

TADEUSZ OPOLSKI

DOBÓR KSZTAŁTU KRAWĘDZI ROBOCZYCH MAŁOŚREDNICZYCH
KORONEK WIERTNICZYCH Z PUNKTU WIDZENIA KSZTAŁTU
POWIERZCHNI STĘPIENIA

W pracy przedstawiono metodę modelowania kształtu powierzchni stępienia koronek wiertniczych dostosowaną do założonego celu poprawy kształtu koronek.

1. Wstęp

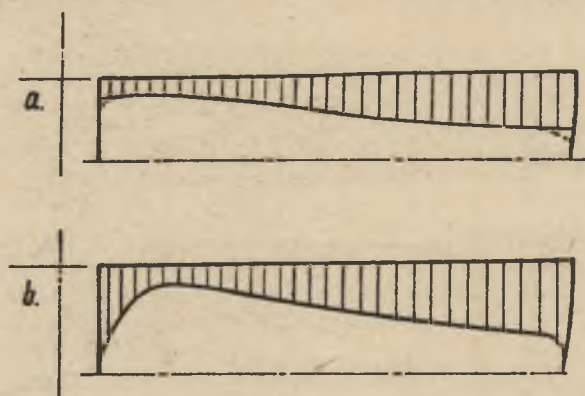
Stępienie koronek do wiercenia obrotowego oraz obrotowo-udarowego rozkłada się nierównomiernie wzdłuż promienia koronki.

Jeśli założymy, że objętość zużycia jest wprost proporcjonalna do prędkości obwodowej i że warunki skrawania nie zmieniają się jakościowo wzdłuż promienia, to szerokość powierzchni stępienia będzie rosła ze wzrostem promienia a /rys. 1/.

Ze względu na zmienione warunki urabiania na końcach krawędzi skrawającej, występują tam lokalne zmiany szerokości powierzchni stępienia / na rys. 1 - linia kreskowana/. Dodatkową komplikację może stanowić zanik kąta ruchowego przyłożenia / $\alpha' < 0$ / -zwykle w pobliżu osi. W miejscu wystąpienia wadliwych warunków skrawania następuje bardzo znaczne poszerzenie powierzchni stępienia b / rys. 1/. To ostatnie zjawisko przy wierceniu obrotowym łatwo wyeliminować stosując w skałach łatwo urabialnych koronki o geometrii raczka BOB, w skałach zaś trudniej urabialnych o geometrii raczka TOP [7].

Rys. 2 przedstawia typowe powierzchnie stępienia koronek do udarowo - obrotowego i okołowego wiercenia.

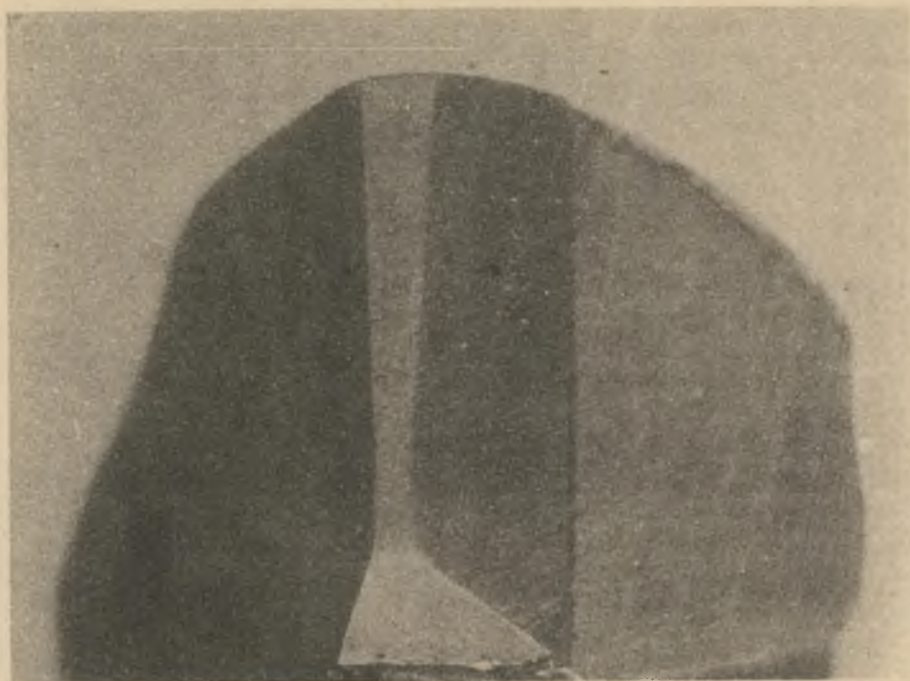
Zbytne poszerzenie powierzchni stępienia przy wierceniu obrotowo-udarowym pociąga za sobą istotne niedogodności.



