



Teoria obrótu noża stycznno-obrotowego

Rotating tangent cutters

Mgr inż. Zenon Rożenek^{*)}

Treść: Szerokie zastosowanie noża stycznno-obrotowego w technologii pozyskiwania kopalin jest efektem jego podstawowej cechy – obrotu w uchwycie nożowym, co prowadzi do jego tzw. samoostrzenia. Cecha ta w sposób zasadniczy wpływa na ekonomikę procesu produkcyjnego, jego energochłonność, jakość produktu wyjściowego, a w efekcie końcowym na koszt pozyskania kopalin. Obrót noża stycznno-obrotowego był i nadal jest tematem doświadczeń oraz rozważań teoretycznych, które wykazały, że jest to zjawisko dość złożone, zależne od wielu czynników. Jednak obecna wiedza, a przede wszystkim efekty pracy tego narzędzia sprawiają, że jest stosowany na szeroką skalę, nie tylko w przemyśle wydobywczym, ale także np. w budownictwie czy drogownictwie.

Abstract: The wide use of rotating tangent cutter in the technology of minerals' excavation is the result of its basic feature: capability of rotation in the cutter grip, which leads to its so-called self-sharpening. This feature has a fundamental impact on the economics of the production process, its energy consumption, the quality of the output product and, consequently, on the cost of minerals' excavation. Rotation of rotating tangent cutters was and still is the subject of experiments, theoretical considerations, which showed that this phenomenon is quite complex, depending on many factors. However, current knowledge and, above all, the effects of the work of this tool, makes it useful on a larger scale, not only in the mining industry but also, for example, in construction or road engineering.

Słowa kluczowe:

noż stycznno-obrotowy, obrót, samoostrzenie, teoria obrotu

Keywords:

rotating tangent cutters, rotation, self-sharpening, rotation theory

1. Wprowadzenie

U podstaw każdego procesu powinno leżeć bezpieczeństwo osób przy nim zatrudnionych oraz jego wyniki ekonomiczne. Wymusza to stosowanie odpowiednich procedur organizacyjnych i coraz nowocześniejszych maszyn i urządzeń. W przemyśle wydobywczym na szeroką skalę stosuje się tzw. zmechanizowane kompleksy wydobywcze, w których podstawową maszyną urabiającą jest kombajn frezujący. Kombajny różniące się parametrami pracy, budową czy przeznaczeniem wyposażone są w organy urabiające z zamontowanymi uchwytami nożowymi, w których mocowane są narzędzia – noże urabiające skałę (Bołoz 2018a, 2018b). Najczęściej stosowanymi nożami kombajnowymi, szczególnie przy frezowaniu skał zwięzłych są noże stycznno-obrotowe. Noże te różnią się wymiarami czy sposobem zamocowania w uchwycie, a ich cechą wspólną jest ich budowa, stanowią stożkowo-walcową bryłę obrotową. W nożu stycznno-obrotowym wyróżnia się: część chwytą oraz korpus (część robocza). Część chwytą (uchwyt) osadzona jest w uchwycie nożowym i zabezpieczona przed wysunięciem z niego np. za pomocą zatyczki, albo pierścienia rozprężnego (Katalog 2016). Korpus noża posiada zabudowane poprzez lutowanie ostrze z węgliku spiekane, które ma bezpośredni kontakt ze skałą urabianą i to ono wraz z korpusem podlega procesowi zużycia ściernego (Kotwica K. 2012). Węglik spiekane jako ostrza noży produkowane są w kilku grupach

gatunkowych różniących się składem chemicznym, wielkością, uziarnieniem i właściwościami. Dla potrzeb górnictwa i drogownictwa stosuje się węglik, których składnikami są dwie fazy: twarde kryształki węgliku wolframu WC (faza α) nadające ostrzu wysoką twardość, odporność na ściskanie oraz lepiszcze w postaci kobaltu CO (faza β) zapewniające ostrzu ciągliwość (Klich 1999, Kotwica K. 2012).

Jedną z ważniejszych cech, które promują noż stycznno-obrotowy jest możliwość równomiernego zużywania się ostrza noża, czyli proces samoostrzenia się. Niezbędny do tego jest prawidłowy obrót noża zabudowanego w uchwycie nożowym. Jak wskazują badania, prawdopodobieństwo wystąpienia obrotu noża podczas urabiania szacowana jest na poziomie 30-50% (Jonak 2002, Klich 1999). Obrót noża stycznno-obrotowego w uchwycie można wymusić trzema sposobami (Klich 1999, Paszkowski 1989):

- przez dobór odpowiedniej podziałki oraz kolejności linii skrawania (następstwo skrawów), to znaczy zapewnienie wykonywania przez noż skrawów półotwartych, pozwalających na wystąpienie różnicy sił tarcia na powierzchni ostrza, przy osi noża prostopadłej do powierzchni urabiającej calizny,
- przez ustawienie noża stycznno-obrotowego tak, aby jego oś była odchylona o kąt boczny skręcenia r różny od 0 i zawarty w przedziale od -45° do $+45^\circ$ (Klich 1999),
- połączenie powyżej opisanych wariantów.

