

Одновременно получены уравнения регрессии:

$$P_{отх}^{изв} = (258,92 + 154,64\alpha_{II} - 7,73\alpha_{II}^2) \pm 17,45, \quad R = 0.96 \quad (2)$$

$$P_{заг}^{нов} = (183,94 + 130,83\alpha_{II} - 3,92\alpha_{II}^2) \pm 22,63, \quad R = 0.98 \quad (3)$$

$$P_{отх}^{изв} = (122,41 + 163,12\alpha_{II} - 7,82\alpha_{II}^2) \pm 27,39, \quad R = 0.98 \quad (4)$$

$$P_{отх}^{нов} = (122,76 + 28,42\alpha_{II} - 0,14\alpha_{II}^2) \pm 4,12, \quad R = 1 \quad (5)$$

где $P_{заг}^{изв}$ и $P_{заг}^{нов}$ – массы заготовок соответственно в известной и новой конструкциях рубашки корпуса, кг; $P_{отх}^{изв}$ и $P_{отх}^{нов}$ – отходы рубашки соответственно в известной и новой конструкциях рубашки корпуса, кг; α_{II} – угол установки суппорта, град. (конусность) [1, 2].

Срок службы рубашки корпуса – месяц.

Из уравнений (2) и (5) видно, что применение новой конструкции рубашки корпуса способствует уменьшению массы заготовки и снижению отходов рубашки при ее изготовлении.

Выводы. Установлено, что новая конструкция ступенчатого корпуса и составных частей рубашки позволяет увеличить суммарный износ питателя, долговечность питателя, снизить массу заготовок рубашек и упростить технологию изготовления и ремонта деталей питателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Камель Г.И. Роторные питатели установок непрерывной варки целлюлозы / Камель Г.И. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 160с.
2. Камель Г.И. Повышение надежности и производительности роторных питателей непрерывной варки на базе системного анализа их функционирования: дис. ... доктора техн. наук: 05.22.12 / Камель Георгий Иванович. – Санкт-Петербург, 1999. – 432с.

Поступила в редколлегию 01.07.2014.

УДК 671.791,927.5

КАМЕЛЬ Г.И., д.т.н., профессор

Днепродзержинский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ НА РАБОЧИХ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОПРЯГАЕМЫХ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ПИТАТЕЛЕЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

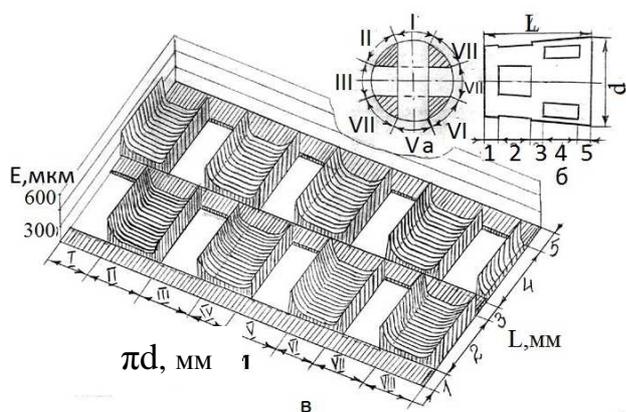
Введение. В целлюлозно-бумажной промышленности для производства целлюлозы широко используются варочные котлы непрерывного действия шведской фирмы Камюр. На этих установках получают 85% всей товарной целлюлозы. Таких установок в России находится в эксплуатации 75, в США – 150, а в мире – более 500. В этих установках необходимо непрерывно в течение года подавать древесную щепку в варочный котел, находящийся под давлением 1,2 Мпа, имеющий температуру 160-180С°, щелочную среду. Общая высота котла 60-80м.