Rys. 1. Schemat kształtu stępienia; a - przy poprawnych warunkach skrawania, b - przy zaniku α' w pobliżu osi.



Rys. 2. Powierzchnie stępienia narzędzi do wiercenia; a - koronka trój-
ostrzowa, b - koronka dwuostrzowa do wiercenia obrotowo-udarowe-
go, c - koronka do wiercenia obrotowego.



Rys. 2b.



Rys. 2c.

Zmniejsza się nieco prędkość posuwu wiercenia, wzrasta docisk potrzebny do wiercenia oraz, co najważniejsze, maleje efektywność przekazywania energii uderzenia na skałę.

To ostatnie zjawisko wywiera ujemny wpływ na przebieg wiercenia i co gorsze powoduje drgania żerdzi wiertniczej wskutek odbijania się fali drgań od skały i nakładania na drgania powodowane kolejnymi uderzeniami. W wyniku tego naprężenia dynamiczne w żerdzi osiągają dużą wartość, co sprzyja zmęczeniu i złamaniu żerdzi.

Tak więc poprawna geometria ostrzy z punktu widzenia stępienia wpływa nie tylko na postęp wiercenia i poprawę działania wiertarki, ale również na trwałość żerdzi wiertniczych, co jest szczególnie ważne wobec tendencji do zwiększania energii uderzenia.

Jak wykazały badania [2, 6, 7], zastosowanie geometrii ostrza jak w raczku TOP sprzyja ograniczeniu szerokości stępienia, powodując bardziej równomierny rozkład szerokości tej powierzchni wzdłuż promienia oraz eliminując wadliwe warunki skrawania $\alpha' < 0$ w pobliżu osi.

Tak więc można sądzić, że zastosowanie modyfikacji kształtu koronki, idące w kierunku zastosowania podolnej geometrii jak w raczku TOP, zapewni poprawę warunków wiercenia obrotowo-udarowego.

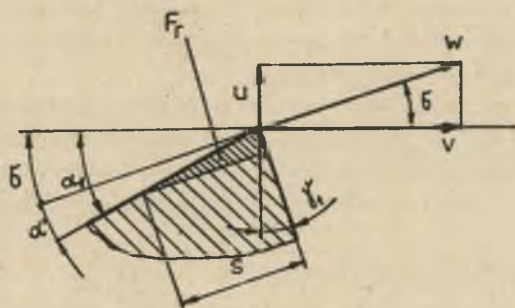
2. Założenia teoretycznej analizy

Znajomość ścisłych związków pomiędzy spoczynkowymi kątami skrawania a ruchowymi, przy uwzględnieniu podstawowych parametrów krawędzi skrawającej, którymi są kąt ψ oraz przesunięcie C_s stwarza możliwość analitycznego wyznaczenia związku pomiędzy posuwem jednostkowym p , promieniem r i względną szerokością powierzchni stępienia s . Obliczenia takie przeprowadzono dla kilku wariantów ukształtowania krawędzi skrawającej [3, 4].

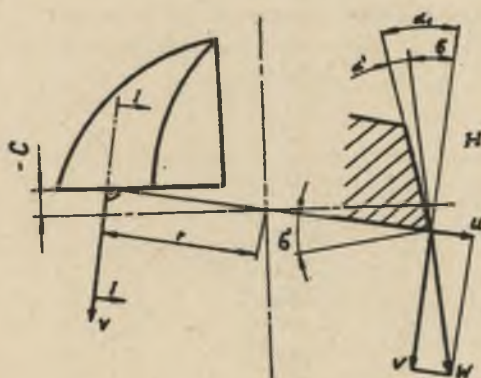
Również sprawdzeniu poddano prawidłowość warunków pracy na całej długości krawędzi roboczej. Obliczenie prowadzono na elektronicznej maszynie cyfrowej.

