

Профилиране на червячни фрези за нарязване на зъбно-ремъчни шайби

доц. д-р инж. Ю. П. Младенов, РУ „А. Кънчев” – Русе

Абстракт: Зъбно-ремъчните шайби широко се използват в различни клонове на индустрията като машиностроене, електрическа и електронна промишленост и др. Те имат различни профили на междузъбията. За профилиране зъбите на червячна фреза в нормално сечение е разгледан най-често използвания профил, съгласно DIN ISO 5294.

Ключови думи: зъбно-ремъчна шайба, червячна фреза, профилиране, нормално сечение.

Най-широко разпространени са зъбно-зремъчните шайби, показани на фиг.1 (DIN ISO 5294). Този стандарт дава основните параметри и техните гранични отклонения.

1. Допълнителни параметри на шайбата

За да може да се проведе профилирането на зъбите на червячната фреза в нормално сечение е необходимо да се познават някои допълнителни параметри на шайбата.

Важен параметър за профила на шайбата е пресечната точка В на разноименните странични повърхнини на два съседни зъба (фиг.2). Тя служи като база за определяне на допустимите ъгови отклонения на страничните праволинейни повърхнини. Нейното положение се определя от радиуса, който е равен на:

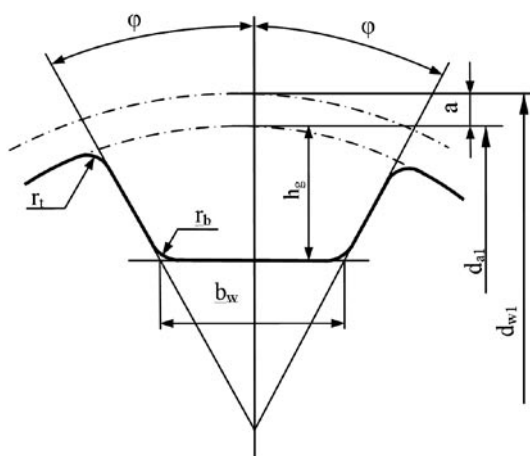
$$R_B = R_{a1} - (h_g + \overline{KB}) \quad (1)$$

Отсечката \overline{KB} е равна на:

$$\overline{KB} = \frac{b_w}{2 \cdot \text{tg} \varphi} \quad (2)$$

Като заместим отсечката \overline{KB} от (2) в (1) за радиуса на точка В се получава:

$$R_B = R_{a1} - \left(h_g + \frac{b_w}{2 \text{tg} \varphi} \right) \quad (3)$$



Фиг.1. Профил на междузъбието на зъбно-ремъчна шайба по DIN ISO 5294

Друг важен параметър е профилният ъгъл γ_{w1} на точка от началната (центроидната) окръжност. Първо се определя окръжността, която се допира до профила на зъба или неговото продължение, с радиус r_1 (фиг.2):

$$r_1 = \overline{OB} = R_B \cdot \sin \varphi \quad (4)$$

От формула (3) се замества радиуса R_B в (4) и за разстоянието r_1 се получава:

$$r_1 = \left[R_{a1} - \left(h_g + \frac{b_w}{2 \text{tg} \varphi} \right) \right] \cdot \sin \varphi \quad (5)$$

Профилният ъгъл γ_{w1} за началната окръжност е:

$$\sin \gamma_{w1} = \frac{r_1}{R_{w1}}. \quad (6)$$

Характерна точка от профила на зъбите на шайбата е т.Р. Тя разделя праволинейния участък на зъба и неговата външна цилиндрична повърхнина с радиуса на закръгление r_1 между тях.

Радиусът, определящ положението на т.Р, се изчислява по формулата:

