

Днепродзержинский государственный технический университет

МЕХАНИЗМ ИЗНОСА СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОСНОВАНИЙ И СРЕДНИХ ПЕРЕМЫЧЕК ДЕТАЛЕЙ КОНИЧЕСКИХ ТРИБОУЗЛОВ

Введение. Согласно работам Костецкого в автоматизированных системах перспективным направлением является использование конических трибоузлов, которые обеспечивают: 1) компенсацию износа в узлах, через которые проходит рабочая среда (щелочь, кислоты и т.д.); 2) равномерный износ конических сопряжений за все время эксплуатации; 3) отсутствие влияния износа и способа компенсации зазора в трибоузлах на технологические процессы всей установки.

Согласно работе [1] из всех видов отказов оборудования транспортно-загрузочной системы (ТЗС) на долю роторного питателя высокого давления (ПВД) приходится 80%, а в самом роторном ПВД 95% всех отказов приходится на выполнение технологической операции компенсации критического зазора (ККЗ). ККЗ выполняется оператором вручную при осевом перемещении конического ротора вглубь конического корпуса. При уменьшении зазора в роторном ПВД конической трибосистемы (КТС) происходят сложные триботехнические процессы, которые мало освещены в технической литературе.

Постановка задачи. В работе [1] описаны конические трибоузлы, через конические поверхности которых осуществляются: 1) загрузка, выгрузка и перемещение щелочи и древесной щепы через 40% их боковых поверхностей; 2) обеспечение запорных функций, прохождения протечек щелочи и формирование гидроударов на 50%; 3) сохранение постоянной конусности на 10% поверхности оснований и средних перемычек ротора и корпуса. Из перечисленных функций конических трибоузлов рассмотрим, какие процессы и какой механизм износа происходят на 10% оснований и средних перемычках ротора и корпуса и которые обеспечивают надежность компенсации зазора за все время эксплуатации.

Целью исследования является установление механизма износа конических сопряжений в процессе трения в контактном пространстве фрикционных пар оснований и средних перемычек ротора и корпуса.

Результаты работы. Объектом исследования были выбраны конические роторные питатели шведской фирмы Камюр, которые осуществляют непрерывно, в течение года, транспортирование и загрузку варочного котла древесной щепой под высоким давлением.

Известно [1], что на долю оснований и средних перемычек ротора и корпуса приходится от 10 до 20% всех рабочих конических сопрягаемых поверхностей ротора и корпуса роторного питателя установки Камюр. Они имеют зеркальную, полированную поверхность. Таким образом, в основе механизма износа оснований и средних перемычек ротора и корпуса лежат физические процессы полирования деталей. Рассмотрим их применительно к исследуемым деталям конических трибоузлов.

Полирование металлов – окончательная операция обработки, предназначенная для: 1) улучшения чистоты поверхности; 2) увеличения срока службы; 3) повышения точности деталей; 4) уменьшения шероховатости.

Существуют три способа полировки:

1) механический – выполняется с помощью абразивных зерен при закрепленном или незакрепленном (свободном) их состоянии; 2) полирование давлением – осуществляется за счет пластического деформирования поверхностного слоя; 3) электролитическое полирование. Первый способ полностью подходит и объясняет механизм износа оснований и средних перемычек ротора и корпуса.

Методы полирования с помощью абразивов: 1) эластичными кругами; 2) абразивными лентами; 3) струей абразивной жидкости; 4) во вращающихся барабанах; 5) вибробарабанах и 6) виброконтейнерах. В нашем случае подходит третий метод полирования – с применением струи абразивной жидкости. Вместо струи жидкости используется суспензия, состоящая из щелочи и абразивных частиц, нагнетаемых в зазор между ротором и корпусом под действием гидроударов.

Задачей процесса полирования является устранение: 1) следов предыдущей обработки и 2) поверхностных неровностей (штрихов, царапин, неглубоких раковин). В нашем случае имеет место износ – уменьшение диаметральных размеров ротора и корпуса.

Объем снимаемого металла при полировании составляет 0,01-0,03 мм (10-30 МКМ). В нашем случае суммарная величина снимаемого материала между компенсациями зазора в роторном питателе достигает 30 МКМ.

Чистота поверхности после износа оснований и средних перемычек ротора и корпуса (при полировании) достигает 10-12 классов.

