

Условия за правилно профилиране на преходните участъци на палцова модулна фреза

Юлиян Младенов, Петър Пантилеев, Ирена Петрова

Conditions for the correct profiling of the transitional areas of a gear-chamfering modular: The profiling of the transitional areas at the tip of the teeth of gear-chamfering modular cutter is one of the important moments of profiling, because it guarantees correct gearing of the projected pair of teeth.

Key words: Cutting of gear wheels with large modules, profiling of the top cutting edges program system.

ВЪВЕДЕНИЕ

Нарязването на зъбите на зъбните колела зависи от различни ограничения, които им се налагат. Един от основните фактори, които оказват влияние върху избора на металорежещия инструмент, е големината на модула на зъбното колело. В научно-техническата литература е прието, че при модули по-големи от 20 mm, се въвежда понятието големомодулни зъбни колела [4,7].

С увеличаване на модула на нарязаното зъбно колело се ограничават възможностите за използване на класически инструменти (червячни фрези) поради обстоятелството за непреодолими трудности за тяхното изработване и възможности за установяване на металорежещи машини, свързани с външния диаметър на фрезата.

При тези обстоятелства вече в машиностроенето се използват палцовите модулни фрези. Те служат за нарязване на колела с прави, винтови и шевронни (стреловидни) зъби.

Работният профил на фрезата представлява формата на междузъбието на колелото. Зъбите на инструмента са затиловани и при претачване не променят своя профил.

Важен момент при профилирането на режещите ръбове е определяне на върховия преходен участък между еволвентния профил и челната повърхнина на палцовата фреза.

I. Определяне на параметрите на преходния участък

1.1. Определяне на някои характерни точки на зъбното колело

Зъбните колела с голям модул обикновено се приемат да са некоригирани. Това позволява в нормално сечение (перпендикулярно на неговата ос) да се разгледа еволвентният профил и да се определят неговите характерни точки.

Теоретически еволвентният профил започва да се образува от основната окръжност с диаметър d_{b1} . Възможни са два случая за профилиране в зависимост от съотношението на вътрешния d_{f1} и основния d_{b1} диаметри на зъбното колело.

Трябва да се отбележи, че първият източник [1], който е издаден през 1946 г. съобщава, че двата диаметра – d_{b1} и d_{f1} са равни при брой на зъбите $z_1 = 34$. Това вероятно е вярно при други условия, които не са отбелязани в книгата.

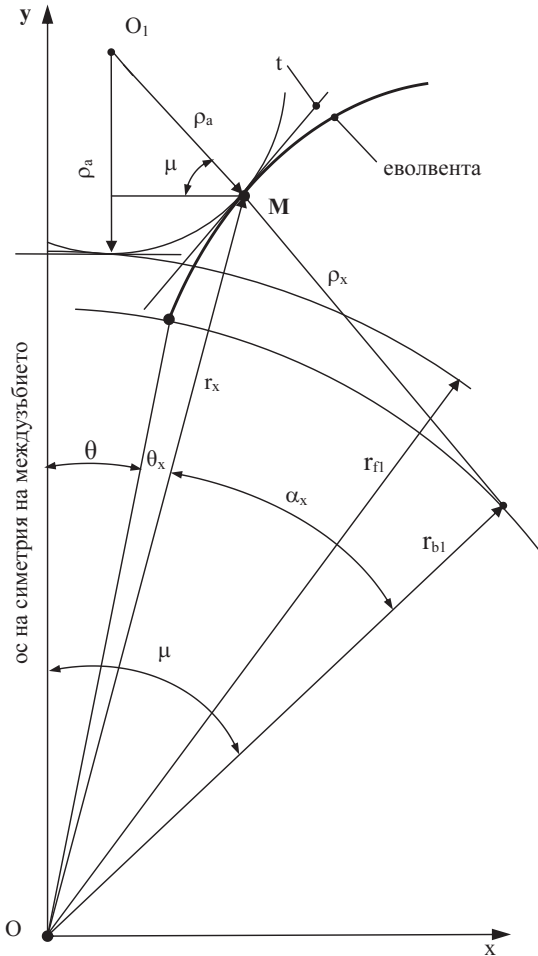
След като се приравнят двата диаметра – d_{b1} и d_{f1} се определя броя на зъбите на колелото, при който зависи и начина на избиране на профилиране:

$$m(z_1 - 2,5) = m.z_1.\cos\alpha. \quad (1)$$

След преработване и заместване на известните параметри за броя на зъбите се получава $z_1 \geq 42$.

A) Профилиране за случая $z_1 > 42$.

За разглеждания случай радиусът r_{b1} на основната окръжност е по-малък от радиусът r_{f1} вътрешната окръжност (фиг.1).



Фиг. 1. Илюстрация за $z_1 > 42$

Приетият радиус ρ_a на закръгление при върха като се отчете, че фрезата работи по метода на копиране, трябва да се спазят следните две условия:

а) Окръжността на закръгление на режещия ръб да се допира до еволвентния профил на режещия ръб – **т.М** (фиг.1).

б) Окръжността да се допира до хоризонтална права, допирателна до вътрешната окръжност.

Радиусът ρ_a се определя конструктивно или се взема от съответната техническа литература.

Точка **М** е точка от еволвентния профил на зъба. Координатите y в приетата координатна система xOy зависят основно от радиуса на разглежданата точка при приети предварителни изисквания:

$$x_M = r_x \cdot \sin(\theta + \theta_x), \quad (2)$$

$$y_M = r_x \cdot \cos(\theta + \theta_x).$$

За да бъдат спазени поставените изисквания по-горе ограничения е необходимо:

$$r_{f1} + \rho_a = y_M + \rho_a \cdot \sin \mu \quad (3)$$

Централният ъгъл μ зависи от две величини. Първата е, че ъгълът θ за даденото зъбно колело е постоянна величина и е равен на:

$$\theta = \frac{\hat{e}_{b1}}{2r_{b1}}, \quad (4)$$

където $\hat{e}_{b1} = p_{b1} - S_{b1}$ е ширината на междузъбието.

Втората величина е ъгълът ν на развъртане на еволвентата, който е равен на:

$$\nu = \theta_x + \alpha_x = \text{tg} \alpha_x - \alpha_x + \alpha_x = \text{tg} \alpha_x. \quad (5)$$

След като се познават стойностите на определените централни ъгли за уравнение (3) може да се запише:

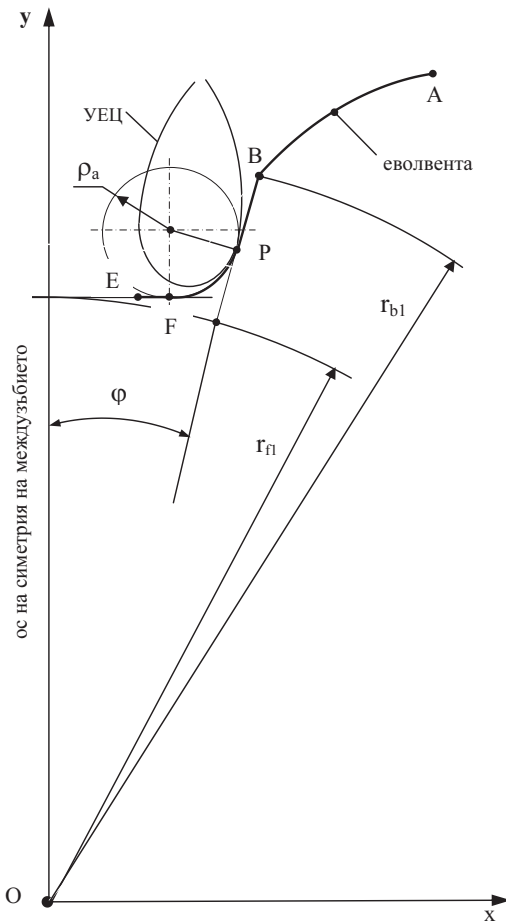
$$r_{f1} + \rho_a = r_x \cdot \cos(\theta + \theta_x) + \rho_a \cdot \sin(\theta + \text{tg} \alpha_x). \quad (6)$$

Чрез методите за решение на трансцендентни уравнения се определят параметрите на **т.М** така, че да бъде изпълнено условие (6). Най-подходящ е методът чрез интерполиране [3].