Brak możliwości swobodnego obrotu noża doprowadza do niepożądanego zużycia ostrza noża (Jonak 2002, Klich 1999). Skutkami zużycia ostrza są min: zmiana geometrii

^{*)} „KAZ Serwis” Sp. z o.o., Gliwice

ostrza (zmiana wymiarów liniowych i kątowych), wypadnięcie wkładki (ostrza), wydzielanie się ciepła, iskrzenie, zagrożenie wybuchem gazów i pyłu, wzrost zapylenia, wzrost energochłonności procesu, wzrost kosztów procesu, awarie i postoje kombajnów.

W efekcie powyższego narzędzie skrawające traci swoje właściwości urabiania, co ma bardzo wymierny wpływ na opory urabiania, tak w przypadku zużycia parametrycznego, jak i katastroficznego (Klich 1999, Kotwica K. 2012).

2. Wybrane teorie dotyczące obrotu noża stycznno-obrotowego

2.1. Teoria Wingquista

Najważniejszą wielkością, która w sposób zasadniczy odpowiada za obrót noża stycznno-obrotowego jest wypadkowa siły bocznej P_b . Siła ta przyłożona na ramieniu R wywołuje czynny moment obrotowy noża. Mając za podstawę schemat rozłożenia siły P_b przedstawiony na rys. 1, czynny moment obrotowy określa wzór (1.1) (Kotwica K. 2012, Wingquist i in. 1985):

$$M_c = R \cdot \mu \cdot P_b \cdot \cos \theta, \quad (1.1)$$

Uzyskane z badań wyniki wskazują, iż wartość momentu czynnego M_c osiąga wartość maksymalną (przy maksymalnej wartości siły bocznej P_b) w przypadku wartości kąta ataku $\theta=35^\circ$ i kąta bocznego skręcenia $r=-10^\circ$. Najmniejsze wartości otrzymuje się natomiast dla kąta ataku θ równego 45° i kąta bocznego skręcenia r równego $+10^\circ$. Ważnym aspektem, na który należy wskazać jest kierunek obrotu noża stycznno-obrotowego. Kierunek ten zależy od znaku i kierunku działania wypadkowej siły bocznej, która to zależy od wartości kąta ataku θ i kąta bocznego skręcenia ρ oraz głębokości g i podziałki skrawania t . W przypadku stałej głębokości skrawania i najkorzystniejszych wartości kąta ataku θ i kąta bocznego skręcenia ρ , przyrost podziałki skrawania t prowadzi do zwiększenia kąta obrotu noża. W przypadku wskazanych wcześniej niekorzystnych wartości kąta ataku θ i kąta bocznego skręcenia r , przyrost podziałki skrawania prowadzi do zmniejszenia kąta obrotu ostrza noża. Wskazano także na wpływ stosunku siły skrawania do siły docisku równej P_d/P_s na możliwość obrotu

noża. Największa prędkość obrotowa noża jest możliwa dla $P_d/P_s \approx 1$ (Kotwica K. 2012, Wingquist i in. 1985).

2.2. Teoria Nacwiliszwili i Konjaszina

U podstaw tej teorii leżą badania empiryczne (pomiar doświadczalny wartości składowych całkowitej siły obciążającej ostrze) oraz analiza związanych z rozkładem sił czynnych i tarcia, działających na częściowo stepione ostrze noża stycznno-obrotowego. W wyniku powyższego określono (Kolaska, Ettmayer 1993, Nacwiliszwili 1981) wartość czynnego momentu obrotowego noża stycznno-obrotowego zgodnie ze wzorem 2.1:

$$M_c = \left[P_{ssr} \cdot k_z \cdot (\sin \rho + \sin \delta) + P_{dsr} \cdot k_y \cdot \cos \delta + P_{bsr} \cdot k_x \cdot \cos \rho \right] \cdot g \cdot \sin \frac{\beta}{2} \quad (2.1)$$

gdzie:

P_{ssr} , P_{dsr} , P_{bsr} – średnie wartości odpowiednio siły skrawania, docisku i bocznej,

g – głębokość skrawania,

ρ – kąt bocznego skręcenia noża,

δ – kąt ustawienia noża,

β – kąt ostrza noża,

k_x , k_y , k_z – współczynniki pozwalające określić punkt przyłożenia i-tej siły składowej, uogólnionej siły skrawania, położonej na promieniu r_i

