

УДК 676.15/16.054.1(075)

Алгоритм радиуса окружности точки скрещивания ножей при двухстороннем исполнении гарнитуры

В.И. Ковалев*, Ю.Д. Алашкевич
*Сибирский государственный
технологический университет,
Россия 660049, Красноярск, пр. Мира, 82*

Received 05.04.2011, received in revised form 12.04.2011, accepted 19.04.2011

Констатируется факт трансцендентности (неопределённости) известного алгоритма радиуса окружности, проходящей через точку скрещивания прямолинейных режущих кромок ножей при двухстороннем исполнении рисунка кольцевой размалывающей поверхности гарнитуры дисковых мельниц. Выведены алгоритмы для угла поворота диска ротора, включающие только входные параметры. С целью устранения трансцендентности произведено корректирование известного алгоритма.

Ключевые слова: входные, выходные, параметры, гарнитура, нож, двухстороннее исполнение, окружная, режущая кромка, угол поворота, угол скрещивания.

Введение

При размоле волокнистых полуфабрикатов в дисковых мельницах с традиционным (двухсторонним) исполнением [1] рисунка кольцевых размалывающих ножевых поверхностей (центрированных и сопряжённых через регулируемый зазор) вращающегося диска ротора и неподвижного диска статора прямолинейные режущие кромки их ножей:

- расположены с противоположных сторон относительно центра дисков;
- контактируют в точке скрещивания.

Расстояние от центра дисков до произвольной точки скрещивания является радиусом проходящей через неё окружности.

При исследовании процесса размола необходимо знание алгоритма данного радиуса. Известно [1], что алгоритм такого радиуса:

- зависит от угла скрещивания;
- раскрывает особенности и характер сопряжения режущих кромок ножей ротора и статора;
- несёт информацию, достаточную для постановки ряда промежуточных задач, решение которых позволит получить точный ответ относительно эффективности работы режущих кромок ножей ротора и статора.

© Siberian Federal University. All rights reserved

* Corresponding author E-mail address: mapt@sibstu.kts.ru

По результатам анализа поисковой информации [13], касающейся методов определения известного алгоритма, был установлен факт его трансцендентности (неопределённости). Методы её устранения не обнаружены. Представляется, что для этого необходимо: графоаналитическое исследование, математически обоснованное корректирование, оперирование только входными геометрическими параметрами.

Можно предположить, что выполнение этих требований и условий позволит вывести аналитические зависимости полезной части длины режущих кромок ножей гарнитуры дисковых мельниц [1].

Материалы и методы исследования

На рисунке изображён общий случай фронтальной проекции кольцевой размалывающей поверхности сопряжения дисков ротора и статора. Для лучшего понимания режущая кромка 4 единичного ножа ротора, пересекающаяся с входной окружной кромкой 6 и режущей кромкой 5 (AB^c) единичного ножа статора, изображена в двух положениях:

