наличии достаточного зазора между роторами и корпусом. Если начался износ подшипников, сместились оси роторов, на поверхности золотника появляются следы металлического контакта с роторами (рис. 3б). Глубина и ширина изношенной поверхности позволяют локализовать подшипник с наибольшим износом. При проведении ремонта потребуются замена всего комплекта подшипников, однако следует выяснить причины повышенного износа в конкретном месте расположения.

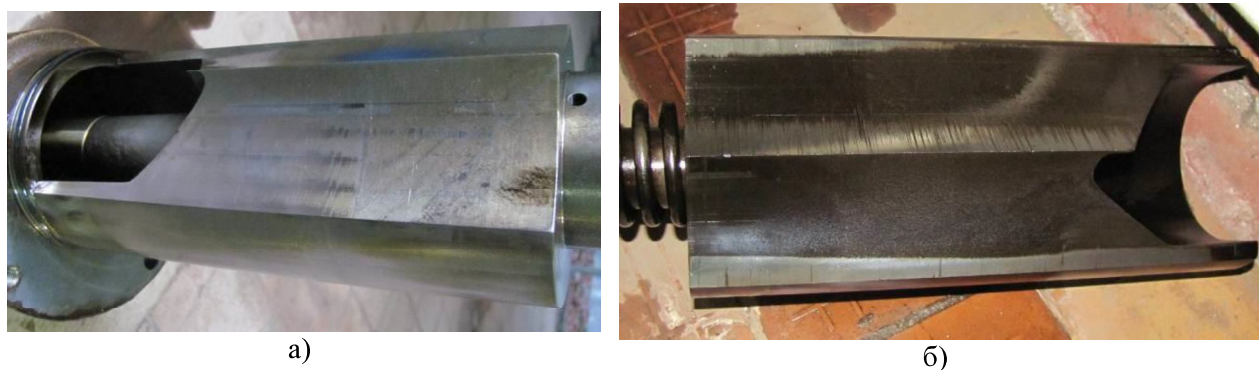


Рис. 3. Состояние золотника: без повреждений (а); со следами задевания роторов (б)

Подшипники в этом случае осматриваются только с торцевой поверхности, состояние беговых дорожек оценить невозможно. Визуально можно зафиксировать следующие повреждения: трещину сепаратора с видимой стороны (рис. 4а), повреждения тел качения (рис. 4б). Следует обратить внимание на целостность колец подшипника, несмотря на то, что поперечные трещины колец подшипника в данных механизмах, встречаются редко.



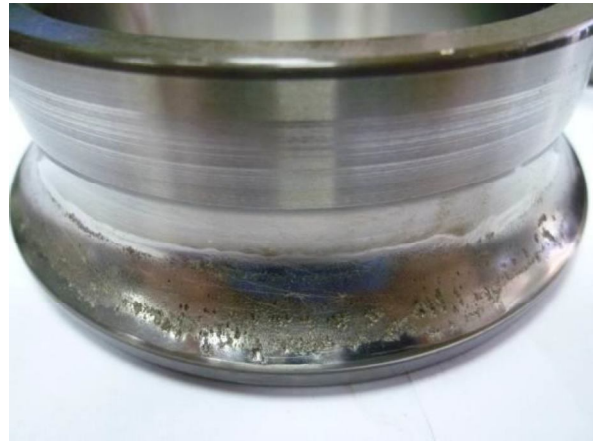
Рис. 4. Осмотр подшипника: а) трещина сепаратора; б) повреждение тела качения

Состояние сальника фиксируется по наличию или отсутствию подтеканий масла, увеличению утечки из сальника. При осмотре во время неполной разборке следует обратить внимание на состояние неподвижных и подвижных уплотнений сальника, что косвенно связано с состоянием ведущего вала.

Полная разборка позволяет составить полную картину возможных повреждений. Последовательно осматриваются подшипники, винты, корпусные детали и фиксируются замеченные повреждения. Некоторые из возможных повреждений показаны на рис. 5, 6, 7.



а)



б)

Рис. 5. Повреждения подшипников качения: а) износ внутреннего кольца; б) окислительное выкрашивание беговой дорожки внутреннего кольца



а)

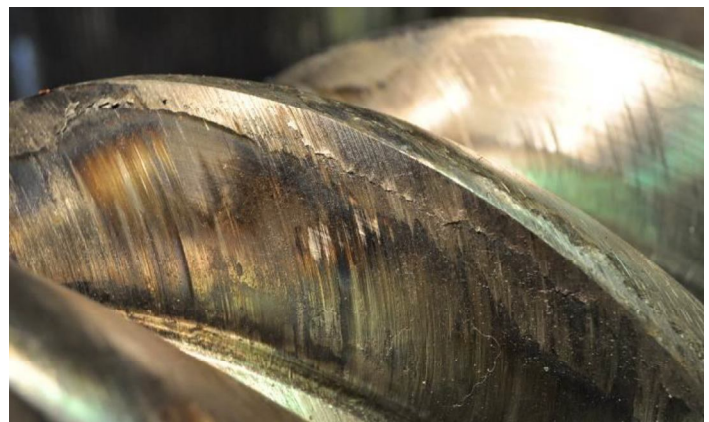


б)