Анализ публикаций. В настоящее время согласно работе Крагельского Н.Д. [1] в

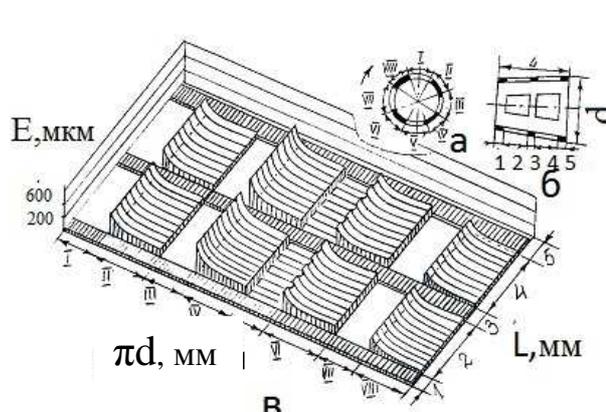
современных технологических автоматизированных технологических процессах широко используются конические трибосистемы. Использование конических трибосистем обеспечивает: 1) равномерный износ сопрягаемых конических деталей, из которых одна вращается – ротор, а вторая деталь неподвижная – корпус; 2) постоянную компенсацию критического зазора между ротором и корпусом, образовавшегося в результате износа. Однако в литературе отсутствует информация: 1) какие технологические операции выполняются на рабочих конических поверхностях установок Камюр; 2) какие функции выполняются на рабочих конических поверхностях роторного питателя высокого давления (ПВД).

Постановка задачи. Цель работы – выяснить, как используются рабочие конические поверхности ротора и корпуса и какие технологические операции проходят на их поверхностях.

Результаты работы. На рис.1 и 2 приведены схемы развития конических сопрягаемых поверхностей корпуса ротора.



а, б – поперечный и продольный разрез ротора;
в – развертка ротора в аксонометрии;
d, L – диаметр и длина ротора;
I-VIII, 1-5 – условная разбивка ротора по длине окружности и образующей ротора
Рисунок 1 – Распределение износа (E, мкм) по рабочей поверхности ротора



а, б – поперечный и продольный разрез корпуса;
в – развертка корпуса в аксонометрии;
d, L – диаметр и длина корпуса;
I-VIII, 1-5 – условная разбивка корпуса по длине окружности и образующей корпуса
Рисунок 2 – Распределение износа (E, мкм) по рабочей поверхности корпуса

Условно все рабочие поверхности ротора и корпуса можно разделить на три участка: I-й участок – окно корпуса и окно ротора по длине окружности – I, II, V и VII и по образующей – 2 и 4. На эти участки приходится 40% всех конических поверхностей; II-й участок – рабочие поверхности ротора и корпуса между окнами. На них приходится 50% всех поверхностей. Это участки II, IV, VI и VIII – по длине окружности, 2 и 4 – по образующей. III-й участок – это основания и средние переемы ротора и корпуса (участки 1, 3 и 5). На них приходится 10% всех поверхностей.

Рассмотрим, какие технологические процессы проходят на этих трех характерных участках: 1-й участок – 40%, 2-й участок – 50% и 3-й участок – 10%.

Согласно работе [2] для определения характерных участков на роторе и корпусе было использовано уравнение

$$S = L \cdot D_{cp} \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2}, \quad (1)$$

где S – площадь характерного участка, м²;

L – длина по образующей ротора (корпуса), м;
 D_{cp} – средний диаметр ротора (корпуса), м;
 α_1 – дуговой градус характерного участка, град.

Используя формулу (1), были определены характерные участки на роторе и корпусе: 1) на окна ротора и корпуса приходится 40% всех конических поверхностей роторного ПВД; 2) на рабочие поверхности между окнами ротора и корпуса приходится 50% всех поверхностей; 3) на основания и средние перемычки ротора приходится 10% всех поверхностей.

На основании математических моделей и экспериментальных данных, проведенных на действующих роторных питателях, были выявлены следующие технологические функции, которые имеют место на 1-м, 2-м и 3-м участках ротора и корпуса ПВД.

1-й участок – окна вращающегося ротора и корпуса: 1.1 – загрузка карманов вращающегося ротора осуществляется через окна корпуса, зависит от инерционного напора гидросмеси в питательной трубе и определяется по формуле:

$$h_{ин} = (z_1 - z_2) + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + \frac{V_1 - V_2}{2g} \sum h, \quad (2)$$

где $h_{ин}$ – величина инерционного напора гидросистемы, м;
 z – энергия положения, м; P_1 и P_2 – давление в котле и питательной трубе, МПа;
 V_1 и V_2 – скорость гидросмеси, м/с²; ρ – плотность гидросмеси т/м³;
 g – ускорение свободного падения, м/с²; $\sum h$ – потери энергии, м.