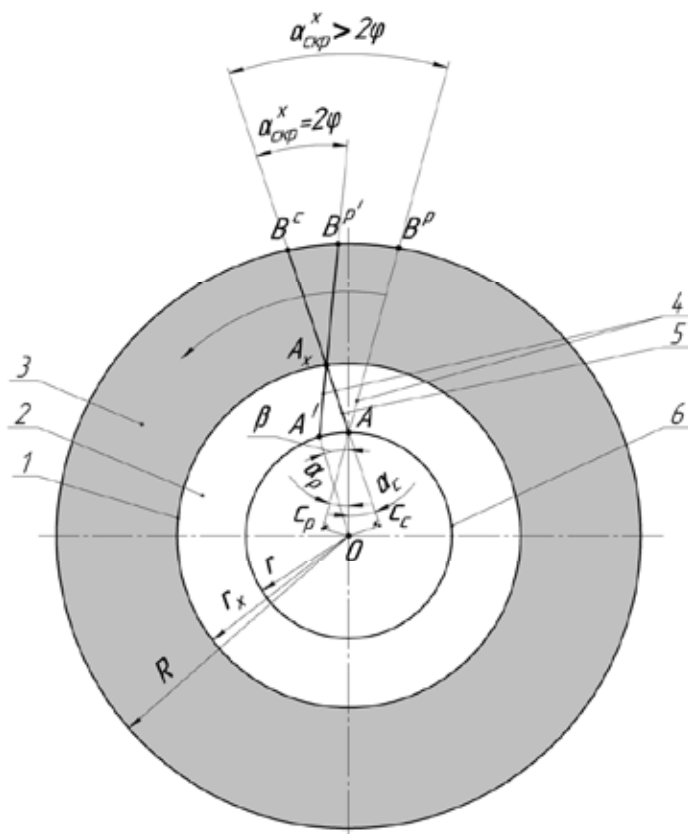


Рис. Кольцевая размалывающая поверхность сопряжения дисков ротора и статора: 1 – окружность, разграничивающая зоны 2 (пассивную) и 3 (активную); 4 – режущая кромка ножа ротора; 5 – режущая кромка ножа статора; 6 – внутренняя окружная кромка; r – радиус внутренней окружной кромки 6; r_x – радиус окружности 1; R – радиус наружной окружной кромки 7; α_p – угол наклона режущей кромки 4 ножа ротора к радиусу r ; α_c – угол наклона режущей кромки 5 ножа статора к радиусу r ; β – угол поворота режущей кромки 4 ножа ротора

- исходном, 4 (AB^p), когда она пересекается в точке A ещё и с осью ординат u ;
- промежуточном, 4 ($A'B^{p'}$), после поворота на угол β .

В результате поворота точка A переместилась по:

- внутренней окружной кромке 6 в положение A' ;
- режущей кромке 5 – в промежуточное положение A_x , являющееся произвольной точкой скрещивания режущих кромок 4;
- режущей кромке 5 – в промежуточное положение A_x , являющееся произвольной точкой скрещивания режущих кромок 4 ($A'B^{p'}$) и 5 (AB^c), образующих между собой угол α_{CKP}^X .

Одновременно точка B^p переместилась по наружной окружной кромке в положение $B^{p'}$.

Линии:

- OA является радиусом r дуги AA' входной окружной кромки 6 сопряжённых кольцевых рабочих поверхностей дисков ротора и статора;
- OC_c , OC_p , перпендикулярные линиям AC_c , AC_p , продолжениям режущих кромок 5 (AB^c), 4 (AB^p), являются их эксцентриситетами, расположенными, как отмечалось выше, с противоположных сторон относительно центра O ;
- AO_x является радиусом r_x окружности l , образованной после поворота режущей кромки AB^p на угол β ;

В источнике [1] алгоритмы радиуса r_x для традиционного (двухстороннего) исполнения [2] рисунка кольцевых размалывающих ножевых поверхностей (с $\alpha_{CKP}^A = \alpha_p + \alpha_c$ в точке A) представлены в различных видах.

При $\alpha_p > \alpha_c$:

$$\text{для ротора } r_x = r \cdot \sqrt{\sin^2 \alpha_p + \left[\frac{\sin \beta \cdot \cos(\alpha_c - \frac{\beta}{2})}{\cos \frac{\beta}{2} \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_c - \beta)} + \cos \alpha_p \right]^2}; \quad (1)$$

$$\text{для статора } r_x = r \cdot \sqrt{\sin^2 \alpha_c + \left[\frac{\sin \beta \cdot \cos(\alpha_p - \frac{\beta}{2})}{\cos \frac{\beta}{2} \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_c - \beta)} + \cos \alpha_c \right]^2}. \quad (2)$$

При $\alpha_p = \alpha_c = \alpha$:

$$\text{для ротора и статора } r_x = r \cdot \sqrt{\sin^2 \alpha + \left[\frac{\sin \beta \cdot \cos(\alpha - \frac{\beta}{2})}{\cos \frac{\beta}{2} \cdot \sin(2\alpha - \beta)} + \cos \alpha \right]^2}. \quad (3)$$

Необходимо отметить, что:

– алгоритмы (1), (2) и (3) являются неопределёнными, т. е. трансцендентными функциями, поскольку включают переменный параметр β – угол поворота режущей кромки 4 в направлении вращения диска ротора (см. изображённую на рисунке круговую стрелку);

