

Выводы.

1. При использовании для изготовления рубашки корпуса одного и того же материала монель-металла, а для ротора – наплавочного материала СВ-08Х25Н13 величина углов конусности сопряжения деталей питателя, ротора и корпуса сохраняется постоянной в процессе эксплуатации.

2. Конусность сопрягаемых деталей ротора и корпуса изменяется прямо пропорционально износостойкости используемых материалов.

3. Конусность сопрягаемых деталей питателя будет тем больше, чем больше разность в износостойкости используемых материалов.

4. С помощью выбора определенного сочетания износостойкости материалов можно изменять конусность ротора и корпуса в процессе 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 / Г.И.Нечаев, Г.И.Камель. – Луганск: ВУНУ им. В.Даля, 2005. – 392с.

Поступила в редколлегию 08.10.2013.

УДК 676.163.022;62-932

КАМЕЛЬ Г.И., д.т.н., профессор
ТРУБЧАНИКОВА К.В.*, магистр
КРЮКОВ Ю.О., магистр
СУСЛОВА В.С., студентка

Днепродзержинский государственный технический университет

*Запорожский национальный технический университет

ВЫБОР МАТЕРИАЛА АНТИФРИКЦИОННОЙ ПАРЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ КОНИЧЕСКИХ ТРИБОУЗЛОВ

Введение. В последние 35-40 лет на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности России успешно эксплуатируются более 40 установок непрерывной варки целлюлозы Шведской фирмы Камюр, которые выпускают более 80% товарной целлюлозы. Наиболее сложным и ответственным узлом загрузочного тракта установки Камюр являются роторные питатели, которые в течение года непрерывно должны загружать варочный котёл (давление 1,2 МПа, температура щелочи 180°C) технологической щепой. Опыт эксплуатации питателей показал их недостаточную надёжность и производительность. Срок службы питателей непредсказуемый и колеблется от 1-го до 6-и месяцев. Наибольшее число отказов имеет место при выполнении компенсации критического зазора (ККЗ), что составляет 95% от общего количества отказов. При ККЗ имеет место граничное трение на 20% сопрягаемых поверхностей деталей питателя, что сопровождается эффектом заклинивания, схватывания и заедания вращающегося ротора относительно втулки корпуса. Чтобы обеспечить необходимую работоспособность питателя, фирма Камюр предложила антифрикционную пару: ротор изготавливается из нержавеющей стали типа IX13, а втулка – из монель-металла (химсостав в %: С=0,06%; Si=3,2-3,5; Ni=46,3-48,3; Cu=46,6-48,6; Mn=0,06; P=0,03; S=0,03; твёрдость 300-350НВ), которая хорошо работает в щелочной среде.

Продолжительность ККЗ составляет 30-80 секунд, а время между ККЗ колеблется от трёх до семи суток, и в этот период рабочие поверхности ротора и втулки подвергаются интенсивному гидроабразивному износу при малых углах атаки. Испытания материалов на лабораторной установке показали, что монель-металл имеет низкую гидроабразивную стойкость, примерно в 3,0-3,5 раза меньше, чем нержавеющая сталь 10X12НДЛ-II. Кроме того, втулка имеет большие габариты: длина 1,2 м; диаметр 1,0 м и толщина 60 мм, что затрудняет получение качественной заготовки в производственных условиях.

Постановка задачи. На протяжении последних 30-и лет на предприятиях отрасли находятся в эксплуатации роторы из разных материалов, подвергающиеся более 10-15 раз восстановительной многослойной наплавке при ремонте, что повышает риск безопасной эксплуатации питателей. В отечественной и зарубежной литературе отсутствует информация о предпочтительных материалах для изготовления роторов.

Целью исследования является выбор материалов для изготовления и ремонта деталей конических трибоузлов, анализ химического состава, механических свойств и термообработки роторов из нержавеющей стали, влияющих на эксплуатационную надёжность деталей конических трибоузлов.

Результаты работы. В свое время выполнена научно-исследовательская работа по изготовлению втулок из материала, обладающего высокой износостойкостью, хорошими литейными свойствами и низкой стоимостью.