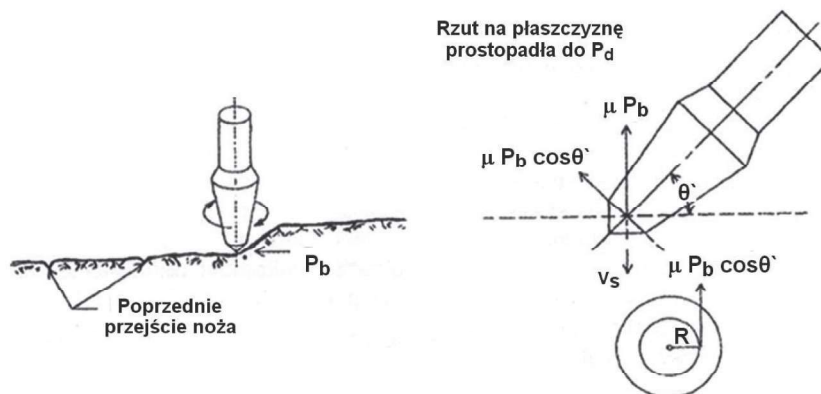
$$r_i = k_i \cdot g \cdot \sin \frac{\beta}{2} \quad (2.2)$$

gdzie:

k_i – współczynnik spełniający zależność $k_i = k_x = k_y = k_z = 0,5$

Z zależności opisanej wzorem (2.1) wynikają następujące wnioski (Kotwica K. 2012):

– wartość czynnego momentu obrotowego na ostrzu noża stycznno-obrotowego M_c rośnie, w wyniku czego wzrasta pewność wystąpienia obrotu ostrza noża stycznno-obrotowego, gdy rośnie głębokość skrawania g lub kąt ostrza β . Jednak w zależności tej nie brano pod uwagę wpływu tarcia, zarówno noża, ostrza o skałę, jak i trzonu noża



Rys. 1. Schemat rozkładu sił na ostrzu noża stycznno-obrotowego celem określenia czynnego momentu obrotowego według (Kotwica K. 2012, Wingquist i in. 1985)

P_b – siła boczna, R – promień przyłożenia składowej siły P_b , v_s – prędkość skrawania, θ – kąt ataku noża, μ – współczynnik tarcia nóż/skała urabiana

Fig. 1. Schematic diagram of forces on the edge of the rotating tangent cutter to determine the active torque according to (Kotwica K. 2012, Wingquist i in. 1985)

P_b – lateral force, R – radius of application of the force component P_b , v_s – cutting speed, θ – cutter's angle of attack, μ – coefficient of friction cutter/excavated mineral

o uchwyt, gdyż siły tarcia były zawarte w zmierzonych doświadczalnie składowych uogólnionej siły skrawania,

- wartość czynnego momentu obrotowego na ostrzu noża styczo-obrotowego M_c może maleć, w wyniku czego maleje pewność wystąpienia obrotu ostrza, gdy głębokość skrawania g wzrośnie na tyle, że wypadkowa sił będzie przyłożona do części stożkowej korpusu noża,
- wartość czynnego momentu obrotowego na ostrzu noża styczo-obrotowego M_c wzrośnie, w wyniku czego wzrośnie pewność wystąpienia obrotu ostrza noża styczo-obrotowego w sytuacji wzrostu wartości kąta bocznego skręcenia noża ρ ,
- przy zwiększającej się wartości kąta ustawienia noża δ , wartość czynnego momentu obrotowego M_c może zmieniać się w różny sposób, w zależności od proporcji siły skrawania P_{ssr} i docisku P_{dsr} . W przypadku zależności P_{ssr}/P_{dsr} , wzrost wartości kąta ustawienia δ wpływa dodatnio na obrót noża. W przypadku zależności $P_{ssr} = P_{dsr}$ wzrost wartości kąta ustawienia δ może wpływać ujemnie na obrót ostrza noża.

Niestety wyniki przeprowadzonych badań laboratoryjnych w omawianym zagadnieniu nie dają jednak jednoznacznych odpowiedzi, natomiast wyniki związane z pomiarem wartości kąta obrotu noża różnią się nawet o kilkadziesiąt procent (Jonak 2002, Kotwica K. 2012, Wingquist i in. 1985, Koczwarą i in. 2008).

2.3. Teoria Haaf'a

Haaf założył (Kotwica K. 2012, Haaf 1992), że za prawidłowy obrót noża styczo-obrotowego odpowiada całkowity, wypadkowy moment czynny M_{cc} , który jest różnicą momentu czynnego M_c i momentu (hamującego) biernego M_b (wzór 3.1).

$$M_{cc} = M_c - M_b \quad (3.1)$$

gdzie:

- M_{cc} – całkowity, wypadkowy moment czynny,
- M_c – moment czynny,
- M_b – moment (hamujący) bierny.

