



ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.024.61

Ю.Д. Алашкевич, Д.В. Пахарь, В.И. Ковалев, Е.Е. Нестеров

Сибирский государственный технологический университет

Алашкевич Юрий Давыдович родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Сибирский технологический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой машин и аппаратов промышленных технологий Сибирского государственного технологического университета. Имеет 370 научных работ в области технологии и оборудования химической переработки биомассы дерева, химии древесины.
E-mail: mapt@sibstu.kts.ru



Пахарь Дмитрий Владимирович родился в 1984 г., окончил в 2006 г. Сибирский государственный технологический университет, аспирант кафедры машин и аппаратов промышленных технологий СибГТУ. Область научных интересов – технология и оборудование химической переработки биомассы дерева, химия древесины.
E-mail: mapt@sibstu.kts.ru



Ковалев Валерий Иванович родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Сибирский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и аппаратов промышленных технологий Сибирского государственного технологического университета. Имеет более 60 печатных работ в области технологии и оборудования химической переработки биомассы дерева, химии древесины.
E-mail: mapt@sibstu.kts.ru



Нестеров Евгений Евгеньевич, ассистент кафедры высшей математики и информатики Сибирского государственного технологического университета.
E-mail: mapt@sibstu.kts.ru



ПОСТРОЕНИЕ ГАРНИТУРЫ ДИСКОВЫХ МЕЛЬНИЦ С КРИВОЛИНЕЙНОЙ ФОРМОЙ НОЖЕЙ

С помощью аналитического метода получены уравнения для определения координат центра и радиуса кривизны единичного ножа окружной формы.

Ключевые слова: размол, гарнитура, радиус кривизны, нож криволинейной формы.

В целлюлозно-бумажном производстве размол волокнистых полуфабрикатов играет существенную роль. При появлении на предприятиях ЦБП более совершенного размалывающего оборудования с ножевым воздействием на волокно (дисковые и конические мельницы последних моделей) разработчики столкнулись с рядом проблем, в первую очередь с решением вопросов конструирования гарнитуры для этих машин. Существующие рисунки гарнитур для дисковых мельниц часто не имеют теоретического обоснования их построения и распределения ножей по поверхности рабочих органов.

Решение данной задачи является одним из условий, позволяющих не только осмысленно прогнозировать процесс размола, но и предвидеть закономерности их изменения.

Построение единичного ножа окружной формы [4] по сравнению с прямолинейной [2, 3] имеет свои особенности, при этом задача определения его центра и радиуса решена с использованием геометрического построения.

Перед нами стояла задача определения центра и радиуса кривизны с применением аналитического способа.

Для решения этой задачи воспользуемся рисунком и примем следующие допущения:

считаем, что режущая кромка AB ножа на гарнитуре ротора и статора имеет окружную форму;

задаем конкретные радиусы внутренней r и наружной R окружных кромок гарнитуры;

задаем углы наклона α и β касательных AA_1 и BB_1 дуги AB (в точках A и B ее пересечения с внутренней и наружной окружными кромками гарнитуры) к радиусам r и R , которые проведены из центра O в точки A и B .

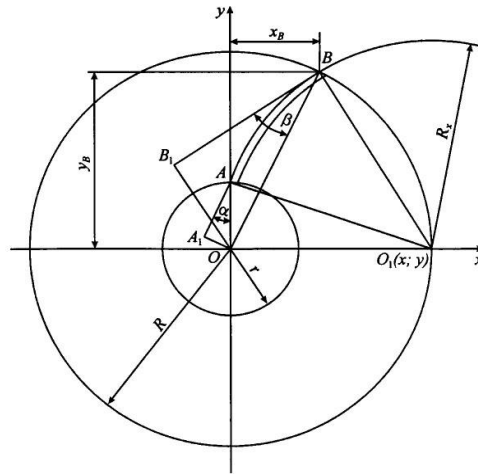
Таким образом, имеем четыре переменных параметра: r , R , α , β .

Запишем условия, позволяющие рассчитать координаты центра O_1 , из которого радиусом R_x проведена дуга AB :

1. Точка B принадлежит наружной окружной кромке (радиуса R).
2. Для дуги AB с центром O_1 отрезки O_1A и O_1B равны между собой как ее радиусы, т.е. $O_1A = O_1B = R_x$.
3. Касательная AA_1 и радиус $OA = r$ образуют между собой угол α .
4. Касательная BB_1 и радиус $OB = R$ образуют между собой угол β .
5. Построение ножа будем осуществлять в 1-й четверти плоской системы координат.

Внутренняя и наружная кромки гарнитуры являются концентрическими окружностями, в центре O которых поместим начало координат. Ближний к центру O конец режущей кромки AB ножа, точку A , расположим в точке пересечения внутренней окружной кромки с осью ординат.

Тогда координаты точки A : по оси абсцисс – 0, по оси ординат – r .