Для проведения этой работы была приобретена партия заготовок в количестве 20 штук на ПО Ижевсмаш, полученных центробежным способом из нержавеющей стали 10X12НДЛ-II по ГОСТ 2176-77 аустенитно-ферритного класса следующего химсостава, %: С=0,08; Cr=12-13; Ni=1,1-1,5; Si=0,17-0,4; Mn=0,2-0,6; Cu=0,8-1,1; Su и P не более 0,02. Заготовки подвергались нормализации, нагреву до 940-960°C, охлаждению на воздухе или закалке при температуре 950-1050°C со скоростью 30°C/час, отпуску при температуре 650-660°C. После термической обработки сталь имела следующие механические свойства: $\sigma_T \geq 450$ МПа; $\sigma_B \leq 650$ МПа; $\delta \geq 14\%$; $\psi \geq 30\%$; $a_n = 300$ кДж/м². Данный материал хорошо сваривается и обрабатывается резанием.

Однако твердость по Бринелю такого материала не превышает НВ = 220-235 единиц. Для повышения износостойкости втулок разработаны рациональные износостойкие накладки в местах максимального износа [1].

Испытания показали удовлетворительные результаты. Опыт эксплуатации втулок из стали 10X12НДЛ-II показал, что для сохранения высокой надёжности работы питателей необходимо руководствоваться комплексом мероприятий: 1 – конструктивными; 2 – технологическими; 3 – эксплуатационными и 4 – рациональной технологией ремонта ротора.

1. Конструктивные мероприятия.

1.1. Использование при эксплуатации ротора и втулки конусности 1:15 и 1:10 вместо конусности по технологии 1:20 позволяет избавиться от самозаклинивания ротора во втулке за счёт увеличения выталкивающей силы, действующей на ротор. При этом срок службы питателя увеличивается в 1,3-2,0 раза.

1.2. Введение цилиндрических участков на роторе и втулке позволяет уменьшить площадь сопряжения между ротором и втулкой, что снижает граничное трение в питателе.

1.3. Использование ступенчатой конструкции втулки позволяет упростить технологию изготовления втулок на литейном участке комбината.

1.4. Одновременное использование ступенчатой конструкции втулки и ротора позволяет снизить граничное трение в питателе, увеличить надёжность и срок службы.

1.5. Использование на основаниях втулки корпуса абразивных пластин или в специальных канавках на роторе и втулке порошкообразных абразивных частиц, которые в процессе ККЗ ускоряют износ трущихся поверхностей, снижает эффект заклинивания ротора во втулке.

2. Технологические мероприятия.

2.1. Обеспечение антифрикционной пары в питателе: монель-металл – нержавеющая сталь, для чего основания и средняя перемычка ротора наплавляются композитной проволокой из монель-метала под слоем флюса.

2.2. Введение режущих углов на кромках окон втулки и ротора, которые позволяют эффективно срезать щепу в питателе, снижать износ ротора, втулки и уменьшать граничное трение в питателе.

2.3. На основаниях и средней перемычке ротора вводится левая резьба, а на втулке – правая, что снижает в процессе ККЗ граничное трение. Высота профиля резьбы соизмерима с величиной суммарного износа питателя [2].

2.4. Введение специальных канавок на основаниях и средних перемычках ротора и втулки, что способствует эффективному поступлению щелочи в зону трения, чем заменяет граничное трение трением скольжения в питателе.

2.5. Обеспечение оптимальных размеров средних перемычек ротора и втулки корпуса, позволяющих стабилизировать граничное трение в питателе.

3. Эксплуатационные мероприятия.

3.1. Внедрение принудительной микротолчковой компенсации зазора (ПМТКЗ) позволяет заменить граничное трение в питателе трением скольжения. При этом нагрузка на привод ротора снижается в 5-8 раз.

3.2. При выполнении ККЗ или ПМТКЗ производится подача черного щелока в трубу выравнивания давления через торцы корпуса питателя под избыточным давлением 1,5-1,7 МПа, что позволяет заменить граничное трение трением скольжения.

4. Рациональная технология ремонта ротора.

Наплавка износостойкими материалами конической поверхности ротора при ремонте является наиболее универсальным, экономичным и широко используемым способом для восстановления и изготовления роторов питателей высокого давления (ПВД) конических трибосистем. Анализ механизма износа конической поверхности ротора показывает, что основным видом износа, определяющим ресурс работы ПВД, является гидроабразивный износ при малых углах атаки ($\alpha=10^\circ \dots 14^\circ$). Процесс наплавки может выполняться с использованием: 1) ручной дуговой наплавки покрытыми электродами; 2) автоматической сварки под слоем флюса (сварочная проволока СВ-08Х25Н13 и керамический флюс на базе плавного флюса АН-20); 3) комбинированного способа ремонта (наплавки оснований и средней перемычки ротора, облицовки ротора накладками и износостойкими наплавками кромок накладок) [2].