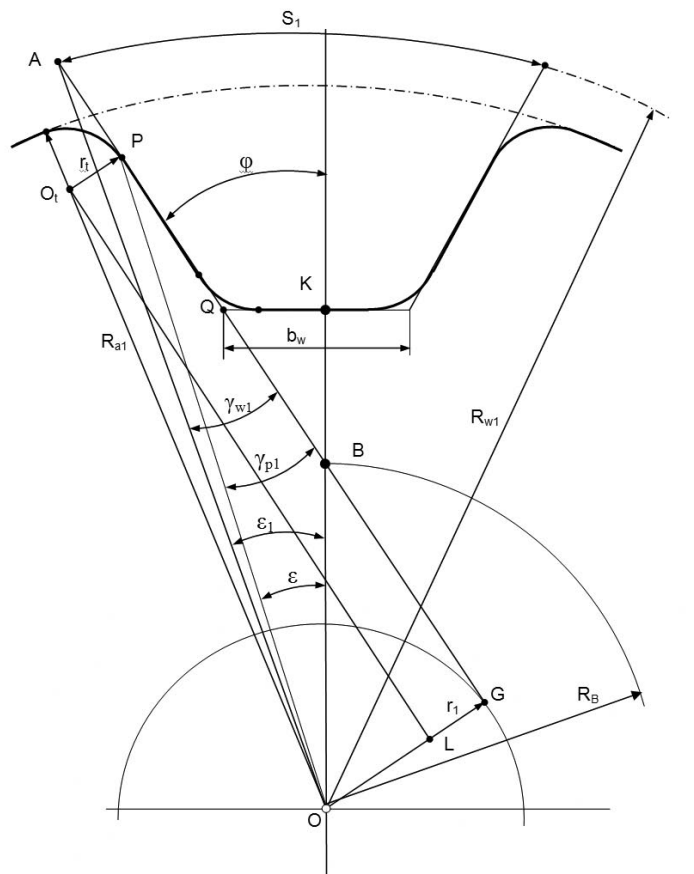
$$R_{p1} = \overline{OP} = \sqrt{\overline{PG}^2 + r_1^2}. \quad (7)$$

Отсечката \overline{PG} се определя в следната последователност:

$$\overline{PG} = \overline{O_tL} = \sqrt{\overline{O_tO}^2 - \overline{OL}^2}, \quad \overline{O_tO} = R_{a1} - r_1, \quad \overline{OL} = r_1 - r_1 = R_B \cdot \sin \varphi - r_1.$$

Тогава отсечката \overline{PG} е равна на :

$$\overline{PG} = \sqrt{(R_{a1} - r_1)^2 - (R_B \cdot \sin \varphi - r_1)^2}. \quad (8)$$



След заместване на (8) в (7) и преработване на зависимостта за радиуса на т.Р се получава:

$$R_{p1} = \sqrt{R_{a1}^2 - 2 \cdot r_1 (R_{a1} - R_B \cdot \sin \varphi)}. \quad (9)$$

Профилният ъгъл γ_{p1} на т.Р се определя по зависимостта:

$$\sin \gamma_{p1} = \frac{r_1}{R_{p1}}. \quad (10)$$

2. Определяне профила на режещия зъб на фрезата в нормално сечение

2.1. Определяне координатите на преходната точка

Както вече се отбеляза важна точка от профила на зъбно-ремъчната шейба е т.Р. Тя ще бъде също основна точка от профила на режещия ръб на червячната фреза – т.Р₀ (фиг.3).

За определяне координатите на т.Р₀ са необходими ъгълът на обхождане μ_{p1} и височината h_p до тази точка, измерена от центроидната права (фиг.3).

Ъгълът на обхождане μ_{p1} е:

$$\cos \mu_{p1} = \frac{\overline{O_1}}{R_{w1}} = \frac{R_{p1} \cdot \cos \gamma_{p1}}{R_{w1}}. \quad (11)$$

Височината h_p се определя в следната последователност:

Отсечката $\overline{P'O}$ е:

$$\overline{P'O} = \overline{CO} - \overline{CP'} = R_{w1} \cdot \sin \mu_{p1} - R_{p1} \cdot \sin \gamma_{p1}.$$

Височината е:

$$h_p = \overline{P'O} \cdot \sin \mu_{p1}$$

или

$$h_p = (R_{w1} \cdot \sin \mu_{p1} - R_{p1} \cdot \sin \gamma_{p1}) \sin \mu_{p1} \quad (12)$$

2.2. Определяне на координатите на профила на режещите ръбове

Уравненията на профила на режещите ръбове се определят по зависимостите [1,2,3]:

$$x_0 = R_{w1} \cdot [(\mu - \gamma_{w1}) - (\sin \mu - \sin \gamma_{w1}) \cdot \cos \mu]$$

$$y_0 = R_{w1} \cdot (\sin \mu - \sin \gamma_{w1}) \cdot \sin \mu. \quad (13)$$

В тези уравнения неизвестните величини са три: x_0 , y_0 и μ . Пътят за тяхното определяне е следният: y_0 може да се изменя от 0 до височината $h_{y_{cл}}$. Тази условна височина на зъба се изчислява по зависимостта (фиг.1):

