

INFLUENȚA UZURII CUȚITELOR BURGHIULUI ASUPRA REZISTENȚEI LA PĂTRUNDERE, LA FORAJUL ORIZONTAL CU BURGHIU ,IN PĂMANTURI NECOEZIVE.

Șoimușan Valentin, Prof.univ.dr.ing. – Facultatea de Utilaj Tehnologic – UTCB
valentinsoimusan@yahoo.com

Abstract

This paper aims to determine the influence of the resistance to sliding wear knife drill in drilling earth non-cohesive.

1. INTRODUCERE

În procesul de forare orizontală, cu mașina de forat cu burghiu, se utilizează o mașină de forat ce are ca organ de lucru un burghiu prevăzut cu cap de foraj, compus dintr-un vârf de centrare și cuțite pentru dislocarea pământului.

Operația de forare are loc prin rotirea și împingerea burghiului în pământ, când acesta dislocă și evacuează pământul dislocat. Supus mișcării simultane de rotire și avans, vârful capului de foraj pătrunde în pământ realizând gaura necesară trecerii arborelui burghiului, îndeplinind în același timp și rolul de centrare, cuțitele dislocă pământul ce este evacuat de spira elicoidală a burghiului.

Pe lângă alți factori, o influență deosebită asupra rezistenței la pătrunderea capului de foraj în pământ o are forma constructivă a acestuia. Forma capului de foraj este impusă funcție de condițiile concrete de lucru, în special de natura pământului străbătut.

În practică, este des întâlnit burghiul dotat cu cap de foraj prevăzut cu vârf cilindric și două cuțite cu tăiș drept (fig.1).

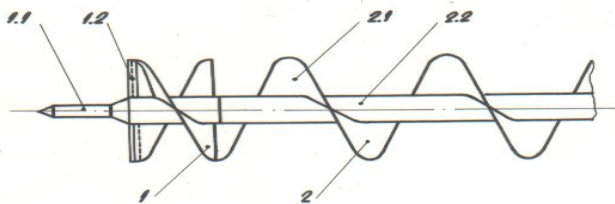


Fig.1.

1 – cap de foraj; 1.1. – vârf; 1.2 – cuțite; 2 – tronson burghiu; 2.1. – spiră; 2.2. - arbore

Rezistența la avans întâmpinată de organul de lucru la pătrunderea sa pământ este influențată substanțial de rezistența la patrunderea capului de foraj în pământ.

La pătrunderea capului de foraj în pământ, acesta întâmpină rezistența :

$$R_{cf}=R_v+R_c \quad (1)$$

unde :

R_v reprezintă rezistența la pătrunderea vârfului în pământ ;

R_c - rezistența la pătrunderea cuțitelor în pământ.

Pentru prezenta lucrare ne interesează rezistența la pătrunderea cuțitelor în pământ.

În lucrarea [1] au fost stabilite relațiile de calcul pentru rezistența la pătrunderea cuțitelor unui burghiu cu cap de foraj cu vârf cilindric și cuțite cu tăiș drept, ca cel din fig.1 :

$$R_{co} = mh \frac{D_c - d_a}{2} \cdot \frac{1}{\cos \varphi_1} \left[P_{op} \cos(\varepsilon - \varphi_1) \operatorname{ctg} \varepsilon - K_d \cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon) \right] \quad (2)$$

unde:

D_c este diametrul cuțitelor;

d_a – diametrul arborelui burghiului;

h – adâncimea de pătrundere a unui cuțit la o rotație;

m – numărul de cuțite.

Sau relația mult mai simplă:

$$R_c = m \cdot h \frac{D_c - d_a}{2} K_{pc} \quad (3)$$

unde:

$$K_{pc} = \frac{1}{\cos \varphi_1} \left[P_{opl} \cos(\varepsilon - \varphi_1) \operatorname{ctg} \varepsilon - K_d \cos(\varphi_1 + \varepsilon + \beta) \right] \quad (4)$$

Coeficientul k_{pc} reprezintă rezistența specifică la pătrunderea cuțitelor în pământ dată în daN/m².

