

DIE REALE SCHNEIDKANTE DES WÄLZFRÄSERS

Gheorghe OPROESCU

“Dunarea de Jos” University of Galati, e-mail gheorghe.oproescu@ugal.ro

Keywords: Wälzfräser, Freiwinkel, Spannute, reale Schneidkante.

Zusammenfassung. Der Wälzfräser hat Schneidkanten mit Freiflächen und Spanflächen. Der Freiwinkel soll mindestens 12° am Zahnkopf sein. Die Schneidkanten erscheinen als Durchschnitt zwischen zwei krümmen Flächen: eine kegelische Schraubenfreifleche und eine zylindrische Schraubenspannutenfläche. Deswegen sind die Schneidkanten krumm und gehören nicht mehr der ursprünglichen Einhülende. Der Beitrag stellt die Gleichungen der realen Schneidkanten der Wälzfräser und der idealen Form der gleichwertigen evolventischen Schnecke dar.

1. EINLEITUNG

Die Schneidkante des Wälzfräfers erscheint als Durchschnitt zwischen zwei schraubenförmigen Flächen: die Spannutenfläche und die Freifläche. Um diese Flächen analytisch zu beschreiben, berücksichtigen wir dass jede Fläche durch die Verschiebung einer Kurve, die Erzeugende, auf einen anderen Kurve, die Direktrix oder Richtlinie, entsteht. Die Gleichungen dieser Flächen können relativ einfach geschrieben werden wenn die Gleichung der jeden gewissen Schraubellinie der schraubenförmigen Flächen b.z.w. die Gleichung der jeden Richtlinie, die Gleichung der erzeugenden Kurve nachprüft. Die Freifläche und der Freiwinkel entstehen meisst entweder als kegelische Schraubenfläche in dem Fall der radialen Hinterarbeitung, entweder als zylindrische