Całkowity czynny moment obrotowy M_c jest sumą momentów pochodzących od siły skrawania P_s , siły docisku P_d i siły bocznej P_b według zależności:

$$M_c = M_{cp_s} + M_{cp_d} + M_{cp_b}, \quad (3.2)$$

gdzie:

- M_c – całkowity, czynny moment obrotowy,
- M_{cp_s} – czynny moment obrotowy pochodzący od siły skrawania P_s ,
- M_{cp_d} – czynny moment obrotowy pochodzący od siły docisku P_d ,
- M_{cp_b} – czynny moment obrotowy pochodzący od siły bocznej P_b .

Empirycznie wyznaczono siłę skrawania P_s , przyjmując zależność jednostkowego oporu urabiania piaskowców k_c w funkcji czynnego zarysu ostrza A_0 , wg zależności (Kotwica K. 2012, Haaf 1992):

$$P_s = k_c \cdot A_0, \quad (3.3)$$

$$k_c = 0,247 \cdot A_0^{-0,322} \quad (3.4)$$

gdzie:

- k_c – współczynnik jednostkowego oporu urabiania piaskowców,
- A_0 – powierzchnia zarysu ostrza stożkowego, mierzona w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku skrawania.

Siła docisku P_d została określona wzorem (Kotwica K. 2012):

$$P_d = P_s \cdot \eta_F \quad (3.5)$$

gdzie:

- η_F – współczynnik proporcjonalności,
- P_s – siła skrawania.

Siła boczna P_b została określona na rys. 2, dzieląc czynny przekrój ostrza na dwa obszary w przypadku siły skrawania P_s (rys. 2a), rozkładając siłę docisku P_d na elementarne siły P_{di} , oddziaływujące na odpowiednie odcinki tworzące zarys ostrza (rys. 2.b) oraz zakładając, że i-ta składowa siły bocznej P_{bi} jest związana z i-tą składową siły docisku P_{di} (rys. 2c) zależnością (Kotwica K. 2012):

$$P_{bi} = P_{di} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i \quad (3.6)$$

gdzie:

- P_{di} – składowa siły docisku,
- φ_i – kąt tarcia wewnętrznego.

Mając powyższe na uwadze oraz rozkład działania poszczególnych sił (rys. 2), wyprowadzono wzory na czynny moment obrotowy pochodzących kolejno od siły skrawania P_s , siły docisku P_d i siły bocznej P_b według zależności:

$$M_{cp_s} = P_{slr} \cdot r_{cl} \cdot \mu - P_{spr} \cdot r_{cp} \cdot \mu, \quad (3.7)$$

$$M_{cp_d} = \sum_{i=1}^n P_{di} \cdot r_i \cdot \mu \cdot \cos \varphi_i \cdot \cos \delta, \quad (3.8)$$

$$M_{cp_b} = \sum_{i=1}^n P_{bi} \cdot r_i \cdot \mu \cdot \cos \varphi_i = \sum_{i=1}^n P_{bi} \cdot r_i \cdot \mu \cdot \sin \varphi_i, \quad (3.9)$$

gdzie:

- P_{slr}, P_{spr} – składowe siły skrawania,
- P_{di} – składowe siły docisku,
- P_{bi} – składowe siły bocznej,
- r_{cl}, r_{cp} – promienie działania sił składowych siły skrawania,
- μ – współczynnik tarcia ostrze/skała urabiana,
- r_i – promienie działania sił składowych siły docisku.