Se observă că mărimea coeficientului k_{pc} este o mărime variabilă ce depinde de proprietățile fizico-mecanice ale pământului prin parametrii p_{op} și φ_1 și de parametrii cuțitului prin unghiurile de ascuțire β și de rezemare ε .

Valoarea exactă a coeficientului k_{pc} se determină experimental.

Aceste relații au fost stabilite pentru cuțite ascuțite, adică neuzate.

În realitate , după un anumit timp de lucru cuțitele se uzează schimbându-și geometria, ceea ce conduce la creșterea rezistenței la pătrundere cu toate consecințele ce decurg de aici.

Prezenta lucrare, încearcă să stabilească care este influența uzurii asupra mărimii rezistenței la patrunderea cuțitelor.

2. REZISTENȚA LA PĂTRUNDEREA CUȚITULUI UZAT, LA FORAREA ÎN PĂMÂNTURI NECOEZIVE

La pătrunderea în pământ a unui cuțit elementar uzat, având lungimea dr , dispus la distanța r față de axa burghiului, asupra lui acționează, în afara forțelor dN_1, dN_2, dF_1, dF_2 ce apar la cuțitul neuzat și forțele suplimentare dN_3 și dF_3 (fig. 2a). Aceste forțe sunt :

dN_1 reprezintă forța elementară normală pe suprafața de așezare ;

dN_2 - forța elementară normală pe suprafața de degajare ;

dN_3 - forța elementară normală, apăsare pe suprafața frontală ;

dF_1 - forța elementară de frecare pe suprafața de așezare ;

dF_2 - forța elementară de frecare pe suprafața de degajare ;

dF_{f3} - forța elementară de frecare pe suprafața frontală.

Proiectând aceste forțe pe axa longitudinală a burghiului, rezultă mărimea rezistenței elementare dR_{co} opusă de pământ la pătrunderea unui cuțit elementar uzat :

$$dR_{co} = dN_1 \cos \varepsilon + dF_{f1} \sin \varepsilon + dF_{f2} \sin(\beta + \varepsilon) - dN_2 \cos(\beta + \varepsilon) + dN_3 \quad (5)$$

unde :

ε reprezintă unghiul de așezare a cuțitului ;

β - unghiul de ascuțire a cuțitului.

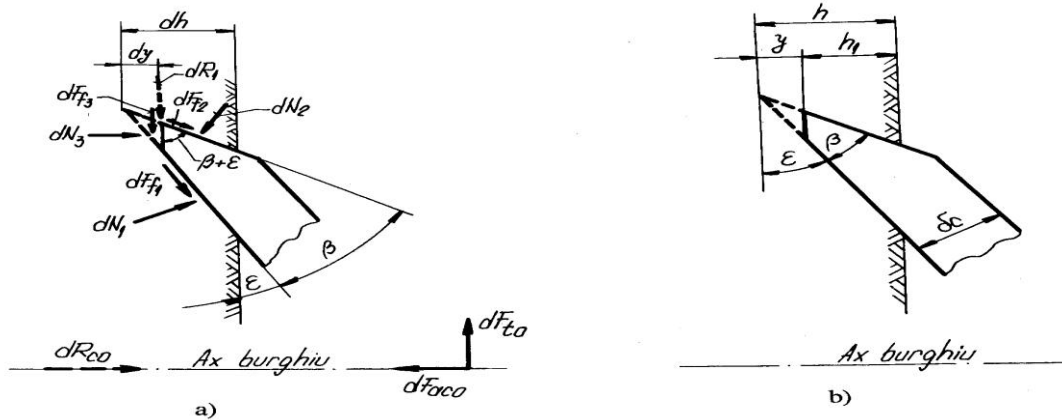


Fig.2

Forțele elementare normale au valoarea [2] :

$$dN_1 = p_{op} dh(\operatorname{ctg} \varepsilon) dr \quad (6)$$

$$dN_2 = k_d dh dr \quad (7)$$

$$dN_3 = p_{op} \frac{\sin \beta}{\sin \varepsilon \sin(\beta + \varepsilon)} dr dy \quad (8)$$

unde :

p_{op} reprezintă presiunea orizontală pasivă ce acționează asupra cuțitului ;

dh - adâncimea elementară de pătrundere a cuțitului elementar ;

k_d - rezistența specifică la desprinderea "așchiei" de pământ ;

dy - uzura elementară a cuțitului.