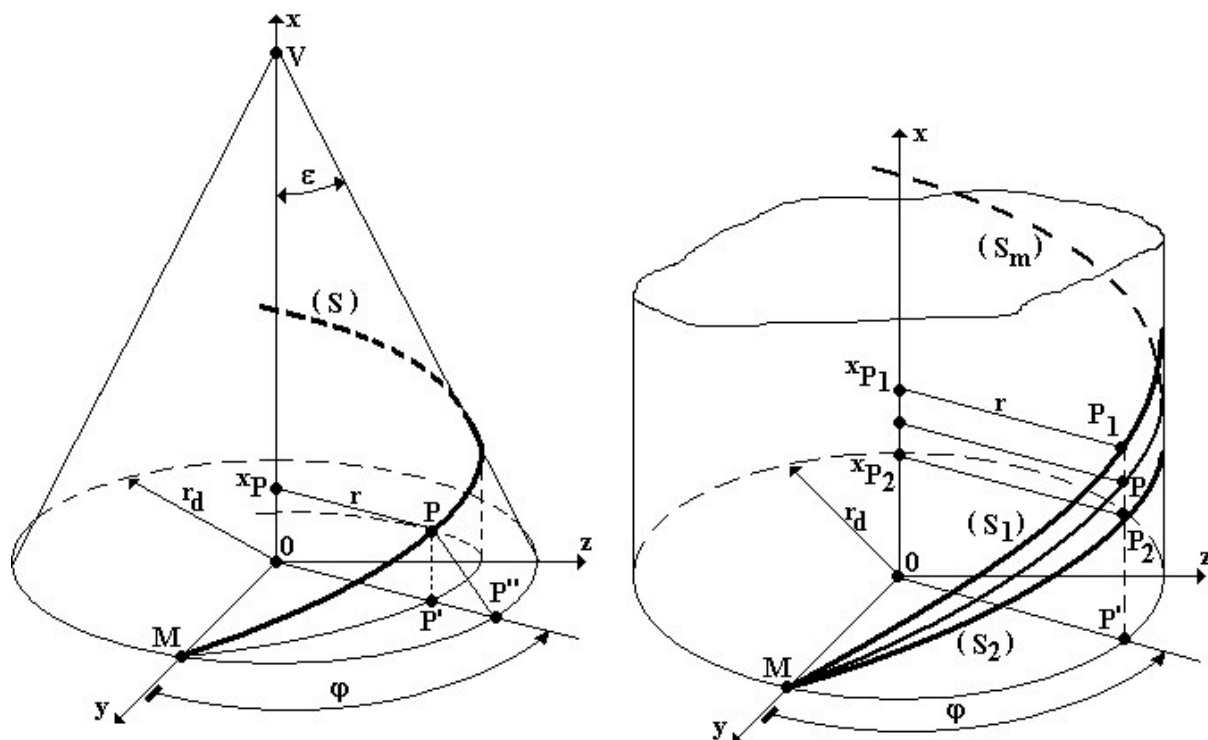


Abbildung 1. Kegelische und zylindrische Schraubenlinien

Schraubenfläche in dem Fall der axialen Hinterarbeitung. Die dazu verwendete

Schraubenlinien für Rictlinien sind die kegelische oder zylindrische Schraubenlinien. Die Abbildung 1 stellt diese zwei zur rechten Hand Schraubenlinien dar.

Die kegelische Schraubenlinie (S) oder arc(MP), Abbildung 1 links, hat eine konstante Axialteilung P_x , $P_x = \pi m_n / \cos(\omega_d)$, $\sin(\omega_d) = m_n / D_d$, m_n = der Normalmodul, $D_d = 2r_d$ = der Teilkreisdurchmesser. Ihre Projektion auf der yOz-Ebene, arc(MP'), ist eine reine Arhimedische Spirale deren Teilung, P_{sp} , mit der Teilung P_x den Winkel ε gibt

$$\operatorname{tg}(\varepsilon) = P_{sp} / P_x \quad (1)$$

Wir benennen mit p_{sp} und p_x die geometrischen Parametern dieser beiden Kurven und ihre Werte erkommen aus

$$p_{sp} = P_{sp} / 2\pi, \text{ b.z.w. } p_x = P_x / 2\pi \quad (2)$$

Die Teilung P_{sp} ist von der Freiwinkel der Wälzfräuserschneiden am Kopfdurchmesser D_k des Zahnes, α_k , gegeben b.z.w.

$$P_{sp} = \pi D_k \operatorname{tg}(\alpha_k) \quad (3)$$

Alle Wälzfräsern haben einen Teilkreiszyylinder von Radius r_d und auf diesem Zylinder, über den Punkt $y = r_d$, $x = z = 0$ gehen die erzeugende Kurven. Die Gleichung der kegelischen Schraubenlinie, b.z.w. die Koordinaten ihren Punktes P lässt sich als parametrische Gleichungen geschrieben werden

$$(S): \begin{cases} x = x_P = (r_d - \varphi p_{sp}) \varphi \\ y = y_P = (r_d - \varphi p_{sp}) \cos(\varphi) \\ z = z_P = (r_d - \varphi p_{sp}) \sin(\varphi) \end{cases} \quad (4)$$

Die zylindrische Schraubenlinie (S_m) oder arc(MP), Abbildung 1 rechts, stellt eine mittlere Schraubenlinie der nicht hintergearbeiteten Schneckenfläche dar. Der Freiwinkel entsteht in diesem Fall durch die Änderung der Schrägung der Schraubenfläche durch die sogenannten axialen Hinterarbeitung, b.z.w. die Schraubenlinien S_1 oder S_2 entsprechend der rechten oder der linken Flanke der Schraube. Die Gleichungen lauten:

$$(S_m): \begin{cases} x = x_P = p_x \varphi \\ y = y_P = r_d \cos(\varphi) \\ z = z_P = r_d \sin(\varphi) \end{cases} \quad (5)$$

$$(S_{1,2}): \begin{cases} x = x_P = (p_x \pm \Delta p_x) \varphi \\ y = y_P = r_d \cos(\varphi) \\ z = z_P = r_d \sin(\varphi) \end{cases} \quad (6)$$

in dem die Abweichung der Schrägung Δp_x von dem Flankenfreiwinkel abhängt.