Założenia wstępnej analizy są następujące / rys. 3/:

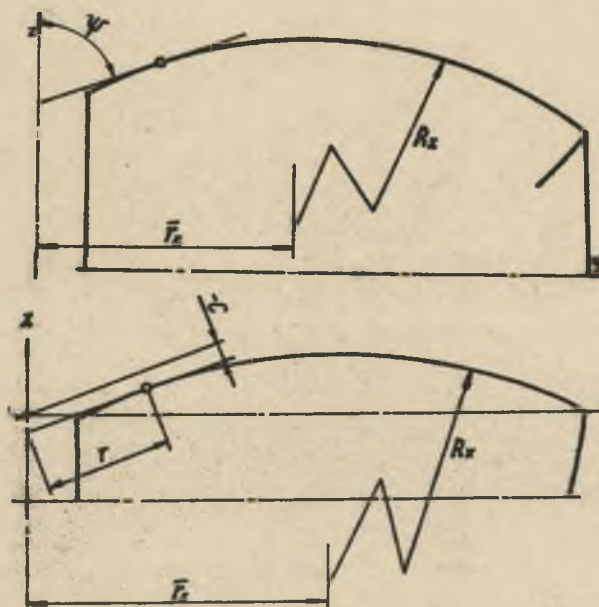
- Stępienie następuje zgodnie z przeciętną powierzchnią śrubową, według której porusza się wiertło i koronka urabiająca,
- Objętość ubytku spowodowanego stępieniem ostrza jest proporcjonalna do objętości skrawanej skały na określonym promieniu, co jest równoznaczne z założeniem, że objętość narzędzia starta wskutek stępienia jest proporcjonalna do prędkości obwodowej / do promienia r ,
- Wielkości charakteryzujące krawędź urabiającą w określonym miejscu przedstawiono na rys. 4. Zakłada się symetrię koronki dwuskrzydełkowej,
- Przyjmuje się kilka kształtów wypukłości czołowej R_x oraz kilka promieni R_z i usytuowań F zaokrąglenia wierzchołków / rys. 5/, co daje szereg wariantów. Założenia odnoszące się do kątów α i γ oraz posuwu p stosownie do twardości skały zwiększają znacznie liczbę wariantów, z których przytoczymy tylko małą część.



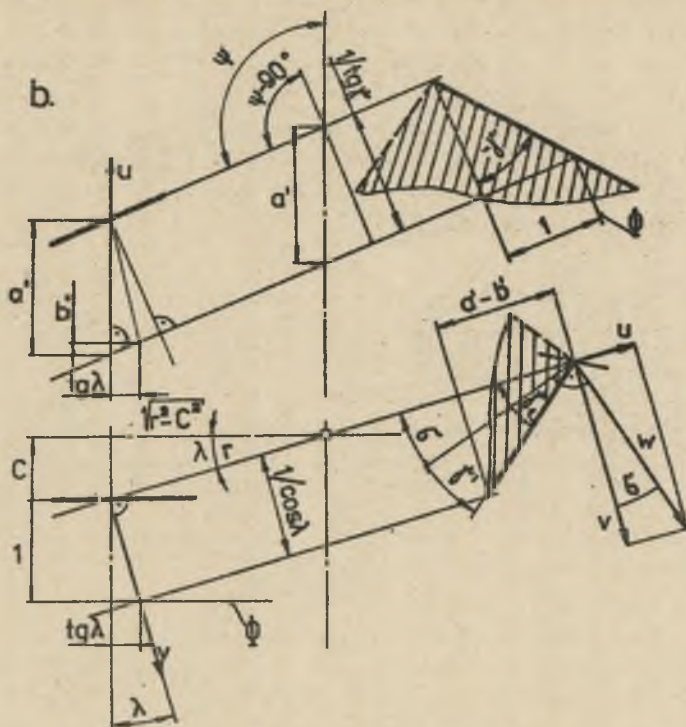
Rys. 3. Schemat przebiegu stępienia.