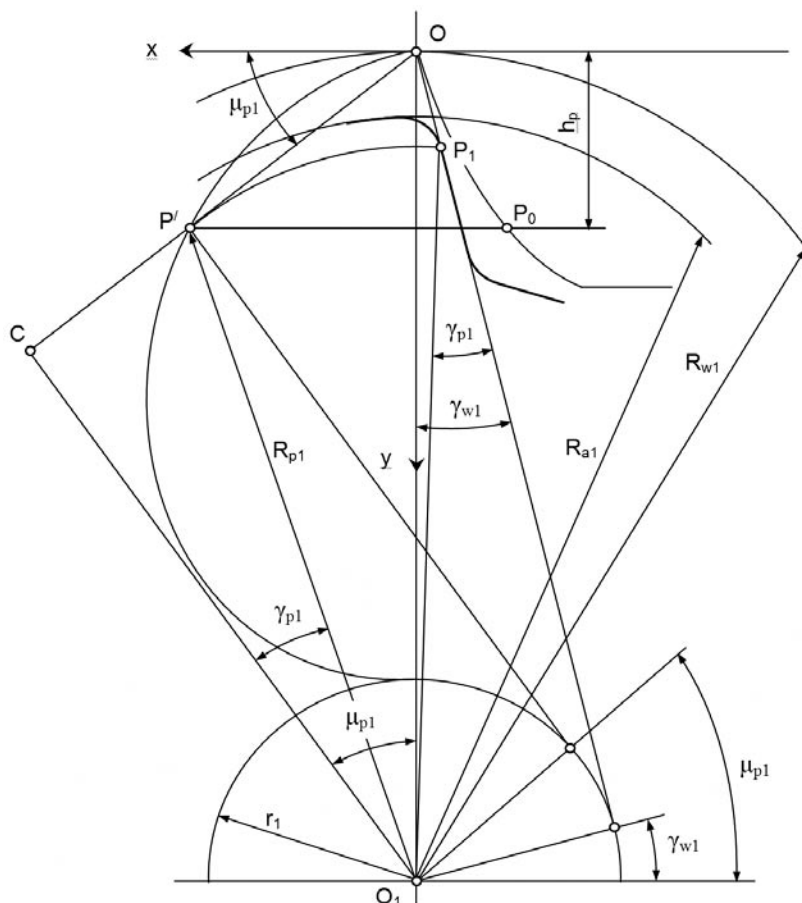
$$h_{y_{cл}} = a + h_g. \quad (14)$$

Стойностите на y_0 са: 0 , h_p и $0,7h_{y_{cл}}$.

Тези значения се поставят във второто уравнение на (13) и се определя ъгълът μ :

$$\sin \mu_i = \frac{\sin \gamma_{w1}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sin \gamma_{w1}}{2}\right)^2 + \frac{y_i}{R_{w1}}}. \quad (15)$$

След това от първото уравнение на (13) се определя другата координата x_0 на профила. Получените точки принадлежат на профила на режещия ръб на фрезата, който е сложна крива.



Фиг.3. Изчислителна схема за определяне профила на режещия ръб

2.3. Замяна на теоретическия профил с дъга от окръжност

При изработване на червячната фреза шлифоването на задните повърхнини се извършва с профилиран шлифовъчен кръг, което предполага най-често замяната на сложната крива на профила на режещия ръб да става с дъга от окръжност. Като се използва аналитичната геометрия се избират три точки, които са определени от уравнение (13), (14) и (15) и определят координатите на заменящата окръжност (x_C и y_C) и нейния радиус R_C по формулите:

$$x_C = \frac{(x_2^2 + y_2^2)y_1 - (x_1^2 + y_1^2)y_2}{2(x_2 \cdot y_1 - x_1 \cdot y_2)}, \quad y_C = \frac{(x_2^2 + y_2^2)x_1 - (x_1^2 + y_1^2)x_2}{2(x_2 \cdot y_1 - x_1 \cdot y_2)},$$