– в алгоритмах (1) и (2) переменная величина $\alpha_p + \alpha_c - \beta = \alpha_{CKP}^X$; (4)

– в алгоритме (3) переменная величина $2 \cdot \alpha - \beta = \alpha_{CKP}^X$. (5)

Согласно существующим представлениям, для того чтобы волокнистый материал, находящийся между режущими кромками 4 (ротора) и 5 (статора), заклинивался между ними,

а не скользил по ним, $\alpha_{СКР}^X$ не должен превышать двойной угол трения материала φ об эти кромки, т.е. $\alpha_{СКР}^X \leq 2\varphi$ [2, 3]. Сделаем допущение, заключающееся в том, что произвольный угол скрещивания

$$\alpha_{СКР}^X = 2\varphi. \quad (6)$$

Также известно, что при движении точки скрещивания A_x от внутренней окружной кромки b к периферийной кромке диска значения угла скрещивания $\alpha_{СКР}^X$ равномерно уменьшается [1, 4-6]. В этой связи становится очевидным, что окружность l разграничивает кольцевую размалывающую поверхность на две зоны:

- 2, ограниченную внутренней окружной кромкой b диска и окружностью l ;
- 3, ограниченную окружностью l и периферийной окружной кромкой диска.

Соответственно, режущая кромка 4 ($A'B^p$) ножа ротора также делится окружностью l на два отрезка:

- $A'A_x$, расположенный в зоне 2;
- A_xB^p , расположенный в зоне 3.

Эти признаки вместе с допущением обуславливают то, что значения $\alpha_{СКР}^X$ в точках:

– зоны 2 превышают двойной угол трения материала о кромки, т.е. $\alpha_{СКР}^X > 2\varphi$ (за счёт этого волокнистый материал, нависший на режущих кромках, не заклинивается между ними, а скользит по ним от центра O диска к его периферии);

– окружности l с произвольным радиусом r_x равны двойному углу трения материала о кромки, т.е. $\alpha_{СКР}^X = 2\varphi$ (за счёт этого волокнистый материал, нависший на режущих кромках, заклинивается между ними);

– зоны 3 меньше двойного угла трения материала о кромки, т.е. $\alpha_{СКР}^X < 2\varphi$ (за счёт чего волокнистый материал, нависший на режущих кромках, ещё сильнее заклинивается между ними).

С учётом данных особенностей назовём зону 2 *пассивной*, а зону 3, включая окружность l , *активной*.

Результаты корректирования известного алгоритма

Под корректированием понимается устранение трансцендентности известного алгоритма. Это можно осуществить, выразив входящий в него переменный параметр β через входные (постоянные) величины.

Например, через изначально заданный произвольный угол скрещивания $\alpha_{СКР}^X$. Точнее, согласно принятому выше допущению, через 2φ .

Тогда переменные параметры, включающие угол поворота β и входящие в зависимости (1), (2), можно представить в виде нетрансцендентных (определённых) алгоритмов:

$$\beta = \alpha_p + \alpha_c - 2\varphi \text{ согласно зависимостей (4) и (6);} \quad (7)$$

$$\frac{\beta}{2} = \frac{\alpha_p + \alpha_c - 2\varphi}{2} \text{ согласно зависимости (7);} \quad (8)$$

$$\alpha_p - \frac{\beta}{2} = \frac{\alpha_p - \alpha_c + 2\varphi}{2} \text{ согласно зависимости (7);} \quad (9)$$

$$\alpha_c - \frac{\beta}{2} = \frac{\alpha_c - \alpha_p + 2\varphi}{2} \text{ согласно зависимости (7)}. \quad (10)$$