Rys. 4. Wielkości charakteryzujące krawędź skrawającą.



Rys. 5. Przykład kształtów poddanych analizie.



Rys. 6b

$$a + b = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \psi} - \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg} \psi} \quad /3/$$

Stąd wynika:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{csc} \lambda / \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \psi} - \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg} \psi} \right) \quad /4/$$

a więc:

$$\alpha' = \alpha_1 - \sigma = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha \sqrt{r^2 - c^2}}{\sin \psi + r} - \frac{c}{r \operatorname{tg} \psi} \right) - \sigma \quad /5/$$

Na rys. 6 b przedstawiono element krawędzi urabiającej wraz z płaszczyzną natarcia oraz u góry przekrój prostopadły do krawędzi, u dołu zaś przekrój prostopadły do promienia.

Również tu przyjęto płaszczyznę Φ , równoległą do elementu krawędzi oraz do osi odległą od krawędzi o 1, lecz położoną po przeciwnej stronie krawędzi. Tu również krawędź przecięcia tej płaszczyzny natarcia wyznacza odjinki a' i b' :

Wyznaczamy je z zależności

$$\operatorname{tg} / \psi - 90^\circ = \frac{b'}{\operatorname{tg} \lambda}; \quad b' = - \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg} \psi} \quad /6/$$

$$\cos \psi - 90^\circ = \frac{1}{\operatorname{tg} \gamma \cdot a'}; \quad a' = \frac{1}{\operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \psi} \quad /7/$$

$$a' - b' = \frac{1}{\operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \psi} + \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg} \psi} \quad /8/$$

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{1}{\cos \lambda} \cdot \frac{1}{a' - b'} \quad /9/$$

Stąd wynika

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{\sin \psi \cdot \operatorname{tg} \gamma}{\cos \lambda + \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \lambda \cdot \cos \psi} \quad /10/$$

a więc:

$$\gamma' = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left(\frac{\sin \psi \cdot \operatorname{tg} \gamma}{\cos \lambda + \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos \psi \cdot \sin \lambda} \right) - \epsilon \quad /11/$$

Ponieważ:

$$\sin \lambda = \frac{c}{r} \quad \cos \lambda = \frac{\sqrt{r^2 - c^2}}{r}$$

$$\gamma' = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left(\frac{r \sin \psi \cdot \operatorname{tg} \gamma}{\sqrt{r^2 - c^2} + c \operatorname{tg} \gamma \cos \psi} \right) - \epsilon \quad /12/$$

4. Przedmiot obliczeń

Przyjęcie określonego kształtu krawędzi skrawającej determinuje wielkości γ i c zależne od r . W dalszych obliczeniach zakładamy α i γ stałe oraz p w dwu wartościach / 2 i 5 mm / obr. / . Ze wzorów (9) i (10) oblicza się α_1 i γ_1 , a z zależności (5) i (11) α' i γ' .

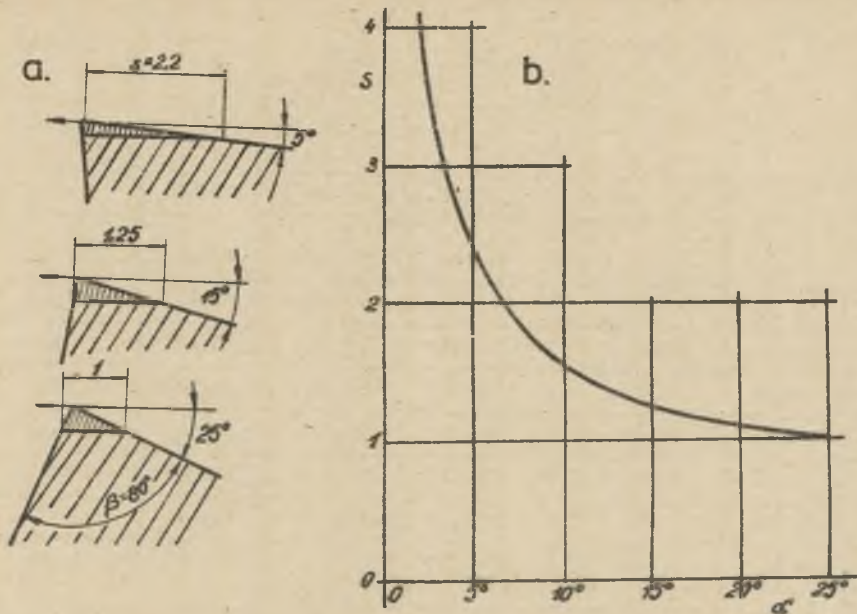
Pomiędzy posuwem p , promieniem r i kątem linii śrubowej zachodzi związek:

$$\operatorname{tg} \epsilon = \frac{2 \pi r}{p} \quad /13/$$

pozwalający na obliczenie ϵ .

Rozmieszczenie wzdłuż krawędzi skrawającej ubytku węglików spiekanych wynikłego ze stopienia zależy od ruchowych kątów skrawania a w szczególności od kąta przyłożenia α' / rys. 7a / . Przy zachowaniu stałego kąta ostrza β w głównej płaszczyźnie skrawania, tym większa jest powierzchnia stopienia s , odpowiadająca starciu tej samej objętości węglików spiekanych, im mniejszy jest kąt α' / N. Przedstawia to wykres na rys. 7 b.

Znając ściśle wartość rzeczywistą ruchowych kątów przyłożenia i natarcia zakładamy, że powierzchnia zużycia F_r na danym promieniu r jest proporcjonalna do prędkości skrawania w danym miejscu:



Rys. 7. Zmiany szerokości powierzchni stępienia ze zmianą kąta α' przy stałym kącie β ; a - schemat, b - zależność $s = f(\alpha')$

$$F_x = f / \psi, C, p / = k \cdot r \quad /14/$$

Dalej przyjmuje się, że stępienie następuje według kąta zależnego również $\angle 8$ od promienia r i posuwu p .

Założenia te pozwalają na wyznaczenie z zastosowaniem elektronicznej techniki obliczeniowej konkretnej wartości szerokości powierzchni stępienia s w funkcji założonych kształtów krawędzi skrawających.

$$s = k \cdot f_1 / \psi, C, p, r / \quad /15/$$

Zależność (15) jest więc modelem matematycznym przebiegu stępienia koronki. Ponieważ jak wykazały badania $\angle 5, 8$ objętość zużycia jest liniową funkcją drogi, przyjęcie wartości k nie ma wpływu na kształt powierzchni stępienia. W pracy założono $k = 1$, a wszystkie otrzymane wyniki przedstawiono w jednakowej skali.

Obliczenia przeprowadzono na maszynie ZAM 41 dla szeregu założonych kształtów krawędzi skrawających. Tablica 1 przedstawia przykład obliczeń dla określonego kształtu krawędzi skrawającej posuwu $p = 5$ mm oraz kątów $\gamma = -30^\circ$ i $\alpha = 30^\circ$ / rys. 8d/.

Wyniki obliczeń przedstawiono kolejno na rysunkach 8, a, b, c i d. Dla każdego zarysu krawędzi wyznaczono pole stępienia odpowiadające posuwowi 5 mm/obr.

Powierzchnię stępienia przy określonym kształcie koronki określa suma:

$$F_s = \sum_1^i s_i \cdot \Delta r_i \quad /16/$$

TABLICA 3

r	PS ₁	C	P	ALFA 1	GAMMA 1	SIGMA	s
1,5	71,0	- 0,55	5,0	34,774	32,363	27,947	3,556
3,0	77,0	- 0,42	5,0	31,759	30,061	14,856	3,269
4,5	82,0	-0,22	5,0	30,507	29,885	10,028	3,698
6,0	87,0	+ 0,03	5,0	30,023	29,923	7,555	4,121
7,5	92,0	+ 0,42	5,0	30,060	30,052	6,057	4,492
9,0	97,0	+ 0,77	5,0	30,543	30,056	5,053	4,804
10,5	102,0	+ 1,33	5,0	31,484	30,036	4,334	5,053
12,0	108,0	+ 1,90	5,0	33,058	29,791	3,794	5,222
13,5	114,0	+ 2,65	5,0	35,264	29,442	3,374	5,320
15,0	120,0	+ 3,18	5,0	37,737	28,626	3,037	5,371
16,5	126,0	+ 3,98	5,0	40,952	27,726	2,761	5,353
18,0	132,0	+ 5,03	5,0	44,930	26,724	2,531	5,273
19,5	132,0	+ 5,83	5,0	45,301	27,091	2,337	5,471
21,0	132,0	+ 6,70	5,0	45,667	27,492	2,170	5,663

Ponieważ obliczenia s przeprowadzono w równych odstępach Δr , a więc $\sum s$ charakteryzuje wielkości powierzchni stępienia. Dla kolejnych rozwiązań uzyskano przy $\alpha = 30^\circ$ $\gamma = -30^\circ$ i $p = 5$ mm/obr.

Krawędzie prostoliniowe:

a - C = 0, $\psi = 108^\circ$ $\sum s = 68,30$ 100,0 %
 b - C = 2 mm, $\psi = 108^\circ$ $\sum s = 66,53$ 97,4 %

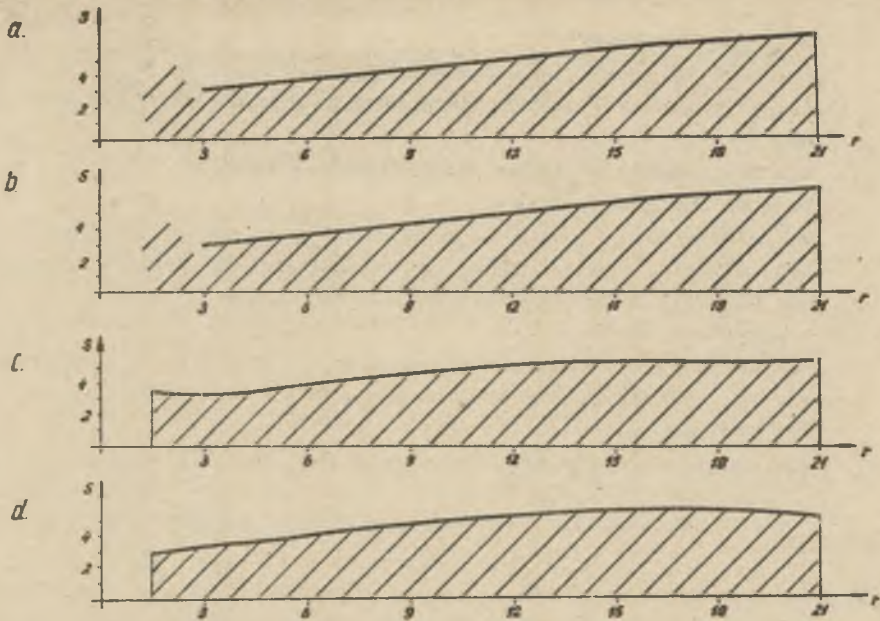
Krawędzie łukowe:

c - rys. 8 Rx = 40, Rz = 16 $\sum s = 63,37$ 92,8 %
 d - rys. 8 Rx = 30, Rz = 16 $\sum s = 63,11$ 92,4 %

Przy promieniu 1,5 mm i rozwiązaniu 1 wystąpiły już nieprawidłowe warunki pracy/ $\alpha' < 0$ / i s wzrasta nieograniczenie, dlatego punktu tego nie brano w obliczeniach: $\sum s$ pod uwagę.

5. Podsumowanie

Przy założeniu więc, że przy wierceniu ulega starciu stała objętość V węglików spiekanych, wielkość powierzchni starcia oraz rozkład szerokości starcia s wzdłuż krawędzi skrawającej zależą od kształtów koronki



Rys. 6. Wyniki obliczeń dla zarysów krawędzi; a - prosto - liniowy, $C = 0$, $\psi = 108^\circ$, b - prostoliniowy, $C = 2$, $\psi = 108^\circ$, c - łukowy $R_x = 40$, $R_z = 16$ cm, d - łukowy $R_x = 30$, $R_z = 16$ cm.

określonych wielkościami ψ , C , α i γ oraz od wartości posuwu p .