$$R_C = \sqrt{x_C^2 + y_C^2} \quad (16)$$

където: за т.1 – са координатите на т.Р,

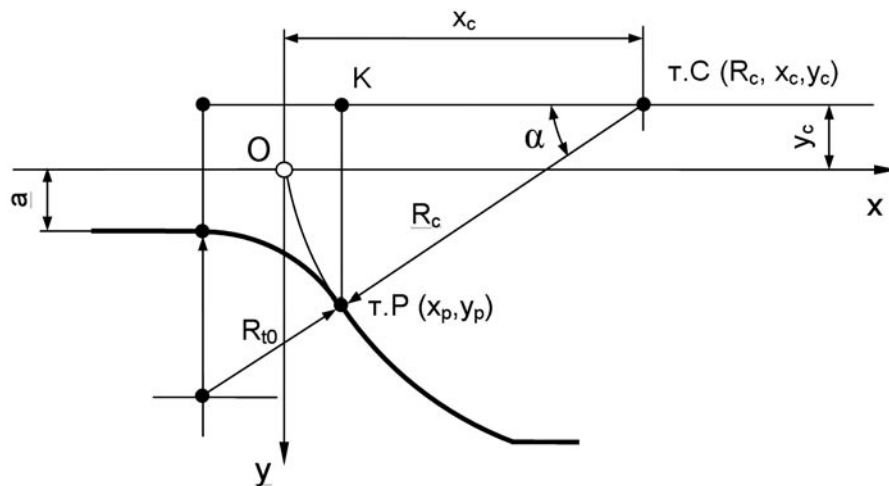
за т.2 – са координатите на точка с $y_2 = 0,7h_{усл}$.

2.4. Определяне радиуса на закръгление, съединяващ външната цилиндрична повърхнина и страничния профил

Радиусът на закръгление е важен параметър от профила на режещия рѣб. Той трябва плавно да свързва дъното на междузъбието и страничната повърхнина, която е дъга от окръжност.

Определя се ъгълът α (фиг.4):

$$\alpha = \arcsin \frac{y_p + y_c}{R_c}$$



Фиг.4. Изчислителна схема за определяне радиуса на закръгление

От равенството $\sin \alpha = \frac{R_{t0} + a + y_c}{R_{t0} + R_c}$ се определя радиусът на закръгление:

$$R_{t0} = \frac{R_c \cdot \sin \alpha - a - y_c}{1 - \sin \alpha} \quad (17)$$

2.5. Определяне профила на режещия рѣб в нормално сечение

От условията на центроидното обхождане следва, че дебелината на зъба по центроидната права на червячната фреза е :

$$S_{w0} = 2R_{w1}(\varphi - \gamma_{w1}) \quad (18)$$

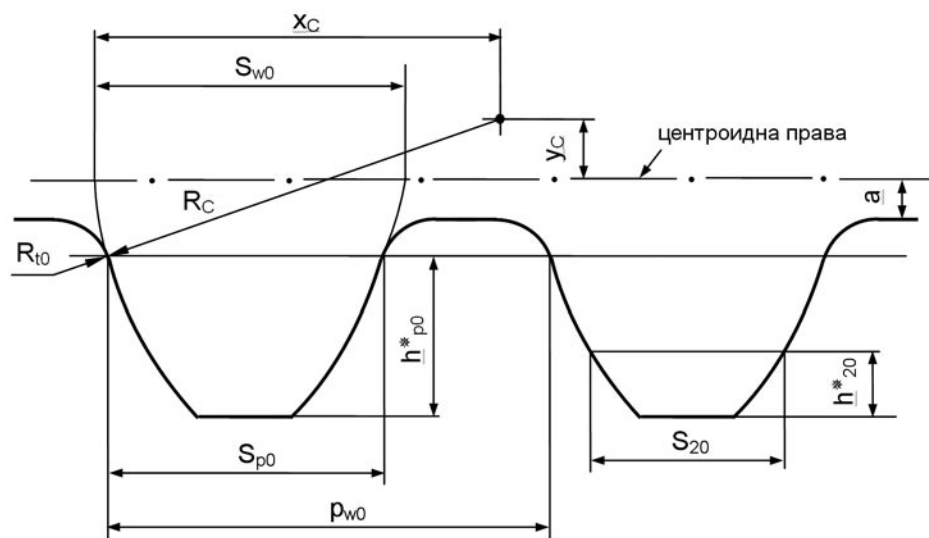
Височините h_{p0}^* и h_{20}^* за определяне на контролните дебелини се изчисляват по формулите (фиг.5):

$$h_{p0}^* = h_{усл} - h_p, \quad h_{20}^* = h_{усл} - h_{20} \quad (19)$$

Контролните дебелини се определят по зависимостите:

$$S_{p0} = S_{w0} - 2x_p, \quad S_{20} = S_{w0} - 2x_{20} \quad (20)$$

Профилът на режещия ръб и неговите основни параметри са показани на фиг.5.



Фиг.5. Профил на зъба в нормално сечение

Литература

1. Иноземцев Г.Г. Проектирование металлорежущих инструментов, Машиностроение, М., 1984.
2. Кожевников Д.В. и др. Режущий инструмент, Машиностроение, М., 2005.
3. Семенченко И.И. и др. Проектирование металлорежущих инструментов, Машгиз, М., 1963.