2. DIE KEGELISCHE SCHRAUBENFLÄCHEN

Die Entstehung der kegelischen Schraubenfläche ist in Abbildung 2 dargestellt. Eine

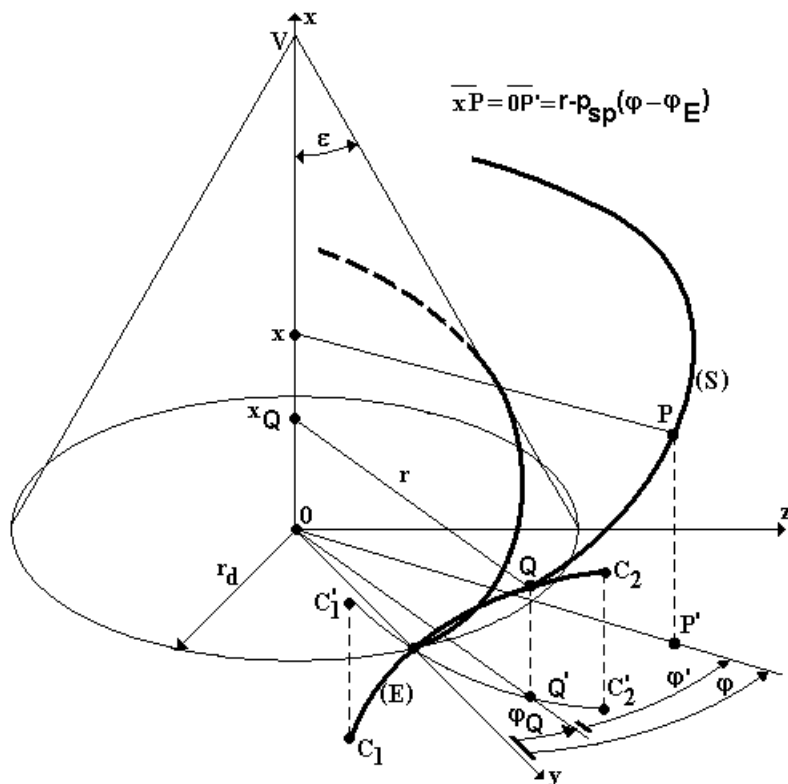


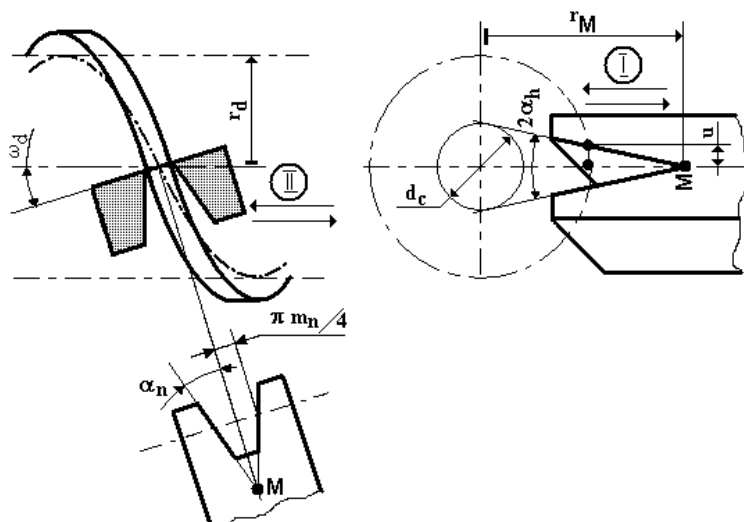
Abbildung 2. Die Entstehung einer Schraubenfläche

Familie der kegelischen Schraubenlinien (S) kreuzt jedem Punkt einer erzeugenden Kurve (E) oder arc(C_1 , C_2), deren parametrische Gleichung bekannt ist. Dadurch erkommen wir die parametrische Gleichung der Schraubenfläche wie unten

$$\begin{cases} x = x_Q + p_x (\varphi - \varphi_Q) \\ y = [r - p_{sp} (\varphi - \varphi_Q)] \cos(\varphi) \\ z = [r - p_{sp} (\varphi - \varphi_Q)] \sin(\varphi) \end{cases} \quad (7)$$

b.z.w. als Koordinaten des Punktes P in dem die Werte x_Q und φ_Q aus der Gleichung der Erzeugende und abhängig von der Unbekannte r zu finden sind, $r \in [r_{C_1}, r_{C_2}]$. Die Gleichung (7) hängt von zwei

unabhängigen Parametern, r und φ und beschreibt dadurch eine Fläche in xyz-Raum.