Зная составляющие уравнения (2) можно эффективно управлять процессом загрузки карманов щепой;

1.2 – пропускная способность при загрузке карманов ротора в горизонтальной плоскости в отдельном кармане ротора изменяется по отнулевому синусоидальному циклу. Однако, учитывая, что карманы ротора в каждой секции повернуты относительно карманов другой секции на 45°, суммарная пропускная способность гидросмеси есть величина постоянная и определяется по формуле:

$$Q = V \cdot S = V \cdot L \cdot d_{cp} \left(\sin \frac{\alpha_1}{2} + \sin \frac{\alpha_2}{2} \right), \quad (3)$$

где Q – расход щелочи через окна загрузки двух секций, м³/с;
 S – суммарная площадь сопряжения окон ротора и корпуса, м²;
 V – средняя скорость гидросмеси, м/с; d_{cp} – средний диаметр ротора, м;
 α_1 и α_2 – средние дуговые градусы сопряжения окон ротора и корпуса в каждой секции, град.

Для характеристики пропускной способности роторного ПВД используется новый показатель – кратность циркуляции гидросмеси через карман ротора, который определяется по имперической формуле:

$$K = \frac{22,95}{n}, \quad (4)$$

где K – кратность циркуляции гидросмеси через карман ротора;
 22,95 – постоянная, зависящая от производительности насоса циркуляции
 (при $Q=2$ м³/с $K = 22,95$; при $Q=0,125$ м³/с $K = 15,1$);
 n – частота вращения ротора, мин⁻¹;

1.3 – пропускная способность при выгрузке карманов ротора в вертикальной плоскости в отдельном кармане ротора выполняется по отнулевому синусоидальному закону, а для двухкарманного роторного питателя суммарная пропускная способность питателя определяется по формуле (3). Для характеристики пропускной способности гидросмеси используется также коэффициент – кратность циркуляции щелочного раствора через питатель, который определяется по формуле:

$$K = Q \cdot 60 / d_{cp}^2 \cdot L \cdot n, \quad (5)$$

где K – кратность циркуляции гидросмеси через карман, м³/с;

Q – производительность насоса циркуляции, м³/с;

1.4 – пропускная способность при загрузке карманов ротора ПВД зависит от резательного механизма. Резательным механизмом является режущая кромка на роторе, корпусе и ситах. Площадь отверстий сит, забитых щепой, в зависимости от режущих кромок на роторе и ситах определяется по формуле:

$$F_{сит} = 4,87 + 0,33\alpha_p + 0,43\alpha_k, \quad (6)$$

где $F_{сит}$ – площадь отверстий сит, забитых щепой, м²;

α_p и α_k – величина режущих углов на роторе и корпусе.

2-й участок площадью 50% – рабочие поверхности ротора и корпуса:

2.1 – поскольку роторный ПВД является закрытым устройством, отделяющим область высокого давления 1,2 МПа от области низкого давления 0,15 МПа, то между вращающимся ротором и корпусом образуется определенный зазор. Согласно работе [2] через этот зазор движется щелочной раствор, расход которого определяется по формуле:

$$Q = \frac{(P_1 - P_2) \cdot L \cdot \delta^3}{6\kappa \cdot l}, \quad (7)$$

где Q – расход протечки щелочей через зазоры в питателе, м³/с;

L – длина окна корпуса, м; δ – величина зазора в питателе, мкм;

l – длина зазора, м; κ – кинематический коэффициент вязкости, м²/с.

Под действием протечки щелочи (рис.1, 2) рабочие конические поверхности ротора и корпуса подвергаются следующим видам износа: абразивное, коррозионное, гидроабразивное, ударно-абразивное и изнашивание при срезании щепы. На рис.1, 2 приведены индикаторные рисунки износа по рабочим сопрягаемым коническим поверхностям.

2.2 – под действием протечек щелочи, содержащей твердые частицы, происходит износ рабочих поверхностей ротора и корпуса. Результаты исследований показали, что индикаторные нагрузки износа на роторе описываются параболой четвертого порядка, а на корпусе – полупараболами четвертого порядка вида:

$$Y = ax^4, \quad (8)$$

где Y – величина износа на рабочей поверхности ротора (корпуса), мкм;

a – коэффициент пропорциональности, зависящий от износостойкости используемых материалов, геометрических размеров зазора, концентрации твердых частиц в щелочи и режущих углов резательного механизма;

x – расстояние по длине окружности ротора (корпуса).