Заменив левые части (7)(10), входящие в (1) и (3) на правые, получим также нетрансцендентные (определённые) алгоритмы:

$$\text{Для ротора } r_x = r \cdot \sqrt{\sin^2 \alpha_p + \left[\frac{\sin(\alpha_p + \alpha_c - 2\varphi) \cdot \cos\left(\frac{\alpha_c - \alpha_p + 2\varphi}{2}\right)}{\cos\frac{\alpha_p + \alpha_c - 2\varphi}{2} \cdot \sin 2\varphi} + \cos \alpha_p \right]^2}. \quad (11)$$

$$\text{Для статора } r_x = r \cdot \sqrt{\sin^2 \alpha_c + \left[\frac{\sin(\alpha_p + \alpha_c - 2\varphi) \cdot \cos\left(\frac{\alpha_p - \alpha_c + 2\varphi}{2}\right)}{\cos\frac{\alpha_p + \alpha_c - 2\varphi}{2} \cdot \sin 2\varphi} + \cos \alpha_c \right]^2}. \quad (12)$$

Переменные параметры, включающие угол поворота β и входящие в зависимость (3), можно тоже представить в виде нетрансцендентных (определённых) алгоритмов:

$$\beta = 2 \cdot (\alpha - \varphi) \text{ согласно зависимостей (5) и (6);} \quad (13)$$

$$\frac{\beta}{2} = \alpha - \varphi \text{ согласно зависимости (13);} \quad (14)$$

$$\alpha - \frac{\beta}{2} = \varphi \text{ согласно зависимости (13);} \quad (15)$$

$$2 \cdot \alpha - \beta = 2 \cdot \varphi \text{ согласно зависимости (13).} \quad (16)$$

Заменив левые части данных равенств, входящих в зависимость (3), на правые, получим также нетрансцендентный (определённый) алгоритм

$$r_x = r \cdot \sqrt{\sin^2 \alpha + \left[\frac{\sin 2 \cdot (\alpha - \varphi) \cdot \cos \varphi}{\cos(\alpha - \varphi) \cdot \sin 2\varphi} + \cos \alpha \right]^2}. \quad (17)$$

Обсуждение результатов

Нетрансцендентность полученных после корректирования алгоритмов (11), (12) и (17) объясняется тем, что они включают только входные, постоянные по величине, геометрические параметры.

Результаты анализа и корректирования известных алгоритмов (1), (2) и (3):

- дополняют накопленные знания по исследуемому вопросу;
- создают хорошие предпосылки для вывода аналитических зависимостей, характеризующих полезную часть длины режущих кромок ножей.

Заключение

Можно предположить, что для дальнейших исследований потребуется создание дополнительной математической базы и условий, направленных, в частности, на решение следующих задач:

- проведение корреляции основных технологических параметров с учётом величины полезной части длины режущих кромок ножей;
- выявление закономерностей влияния полезной части длины прямолинейных режущих кромок ножей на основные бумагообразующие свойства целлюлозы, физико-механические показатели отливок, а также на технологические и энергосиловые характеристики работы ножевых размалывающих машин;
- выявление наиболее оптимальных значений полезной части длины прямолинейных режущих кромок ножей для различных древесноволокнистых полуфабрикатов с учётом их физико-механических характеристик и свойств.

Список литературы

- [1] Ковалев В.И., Алашкевич Ю.Д. // Журнал Сибирского государственного технологического университета. Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. XXIX. № 3-4. С. 333-337.
- [2] Ковалев В.И. Дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2007. С. 64-65, 92.
- [3] Горячкин В. П. Собрание сочинений: в 3 т. Т. 3. М.: Колос, 1968. 384 с.
- [4] Брокгауз–Ефрон. Энциклопедический словарь. СПб.: Типо–Литография И. А. Ефрона. Т. XVI^a, кн. 32, 1895. С. 854-857.
- [5] Афанасьев П. А. Курс мукомольных мельниц. СПб., 1876.
- [6] Афанасьев П. А. Мукомольные мельницы. СПб., 1883.

The Algorithm of the Radius of the Circle the Crossing Point of Knives the Performance of A two-Way Headset

Valeury I. Kovaliev and Yury D. Alashkevich
*Siberian State Technological University
82 Mira, Krasnoyarsk, 660049 Russia*

Stated fact transcendence (uncertainty) the radius of the circle, a well-known algorithm passing through point crossing straight cutting edges of knives sets of circular mills. Are algorithms for rotation of the rotor disc, comprising only input parameters. To correct a transcendence was adapting a known algorithm.

Keywords: input, output, parameters, headset, a knife, a two-way design, ring, cutting edge, angle, the angle of the crossing.