Przedstawiona metoda modelowania kształtu powierzchni stępienia pozwala na dostosowanie kształtu koronki do założonego posuwu, a więc rodzaju skały i typu maszyny wierzącej. Modyfikując stopniowo kształty, drogą kolejnych przybliżeń można uzyskać poprawę trudną do uzyskania innymi metodami.

Metoda nadaje się do koronek o niewielkich średnicach, a traci znaczenie, gdy posuw p oraz przesunięcie C stają się wielkością małą w stosunku do średnicy.

Wykaz oznaczeń

a, b	długości odcinków oznaczonych na rys. 6
C	wysunięcie do przodu krawędzi skrawającej
F_r	powierzchnia zużycia prostopadła do promienia
F_s	powierzchnia stępienia
k	współczynnik proporcjonalności powierzchni zużycia i promienia
p	posuw jednostkowy / mm / obr. /
r	promień odległość punktu na krawędzi skrawającej od osi obrotu
s	szerokość powierzchni stępienia
u	prędkość posuwu
V	objętość zużycia

v	prędkość obwodowa
w	prędkość skrawania, suma wektorialna u i v
α	kąt przyłożenia w płaszczyźnie prostopadłej do krawędzi skrawającej
α_1	kąt przyłożenia w głównej płaszczyźnie skrawania
α'	ruchowy kąt przyłożenia
β	kąt ostrza
γ	kąt natarcia w płaszczyźnie prostopadłej do krawędzi skrawającej
γ_1	kąt natarcia w głównej płaszczyźnie skrawania
γ'	ruchowy kąt natarcia
λ	kąt odchylenia pomiędzy promieniem r a równoległą do osi płaszczyzną, na której leży odcinek krawędzi skrawającej
ϕ	kąt pomiędzy w i v
ψ	kąt nachylenia krawędzi skrawającej względem osi obrotu.

LITERATURA

- [1] Belugou P., Walantin A.: Etude des pics de machines d'abattage. Sympozjum: Badania urabiania węgla i skal. Wyd. Geologiczne, Warszawa 1964
- [2] Czudaj K.: Einfluss der Schneidenform... Sympozjum: Badania urabiania węgla i skal. Wyd. Geologiczne Warszawa 1964
- [3] Katanow B.A.: Racionalnyje schemy rozpolożenia rezcow na burowych instrumentach rezuszczego tipa. Gorn. Żurn. JWUZ 12/1975
- [4] Katanow B.A.: Forma seczenia i wpisywanie nakłonnych rezcow. Gorn. Żurn. JWUZ 4/1974
- [5] Muschellknauz H.: Der Verschleiss hartmetallbestückter Meissel bei der Gewinnung ... Glückauf Forschungshefte 4/1976
- [6] Opolski T.: Utrata przydatności do skrawania narzędzi wierzących a ich kształt geometryczny. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa Nr 3 1975
- [7] Opolski T.; Bąkiewicz S., Błądowski T., Kowal R.: Badania laboratoryjne wiercenia obrotowego w skalach zwięzłych kopalń rudy miedzi. Prace ZKMPW, Zeszyt nr 90 Katowice 1974
- [8] Sekula F.ii.: Der Werkzeugverschleiss beim drehenden Gesteinsbohren ... Glückauf Forsch. 5/1975

подбор формы режущей кромки буровых коронок небольшого диаметра, с точки зрения, формы поверхности притупленной

В работе представлен метод моделирования поверхности притупленной буровых коронок, приспособленный к задачки цели исправления формы коронок.

SELECTION OF THE SHAPE OF WORKING EDGES OF SMALL DIAMETER DRILL BITS FROM THE POINT OF VIEW OF THE BLUNTED SURFACE SHAPE

A method of modelling the shape of blunted surfaces of drill bits, suitable for the proposed improvement of the shape of drill bits is presented.