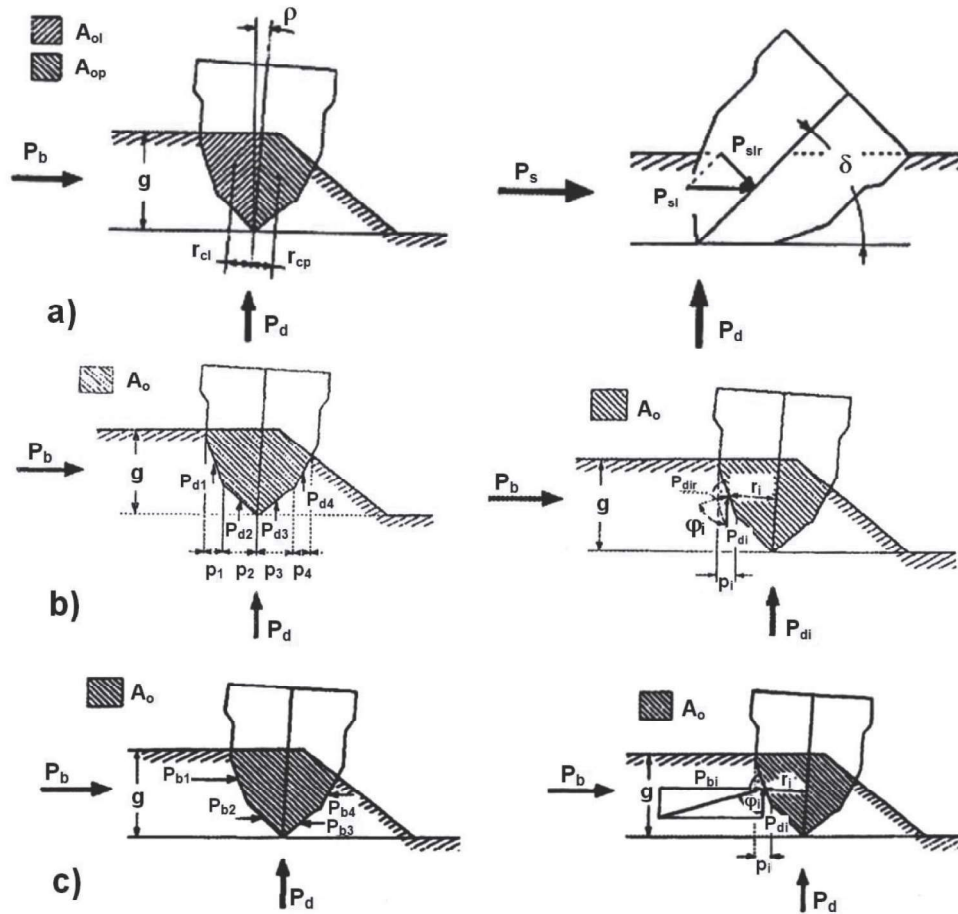
W uchwycie noża powstają działające na część chwytową noża oraz jego korpus, odpowiednie siły reakcji (rys. 3), a powstające siły tarcia generują moment bierny, hamujący obrót noża w uchwycie M_b . Moment ten jest sumą momentu powstałego w części czołowej uchwytu, generowanego przez siłę docisku P_d przyłożoną w wierzchołku noża, oraz momentu powstającego w części cylindrycznej uchwytu generowanego przez siłę promieniową P_R . Siła ta jest wypadkową siły bocznej P_b i siły skrawania P_s (Kotwica K. 2012).

Przy założeniu, że μ_2 jest wartością współczynnika tarcia części chwytowej noża i uchwytu (stal-stal) na długości l_b można oszacować wartość momentu biernego (hamującego) M_b obrót noża w uchwycie z zależności:

$$M_b = \mu_2 \left[P_d \cdot r_n + r_s \left(P_{k,o} + P_{k,u} \right) \right], \quad (3.10)$$

gdzie:

- P_d – siła docisku,
- $P_{k,o}, P_{k,u}$ – reakcje pochodzące od siły promieniowej,
- r_n – promień działania reakcji siły docisku,
- r_s – promień działania sił tarcia pochodzących od reakcji siły promieniowej,
- μ_2 – współczynnik tarcia stal/stal (części chwytowej noża i uchwytu).



Rys. 2. Model obciążenia ostrza stożkowego (Kotwica K. 2012, Haaf 1992):

a) rozkład siły skrawania P_s na składowe,

b) rozkład siły docisku P_d na składowe oraz schemat do wyznaczenia momentu obrotowego od i -tej składowej P_{di} ,

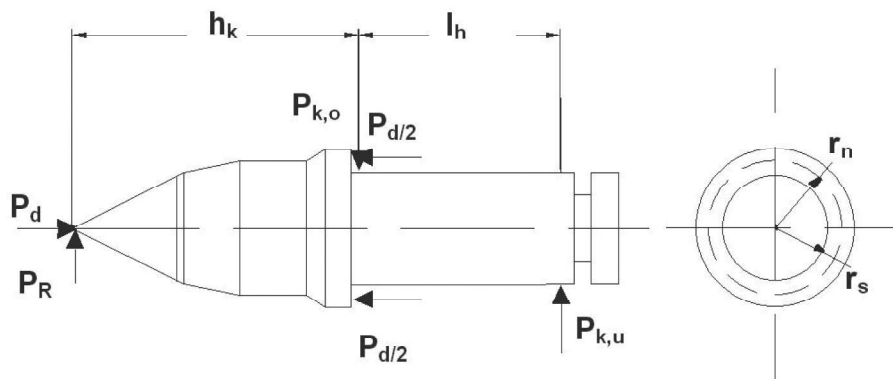
c) rozkład siły bocznej P_b na siły elementarne oraz zależność między elementarną siłą docisku P_{di} a elementarną siłą boczną P_{bi}