Bewegung I-radial; Bewegung II-axial
Abbildung 3. Die radiale und axiale Hinterarbeitung

Die zylindrische Schraubenflächen sind in dieselber Art zu finden. Wenn die Linie (S) eine zylindrische Schraubenlinie darstellt, die zylindrische Schraubenfläche ist

$$\begin{cases} x = x_Q + \\ + (p_x \pm \Delta p_x) (\varphi - \varphi_Q) \\ y = r \cos(\varphi) \\ z = r \sin(\varphi) \end{cases} \quad (8)$$

Die folgende Beispiele werden diese Begriffe ausführlicher

erklären und vertiefen.

schrieben werden. Der Radius $r = OQ'$ und der Winkel φ zwischen MO und OC' sind die unabhängige Variablen der Gleichungen. Es ist wichtig die Strecke $x_Q = Q'Q$ und den Winkel φ_Q zwischen MO und OQ' zu kennen

$$MQ' = MN' - Q'N' = \sqrt{r_M^2 - r_c^2} - \sqrt{r^2 - r_c^2}$$

$$x_Q = Q'Q = MQ' \operatorname{tg}(\alpha_c) = \left(\sqrt{r_M^2 - r_c^2} - \sqrt{r^2 - r_c^2} \right) \operatorname{tg}(\alpha_c) \quad (14)$$

$$\varphi_Q = \arcsin \left[\frac{\sqrt{r_M^2 - r_c^2} - \sqrt{r^2 - r_c^2}}{r} \sin(\alpha_h) \right] \quad (15)$$

und dadurch kann man die beiden Schraubenfreiflächen für die beiden Flanken einem zur rechten Hand Wälzfräser geschrieben werden

$$\begin{cases} x = \mp x_Q + p_x (\varphi \mp \varphi_Q) \\ y = [r - p_{sp} (\varphi \mp \varphi_Q)] \cos(\varphi) \\ z = [r - p_{sp} (\varphi \mp \varphi_Q)] \sin(\varphi) \end{cases} \quad (16)$$

in dem das obene Zeichen auf die rechte Flanke und das untene Zeichen auf die linke Flanke sich beziehen.

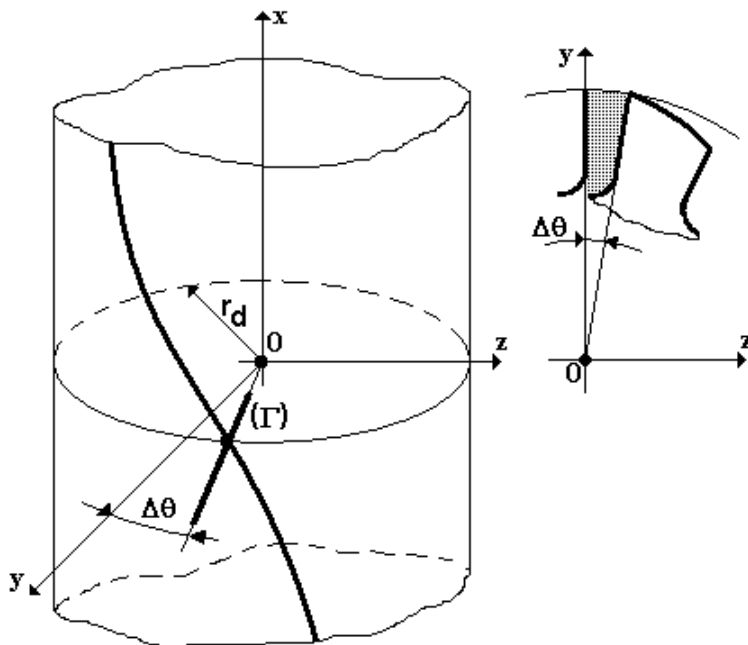


Abbildung 5. Die Spannut nach dem Nachschleifen

Die zur linken Hand Spannuten des Werkzeuges kreuzen die Schraubenfreiflächen (16) in verschiedenen Positionen von dem Nachschleifenanzahl abhängig, Abbildung 5. Die Erzeugende der Spannut ist eine Gerade (Γ) welche nach dem Nachschleifen eine mit $\Delta\theta$ gedrehte Position hat. Die Gleichung der Spannutenfläche lautet