2.3 – при повороте кармана ротора на 90° в горизонтальном положении в нем резко возрастает давление с 0,15 до 1,2 МПа, при этом в питателе формируются гидроудары [2].

Величина ударного давления определяется по формуле:

$$\Delta P_{yd} = \rho \cdot V_0 \cdot c. \quad (9)$$

Под действием ударной волны в питателе образуются гидроудары и вибрации, что приводит к досрочному снятию питателя с эксплуатации.

3-й участок – основание и средние переемы ротора и корпуса. На эти участки приходится 10% всех рабочих поверхностей. Эти участки являются каркасом, на котором удерживаются две секции ротора и корпуса. Они меньше изнашиваются, и при выполнении компенсации критического зазора (ККЗ) на этих участках возникает граничное трение, сопровождающееся такими явлениями, как заклинивание, схватывание и

заедание ротора в корпусе. Условие возникновения граничного трения на этих участках описывается уравнением:

$$\arctg \frac{k}{2} = \arctg \frac{D-d}{2l} = \beta = \arctg f, \quad (10)$$

где k – конусность ротора (корпуса);

D и d – больший и меньший диаметр ротора (корпуса), м;

β – угол конусности, град; ρ – угол трения, град; f – коэффициент трения.

Разработана новая схема принудительной микротолчковой компенсации зазора (МПКТЗ), которая осуществляется принудительно один раз в сутки вместо одного раза в неделю. При этом имеет место жидкостное трение, что позволило заменить граничное трение жидкостным и полностью устранить досрочное снятие питателей с эксплуатации.

Выводы. 1. Установлено, что все рабочие сопрягаемые конические поверхности ротора и корпуса делятся на три характерных участка, на которых выполняются различные функции: 1-й участок – окна ротора и корпуса, на них приходится 40% всей площади; 2-й участок – рабочие поверхности между окнами, на них приходится 50% всех площадей и 3-й участок – основания и средние перемычки ротора и корпуса, на них приходится 10% всех поверхностей.

2. На первом участке выполняются следующие функции: 1) загрузка; 2) выгрузка; 3) формирование гидросмеси; 4) выравнивание концентрации щепы.

3. Впервые на примере роторных ПВД установок установлены закономерности выполнения функций на конических поверхностях конических трибосистем: на 40% осуществляются технологические операции; на 50% выполняются функции запорного устройства и на 10% имеет место граничное и жидкостное трение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костецкий Б.Н. Надежность и долговечность машин / Костецкий Б.Н., Носовский Н.Г., Бершавский Л.Н. – Киев: Техника, 1975. – 408с.
2. Нечаев Г.Н. Повышение надежности и продуктивности загрузочных устройств непрерывности варки целлюлозы и полуцеллюлозы: монография / Нечаев Г.Н., Камель Г.И. – Луганск: Изд-во СНЧ им. В.Даля, 2005. – 392с.

Поступила в редколлегию 23.06.2014.

УДК 621.9.048

РЕВЕНКО Ю. М., к.т.н., доцент
ВОЛОДЬКО Є.С., студентка

Дніпродзержинський державний технічний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗМІРНОЇ ОБРОБКИ ОТВОРІВ У ТВЕРДОСПЛАНИХ ДЕТАЛЯХ ПОЄДНАНИМ УЛЬТРАЗВУКОВИМ ТА ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМ СПОСОБОМ

Вступ. Дана робота присвячена вирішенню ряду питань підвищення ефективності розмірної обробки твердосплавних деталей обладнання харчової промисловості (матриць макаронних пресів, ножів м'ясорубок та ін.) поєднанням ультразвуковим (УЗ) та електрохімічним (ЕХ) способом.

Постановка задачі. Мета роботи – на основі проведення досліджень поєднаної УЗ та ЕХ обробки твердих сплавів вивести залежність продуктивності обробки від її параметрів. Використання даної залежності дозволить розробити розрахунковий метод визначення раціональних режимів даної обробки. Це значно знизить трудомісткість, яка пов'язана з необхідністю по кожному концентратору-інструменту проводити скла-