

# STUDIUL INFLUENȚEI PARAMETRIILOR CINEMATICI ASUPRA PROCESULUI DE FREZARE A STRATURILOR RUTIERE

**Mihail Stefanescu, s.l.dr.ing.** Facultatea de Utilaj Tehnologic, Universitatea Tehnica de  
Constructii Bucuresti, e-mail: mihaistefanescuutcb@yahoo.com

**Viorica Ștefănescu - s.l.ing.** - Facultatea de Utilaj Tehnologic,  
Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti

## Resumé

Cet article présente des paramètres cinématiques du régime de fraissage des niveaux d'usage des ouvrages routières, en montrant la liaison entre ceux-ci et la manière dont ils influencent de processus de fraissage.

Regimul de frezare a îmbrăcăminților sistemelor rutiere reprezintă un ansamblu de condiții care determină cadrul necesar desfășurării procesului de frezare. Din acest ansamblu, o importanță deosebită prezintă parametrii de frezare:

- adâncimea de frezare;
- avansul pe dinte;
- viteza de avans (de deplasare a mașinii de frezat);
- viteza periferică (tangențială a tamburului de frezare);
- indicele cinematic.

## 1. ADÂNCIMEA DE FREZARE

Adâncimea de frezare se stabilește conform cerințelor tehnologice de lucru.

Adâncimile de frezare se determină, în cazul frezării ascendente, (fig.1) cu expresia:

$$h = \frac{D}{2} (1 - \cos \varphi) \quad (1)$$

unde D este diametrul de frezare

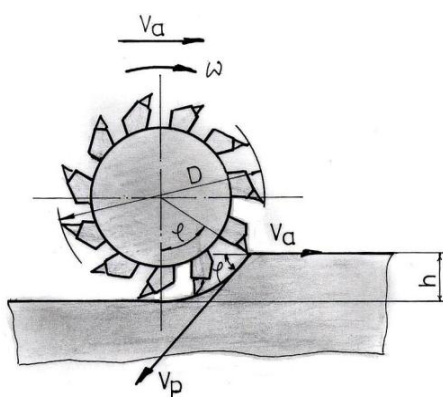


Fig.1

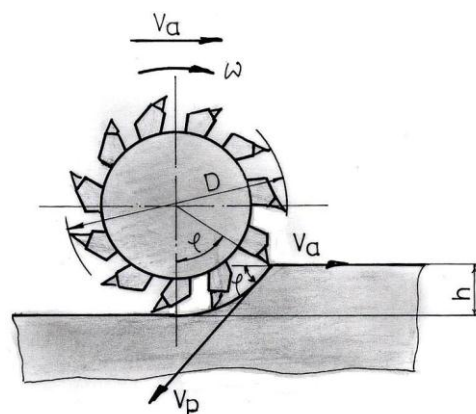


Fig.2

În cazul frezării descendente (fig.2), pentru realizarea procesului de frezare trebuie îndeplinită condiția:

$$v_p \cos \varphi \geq v_a \quad (2)$$

unde  $v_p$  este viteza periferică;  $v_a$  – viteza de avans.

Adâncimea de frezare este dată (fig. 2) de expresia (1).

Din expresia (2) rezultă:

$$\cos \varphi \geq \frac{v_a}{v_p} \quad (3)$$

Introducând expresia (3) în expresia (1) rezultă:

$$h = \frac{D}{2} \left( 1 - \frac{v_a}{v_p} \right) \quad (4)$$

Ținând seama de indicele cinematic  $\lambda = v_p/v_a$  se obține valoarea adâncimii de frezare:

$$h = \frac{D}{2} \left( 1 - \frac{1}{\lambda} \right) \quad (4')$$

Expresia (4') arată că pentru un diametru constant D, adâncimea de frezare care se poate realiza, crește odată cu creșterea indicelui cinematic.

## 2. AVANSUL PE DINTE

Tamburul de frezare prezintă pe suprafața sa dinți de frezare dispuși elicoidal.

Într-o secțiune perpendiculară pe generatoarea tamburului (linie de dislocare) se găsesc unul sau doi dinți, în funcție de tipul constructiv al tamburului de frezat și în concordanță cu cerințele tehnologice (suprafața frezată cu o rugozitate mai mare sau mai mică). Fiecare dinte descrie o trohoidă de ecuație similară, deplasată pe orizontală față de cea anterioară cu o mărime denumită avans pe dinte, s. Mărimea avansului pe dinte este dată de expresia:

$$s = \frac{v_a}{nz_1} \quad (5)$$

unde  $v_a$  este viteza de avans;

$z_1$  - numărul de dinți dintr-o linie de dislocare;

n - turația tamburului de frezare.

Viteza periferică a tamburului are expresia:

$$v_p = \pi D n \quad (6)$$

unde D este diametrul tamburului

n - turația tamburului

Din relațiile (5), (6) și (4) rezultă:

$$s = \frac{\pi D}{z_1 \lambda} \quad (7)$$

Analiza expresiei (7) arată că avansul pe dinte crește cu diametrul tamburului, scade cu creșterea indicelui cinematic și a numărului de dinți dintr-o linie de dislocare.

Grosimea de material dislocat de dinte, adică segmentul  $ab$  (fig.3) este variabilă și depinde de poziția instantanee a dintelui, poziție determinată de unghiul direcției de avans  $\varphi$ , atingând valoarea maximă pentru unghiul de contact  $\varphi_0$ .

Unghiul de contact  $\varphi_0$  este format de razele care determină intrarea și ieșirea din material a dinților și se determină cu expresia:

$$\varphi_0 = \arccos \frac{R-h}{R} = \arccos \left( 1 - \frac{2h}{D} \right) \quad (8)$$

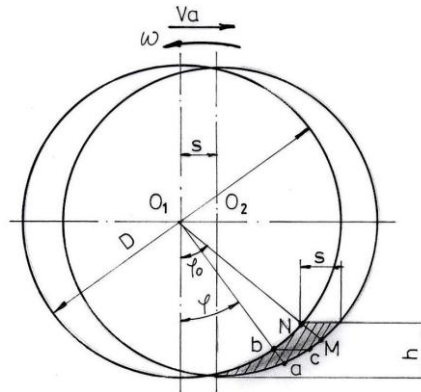


Fig.3

Grosimea maxima a materialului dislocat MN (fig. 3) este:

$$g_{max} = s * \sin \varphi_0 \quad (9)$$

Deoarece:

$$\sin \varphi_0 = \frac{2\sqrt{Dh - h^2}}{D} \quad (10)$$

și ținând seama de relația (5), expresia (9) devine:

$$g_{max} = \frac{2\pi\sqrt{Dh - h^2}}{z_1\lambda} \quad (11)$$

Pornind de la expresia (4.11) s-a reprezentat dependența grosimii de material dislocat în raport cu numărul de dinți din linia de tăiere (fig. 4.4), cu diametrul tamburului (fig. 4.5) și cu adâncimea de frezare (fig. 4.6).

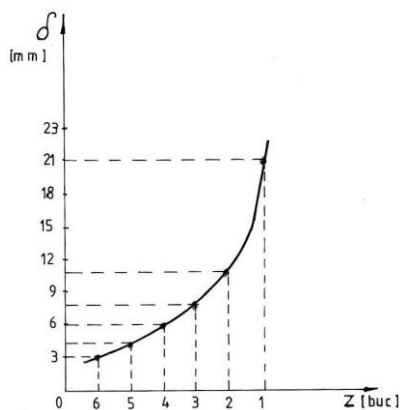


Fig.4

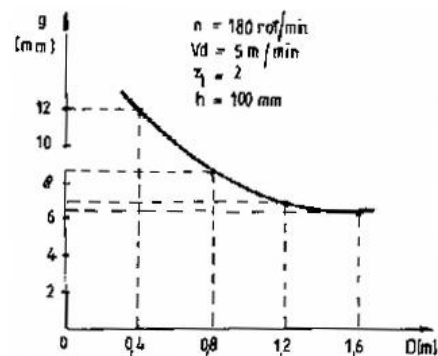


Fig.5

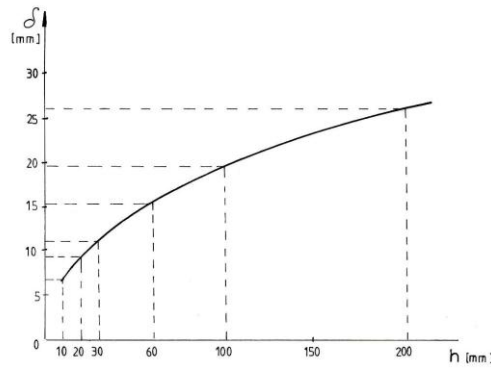


Fig.6

În figura 7 este reprezentată dependența dintre dintele tamburului de frezare și grosimea materialului dislocat, pentru aceeași adâncimea de frezare; creșterea diametrului de frezare duce la scăderea grosimii materialului dislocat de dinte.