$$\begin{cases} x = -p_k (\varphi - \Delta\theta) \\ y = r \cos(\varphi) \\ z = r \sin(\varphi) \end{cases} \quad (17)$$

mit $p_k = P_k/2\pi$, P_k =die axiale Teilung der Spannuten. Die beiden Schraubenflächen (16) und (17) bilden die reale Schneidkante eines zur rechten Hand und radial hintergearbeiteten Wälzfräasers deren Gleichungen die folgende Gestalt haben

$$\begin{cases} x_w = \mp x_Q + p_x \left(\frac{\pm x_Q \pm p_x \varphi_Q + p_k \Delta \theta}{p_x + p_k} \mp \varphi_Q \right) \\ y_w = \left[r - p_{sp} \left(\frac{\pm x_Q \pm p_x \varphi_Q + p_k \Delta \theta}{p_x + p_k} \mp \varphi_Q \right) \right] \cos \left(\frac{\pm x_Q \pm p_x \varphi_Q + p_k \Delta \theta}{p_x + p_k} \right) \\ z_w = \left[r - p_{sp} \left(\frac{\pm x_Q \pm p_x \varphi_Q + p_k \Delta \theta}{p_x + p_k} \mp \varphi_Q \right) \right] \sin \left(\frac{\pm x_Q \pm p_x \varphi_Q + p_k \Delta \theta}{p_x + p_k} \right) \end{cases} \quad (18)$$

in dem das obene Zeichen auf die rechte Flanke und das untene Zeichen auf die linke Flanke sich beziehen.

Falls der Wälzfräser axiale Hinterarbeitung hat, die Gleichungen der zylindrischen schraubenförmigen Freifläche lassen sie sich wie unten geschrieben werden

$$\begin{cases} x = \mp x_Q + (p_x \pm \Delta p_x)(\varphi - \varphi_Q) \\ y = r \cos(\varphi) \\ z = r \sin(\varphi) \end{cases} \quad (19)$$

und zusammen mit (17) bilden die reale Schneidkante

$$\begin{cases} x_w = \mp x_Q + (p_x \mp \Delta p_x) \left[\frac{\pm x_Q + (p_x \pm \Delta p_x) \varphi_Q + p_k \Delta \theta}{p_x + p_k \pm \Delta p_x} - \varphi_Q \right] \\ y_w = r \cos \left[\frac{\pm x_Q + (p_x \pm \Delta p_x) \varphi_Q + p_k \Delta \theta}{p_x + p_k \pm \Delta p_x} \right] \\ z_w = r \sin \left(\frac{\pm x_Q + (p_x \pm \Delta p_x) \varphi_Q + p_k \Delta \theta}{p_x + p_k \pm \Delta p_x} \right) \end{cases} \quad (20)$$

in dem, wie schon üblich worden ist, das obene Zeichen auf die rechte Flanke und das untene Zeichen auf die linke Flanke sich beziehen.

Wenn diese Kanten, b.z.w. die Gleichungen (18) oder (20) als erzeugende Kurven in Verschiebung auf eine zylindrische Schraubenlinie (die Direktrix oder Richtlinie) entlang berücksichtigt werden, bekommt man eine andere Schraubenfläche, b.z.w. die reale Einhüllende des Wälzfräasers.

Die Wälzfräserkanten (18) or (20) gehören nicht mehr der ursprünglichen Schraubenfläche und haben Abweichungen gegen der theoretischen Kanten einer evolventischen Einhüllende.