Интерференцията на зъбната предавка няма да се наблюдава, когато върховият участък на сдружаващото зъбно колело не се зацепва с преходната крива на обработваното зъбно колело или:

$$\rho_x \leq \rho_1, \quad (7)$$

където $\rho_x = \sqrt{r_x^2 - r_{b1}^2}$ е радиусът на кривина на първата точка от еволвентния профил в основата на зъба;



Фиг.2. Илюстрация за $z_1 \leq 42$

Коефициентът k се избира от табл.1.

$$\rho_1 = a_{w1,2} \cdot \sin \alpha_{w1,2} - \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2}$$

– радиусът на кривина на първата точка в основата на зъба на колелото, която се зацепва с върха на зъба на другото колело.

В горните формули означенията са:

$a_{w1,2}$ е междуосевото разстояние на двете зъбни колела z_1 и z_2 ;

$\alpha_{w1,2}$ – ъгълът на зацепване на двете зъбни колела z_1 и z_2 ;

r_{a2} и r_{b2} – радиусите на външната и на основната окръжности на сдружаващото зъбно колело.

Б) Профилиране за случая $z_1 \leq 42$.

За разглеждания случай радиусът d_{b1} на основната окръжност е по-голям от радиусът d_{f1} вътрешната окръжност (фиг.2).

Профилът на междузъбието на колелото, респективно на профилът на режещия ръб на палцовата фреза се образува от: **AB** – еволвентен профил; **BP** – праволинейна линия, наклонена спрямо оста на симетрия под ъгъл φ ; **PF** – дъга от окръжност и **FE** – права линия.

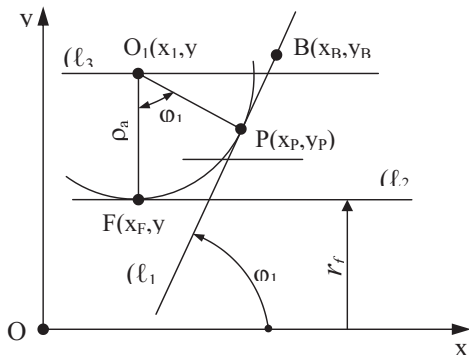
Радиусът на закръгление ρ_a при върха на режещия ръб на зъба се препоръчва да се избира в зависимост от броя на зъбите и въведен поправителен коефициент [2]. Той е равен на

$$\rho_a = k \cdot m. \quad (8)$$

Табл.1. Стойности на коефициента k [2]

z	12÷13	14÷16	17÷20	21÷26	27÷34	35÷54	55÷134	≥135
k	0,52	0,49	0,46	0,43	0,40	0,36	0,32	0,25

Радиусът на закръгление ρ_a в основата на зъба на колелото, респективно при върха на зъба на палцовата фреза трябва да спазва следното изискване (фиг.2 и фиг.3): *дъгата, описана с този радиус, трябва да се допира до правите (ℓ_1) и (ℓ_2) .*



Фиг.3. Определяне координатите на радиуса на закръгление ρ_a

За да бъде това изискване е необходимо да се познават координатите на центъра O_1 на радиуса на закръгление.