Forțele de frecare elementare sunt date de expresiile :

$$dF_{f1} = \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot dN_1 \quad (9)$$

$$dF_{f2} = \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot dN_2 \quad (10)$$

$$dF_{f3} = \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot dN_3 \quad (11)$$

Înlocuind forțele de frecare cu valorile lor date de relațiile (9), (10) și (11), iar forțele normale cu valorile date de relațiile (6), (7) și (8) și efectuând transformările trigonometrice necesare rezultă :

$$dR_{co} = \left[p_{op} \operatorname{ctg} \varepsilon \frac{\cos(\varepsilon - \varphi_1)}{\cos \varphi_1} - k_d \frac{\cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon)}{\cos \varphi_1} \right] dr dh + p_{op} \frac{\sin \beta}{\sin \varepsilon \sin(\beta + \varepsilon)} dr dy \quad (12)$$

Având în vedere limitele de integrare, rezistența la pătrunderea unui cuțit uzate este dată de relația :

$$R_{co} = \left[p_{op} \operatorname{ctg} \varepsilon \frac{\cos(\varepsilon - \varphi_1)}{\cos \varphi_1} - k_d \frac{\cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon)}{\cos \varphi_1} \right] \int_{d_o/2}^{D_c/2} dr \int_y^h dh + p_{op} \frac{\sin \beta}{\sin \varepsilon \sin(\beta + \varepsilon)} \int_{d_o/2}^{D_c/2} dr \int_0^y dy \quad (13)$$

Calculând integralele și notând :

$$h - y = h_1 \quad (14)$$

rezultă rezistența la pătrunderea unui cuțit uzat :

$$R_{co} = h_1 \frac{D_c - d_a}{2} \left[p_{op} \operatorname{ctg} \varepsilon \frac{\cos(\varepsilon - \varphi_1)}{\cos \varphi_1} - k_d \frac{\cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon)}{\cos \varphi_1} \right] + p_{op} y \frac{D_c - d_a}{2} \frac{\sin \beta}{\sin \varepsilon \sin(\beta + \varepsilon)} \quad (15)$$

Dacă se ține cont de numărul cuțitelor, m se obține rezistența totală la pătrunderea cuțitelor uzate :

$$R_{cu} = m h_1 \frac{D_c - d_a}{2 \cos \varphi_1} \left[p_{op} \operatorname{ctg} \varepsilon \cos(\varepsilon - \varphi_1) - k_d \cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon) \right] + m p_{op} y \frac{D_c - d_a}{2} \frac{\sin \beta}{\sin \varepsilon \sin(\beta + \varepsilon)} \quad (16)$$

unde (fig.2.b) :

h_1 reprezintă adâncimea de pătrundere acutișului uzat, la orotație a burghiului ;

y - uzura cuțitului uzat .

Se constată că rezistența întâmpinată de cuțitele uzate este mai mare decât rezistența întâmpinată de cuțitele neuzate cu mărimea :

$$R_{sup} = R_{cu} - R_c = m p_{op} y \frac{D_c - d_a}{2} \left[\frac{\sin \beta}{\sin \varepsilon \sin(\beta + \varepsilon)} - \operatorname{ctg} \varepsilon \frac{\cos(\varepsilon - \varphi_1)}{\cos \varphi_1} \right] + m k_d y \frac{D_c - d_a}{2} \frac{\cos(\beta + \varepsilon + \varphi_1)}{\cos \varphi_1} \quad (17)$$

Din relația (17) se observă că rezistența suplimentară R_{sup} este direct proporțională cu mărimea uzurii y .

Se constată că pentru cuțitele neuzate, când $y = 0$, rezistența suplimentară devine nulă ($R_{sup} = 0$), iar rezistența întâmpinată de cuțite este minimă și ia valoarea rezistenței întâmpinate de cuțitele neuzate:

$$R_{cu} = R_c = m h \frac{D_c - d_a}{2} \frac{1}{\cos \varphi} \left[p_{op} \operatorname{ctg} \varepsilon \cos(\varepsilon - \varphi_1) - k_d \cos(\varphi_1 + \beta + \varepsilon) \right] \quad (18)$$

Pentru cuțitele complet uzate, când uzura este maximă și tășul cuțitului a dispărut, adică $y = h = h_0$ (fig.2.b și fig.3.a) și $h_1 = 0$, rezistența la pătrunderea cuțitelor uzate devine:

$$R_{ccu} = m p_{op} \frac{D_c - d_a}{2} h_0 \frac{\sin \beta}{\sin \varepsilon \sin(\beta + \varepsilon)} \quad (19)$$

Cum :

$$h_0 = \delta_c \frac{\sin(\beta + \varepsilon)}{\sin \beta} \quad (20)$$

relația (19) devine:

$$R_{ccu} = m p_{op} \frac{D_c - d_a}{2} \frac{\delta_c}{\sin \varepsilon} \quad (21)$$

unde δ_c reprezintă grosimea cuțitului (fig. 3.a)

3. REZISTENȚA LA PĂTRUNDEREA CUȚITULUI COMPLET UZAT, LA FORAREA ÎN PĂMÂNTURI NECOEZIVE

La cuțitul complet uzat suprafața frontală ce vine în contact direct cu pământul este mai mare, iar unghiul de ascuțire se modifică luând valoarea ε (fig.3.a)

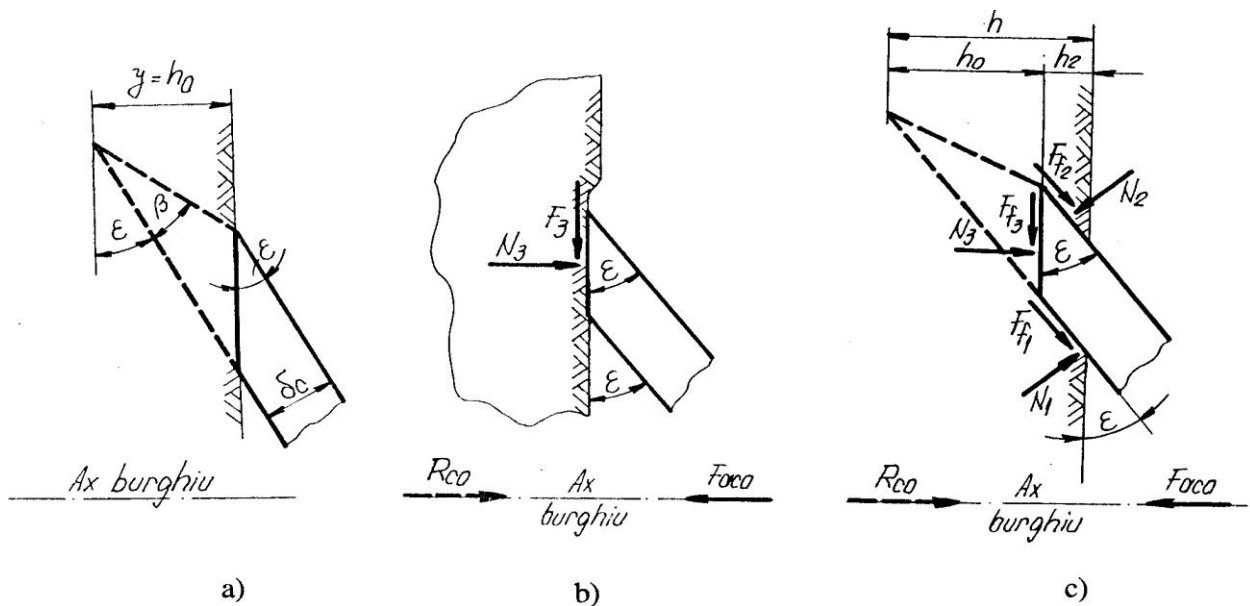


Fig.3

La forarea cu cutite complet uzate trebuie invinse fortele N_3 normala pe suprafata frontala si F_{f3} de frecare dintre aceasta suprafata si pamant (fig.3.b). In acest caz rezistenta totala la patrunderea cotitelor complet uzate R_{ccu} este data de relatia (21). In aceasta situatie avansul cutitelor este nul , energia transmisa de burghiu se consuma in totalitate pentru invingerea fortelor de frecare.

In cazul in care forta de avans F_{ac} este suficient de mare cutitele desi sunt complet uzate patrund in pamant cu o adancime $h_2 = h - h_0$ (fig.3.c). In noile conditii asupra cutitului actioneaza fortele normale N_1, N_2, N_3 si fortele de frecare F_{f1}, F_{f2}, F_{f3} .

Fortele normale sun date de relatiile:

$$N_1 = p_{op} \operatorname{ctg} \epsilon \int_{d_a/2}^{D_c/2} dr \int_{h_0}^h dh \quad (22)$$

$$N_2 = k_d \int_{d_a/2}^{D_c/2} dr \int_{h_0}^h dh \quad (23)$$

$$N_3 = p_{op} \frac{\delta_c}{\sin \epsilon} \int_{d_a/2}^{D_c/2} dr \quad (24)$$

Efectuand calculele rezulta:

$$N_1 = p_{op} \operatorname{ctg} \epsilon \frac{D_c - d_a}{2} h_2 \quad (25)$$

$$N_2 = k_d \frac{D_c - d_a}{2} h_2 \quad (26)$$

$$N_3 = p_{op} \frac{\delta_c}{\sin \epsilon} \frac{D_c - d_a}{2} \quad (27)$$

unde:

$$h_2 = h - h_0 \quad (28)$$

Proiectand, pe axa longitudinala a cutitului, fortele ce actioneaza asupra sa, se obtine rezistenta la patrundere a unui cutit complet uzat R_{cuo}^{max} :

$$R_{cuo}^{max} = N_1 \cos \varepsilon + F_{f1} \sin \varepsilon + F_{f2} \sin \varepsilon - N_2 \cos \varepsilon + N_3 \quad (29)$$

Inlocuind fortele de frecare cu valorile date de relatiile:

$$F_{f1} = tg \varphi_1 N_1 \quad (30)$$

$$F_{f2} = tg \varphi_1 N_2 \quad (31)$$

si efectuand transformarile trigonometrice necesare relatia de calcul a rezistentei devine:

$$R_{cuo}^{max} = N_1 \frac{\cos(\varepsilon - \varphi_1)}{\cos \varphi_1} - N_2 \frac{\cos(\varepsilon + \varphi_1)}{\cos \varphi_1} + N_3 \quad (32)$$

Inlocuind fortele normale cu valorile date de relatiile (25), (26) si (27) si tinand cont de numarul m de cutite ale capului de foraj, rezulta expresia de calcul a rezistentei la patrunderea in pamant a cutitelor complet uzate R_{ccu}^{max} :

$$R_{ccu}^{max} = mh_2 \frac{D_c - d_a}{2} \frac{1}{\cos \varphi_1} \left[p_{op} ctg \varepsilon \cos(\varepsilon - \varphi_1) - k_d \cos(\varepsilon - \varphi_1) \right] + mp_{op} \frac{D_c - d_a}{2} \frac{\delta_c}{\sin \varepsilon} \quad (33)$$

Se constata ca relatia (33) da valoarea maxima a rezistentei intampinate de cutitele unui burghiu la patrunderea lor in pamant si aceasta apare in cazul utilizarii unui cap de foraj cu cutitele complet uzate.

4. CONCLUZII

Avand in vedere ca pe parcursul executarii operatiei de forare cutitele se uzeaza si de fapt in majoritatea timpului de lucru cutitele capului de foraj sunt in permanenta mai mult sau mai putin uzate, apare necesitatea analizei aprofundate a influentei uzurii asupra organului de lucru. Prezenta lucrare incearca sa faca o astfel de analiza.