Fig. 2. Load model of rotary cutting edge, used to determine the active torque, according to (Kotwica K. 2012, Haaf 1992):

a) distribution of machining force P_s into components,

b) contact force P_d distribution into components and scheme for determining the torque from the i -th component P_{di} ,

c) distribution of the lateral force P_b or elementary forces and the relationship between the elementary contact force P_{di} and the elementary lateral force P_{bi}



Rys. 3. Układ reakcji i sił tarcia działających na nóż stycznie-obrotowy w uchwycie (Kotwica K. 2012, Haaf 1992):

P_d – siła docisku, P_R – siła promieniowa, $P_{k,o}$, $P_{k,u}$ – reakcje pochodzące od siły promieniowej, r_n – promień działania reakcji siły docisku, r_s – promień działania sił tarcia pochodzących od reakcji siły promieniowej, h_k – długość części roboczej noża, l_h – długość części chwytnej noża

Fig. 3. The reaction system and friction forces acting on the rotating tangent cutter in a grip, according to (Kotwica K. 2012, Haaf 1992):

P_d – contact force, P_R – radial force, $P_{k,o}$, $P_{k,u}$ – reactions originating from radial force, r_n – radius of contact force reaction, r_s – radius of friction forces from reaction of radial force, h_k – length of working part of the cutter, l_h – length of the grip part of the cutter

Całkowity, wypadkowy moment czynny M_{cc} , wyznaczony z zależności (3.1) przedstawia następujący wzór:

$$M_{cc} = \left[(P_{str} \cdot r_{ci} \cdot \mu - P_{spr} \cdot r_{cp} \cdot \mu) + \left(\sum_{i=1}^n P_{di} \cdot r_i \cdot \mu \cdot \cos \varphi_i \cdot \cos \delta \right) + \left(\sum_{i=1}^n P_{bi} \cdot r_i \cdot \mu \cdot \sin \varphi_i \right) \right] - [\mu_2 [P_d \cdot r_n + r_s (P_{k,d} + P_{k,u})]] \quad (3.11)$$

2.4. Teoria Paszkowskiego

Paszkowski u podstaw swoich badań (Kotwica K. 2012, Paszkowski 1989) przedstawił warunek konieczny do zaistnienia obrotu noża styczo-obrotowego w uchwycie podczas urabiania jako przewaga czynnego momentu M_c , wymuszającego obrót nad momentem biernym, hamującym M_b . Warunek ten w ogólnej postaci przedstawił zależnością (4.1):

$$M_c - M_b > 0, \quad (4.1)$$

W celu obliczenia wartości momentu czynnego i hamującego rozpatrzono układ sił działających na nóż obrotowy w czasie procesu urabiania w układzie współrzędnych x, y, z , które wyznaczały składowe siły urabiania ($P_b = W_x$ – siła boczna, $P_s = W_y$ – siła skrawania, $P_d = W_z$ – siła docisku) i układzie współrzędnych x', y', z' , związanym z położeniem noża styczo-obrotowego. Początek obu układów współrzędnych był wspólny i wyznaczał go wierzchołek ostrza noża. Natomiast oś noża związana była z osią Oy' , oś Ox' była obrócona o kąt bocznego skręcenia noża r względem osi Ox , a oś Oz' była obrócona o kąt ustawienia noża d względem osi Oz . Z uwagi na obrót noża najistotniejszą składową jest siła W_x , którą w publikacji (Paszkowski 1989) wyznaczono na podstawie zależności:

$$W_x = R_c \cdot F_{yz}, \quad (4.2)$$

gdzie:

F_{yz} – rzut na płaszczyznę YZ , powierzchni styku ostrza noża z calizną,

R_c – wytrzymałość skały na jednoosiowe ściskanie.

Wartość tej składowej W_x wyznaczono dla różnych wariantów głębokości skrawania. Zależna jest ona, poza wytrzymałością skały na jednoosiowe ściskanie, od średnicy korpusu noża, głębokości skrawania g (z ich wzrostem rośnie także wartość siły W_x), oraz kątów bocznego skręcenia noża r i ustawienia noża d (ich wpływ na wartość siły W_x jest niewielki lub trudny do zinterpretowania). Wzór na moment czynny M_c , wymuszający obrót powstający w wyniku tarcia powierzchni ostrza o skałę, ma więc następującą postać:

$$M_c = W_x \cdot r_x \cdot \mu, \quad (4.3)$$

gdzie:

W_x – składowa boczna siły urabiania,

r_x – promień przyłożenia siły W_x w stosunku do ostrza noża,

μ – współczynnik tarcia materiał noża/skała urabiana.