Рис. 6. Повреждения корпуса: а) износ поверхности задней крышки; б) износ цилиндрической поверхности корпуса



а)



б)

Рис. 7. Повреждения винтов: а) задевания за лабиринтное уплотнение; б) схватывание на рабочей поверхности

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Анализ результатов осмотра позволяет определить последовательность развития повреждений и причину отказа. В конструкции винтового компрессора сочетаются детали с различной твёрдостью: наиболее твёрдыми являются подшипники качения, чуть менее твёрдыми – винты и относительно мягкий корпус. Конструкция механизма жёсткая. Винты вращаются с частотой 2000...6000 об/мин в газо-масляной среде. Зазоры между винтами и корпусом составляют 0,2...0,3 мм. Положение винтов определяется зазорами в подшипниках.

В этих условиях изменение режима смазывания (свойств, расхода смазочного материала, условий отвода смазки, загрязнение смазки и др.) приводит к износу подшипника. Обнаружить эти малые отклонения по диагностическим параметрам вибрации весьма затруднительно. Часто этот период износа проходит постепенно и незаметно. Медленно накапливающиеся повреждения практически невозможно отследить органолептическими методами. Для предупреждения внезапной остановки компрессора рекомендуется с периодичностью 4...10 дней проводить диагностирование состояния, по вибрационным, тепловым и токовым параметрам.

Разрушения сепаратора, проворачивание внутреннего кольца подшипника по валу указывают на неравномерное распределение сил между телами качения и повышение момента трения из-за нарушения режима смазывания. Малые зазоры между винтами и корпусом в случае износа подшипника уменьшаются, смазка перестаёт быть демпфирующим элементом и происходит металлический контакт винтов с деталями корпуса, сопровождаясь осповидным выкрашиванием поверхности. Это второй период износа – наиболее доступный для обнаружения и благоприятный для проведения ремонта. Наступление этого периода износа связано с резкими изменениями в диагностических параметрах: меняются температурные параметры, меняются значения виброускорения в частотном диапазоне 2...5 кГц, снижается производительность компрессора, меняется характер шума механизма. Если эти изменения не привлекли внимания обслуживающего персонала, ремонт компрессора будет невозможен. Своевременная остановка компрессора для проведения ремонта позволяет почти полностью восстановить его работоспособность и продолжить эксплуатацию.

Библиографический список

1. Калугин, Г. Н. Использование винтовых компрессоров для газодинамических холодильных машин / Г. Н. Калугин, В. А. Плесняев, Л. Л. Троянов // Известия вузов. – 1990. – № 2. – С. 90-92.
2. Петухов, В. В. Повышение эффективности холодильных винтовых компрессоров на основе совершенствования профилей роторов: дис. канд. техн. наук : 05.04.03 / В. В. Петухов. – Санкт-Петербург, 2007. – 133 с.
3. Сидоров, В. А. Техническая диагностика механического оборудования / В. А. Сидоров [и др.]. – Донецк : Новый мир, 2003. – 125 с.
4. Создание винтовых компрессорных установок нового поколения / И. Г. Хисамеев [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2009. – № 17. – С. 199-203.
5. Технология компрессоростроения / Н. А. Ястребова [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1987. – 170 с.

© М.А. Пундик, В.В. Карнаух, В.А. Сидоров, 2018

Статья поступила в редакцию 01.03.2018

THE TYPES OF WEAR ON MECHANICAL PARTS OF SCREW COMPRESSOR

Mikhail Alexandrovich Pundik, Post-graduate student,
Assistant of refrigeration and commercial machinery Department
"Donetsk national University of Economics and trade"
283050, Donetsk, 31 Schorsa St.
e-mail: mihailpundik@gmail.com
Phone: +38 (071) 327-64-61

Victoria Viktorovna Karnaukh, Candidate of Technical Sciences,
Professor of refrigeration and commercial machinery Department
"Donetsk national University of Economics and trade"
283050, Donetsk, 31 Schorsa St.
e-mail: pocco0629@gmail.com
Phone: +38 (071) 337-47-27

Vladimir Anatolyevich Sidorov, Doctor of Technical Sciences,
Professor of mechanical equipment of iron and steel plants Department
Donetsk National Technical University
283001 Donetsk, Artema str., 58
e-mail: sidorov_va@ukr.net
Phone.: +38 (071) 312-79-13

The main organoleptic methods of technical diagnostics, mechanical failures of screw compressors used in air conditioning and ventilation systems of industrial and commercial premises are considered. The characteristic types of wear of the mechanical part of the screw compressor for the development of vibration diagnostics algorithm are determined. Formulated signs visual symptoms of damage to the mechanical parts of screw compressor.

Keywords: screw air compressor; bearing; spool; technical diagnostics; technical condition; wear; mechanical damage.