

В.А. Сидоров, Е.В. Ошовская
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»
г. Донецк, Украина
E-mail: sidorov_va@ukr.net

ПОИСК ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОПОРНОГО ПОДШИПНИКА МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА СВОДА ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ПЕЧИ

Аннотация

В работе приведены результаты исследований по оценке состояния опорного подшипника механизма поворота свода электродуговой печи при использовании давления в полостях приводного гидроцилиндра как диагностического параметра.

Оценка состояния опорного подшипника механизма поворота свода электродуговой печи представляет научный интерес и практическую ценность. Научный аспект связан с диагностированием крупногабаритных, тяжело нагруженных подшипников, работающих циклически с малыми частотами вращения, и не имеет в настоящее время апробированного методического обеспечения. Практическая ценность заключается в исключении внеплановых остановок и аварийных ремонтов, вызванных отказами опорного узла. Учитывая, что изготовление опорного подшипника требует индивидуального заказа, раннее предупреждение о возникших повреждениях позволяет своевременно выполнить заказ, принять упреждающие меры по снижению скорости развития повреждения и подготовиться к ремонту. Поэтому задача выбора диагностического параметра, однозначно отражающего состояние опорного подшипника, весьма важна. В статье приведены результаты исследований и опыт использования параметров гидравлического привода для оценки технического состояния опорного подшипника механизма поворота электродуговой печи.

Исследования выполнены на печи ДСП-50 фирмы STB, у которой в конструкциях механизма подъема и поворота свода, наклона печи, перемещения электродов используется гидравлический привод. Среди операций, проводимых на печи, отворот свода происходит наиболее часто - 2...3 раза на плавку. Основные технические характеристики механизма поворота свода: угол поворота свода – $\alpha=70...95^\circ$; скорость поворота свода – 5 °/с; масса свода – 20 т. Свод с механизмом подъема крепится к поворотной колонне (рисунок 1в). Для поворота колонны со сводом на

люльке установлен трехрядный опорный роликподшипник (рисунок 1а, б). Поворот свода осуществляется при помощи гидроцилиндра двойного действия, закреплённого на цапфах (рисунок 1.г). Для отвода свода печи рабочая жидкость подается в штоковую полость, для наворота – в поршневую полость. Проушина штока закреплена на рычаге поворотной колонны. При повороте свода одновременно поворачиваются электроды, рукава электрододержателей и механизм перемещения электродов.

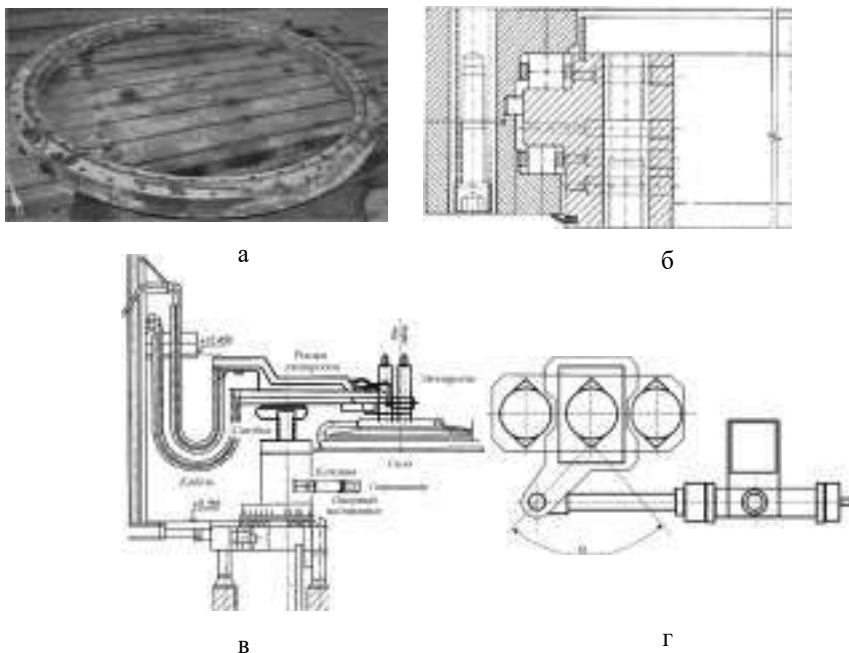


Рисунок 1. Механизм поворота свода:

- а) общий вид опорного подшипника; б) конструкция трехрядного опорного роликподшипника; в) вид общий механизма поворота; г) установка гидроцилиндра

Опыт эксплуатации показывает, что внезапный отказ механизма поворота свода приводит к наиболее тяжёлым последствиям из-за длительности последующего ремонта. Надёжная работа механизма поворота обеспечивается высоким уровнем безотказности опорного подшипника. Условия работы данного подшипникового узла характеризуются частыми поворотами (100...160 циклов в сутки) и односторонним воздействием высокой температуры раскаленного свода, а также консольной и вертикальной нагрузкой. Существенное влияние на

состояние опорного подшипника оказывает вибрация от электрической дуги в начале плавки. В связи с этим, наличие диагностического параметра для оперативного контроля текущего состояния данного узла является необходимым.