Po określeniu reakcji R_i od sił składowych, działających na część chwytową noża w układzie współrzędnych x', y', z' , zgodnie ze schematem na rys. 4, można wyznaczyć wartość momentu biernego, hamującego M_b z zależności (4.4):

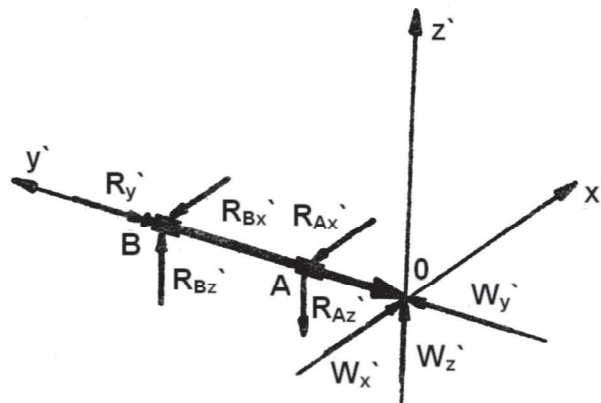
$$M_b = \sum_{i=1}^n \mu_2 \cdot R_i \cdot r_i, \quad (4.4)$$

gdzie:

r_i – ramię przyłożenia sił składowych reakcji,

R_i – składowe siły reakcji,

μ_2 – współczynnik tarcia pary nóż-uchwyt nożowy,



Rys. 4. Schemat do wyznaczenia reakcji działających na część chwytową noża styczo-obrotowego (Kotwica K. 2012, Paszkowski 1989)

Fig. 4. Scheme to determine the reactions acting on the gripping part of the rotating tangent cutter, according to (Kotwica K. 2012, Paszkowski 1989)

a po wyznaczeniu wartości poszczególnych reakcji R_i opisać go wzorem:

$$M_b = \mu_2 \cdot r_r (W_x + W_z) \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{0A}{AB} \right) + \frac{W_y}{2}, \quad (4.5)$$

Wartość momentu hamującego zależy zatem od parametrów konstrukcyjnych noża (długość i średnica części chwytowej), wielkości składowych siły urabiania oraz współczynnika tarcia noża w uchwycie. Po podstawieniu wzorów (4.4) i (4.5) do wzoru (4.1), wprowadzeniu oznaczenia $\mu = k \cdot \mu_2$ i $r_x = i_r \cdot r_r$ oraz wykonaniu przekształceń, otrzymano nierówność:

$$k \cdot i_r > \left(1 + \frac{W_z}{W_x} \right) \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{0A}{AB} \right) + \frac{W_y}{2 \cdot W_x}, \quad (4.6)$$

Dla zapewnienia prawidłowej pracy noża obrotowego należy zatem dążyć do maksymalnych wartości dla lewej strony nierówności oraz minimalnych dla prawej strony nierówności. Istotnym czynnikiem zwiększenia lewej strony nierówności jest promień r_x przyłożenia siły bocznej W_x . Jego wartość zależy od wymiarów ostrza noża, głębokości skrawania i kąta bocznego skręcenia, jak też parametrów skrawu (stosunek podziałki do głębokości skrawu). Innym niezwykle istotnym czynnikiem jest współczynnik tarcia części chwytowej noża w uchwycie, który powinien być jak najmniejszy. Natomiast średnica części chwytowej powinna być możliwie mała, jednak zapewniająca dostateczną wytrzymałość noża.

Bardzo ważnym dla ograniczenia zużycia ściernego ostrza noża styczo-obrotowego jest zapewnienie jego przemieszczania się bez poślizgów (Paszkowski 1989, Krauze i in. 2015, 2017). Oznacza to obrót noża wokół swojej osi, co najmniej kilkanaście lub kilkadziesiąt razy na długości bieżącego skrawu. Jest to jednak możliwe tylko podczas ruchu swobodnego, po trajektorii zbliżonej do trajektorii żyroskopu

3. Podsumowanie

Dotychczasowe badania wykazują, iż obrót noża styczo-obrotowego jest zagadnieniem złożonym i wymagającym dalszych badań. U podstaw tych teorii leży dużo założeń i nie wszystkie czynniki brane są pod rozważania. Problemem, który ma wyraźny wpływ na obrót noży styczo-obrotowych w uchwytach, jest zazwyczaj ich złożony i krzywoliniowy

ruch podczas pracy na organach urabiających. Nóż, zamocowany na organie urabiającym, wykonuje ruch płaski będący złożeniem ruchu obrotowego organu oraz ruchu posuwowego organu w płaszczyźnie pionowej lub ruch przestrzenny, będący złożeniem ruchu obrotowego organu oraz ruchu posuwowego organu w płaszczyźnie poziomej. W każdym z tych przypadków, w trakcie urabiania głębokość skrawania noża zmienia się w czasie od wartości maksymalnej do 0 lub na odwrót. Zmienność głębokości skrawania utrudnia prawidłową pracę noża. Obrót noża i w konsekwencji jego równomierne zużywanie się (Kotwica K. 2012, Paszkowski 1989) powoduje zmianę parametrów części roboczej noża.