In urma analizei conditiilor care apar in noua situatie de lucru , cand cutitele sunt uzate, s-au putut stabili relatii de calcul a rezistentei intampinate de cutitele uzate la patrunderea lor in pamant. (16), (21) si (33).

Comparand relatia (16) de calcul a rezistentei la patrundere pentru cutitele uzate cu relatia (2) de calcul a rezistentei la patrundere pentru cutitele neuzate se constata ca utilizand cutitele uzate apare o rezistenta suplimentara data de relatia (17).

Analizand aceasta relatie se constata ca rezistenta suplimentara creste direct proportional cu cresterea uzurii.

In cazul in care masina continua sa lucreze, ajungand sa aiba cutitele complet uzate , adica partea ascutita (taisul cutitului) dispare cu totul (fig.3.c), cand cutitul isi schimba forma geometrica, rezistenta intampinata la patrundere atinge valoarea maxima data de relatia (33).

Din analiza relatiilor care dau valoarea rezistentei suplimentare se observa ca o influenta importanta asupra marimii ei o au parametrii cutitului.

Astfel se observa ca o crestere a unghiului de taiere $\theta = \beta + \varepsilon$ conduce la o micșorare a rezistentei suplimentare. De asemenea o crestere a unghiului de asezare ε conduce la o micșorare a rezistentei suplimentare.

Cum rezistența suplimentară R_{sup} depinde simultan atât de unghiul de tăiere θ cât și de unghiurile de ascuțire β și de așezare ε , pentru obținerea unor concluzii corecte, se analizează influența simultană a acestor unghiuri asupra mărimii rezistenței suplimentare.

Din analiza făcută rezultă că rezistența suplimentară R_{sup} scade o dată cu creșterea unghiurilor de tăiere θ și de așezare ε , dar micșorarea unghiului de ascuțire β . Deci, *pentru micșorarea rezistenței suplimentare ce apare datorită uzurii cutitelor, se impune mărirea unghiului de tăiere θ făcută prin creșterea unghiului de așezare ε cu menținerea unghiului de ascuțire β la valoarea minimă admisă.*

La cutitele complet uzate, când unghiul de ascuțire β dispare, micșorarea rezistenței suplimentare se face prin creșterea unghiului de așezare ε .

In concluzie, pentru reducerea rezistenței suplimentare ce apare în cazul forării cu cutite uzate, la proiectare capul de foraj va fi astfel conceput încât cutitele să aibă unghiul de tăiere θ și unghiul de așezare ε , cât mai mari, iar unghiul de ascuțire β cât mai mic, în limitele admisibile. Alegerea acestor parametri contribuie și la reducerea rezistenței la patrundere și pentru cutitele ascuțite.

Alegerea corectă a acestor parametri conduce la reducerea mărimii rezistenței la patrundere a cutitelor burghiului și prin aceasta la un *consum energetic mai mic*.

Având în vedere importanța uzurii cutitelor asupra creșterii rezistenței la patrundere, cu toate consecințele negative ce decurg de aici, la proiectare lor se impune alegerea unui oțel rezistent la uzură.

Pe de altă parte, ținându-se cont și de influența proprietăților fizico-mecanice ale pământului asupra rezistenței la avans (deci și asupra rezistenței la patrundere) recomandabil ar fi ca alegerea parametrilor capului de foraj să se facă în concordanță cu natura pământului. **Având în vedere reducerea consumului energetic, considerăm că se impune dotarea fiecărei mașini de forat cu un set de capete de foraj prevăzute cu cutite adecvate pentru principalele categorii de pământ întâlnite.**

Bibliografie

- [1] Șoimușan Valentin - Studiul asupra rezistenței la patrunderea cutitelor unui burghiu, la forajul orizontal cu burghiu. Comunicare la al XIV-lea Simpozion Național de Utilaje pentru Construcții, SINUC 2008, 18-19. 2008, București.
- [2] Valentin Șoimușan – Forarea orizontală cu burghiu. Baze teoretice. Editura CONSPRESS, București, 1998.