При полировании «глянцеванием» снимаемый слой измеряется в долях микрона. Инструментом служат фетровые или хлопчатобумажные круги, на которые нанесен слой пасты. Исходная шероховатость поверхности деталей 10-11-го классов при глянцевании достигает чистоты поверхности на 1-2 класса выше.

Основание и средние перемычки ротора и корпуса (ОСПРиК) на отдельных участках имеют зеркальную поверхность. Обычно зеркальную поверхность можно получить при полировании деталей пастой из окиси хрома, крокуса или трепела.

Известно, что полированием обрабатывают любые стали и сплавы различной твердости: от алюминия до закаленной стали и чугуна и от нержавеющей стали до золота и платины. Известно, что шлифованная поверхность рассеивает падающий на нее свет в разные стороны. Полированная поверхность больше отражает свет. Зеркальная поверхность отражает направленный свет. Зерновая поверхность не имеет шероховатостей и царапин.

Различают черновое (предварительное) и чистовое (окончательное) полирование. Черновое полирование осуществляется свободными абразивными мелкозернистыми порошками или мягкими эластичными кругами и лентами с нанесенными на них тонкими полировальными пастами.

Чистовое полирование осуществляется свободными мелкозернистыми абразивными порошками. Этот процесс имеет место в рассматриваемых конических трибоузлах.

С учетом изложенного можно раскрыть механизмы процесса износа (полирования) оснований и средних перемычек ротора и корпуса: 1) механический – сьем микронеровностей с поверхностного слоя; 2) физический – основным фактором износа (полировки) считают температуру плавления и теплопроводность и 3) химический – сьем оксидных пленок, непрерывно образующихся под действием окружающей среды.

Процесс износа ОСПРиК представляет собой комплекс механических, физических и химических явлений, которые тесно переплетены и взаимосвязаны и отдельно изменяются в большую или меньшую стороны в зависимости от рода используемых материалов, режимов обработки под действием гидроударов и внешней среды.

Износ (полирование) ротора и корпуса из нержавеющей стали из-за её низкой теплопроводности, сравнительно высокой вязкости и твердости является наиболее трудоемкой операцией для любого метода.

В качестве полируемых материалов используются естественные материалы: крокус, мел, венская известь, тальк, диатомит, трепель и т.д. и искусственные материалы: окись железа и окись хрома. В роторных питателях при изнашивании ОСПР и К используется гидросмесь, в состав которой входят песок, гравий, шлам, глина, ржавчина и т.д.

С другой стороны износ ОСПРiК можно рассматривать как гидрополирование – полирование струей абразивной жидкости (ПСАЖ) – или абразивно-жидкостную обработку, представляющую процесс, при котором протечки щелочной суспензии под действием гидроударов (струи абразивной суспензии, вырывающаяся из сопла с большой скоростью) направляются на изнашиваемые поверхности. Находящееся во взвешенном состоянии твердое абразивное зерно под давлением в несколько МПа (атмосфер) приобретает достаточную силу и, ударяясь о деталь, оставляет на ней неглубокие микровмятины и срезает гребешки шероховатости, создает наклеп поверхностного слоя металла. Чистота поверхности достигает 10-го класса.

Износ (гидрополирование) характеризуется рядом факторов: 1) составом абразивных частиц; 2) составом жидкости; 3) концентрацией абразивных частиц; 4) силой и скоростью действия абразивных частиц; 5) величиной и длиной зазора, 6) углом атаки; 7) величиной и скоростью гидроударов и 8) продолжительностью износа.

Механизм износа (техпроцесс гидрополирования) зависит от: 1) абразивного материала; 2) зернистости; 3) состава; 4) концентрации; 5) размера зазора; 6) давления; 7) угла стола; 8) времени; 9) размера абразивных зерен.

Кварцевый песок применяется при очистных операциях. Основой абразивной суспензии является вода, в нашем случае – щелочь.

Износ ОСПРiК можно представить как вибрационное полирование деталей. В питателе под действием гидроударов имеет место величина, частота и амплитуда колебательного движения.