Zaleca się, aby zmianie uległ sposób mocowania noża stycznno-obrotowego w uchwycie, jak i niektóre parametry geometryczne tego noża, gdyż mają one znaczący wpływ na proces jego obracania się w uchwycie lub zanik obrotów. Brak obrotów noża powoduje jego przyspieszone zużywanie się i generowanie zwiększonego obciążenia narzędzia oraz generowanie zagrożenia pyłowego i iskrowego (Jonak 2002, Kotwica K. 2012). Podczas pracy noża stycznno-obrotowego należy podjąć działania, aby stworzyć optymalne warunki pracy noża, które umożliwią jego obrót.

Literatura

- BOŁOZ Ł. 2018a - Maszyny urabiające w wybranych metodach eksploatacji cienkich pokładów węgla kamiennego, Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji, Górnictwo - perspektywy i zagrożenia: węgiel, tania czysta energia i miejsca pracy, volume 7 issue 1, s. 131-142.
- BOŁOZ Ł. 2018b - Maszyny urabiające w ścianowych systemach eksploatacji cienkich pokładów węgla kamiennego, Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji, Górnictwo - perspektywy i zagrożenia: węgiel, tania czysta energia i miejsca pracy, volume 7 issue 1, s. 143-154.
- HAAF J. 1992 - Das Verschleiss- und Drehverhalten von Meisseln für Teilschnitt-Vortriebsmaschinen, Dissertation, TU Clausthal., 1992.
- JONAK J. 2002 - Urabianie skał głowicami wielonarzędziowymi. Wydawnictwo Naukowe „Śląsk”, Katowice.
- Katalog wyrobów firmy „Gonar” Sp. z o.o. Narzędzia urabiające, noże kombajnowe, tuleje obrotowe, uchwyty nożowe. Katowice 2016.
- KLICHA. (red.) 1999 - praca zbiorowa: Maszyny i urządzenia dla inżynierii budownictwa podziemnego. Wyd. Śląsk, Katowice.
- KOCZWARA J., PERENC B., WIECZOREK K. 2008 - Wybrane problemy dotyczące bezpieczeństwa eksploatacji maszyn i urządzeń kompleksów ścianowych. Monografia „Nowoczesne, niezawodne i bezpieczne systemy mechanizacyjne dla górnictwa”. CMG KOMAG, Gliwice.
- KOLASKA H., ETTMAYER P. 1993 - Moderne Hartmetalle, Bedeutung, Verfahren und Anwendung. Materiały konferencyjne. Materials Powder Technology, PTM, Dresden.
- KOTWICA K. 2012 - Rozprawy monografie. Zastosowanie wspomagania wodnego w procesie urabiania skał narzędziami górniczymi. Wydawnictwa AGH, Kraków.
- KRAUZE K., BOŁOZ Ł., WYDRO T. 2015 - Parametric factors for the tangential-rotary picks quality assessment, Archives of Mining Sciences, vol. 60, no. 1, 2015, DOI: 10.1515/amsc-2015-0018.
- KRAUZE K., BOŁOZ Ł., WYDRO T. 2017 - Opis jakości noży stycznno-obrotowych wskaźnikami parametrycznymi, „Przegląd Górniczy” nr 6.
- NACWLISZWILI V.Z. 1981 - Opredielenie usili diejstwujuuszczich na iznoszenyj poworotnyj rezec. Metody razruszenija gomnych porod. Sbornik. Trudow, Naucznoje Soobszczenje. IGD im. Skoczinskiego, wyp. 197.
- PASZKOWSKI Z. 1989 - Wpływ wybranych parametrów ruchowych na trwałość noży obrotowych stosowanych w kombajnach głowicowych. Prace Naukowe Politechniki Lubelskiej, s. Górnictwo 25, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Lubelskiej.
- WINGQUIST C.F., HANSON B.D., ROEPKE W.W., MYREN A. 1985 - Conical bit rotation as a function of selected cutting parameters. Report of Investigations, US Bureau of Mines.

Artykuł wpłynął do redakcji – kwiecień 2018
Artykuł akceptowano do druku 15.06.2018



Serwis sp. z o.o.



ul. Jasna 31b, 44-122 Gliwice

tel.: 32 239 44 40, fax: 32 239 44 45, e-mail: biuro@kaz-serwis.pl