Наплавка и облицовка поверхности ротора являются эффективным способом борьбы с износом. Масса сплава, наносимого в процессе наплавки, обычно невелика и составляет 2-5% массы ротора, что определяет высокую экономическую эффективность восстановления.

Наплавочным материалом может быть как материал упрочняемой детали, так и иной с более высокими физико-химическими характеристиками. Развитие этого метода упрочнения сводится к наплавке более износостойких материалов, чем материал упрочняемой детали.

В качестве наплавочного материала используются сварочные проволоки СВ-06Х19Н9Т, СВ-07Х25Н13, композитные сварочные проволоки из монель-металла и порошковые, такие как СНГН-50 с добавлением карбида бора и карбида кремния.

Износостойкость наплавочных материалов существенным образом зависит от типа и количества карбидной фазы в сплавах. Карбиды способствуют также сохране-

нию устойчивости структуры сплава при эксплуатации, усложненной повышенной температурой щелочи (180°C).

В качестве материала для облицовки конической поверхности ротора используются листы холоднокатаной стали типа 12X18H10T толщиной 10, 16 и 20 мм, шириной 700 мм и длиной 2000 мм, получаемой согласно ГОСТ, листы $\frac{A10ГОСТ19903-74}{12X18H10TГОСТ7550-77}$

и $\frac{A-10\tilde{A}\tilde{H}\tilde{N}\tilde{O} 19904-90}{40\tilde{O}13\tilde{A}\tilde{H}\tilde{N}\tilde{O} 5582-75}$, где А и В – соответственно высокая и нормальная точность прокатки листа. Могут быть использованы листы горячекатаного производства: 12X18H10T толщиной 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16 мм, ХН38ВТ (ЭК 703) толщиной 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16 мм; ХН60ВТ (ЭМ 868, ВЖ-98) толщиной 5, 7, 9, 14 мм.

Данные материалы хорошо поддаются плазменной резке, гибке, сварке и мехобработке. Для повышения износостойкости накладок используется способ износостойкой наплавки кромок по местам максимального износа. Для этой цели используется плазменная наплавка износостойкими порошками СНГН-50 с добавлением карбида кремния или бора до 30% или плазменная износостойкая наплавка.

Наиболее износостойкими являются материалы на базе порошков СНГН-50 с добавкой до 30% карбида бора, которому отдается предпочтение для наплавки кромок накладок.

Состав флюса для наплавки ротора выбирается таким образом, чтобы: 1) получать стабильное плавление электрода; 2) свободно удалять флюс; 3) удовлетворительно формировать основной металл наплавлением; 4) обеспечить минимальный и равномерный провар; 5) удовлетворительно формировать валики; 6) обеспечить хорошую отделяемость шлаковой корки. Одним из основных факторов, определяющих выбор флюса, является химический состав наплавленного металла. Наплавку проволоки СВ-07Х25Н13 и композитной проволоки (монель-металл) рекомендуется выполнять с применением флюсов АН-26 и АН-20. Они при этом обеспечивают хорошее формирование валиков, малую склонность к образованию пор и удовлетворительную отделяемость шлаковой корки. Флюс АН-26 содержит небольшое количество СаF₂, что снижает его окисляющую способность. Поэтому для наплавки основных и средних перемычек ротора проволокой из стали СВ-08Х25Н13 и композитной проволоки (монель-металл) выбирается флюс АН-26.

Результаты работы могут быть внедрены на ведущих предприятиях отрасли.

Выводы. В результате проведения исследования по выбору материала антифрикционной пары для изготовления деталей конических трибоузлов получено следующее:

1. Экономический эффект от замены втулки из монель-металла на нержавеющей сталь на одном питателе составил около 100 тысяч долларов.
2. Стоимость втулки в питателе снизилась с 28,5% до 3% от первоначальной стоимости питателя.
3. Увеличен срок службы питателя в 1,5-2,0 раза.
4. Улучшена эксплуатационная надежность питателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Камель Г.И. Роторные питатели установок 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 / Г.И.Нечаев, Г.И.Камель. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В.Даля, 2005. – 392с.

Поступила в редколлегию 08.10.2013.