В данном случае в роторном питателе совмещается вращательное и колебательное движение ротора. Рассмотрим подробно виды движения, имеющие место в роторном питателе:

1) вращательное движение ротора. Частота вращения ротора 3...8 мин. Обуславливает износ при трении-скольжении;

2) осевое перемещение ротора на величину прижима (100 мм) ротора за все время эксплуатации (один год). Обуславливает циклическое трение скольжение;

3) возвратно-поступательное колебание (перемещение) ротора – вибрация ротора под действием гидроударов. Амплитуда колебаний 2 мм. Число колебаний 0,8...2,12 кол/сек. Обуславливает трение скольжение;

4) вибрация зазора между соответствующими основаниями и средними перемычками ротора и корпуса под действием гидроударов. Амплитуда колебаний 50 МКМ. Число колебаний 0,8...2,12 кол/сек. Обуславливает абразивный и ударно-гидроабразивный износ;

5) колебательное движение абразивной суспензии в зазоре между основаниями и средними перемычками ротора и корпуса под действием гидроударов. Обуславливает износ механический, физический и химический.

Существуют различные виды механического изнашивания в роторном питателе:

- абразивное (когда твердые продукты износа – пыль и другие, – попадая в питатель, вызывают интенсивное изнашивание поверхностей трения деталей);

- усталостное (следствие повторяющегося деформирования микрообъемов материала, из-за которого возникают трещины и происходит отделение частиц); типичным представителем усталостного изнашивания является питтинг, возникающий при нарушении выполнения технологии компенсации зазора в питателе;

- коррозионно-механическое (возникает в результате механического воздействия на трущиеся поверхности, сопровождаемого химическим или электрическим взаимодействием материала со средой. Коррозионные разрушения в этом случае развиваются при воздействии на трущиеся поверхности таких агрессивных веществ, как щелочь или перегретый пар).

При изнашивании в процессе работы деталей питателя КТС могут возникать следующие явления:

- *схватывание* при трении (прихват) – явление местного соединения двух твердых тел, происходящее при трении вследствие действия молекулярных сил и возникающее при нарушении режима компенсации зазора;
- *перенос материала* – явление при трении твердых тел, состоящее в том, что материал одного тела соединяется с другим и, отрываясь от первого, остается на поверхности второго, в результате чего происходит заклинивание ротора в корпусе;
- *заедание* – процесс возникновения и развития повреждений поверхностей трения вследствие схватывания и переноса материала (заедание может завершиться прекращением относительного движения). Заклинивание ротора относительно корпуса становится следствием схватывания, как правило, на основаниях и средних перемычках ротора и корпуса из-за нарушения жидкостного трения. Возникающее при этом повышение температуры приводит к выплавлению антифрикционного сплава (монель-металла) втулки корпуса. При этом антифрикционный слой заполняет зазор между трущейся поверхностью ротора и втулки корпуса, что и приводит к заклиниванию ротора относительно корпуса;
- *задир* – повреждение поверхности трения в виде широких и глубоких борозд в направлении скольжения. Задиры на основаниях ротора и корпуса возникают при нарушении режима компенсации зазора;
- *царапание* – образование углублений на поверхности в направлении скольжения при воздействии выступов тела или твердых частиц;
- *отслаивание* – отделение с поверхности трения частиц материала в форме чешуек при усталостном изнашивании;
- *выкрашивание* – образование ямок на поверхности трения в результате отделения частиц материала при усталостном изнашивании;
- *приработка* – процесс изменения геометрии поверхностей трения и физико-механических свойств поверхностных слоев материала в начальный период трения, обычно проявляющийся при постоянных внешних условиях в уменьшении силы трения, температуры и интенсивности изнашивания;
- *трение скольжения* с продольным поперечным перемещением вращающейся детали с одновременным изменением зазора.

Выводы. 1. В деталях конических трибосистем имеет место новый вид износа – трение скольжения с продольным осевым колебанием вращающейся конической детали – трение движения двух соприкасающихся конических тел при одновременном трении скольжения и осевом колебании конической детали относительно неподвижной конической детали, – обуславливающий изменение зазора за период колебания в зоне контакта.

2. При компенсации критического зазора имеет место граничное трение между основаниями и средними перемычками ротора и корпуса, которое сопровождается заклиниванием, схватыванием и заеданием ротора относительно корпуса с последующим снятием питателя с эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Камель Г.И. Роторные питатели непрерывной варки целлюлозы / Камель Г.И. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 160с.
2. Нечаев Г.И. Повышение надежности и продуктивности загрузочных устройств непрерывной варки целлюлозы и полуцеллюлозы: монография / Нечаев Г.И., Камель Г.И. – Луганск: изд-во Восточноукр. нац. ун-та им. В.Даля, 2005. – 392с.

Поступила в редколлегию 05.12.2011.