В работе [1] предложено оценивать состояние опорного подшипника по степени износа. Выполнение измерений в данном случае проводится периодически, во время текущих ремонтов. На печи ДСП-50 ежемесячно в соответствии с рекомендациями [1] при идентичных условиях расположения свода относительно печи проводились измерения износа опорного подшипника. Закономерности износа для самой нагруженной точки приведены на рисунке 2.

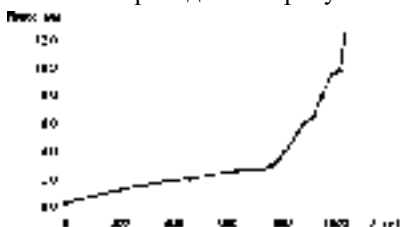


Рисунок 2. Износ опорного подшипника в наиболее нагруженной точке

Резкое увеличение скорости изнашивания опорного подшипника после 900 суток работы и предпринятые ремонтные воздействия, связанные с промывкой опорного подшипника и введением антифрикционной присадки в смазку, потребовали постоянного контроля его текущего технического состояния и поиска более оперативного диагностического параметра. Т.к. измерение вибрационных параметров для диагностирования тихоходных подшипников в настоящее время имеет лишь теоретическое решение [2], то практическое применение этого метода не представлялось возможным. Использование гидропривода в механизме поворота свода позволило учесть отдельные рекомендации работ [3, 4] для поиска новых параметров.

В руководстве [1] указано, что «срок службы подшипника заканчивается, когда сопротивление крутящему моменту постепенно увеличивается...», т.е. износ опорного подшипника сопровождается повышением момента сопротивления. Момент сопротивления повороту свода печи преодолевается моментом, создаваемым силой на штоке гидроцилиндра, которая при отводе свода обеспечивается давлением рабочей жидкости в штоковой полости цилиндра, а при навороте свода – давлением в поршневой полости. Поэтому изменение давления в полостях гидроцилиндра в процессе работы механизма свидетельствует об изменении момента сопротивления и соответственно, состояния

опорного подшипника.

Установленные датчики в гидравлической системе привода механизма поворота свода позволили проводить постоянный контроль значений давления в полостях гидроцилиндра (рисунок 3). Данные собирались системой автоматизированного управления и использовались для оперативного анализа состояния на протяжении 4 месяцев наблюдения. При этом рассматривалось изменение следующих диагностических параметров: среднее давление при отвороте свода (рисунок 4а); среднее давление при навороте свода (рисунок 4б); время отворота и наворота свода.



Рисунок 3. График изменения параметров гидропривода

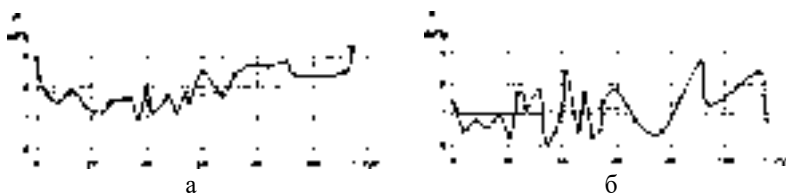


Рисунок 4. Графики изменения диагностических параметров:
а) давление при отвороте свода; б) давление при навороте свода
(« — » — линия тренда)

Рассмотрение времени срабатывания гидроцилиндра как диагностического параметра согласно рекомендациям [3] показало, что при отвороте свода время срабатывания стабильно и составляло в среднем 20 с, а при навороте свода время срабатывания имело два стабильных значения: 22 с в течение первых 25 суток наблюдения и 29 с на дальнейшем периоде наблюдения. В виду того, что в гидравлической системе используется сервопривод, то было принято решение отказаться от данного диагностического параметра.

Анализ графиков давления рабочей жидкости показал, что несмотря на стабильность значений давления в полостях гидроцилиндра в течение суток работы оборудования, изменение давления на более длительном периоде носит переменный характер. Причем при навороте

свода размах колебаний давления в поршневой полости в 1,5..2 раза выше. В первый месяц наблюдения при отвороте свода присутствовала тенденция уменьшения давления в штоковой полости, далее значения давления начали повышаться. В целом в обеих полостях гидроцилиндра значения давления имели тенденцию к возрастанию, причем скорость увеличения давления для штоковой полости в 2 раза выше. Все это указывало на развитие повреждений в опорном подшипнике.