Фронтальная проекция рабочей поверхности диска гарнитуры с единичным криволинейным ножом

Согласно третьему допущению, касательная AA_1 с осью ординат образует угол α , с осью абсцисс $-(\pi/2 - \alpha)$. Следовательно, ее угловой коэффициент

$$K_{AA_1} = \operatorname{tg}(\pi/2 - \alpha) = \operatorname{ctg}\alpha. \quad (1)$$

Прямая O_1A перпендикулярна касательной AA_1 , ее угловой коэффициент

$$K_{O_1A} = \frac{-1}{K_{AA_1}} = \frac{-1}{\operatorname{ctg}\alpha} = -\operatorname{tg}\alpha. \quad (2)$$

Запишем уравнение прямой O_1A [1]:

$$y = (-\operatorname{tg}\alpha)x + b. \quad (3)$$

Найдем константу b .

Прямая O_1A проходит через точку A . Подставив значения ее координат в уравнение (1), получим

$$r = (-\operatorname{tg}\alpha)0 + b = b,$$

тогда уравнение прямой O_1A примет следующий вид:

$$y = (-\operatorname{tg}\alpha)x + r. \quad (4)$$

Угол наклона прямой OB к оси абсцисс определим по тригонометрической функции $\operatorname{arctg} \frac{y_B}{x_B}$.

Воспользуемся четвертым условием и определим угол наклона прямой BB_1 к оси абсцисс: $\operatorname{arctg} \frac{y_B}{x_B} - \beta$.

Тогда угловой коэффициент прямой BB_1

$$K_{BB_1} = \operatorname{tg}\left(\operatorname{arctg} \frac{y_B}{x_B} - \beta\right) = \frac{y_B - x_B \operatorname{tg}\beta}{x_B + y_B \operatorname{tg}\beta}. \quad (5)$$

Прямая O_1B перпендикулярна касательной BB_1 , поэтому ее угловой коэффициент

$$K_{O_1B} = \frac{-1}{K_{BB_1}} = \frac{x_B + y_B \operatorname{tg}\beta}{x_B \operatorname{tg}\beta - y_B}. \quad (6)$$

Запишем уравнение прямой O_1B :

$$y = \frac{x_B + y_B \operatorname{tg}\beta}{x_B \operatorname{tg}\beta - y_B} x + b. \quad (7)$$

Прямая O_1B проходит через точку $B = B(x_B, y_B)$. Подставив значения этих координат в уравнение (3), получим

$$y = \frac{x_B + y_B \operatorname{tg}\beta}{x_B \operatorname{tg}\beta - y_B} x + b.$$

Отсюда

$$b = y_B - \frac{x_B^2 + x_B y_B \operatorname{tg}\beta}{x_B \operatorname{tg}\beta - y_B} = \frac{x_B y_B \operatorname{tg}\beta - y_B^2 - x_B^2 - x_B y_B \operatorname{tg}\beta}{x_B \operatorname{tg}\beta - y_B} = -\frac{x_B^2 + y_B^2}{x_B \operatorname{tg}\beta - y_B},$$

поэтому уравнение прямой O_1B примет следующий вид:

$$y = \frac{x_B + y_B \operatorname{tg} \beta}{x_B \operatorname{tg} \beta - y_B} x - \frac{x_B^2 + y_B^2}{x_B \operatorname{tg} \beta - y_B}. \quad (8)$$

Решая совместно уравнения прямых O_1A (4) и O_1B (6), найдем координаты их точки пересечения O_1 :

$$x = \frac{rx_B \operatorname{tg} \beta - ry_B + y_B^2 + x_B^2}{x_B + y_B \operatorname{tg} \beta + x_B \operatorname{tg} \beta \operatorname{tg} \alpha - y_B \operatorname{tg} \alpha}. \quad (9)$$

Ордината точки пересечения O_1 прямых O_1A и O_1B была определена в уравнении (4).

С учетом условия (2) радиусы кривизны O_1A и O_1B равны между собой, соответственно их квадраты O_1A^2 и O_1B^2 тоже равны. В плоской системе координат запишем это в виде равенства

$$(x - x_B)^2 + (y - y_B)^2 = (x - 0)^2 + (y - r)^2. \quad (10)$$

После преобразования имеем

$$x_B^2 + y_B^2 + 2yr - 2xx_B - 2yy_B - r^2 = 0. \quad (11)$$

Пользуясь третьим допущением, получим уравнение наружной окружной кромки гарнитуры:

$$x_B^2 + y_B^2 = R^2.$$

Следовательно

$$y_B = \sqrt{R^2 - x_B^2}. \quad (12)$$

Подставим правые части равенств (4) и (5) в уравнение (6):

$$x_B(-R^2 + r^2 + R^2 \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta - r^2 \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta) + y_B(R^2 \operatorname{tg} \alpha + R^2 \operatorname{tg} \beta + r^2 \operatorname{tg} \alpha + r^2 \operatorname{tg} \beta) + (-2rR^2 \operatorname{tg} \beta - 2rR^2 \operatorname{tg} \alpha) = 0. \quad (13)$$