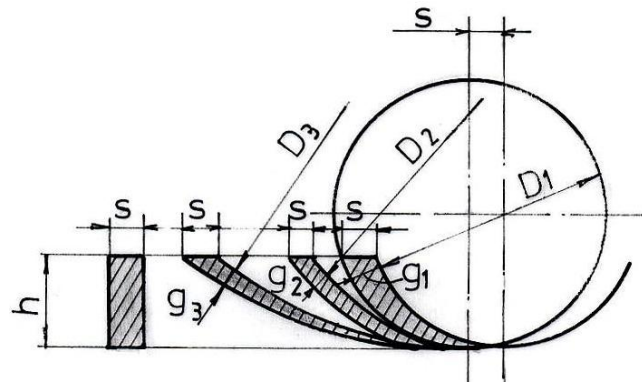


Fig.7

### 3. ÎNĂLȚIMEA CRESTELOR

Suprafața generată prin frezare prezintă neregularități cinematice sub forma de valuri (fig.8). Înălțimea acestor neregularități (creste) se determină cu expresia:

$$h_1 = \frac{l}{2} (D - \sqrt{D^2 - s^2}) \quad (12)$$

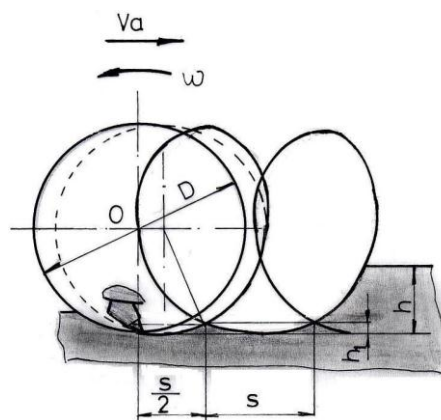


Fig..8

Din analiza expresiei (12) se observă că înălțimea creștelor scade cu creșterea diametrului tamburului de frezare și cu reducerea avansului pe dinte.

Tinând seama de relația (7), rezultă că înălțimea creștelor scade odată cu mărirea indicelui cinematic (fig.9) în care a - frezare ascendentă și b - frezare descendentă).

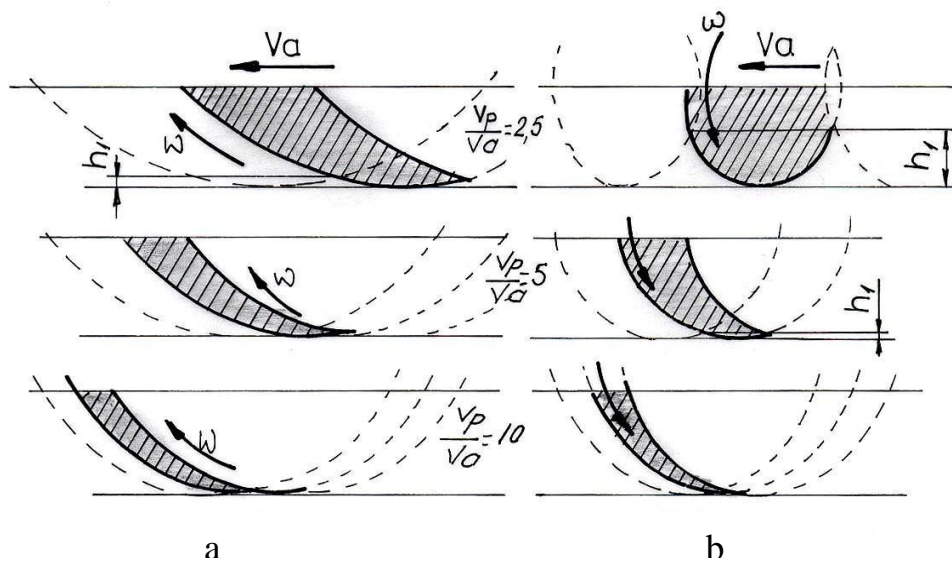


Fig.9

#### 4. ACOPERIREA ÎNTRE TROHOIDE

Din relația (4.7) reiese că pentru un tambur de frezare, care are o viteză periferică și o viteză de avans constantă, avansul pe dinte este constant. Variația uneia dintre viteze atrage după sine mărirea sau micșorarea avansului pe dinte, precum și a grosimii materialului dislocat. În figura 4.10 sunt prezentate situații de frezare descendentă, având viteze de avans diferite.

Tinând seama de notațiile din figura 10 rezulta:

$$\Delta x = 2(x_1 - x_2) \quad (12')$$

unde:

$$x_1 = \frac{D}{2} \cos \omega t_1 + v_a t_1 \quad (13)$$

este abscisa punctului de intrare în material, iar

$$x_2 = \frac{D}{2} \cos \omega t_2 + v_a t_2 \quad (14)$$

este abscisa punctului de adâncime maximă.

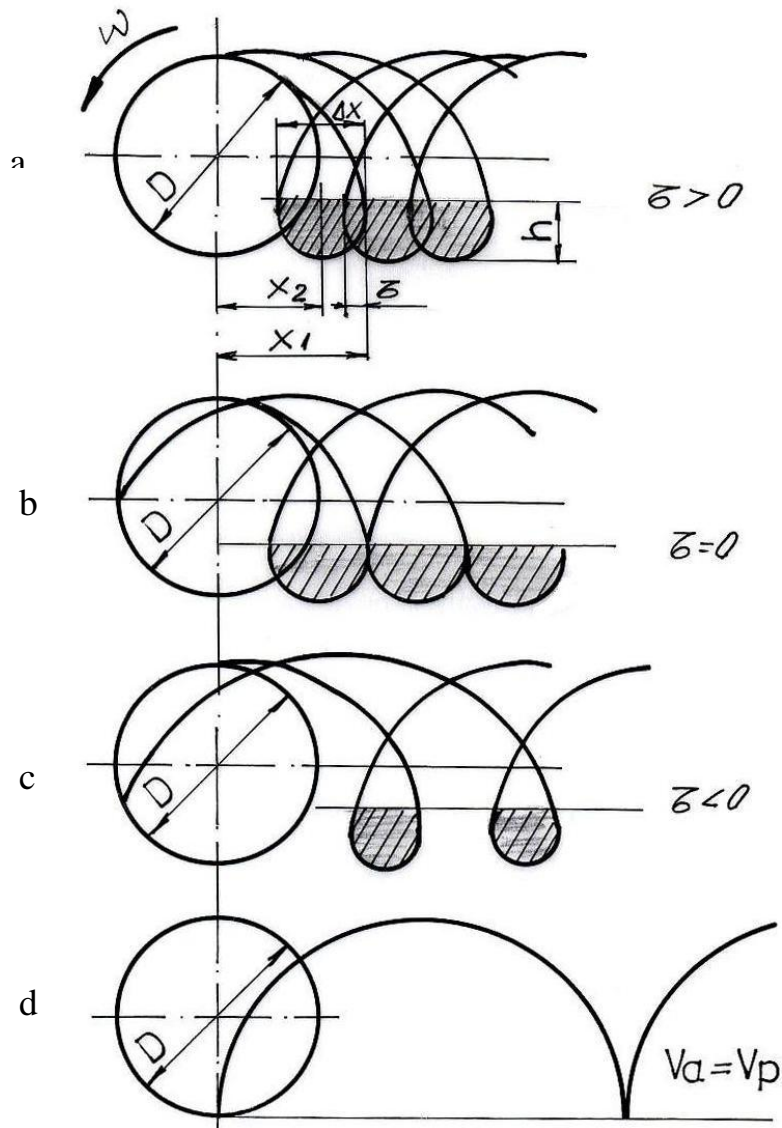


Fig.10

Inlocuind în (12) și ținând seama ca :

$$\omega t_1 = \arcsin\left(1 - \frac{2h}{D}\right) \quad \text{și} \quad \omega t_2 = \frac{\pi}{2} \quad (15)$$

obținem:

$$\Delta x = 2 \left[ v_a \left( \frac{1}{\omega} \arcsin\left(1 - \frac{2h}{D}\right) - \frac{\pi}{2\omega} \right) + R \cos \arcsin\left(1 - \frac{2h}{D}\right) \right] \quad (16)$$

Avansul pe dinte devine:

$$s = \frac{\pi D}{\lambda z_1} = \frac{2\pi}{z_1} * \frac{v_a}{\omega} \quad (17)$$

Acoperirea dintre două traiectorii succesive are expresia:

$$\tau = \Delta x - s$$

$$\tau = 2 \frac{v_a}{\omega} \left[ \arcsin\left(1 - \frac{2h}{D}\right) - \frac{\pi(z_1 + 2)}{2z_1} \right] + D \cos \arcsin\left(1 - \frac{2h}{D}\right) \quad (18)$$

Notând:

$$A = \frac{2}{\omega} \left[ \arcsin \left( 1 - \frac{2h}{D} \right) - \frac{\pi(z_1 + 2)}{2z_1} \right] \quad (19)$$

$$B = D \cos \arcsin \left( 1 - \frac{2h}{D} \right)$$

și înlocuind în (4.18) se obține:

$$\tau = Av_a + B \quad (20)$$

Regimul critic de frezare se obține atunci când distanța de acoperire între trohoide este nulă. În acest caz viteza de avans este:

$$v_a = -\frac{B}{A} \quad (21)$$

Luând în considerare indicele cinematic  $\lambda$ , pentru regimul critic de frezare se obține:

$$\lambda_{cr} = \frac{2z_1}{D \cos \arcsin \left( 1 - \frac{2h}{D} \right)} \arcsin \left( 1 - \frac{2h}{D} \right) - \pi(z_1 + 2) \quad (22)$$

Din relația (22) rezultă că pentru diferite adâncimi de frezare se impun regimuri cinematice specifice.

În cazul frezării ascendente o problemă de ordin cinematic o constituie grosimea maximă a materialului dislocat, care nu trebuie să depășească lungimea activă a dintelui care execută frezarea. Conform relației (9)

$$g_{max} = s * \sin \varphi_0$$

$$s = \frac{\pi D}{z_1 \lambda}; \quad \text{și} \quad \varphi_0 = \arccos \left( 1 - \frac{2h}{D} \right)$$

unde

Notând cu  $l$  - lungimea activă a dintelui și utilizând indicele cinematic al se obține condiția pentru regimul de frezare:

$$\lambda \geq \frac{\pi D}{z_1 l} \sin \arccos \left( 1 - \frac{2h}{D} \right) \quad (23)$$

Prin urmare este necesară alegerea unui indice cinematic pentru fiecare adâncime de frezare.

## 5 CONCLUZII

Din analiza parametrilor regimului de frezare rezulta o serie de legături între aceștia.

Pentru un tambur de frezare de diametru  $D$  pentru realizarea unei anumite adâncimi de frezare este necesar, pentru un proces de frezare optim, un anumit indice cinematic (v. relația 4.4' și fig. 4.5).

Grosimea materialului dislocat de dinți depinde de diametrul tamburului de frezare (v. fig.4.7). Pentru obținerea unei grosimi cât mai reduse, ceea ce înseamnă o rezistență mică la frezare este de dorit, pentru o anumită adâncime de frezare, un diametru al tamburului cât mai mare. De asemenea, o grosime redusă de material dislocat se obține și prin creșterea numărului de dinți dintr-o linie de tăiere (v. fig. 4).

Din analiza relației (4.11) se poate observa că un tambur de frezare cu diametru  $D$  și un număr de dinți pe o linie de taiere  $z_1$ , pentru o adâncime de frezare  $h$ , grosimea materialului dislocat scade odată cu creșterea indicelui cinematic  $\lambda$ .

În cazul frezării descendente, realizarea unui regim optim de frezare, este necesar să se realizeze un indice cinematic critic corespunzător fiecărei adâncimi de frezare (relația 22).

Din punct de vedere cinematic, în cazul frezării ascendente, regimul optim de frezare impune realizarea unei grosimi de material dislocat mai mici decât lungimea activă a dinților de frezare. Prin urmare, este necesar să se realizeze un indice cinematic mai mare decât cel critic (relația 23) pentru fiecare adâncime de frezare care urmează a fi executată.

### **Bibliografie**

- [1] Stefanescu, M., Studiul teoretic al procesului de frezare a straturilor de uzura a drumurilor, referat de doctorat, UTCB, 2004.
- [2] Trifu, St., Mecanizarea lucrărilor de eliminare a excesului de umiditate din sol, Ed. Ceres, 1976.
- [3] Stefanescu M., Contribuții asupra optimizării procesului de frezare a straturilor de uzură ale drumurilor, Teză de doctorat, București, 2006