Die evolventische Schraubenfläche entsteht wie im Abbildung 6 dargestellt ist. Eine von dem Grundkreis r_g erzeugte Evolvente bewegt sich auf eine Schraubenlinie (S) entlang. Die Gleichung der Schraubenfläche lautet

$$\begin{cases} x = \mp \frac{P_x}{4} + p_x [\varphi \pm \text{ev}(\alpha_f) \mp \text{ev}(\alpha_{fd})] \\ y = r \cos(\varphi) \\ z = r \sin(\varphi) \end{cases} \quad (22)$$

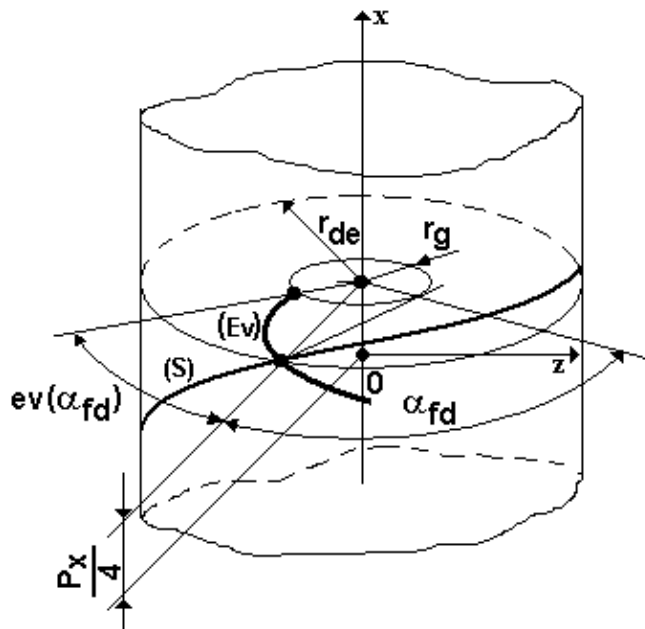


Abbildung 6. Die evolventische Schraubenfläche

in dem $\text{ev}(\alpha) = \text{tg}(\alpha_f) - \alpha_f$, $\alpha_f =$ Stirneingriffswinkel, $\alpha_{fd} =$ Stirneingriffswinkel auf dem Teilkreis r_{de} , das obere Zeichen auf die rechte Flanke und das untere Zeichen auf die linke Flanke sich beziehen. Die andere Werte kommen aus

$$\alpha_{fd} = \arctg\left(\frac{\text{tg}(\alpha_n)}{\sin(\omega_d)}\right) \quad (23)$$

$$\alpha_f = \arccos\left(\frac{r_g}{r}\right) \quad (24)$$

$$r_{de} = r_d - p_{sp}\Delta\theta \quad (25)$$

$$r_g = r_{de} \cos(\alpha_{fd}) \quad (26)$$

Die Kreuzung mit der Spannuten

(17) gibt die Kanten der evolventischen Schnecke

$$\begin{cases} x_{ev} = \mp \frac{P_x}{4} + p_x \left[\left(\pm \frac{P_x}{4} \mp p_x \text{ev}(\alpha_f) \pm p_x \text{ev}(\alpha_{fd}) + p_k \Delta\theta \right) / (p_x + p_k) \pm \text{ev}(\alpha_f) \mp \text{ev}(\alpha_{fd}) \right] \\ y_{ev} = r \cos \left[\left(\pm \frac{P_x}{4} \mp p_x \text{ev}(\alpha_f) \pm p_x \text{ev}(\alpha_{fd}) + p_k \Delta\theta \right) / (p_x + p_k) \right] \\ z_{ev} = r \sin \left[\left(\pm \frac{P_x}{4} \mp p_x \text{ev}(\alpha_f) \pm p_x \text{ev}(\alpha_{fd}) + p_k \Delta\theta \right) / (p_x + p_k) \right] \end{cases} \quad (27)$$

In dieser Art lassen sich die Abweichungen zwischen die Kanten der realen und idealen Wälzfräser ermittelt werden.

SCHRIFTUM

- [1] Duca, Zoltan. Teoria sculelor aschiatoare. Editura Tehnica, Bucuresti, 1967
- [2] Enache, Stefanuta. Oproescu, Gheorghe. The Establiment of Pozitioning Errors influence of the paralel hobbing cutter on the machining accuracy of spur wheels. Annals of the CIRP, vol. 30-1981, pg. 293-297;
- [3] Enache, Stefanuta. Minciu, Costantin. Proiectarea asistata a sculelor aschiatoare. Editura Tehnica, Bucuresti, 1983.
- [4] Oproescu, Gheorghe. Ecuatia generala a suprafetelor melcate. Sesiune de comunicari stiintifice, IIS Pitesti, 1981, pg. 83-91;