Обозначим:

$$\begin{aligned} -R^2 + r^2 + R^2 \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta - r^2 \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta &= a; \\ -R^2 \operatorname{tg} \alpha + R^2 \operatorname{tg} \beta + r^2 \operatorname{tg} \alpha + r^2 \operatorname{tg} \beta &= b; \\ -2rR^2 \operatorname{tg} \beta - 2rR^2 \operatorname{tg} \alpha &= c. \end{aligned} \quad (14)$$

Как видно из (14), параметры a , b и c зависят лишь от исходных данных r , R , α и β , т.е. они вполне корректны.

Введя обозначения (14) в уравнение (13), получим

$$ax_B + by_B + c = 0. \quad (15)$$

Подставим правую часть равенства (12) в уравнение (15):

$$ax_B + b\sqrt{R^2 - x_B^2} + c = 0.$$

Отсюда

$$\sqrt{R^2 - x_B^2} = \frac{-c - ax_B}{b}. \quad (16)$$

Возведем в квадрат обе части равенства (16):

$$R^2 - x_B^2 = \frac{c^2 + 2acx_B + a^2 x_B^2}{b^2}. \quad (17)$$

После преобразования (17) получим квадратное уравнение

$$(a^2 + b^2)x_B^2 + 2acx_B + c^2 - b^2R^2 = 0, \quad (18)$$

которое решим относительно x_B :

$$x_B = \frac{-ac + bR\sqrt{a^2 + b^2 - c^2/R^2}}{a^2 + b^2}. \quad (19)$$

Из условия (5) второй корень уравнения не имеет практического смысла.

Подставив правую часть (19) в уравнение (7), определим y .

Зная координаты точки B , можно по уравнениям (4) и (7) определить координаты точки O_1 и вычислить радиус $R_x = O_1B = O_1A$ дуги AB режущей кромки ножа. Найдем радиус R_x как расстояние O_1A между точками $A(O, r)$ и $O_1(x, y)$:

$$R_x = \sqrt{(x-0)^2 + (y-r)^2} = \sqrt{x^2 + (y-r)^2}. \quad (20)$$

Выводы

1. Установлено, что при наличии таких входных параметров, как конкретные радиусы внутренней r и наружной R окружных кромок гарнитуры, углов наклона α и β , можно изобразить единичную режущую кромку окружной формы и построить сам нож, а также распределить такие ножи по всей кольцевой поверхности гарнитуры ротора или статора.

2. С помощью аналитического метода были получены уравнения для определения координат центра (9), (4) и радиуса кривизны (20) единичного ножа окружной формы.

3. Для простоты записей ответ к задаче нужно представить в рекуррентной форме, иначе конечное аналитическое решение будет весьма громоздким. Последовательность решения задачи: x_B вычисляются из (19); y_B – из (12); x – из (9); y – из (4); R_x – из (20).

4. Результаты работы с учетом обоснованного построения рисунка гарнитуры дисковых мельниц могут быть использованы для выявления закономерностей изменения и прогнозирования процесса размола в технологическом процессе ножевой обработки волокнистых материалов при получении готовой продукции целлюлозно-бумажного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Выгодский, М.Я.* Справочник по высшей математике [Текст] / М.Я. Выгодский. – М.: Наука, 1977. – 872 с.
2. *Ковалев, В.И.* Обоснование построения рисунка гарнитуры ножевых размалывающих машин [Текст] / В.И. Ковалев, Ю.Д. Алашкевич, В.Г. Васютин // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы III конф. Алт. ун-та. – Барнаул, 2007. – Кн. 3. – С. 90–94.
3. *Ковалев, В.И.* Размол волокнистых полуфабрикатов при различном характере построения рисунка ножевой гарнитуры [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.03 / В.И. Ковалев. – Красноярск, 2007. – 176 с.
4. Пат. 2307883 Российская Федерация, МПК⁵¹ D21D1/30, B02C 7/12. Размалывающая гарнитура [Текст] / Алашкевич Ю.Д., Ковалев В.И., Харин В.Ф., Мухачев А.П.; заявитель и патентообладатель СибГТУ. – № 2006110647/12.; заявл. 03.04.2006; опубл. 10.10.2007, Бюл. № 28. – 5 с.

Поступила 07.05.08

Yu.D. Alashkevich, D.V. Pakhar, V.I. Kovalev, E.E. Nesterov
Siberian State Technological University

Tacking Building of Disk Mills with Curved Form of Blades

Equations for determining centre coordinates and curvature radius of a single round-form blade are obtained with the help of analytical method.

Keywords: grinding, tacking, radius of curvature, blade of curved form.