Для более четкого распознавания технического состояния подшипника было решено в качестве комплексного диагностического параметра использовать отношение средних значений рабочей жидкости в штоковой и поршневой полостях гидроцилиндра в течение одного цикла движения – P_0/P_H (рисунок 5). Граничные значения и правила распознавания технического состояния опорного подшипника с использованием данного параметра были получены при анализе данных, полученных для подшипника до (рисунок 5а) и после (рисунок 5б) замены.

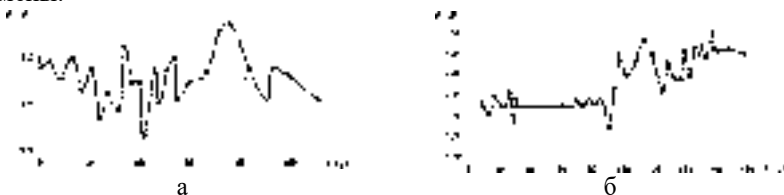


Рисунок 5. График изменения диагностического параметра P_0/P_H подшипника: а) перед заменой; б) после замены (« —» – линия тренда)

Теоретическое значение диагностического параметра P_0/P_H определяется соотношением площадей штоковой и поршневой полости гидроцилиндра и при хорошем состоянии элементов опорного подшипника, постоянных значениях коэффициента трения и нагрузках, соответствующих проектным, составляет 1,69 для привода механизма поворота ДСП-50. При дополнительных внешних нагрузках, вызванных отклонением поворотной колонны печи от вертикальной оси, происходит увеличение момента сопротивления при навороте свода и давления в поршневой полости гидроцилиндра, что приводит к снижению отношения P_0/P_H до 1,3...1,5. Стабильность данного параметра в указанном диапазоне является признаком хорошего состояния подшипника.

Износ беговых дорожек и тел качения, загрязнение смазки и, как следствие, увеличение коэффициента трения, при неизменности внешних нагрузок на механизм, приводит к перемене силовых параметров гидропривода при движении свода, что отражается в колебаниях давления в штоковой и поршневой полостях и изменении

отношения P_O/P_H .

Нахождение данного параметра в границах 1,2...1,3 при постоянстве значений (отклонения от тренда составляют $\pm 0,05$) определяет зону удовлетворительного состояния опорного подшипника. Снижение значения диагностического параметра (менее 1,2) и увеличение отклонений, т.е. потеря стабильности в отношении P_O/P_H , соответствует переходу подшипника в удовлетворительное состояние. Признаком перехода опорного подшипника в плохое состояние являются отклонения в значения диагностического параметра от тренда более $\pm 0,1$. Дальнейший рост отклонений в значениях отношения P_O/P_H свидетельствует о нахождении подшипника в аварийном состоянии.

Так, диагностический параметр P_O/P_H подшипника, зафиксированный до замены (рисунок 5а), имел среднее значение равное 1,11 и отклонение $\pm 0,1$, что соответствует плохому состоянию подшипника и подтверждает правильность выполненной замены, т.к. дальнейшая эксплуатация могла привести к аварийному отказу механизма поворота печи. После проведенной замены (рисунок 5 б) на протяжении первых 3-х месяцев эксплуатации среднее значение диагностического параметра было стабильным и составляло 1,32 с отклонением $\pm 0,03$, что отвечает приработке нового подшипника, при дальнейшей эксплуатации среднее значение диагностического параметра увеличилось до 1,44 с отклонением $\pm 0,03$. Такая картина соответствует хорошему состоянию опорного подшипника.

Следует отметить, что предложенный диагностический параметр является весьма оперативным при распознавании состояния подшипника механизма поворота свода электродуговой печи, но требует дальнейшего развития и дополнения, т.к. является чувствительным к состоянию элементов самой гидравлической системы механизма и изменению внешних нагрузок на опорный узел.

Библиографический список

1. Rothe Erde GmbH. D-44137. Dortmund. 2004. – 172с.
2. Барков А.В., Баркова Н.А., Азовцев А.Ю. Особенности диагностики низкооборотных подшипников качения.
URL:<http://www.vibrotek.ru/russian/biblioteka/book14> (дата обращения 15.05.2013)
3. Алексеева Т.В. Техническая диагностика гидравлических приводов. / Т.В. Алексеева - М.: Машиностроение, 1989. - 256 с.
4. Правила технической эксплуатации гидроприводов на предприятиях черной металлургии / А.М.Иоффе, О.Н.Кукушкин, В.А.Сергиени и др. – СПб.: Гектор, 1992. – 336 с.
УДК 531.43/46