Решаването на тази задача става в следната последователност:

1) Определя се уравнението на правата (ℓ_1) , минаваща през началната точка на еволвентния профил:

$$y - y_B = k(x - x_B), \quad (9)$$

където $k = \operatorname{tg} \varphi_1$ е ъгловият коефициент,

φ_1 – ъгълът, който се задава от конструктора, най-често 85° ,

$$\begin{cases} x_B = r_{b1} \cdot \sin \theta \\ y_B = r_{b1} \cdot \cos \theta \end{cases} \text{ – координатите на началната точка на еволвентния профил} \\ \text{(фиг.1).}$$

След преработване на уравнение (9) то добива вида:

$$Ax + By + C = 0, \quad (10)$$

където $A = k$, $B = 1$, $C = k \cdot x_B - y_B$.

Ординатата на центъра на заменящата окръжност е $y_1 = r_f + \rho_a$ и е постоянна. Като се използва уравнението на разстоянието от точка (O_1) до права линия (ℓ) се определя абсцисата на тази точка:

$$x_1 = \frac{\rho_a \cdot \sqrt{A^2 + B^2} - B \cdot y_B - C}{A}.$$

За да се определи правилно еволвентния профил на зъбното колело е необходимо да се познава координатите на т.Р, които са:

$$y_P = y_1 - \rho_a \cdot \cos \varphi_1.$$

$$x_P = x_1 - \rho_a \cdot \sin \varphi_1.$$

Определяне на разстоянието между т.В и т.Р, което е необходимо за изработване на инструмента:

$$\overline{BP} = \sqrt{(x_B - x_P)^2 + (y_B - y_P)^2}.$$

В много случаи на зъбни зацепвания, образуващата права линия на преходния участък в основата на зъба **BP** – фиг.3 и фиг.2 на обработваното зъбно колело **Z₁** (респективно на праволинейния участък на върха на зъба на палцовата модулна фреза) лежи далече от траекторията на върха на зъба **УЕЦ** на сдружаваното зъбно колело **Z₂**, която представлява удължена епциклоида. Получава се хлабина, която е ненужна. Това дава възможност да се намали ъгъл φ_1 до допирането (теоретично) или приближаването на двете линии [5]. Едно такова решение води както до увеличаване на сечението в основата на зъба на зъбното колело, респективно увеличаване на неговата якост, така и до получаване на по-рационална геометрия на режещите части на палцовата модулна фреза. Решаването на тази задача става чрез последователни приближения и изисква изключително голяма и трудоемка изчислителна работа. В такива случаи е необходимо автоматизиране на процесите по профилиране на върховете участъци на палцовите модулни фрези.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Условието за правилно профилиране на преходните участъци на палцова модулна фреза създават условия за нейното автоматизирано профилиране, с което се използват всички негови предимства и възможности за търсене на реалистичен вариант на приложение.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Зуборезный инструмент, ч.II, Москва, Машгиз, 1946.
- [2] Иноземцев Г.Г. Проектирование металлорежущих инструментов. Москва, Машиностроение, 1984.
- [3] Кисъв И. Наръчник на инженера. Техника, С. 1970.
- [4] Овумян Г.Г. и Я.И. Адам. Справочник зубореза. Москва, Машиностроение, 1983.
- [5] Пантилеев П.Д., В.К. Иванов. Относно профилирането на върховете участъци на палцови модулни фрези. Научни трудове на ВТУ- "Ангел Кънчев", т. XXVIII, серия 3.
- [6] Семенченко И.И. и др. Проектирование металлорежущих инструментов. Москва, Машгиз, 1963.
- [7] Сидоренко А.К. Особенности изготовления крупномодульных колес. Москва, Машиностроение, 1976.

За контакти:

Проф. д-р Юлиан Младенов, Катедра "Технология на машиностроенето и металорежещи машини", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 716, e-mail: jmladenov@uni-ruse.bg

Доц. д-р инж. Петър Димитров Пантилеев, Катедра: "ММЕИГ", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел: 082-888491, e-mail: p_pantileev@mail.bg

Ас. инж. Ирена Кирилова Петрова, Катедра: "ММЕИГ", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел: 082-888491, e-mail: ikpetrova@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран