



Sposoby zwiększania trwałości noży styczno-obrotowych

Methods to increase conical picks' durability

Dr inż. Łukasz Bołoz^{*)}

Treść: Noże styczno-obrotowe są to narzędzia skrawające stosowane w wielu branżach, zwłaszcza górniczej, drogowej i budowlanej. Kontakt z urabianą calizną powoduje ich ciągłe zużycie. W artykule omówiono rozwiązania konstrukcyjne noży styczno-obrotowych, ich budowę, wymiary oraz stosowane materiały. Opiszano zabiegi techniczne stosowane w celu zwiększenia ich trwałości, jak również regeneracji. Omówiono również autorskie, objęte zgłoszeniem o patent na wynalazek, sposoby wydłużenia czasu pracy noży w trudnych warunkach. Pierwsze z tych rozwiązań dotyczy zapewnienia niezakłóconego ruchu obrotowego noża w uchwycie. Zastrzeżenia patentowe obejmują nowatorskie łożyskowanie obrotowe dodatkowej tulei zintegrowanej z uchwytem, która umożliwia ciągły obrót noża. Uchwyt przeznaczony jest do mocowania klasycznych noży handlowych. Wymiana noża odbywa się bez ingerencji w węzeł łożyskowy. Drugie rozwiązanie dotyczy sposobu zabezpieczenia części roboczej noża za pomocą specjalnego elementu z materiału trudnościeralnego. Element ten stanowi ostrze noża o geometrii odbiegającej od standardowo stosowanych słupków z węglików spiekanych. W rozwiązaniu tym ostrze ma kształt odpowiadający formie zużycia noża styczno-obrotowego, przez co jego stalowy korpus nie zużywa się.

Abstract: Conical picks are cutting tools used in many branches, in particular in the mining, road construction and building branch. Contact with the excavated face causes their constant wear, which is an unfavourable but unavoidable process. In the article various solutions of conical picks, their construction, dimensions and materials used have been discussed. Technical procedures applied to increase the durability of conical picks and their regeneration as well as methods of extending the life of picks working in difficult conditions have been presented. Two author's methods of extending the life of picks working in difficult conditions, covered by a patent application, have also been presented. The first solution involves ensuring an uninterrupted rotational movement of the pick in the holder. Patent claims include an innovative method of equipping the additional sleeve integrated with the holder with a rotational bearing, which enables a continuous rotation of the commercial pick. The pick replacement does not require interfering with the bearing assembly. The second solution concerns the manner of protecting the working part of the pick by means of a special element made of an abrasion resisting material. This element is the pick tip, the geometry of which varies from the commonly applied posts made of sintered carbide. In this solution, the tip has a shape corresponding to the form of conical pick's wear, which causes that its steel body does not wear.

Słowa kluczowe:

noże styczno-obrotowe, trwałość narzędzi, szybkość zużycia narzędzi, nóż łożyskowany, innowacyjne rozwiązania

Keywords:

conical picks, durability of tools, tool wear rate, pick equipped with a bearing, innovative solutions

1. Wprowadzenie

Noże styczno-obrotowe są coraz częściej stosowane do zbrojenia organów frezujących. W przypadku trudnych warunków i urabiania w skałach abrazyjnych ich trwałość jest znacznie ograniczona. Przekłada się to na spadek efektywności eksploatacji oraz wzrost kosztów. Szczególnie problematyczna jest wymiana noży styczno-obrotowych, nawet co kilka godzin. Należy zaznaczyć, że ich liczba na organie wynosi zazwyczaj około 40 – 60 sztuk, stąd tematyka ta ma wyraźny wymiar praktyczny i ekonomiczny. Organy frezujące stosowane są jako elementy urabiające wielu maszyn w górnictwie podziemnym i odkrywkowym, również w budownictwie czy drogownictwie.

Noże styczno-obrotowe są przedmiotem badań oraz prac rozwojowych prowadzonych w wielu ośrodkach na całym świecie. Badania te mają na celu głównie znalezienie

rozwiązania o najwyższej odporności na zużycie ściernie. Badano noże, gdzie korpus zabezpieczony był przed zużyciem ściernym za pomocą powłok trudnościeralnych, napawania lub pierścieni z węglików spiekanych (Chang i Chulho 2017, Krauze i in. 2016). Prowadzono prace w celu poznania mechanizmu zużycia ściernego noży (Dewangan, Chattopadhyaya 2015), predykcji zużycia (Gajewski i in. 2013) lub możliwości wspomaganie procesu urabiania (Kotwica 2011). Badania przeprowadzono dla materiału węgliska spiekanego (Nahak i in. 2015), jak i dla kompletnego noża (Songyong i in. 2017) lub noży tworzących organ urabiający (Krauze i in. 2017, Krauze, Kotwica 2007). Prowadzone były również prace wdrożeniowe mające na celu zastosowanie nowoczesnych narzędzi i organów do trudnych warunków (Bołoz, Krauze 2018, Krauze, Bołoz 2018) oraz zastosowanie alternatywnych narzędzi w postaci dysków (Kotwica 2018). Tematem prac były również procedury oceny jakości noży umożliwiające wybór najlepszej oferty przez użytkownika podczas przetargów publicznych (Bołoz 2018).

^{*)} AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, WGiG w Krakowie

2. Noże styczo-obrotowe

Standardowy nóż styczo-obrotowy opisany bryłą obro-tową, zbudowany jest z części roboczej, walcowego jedno lub dwustopniowego trzpienia będącego częścią chwytową noża oraz ostrza w postaci wkładki z węglika spiekane-go (rys. 1a). Noże styczo-obrotowe organów urabiających są łożyskowane bezpośrednio w uchwytach nożowych lub w tulejach stanowiących integralną część uchwytu lub tulejach stanowiących dodatkowy element pośredniczący między uchwycem a nożem. Kształt noży i odpowiedni sposób ich mocowania w uchwycie wynikają z konieczności ich swobodnego obrotu względem osi symetrii, co w efekcie skutkuje równomiernym zużywaniem się ostrza. Równomierne zuży-wanie i jednoczesne skracanie części roboczej noża zapewnia utrzymanie prawidłowych, spoczynkowych oraz ruchowych, kątów skrawania. Korpus wraz z częścią chwytową stanowią jeden element i wykonane są ze stali o odpowiedniej udarności ($U_{min} \approx 25 \text{ J/cm}^2$) i wytrzymałości na rozciąganie ($R_{m, min} \approx 1\ 000 \text{ MPa}$) oraz odporności na zużycie ściernie. Zaleca się, aby część robocza korpusu charakteryzowała się twardością mierzoną metodą Rockwella co najmniej 45 HRC. Natomiast twardość części chwytowej ze względu na ryzyko uszkodzenia uchwytów powinna mieścić się w zakresie $30 \text{ HRC} \pm 5 \text{ HRC}$. Zależnie od przeznaczenia narzędzia, używa się do ich wykonania stali typu 12HN3A, 40H, 40HN, 36HNM czy 35HGS, które dodatkowo poddawane są procesowi obróbki cieplnej i chemicznej celem poprawienia odporności warstwy wierzchniej na ścieranie. Opcjonalnie stosowane warstwy trudnościeralne wykonywane są ze stelitów lub węglików spiekanych na bazie kobaltu, niklu lub żelaza, nanoszonych przez napawanie plazmowe, laserowe bądź metodami TIG lub microTIG. Do napawania stosuje się elektrody w postaci proszków, prętów lub rurek z proszkami. Powłoki uzyskują twardości nawet ponad 60 HRC.

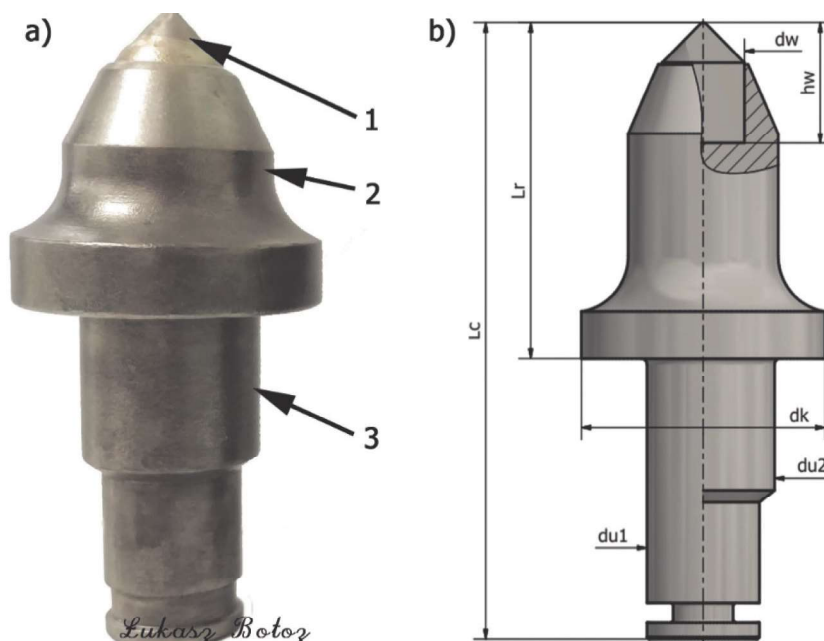
Ostrze wykonuje się z węglików spiekanych różnych gatunków o wysokiej twardości, która mierzona metodą Vickersa powinna wynosić co najmniej $HV_{30 \text{ min}} \approx 1050$. Niezależnie

od gatunku, typowe górnicze węgliki spiekane należące do grupy B składają się w $89\% \div 93\%$ z twardego i odpornego na zużycie ściernie węgliku wolframu WC, natomiast pozostałą część stanowi kobalt C, będący fazą wiążącą. Węglik spiekany lutowany jest do gniazda w części roboczej korpusu noża. Do zbrojenia noży styczo-obrotowych najczęściej stosuje się węgliki B2, B20, B23, G15 i inne o zbliżonym składzie chemicznym i własnościach.

W celach naukowych i badawczych korpusy noży wykonuje się również z materiałów ceramicznych lub nowoczesnych odlewów. W zakresie warstw odpornych na zużycie ściernie testowane są materiały stosowane w inżynierii mechanicznej na powłoki trudnościeralne, jak azotek tytanu.

Na trwałość narzędzi wpływ ma przede wszystkim właściwy ich dobór do przewidywanych warunków górniczo-geologicznych, a w szczególności własności fizycznych calizny. Istotnymi parametrami wpływającymi na prawidłowy przebieg procesu frezowania są parametry geometryczne i kinematyczne noża w uchwycie i organu z maszyną urabiającą. Na podstawie analizy dostępnych noży styczo-obrotowych *głównie kombajnów ścianowych i chodnikowych* dokonano zestawienia ich parametrów (rys. 1b):

- długość całkowita noża: $L_c = 139 \text{ mm} \div 246 \text{ mm}$,
- długość części roboczej noża: $L_r = 50 \text{ mm} \div 100 \text{ mm}$ (skorelowana z długością L_c),
- średnica części chwytowej noża: jednostopniowe: $d_{u1,2} = \varnothing 30 \text{ mm}, \varnothing 35 \text{ mm}, \varnothing 38 \text{ mm}$, dwustopniowe: $\varnothing 30/38 \text{ mm}$,
- średnica kołnierza noża: $d_k = \varnothing 48 \text{ mm} \div \varnothing 67 \text{ mm}$ (skorelowana ze średnicą części chwytowej),
- sposób mocowania noża: pierścień Segera, zawlecзка HERT, pierścień rozprężny, pierścień cierny,
- średnica wkładki z węglika spiekane-go: $d_w = \varnothing 13 \text{ mm} \div \varnothing 25 \text{ mm}$,
- wysokość wkładki z węglika spiekane-go: $h_w = 14 \text{ mm} \div 40 \text{ mm}$ (skorelowana ze średnicą wkładki),
- kąt ostrza: $2b_u = 90^\circ, 93^\circ$, ponad 100° dla kształtu bali-stycznego,



Rys. 1. Budowa i podstawowe wymiary noża styczo-obrotowego a) budowa noża, b) podstawowe wymiary noża

Fig. 1. Construction and basic dimensions of a conical pick a) construction of the pick, b) basic dimensions of the pick

- kształt ostrza: stożkowy, wielostożkowy, balistyczny, kapeluszowy.

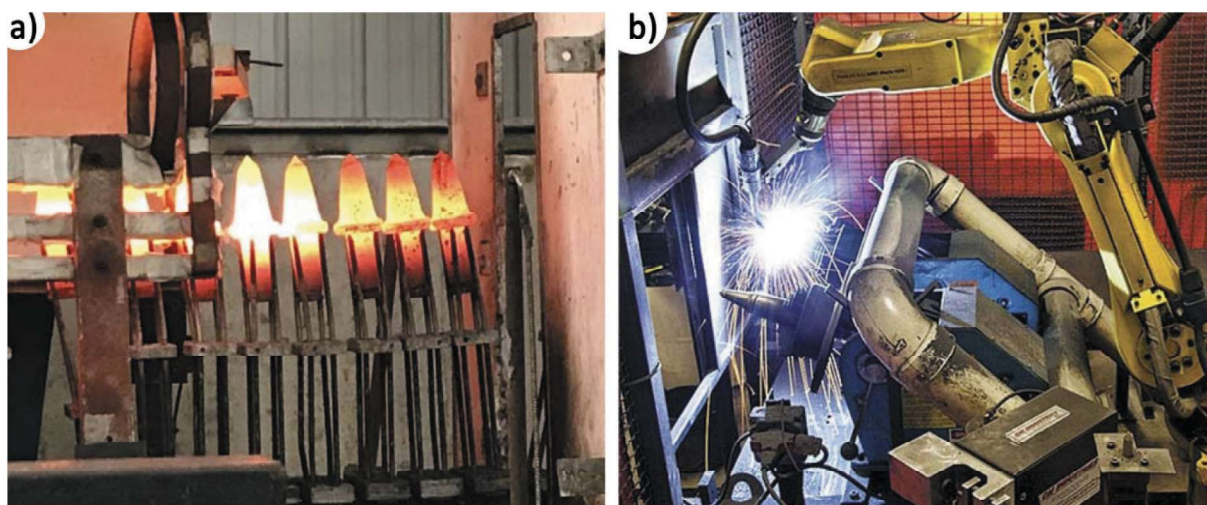
3. Zwiększanie trwałości noży styczo-obrotowych

Trwałość prawidłowo pracujących noży styczo-obrotowych zależy od odporności na zużycie ściernicze ich ostrza oraz części roboczej korpusu. Podczas urabiania często występują skały abrazyjne, które powodują szybkie zużycie ściernicze, zwłaszcza stalowego korpusu noża. W związku z tym podstawowym kierunkiem zwiększenia odporności części roboczej noża na zużycie ściernicze jest hartowanie oraz zastosowanie napoiny z węglików spiekanych lub innych materiałów trud-

nościerniczych, pierścieni z węglików spiekanych lub węglików typu CAP w nożach o obniżonych korpusach (rys. 2, 3).

Przedstawione sposoby są najczęściej stosowane i spotykane przy urabianiu skał abrazyjnych. Analizując różne dostępne sposoby można jeszcze wymienić między innymi:

- zastosowanie sztucznego diamentu (polycrystalline diamond – PCD) na ostrze noża (rysunek 4a) – firma US Synthetic Mining,
- zastosowanie unikalnych powłok (rysunek 4b) – firma ARM CHINA Co., LTD,
- zastosowanie zbrojenia korpusu płaskimi wkładkami z węglika spiekane (rysunek 4c) – firma Wuhan Reetec Diamond Co., Ltd,
- zastosowanie zbrojenia korpusu okrągłymi wkładkami z



Rys. 2. Podstawowe sposoby zwiększania trwałości noży (World Coal 2019) a) hartowanie, b) napawanie
Fig. 2. The basic methods of increasing picks' durability a) hardening, b) hardfaced picks



Rys. 3. Sposoby zwiększania trwałości noży a) nóż standardowy, b) noże napawane, c) nóż z pierścieniem z węglika spiekane, d) nóż z dwoma pierścieniami z węglika spiekane, e) nóż z węglikiem typu CAP

Fig. 3. Methods of increasing picks' durability a) standard pick, b) pick with a ring made of sintered carbide, c) pick with two rings made of sintered carbide, d) pick with CAP carbide

węglika spiekanego (rysunek 4d) – firma Wuhan Reetec Diamond Co., Ltd.

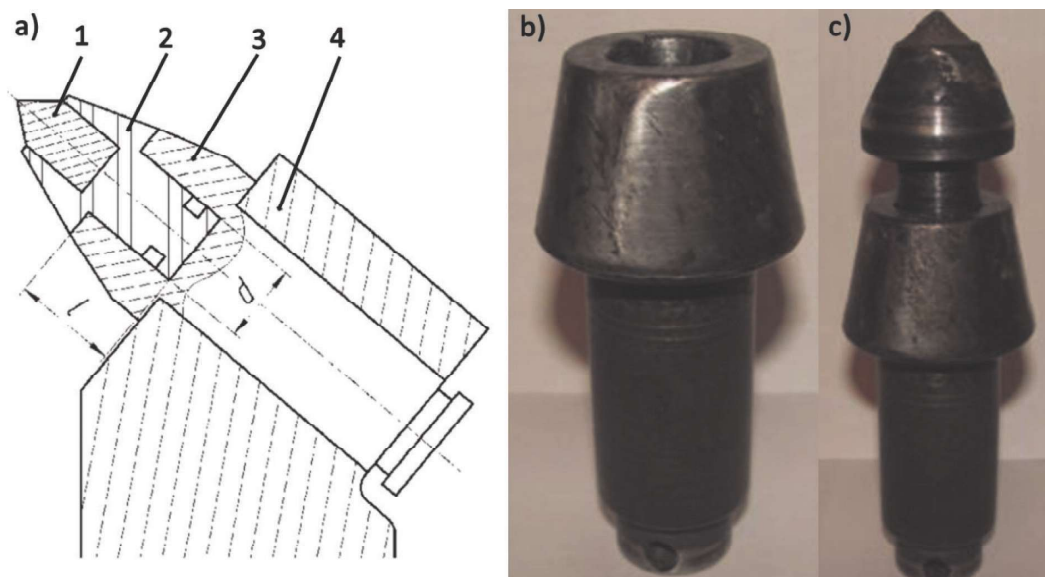
Noże zakwalifikowane jako zużyte wymieniane są na nowe. Noże po eksploatacji są utylizowane, mogą jednak być regenerowane. Jeżeli zużycie korpusu jest niewielkie, można zastosować napawanie regeneracyjne. W przypadku większego zużycia znany jest sposób regeneracji noży przez

zastosowanie wymiennej części roboczej razem z ostrzem z węglika spiekanego (Prokopenko i in. 2018). Nóż zużyty poddaje się obróbce, w celu wykonania gniazda na adapter ostrza. Następnie mocowany jest adapter z nowym ostrzem z węglika spiekanego. Według autorów możliwa jest kilkukrotna wymiana ostrza, która skutkuje pięciokrotnym zmniejszeniem zużycia metalu oraz zmniejszeniem kosztów (rys. 5).



Rys. 4. Inne sposoby zwiększania trwałości noży styczno-obrotowych a) zastosowanie ostrza z PCD, b) zastosowanie unikalnych powłok, c) zastosowanie zbrojenia korpusu płaskimi wkładkami z węglika spiekanego, d) zastosowanie zbrojenia korpusu okrągłymi wkładkami z węglika spiekanego

Fig. 4. Other methods of increasing the durability of conical picks a) application of a tip made of PCD, b) application of unique coatings, c) application of a body equipped with flat inserts made of sintered carbide, d) application of a body equipped with round inserts made of sintered carbide



Rys. 5. Sposób regeneracji zużytych noży styczno-obrotowych: 1 – carbide tip, 2 – operating head, 3 – holding head, 4 – pick holder, b) korpus noża z gniazdem, c) nóż z adapterem i ostrzem

Fig. 4. Method of regenerating conical picks: 1 – carbide tip, 2 – operating head, 3 – holding head, 4 – pick holder, b) pick body with a seat, c) pick with an adapter and a tip

4. Autorskie rozwiązanie uchwytu noża styczo-obrotowego

Znanych jest bardzo wiele rozwiązań uchwytów noży styczo-obrotowych, które podczas frezowania muszą zapewniać możliwość swobodnego i losowego obracania się noża względem jego osi. Obracanie noża powoduje, że jego ostrze zużywa się równomiernie z zachowaniem kształtu zbliżonego do pierwotnego. Najczęściej spotykanym i praktycznie jedynym stosowanym rozwiązaniem jest uchwyt z otworem walcowym, w którym nóż osadzony jest bezpośrednio lub za pośrednictwem tulei. W nieuszczelnionej przestrzeni między nożem i uchwytem dostający się pył zwiększa opory ruchu obrotowego, co powoduje jego blokowanie, szybsze zużycie i konieczność wymiany. Znane są również rozwiązania uchwytów o konstrukcji bardziej złożonej, z tocznym łożyskowaniem noża i uszczelnieniem zespołu łożyskowego. Rozwiązania takie poprawiają warunki urabiania oraz zwiększają trwałość noża. Jednak częsta wymiana noży wymaga, aby proces wymiany był szybki i sprawny. Natomiast zastosowanie węzłów łożyskowych pomiędzy nożem a uchwytem powoduje, że są one narażone na zabrudzenia i uszkodzenia. Dodatkowo wymagana jest dbałość i precyzja podczas demontażu i montażu. Dlatego też rozwiązania te nie są obecnie stosowane. W związku z tym opracowano uchwyt z łożyskowaniem tocznym, w którym jednak wymiana zużytego noża jest prosta i szybka. Jednocześnie wyeliminowano możliwość zanieczyszczenia gniazda łożyskowego. Co ważne w opracowanym rozwiązaniu stosowane są handlowe noże styczo-obrotowe.

Omawiany uchwyt wyróżnia się tym, że jego zespół łożyskowy posiada dodatkową tuleję kołnierkową. Tuleja łożyskowana jest na poprzecznych łożyskach igiełkowych oraz na wzdłużnym łożysku wałeczkowym. Na obu końcach tulei osadzone są pierścienie uszczelniające. Dodatkowo pierścienie uszczelniające zabezpieczone są przed uszkodzeniem przez stalowe pierścienie osłaniające. Otwór w tulei ma kształt i wymiary odpowiadające uchwytom handlowym, co pozwala na stosowanie standardowych noży styczo-obrotowych.

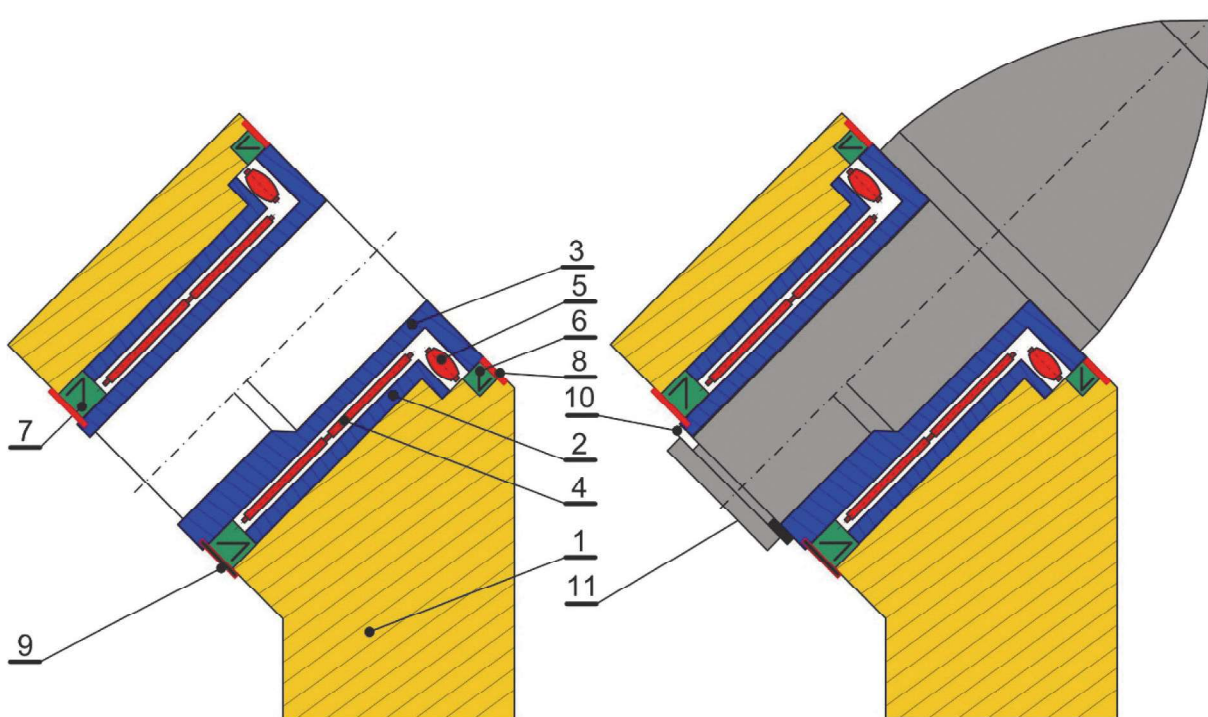
Uchwyt zapewnia bardzo małe opory ruchu obrotowego noża. W przypadku konieczności wymiany zużytego noża na nowy czas wymiany jest bardzo skrócony. Czynność wysunięcia zużytego i włożenia nowego wykonywana jest przy szczelnie zamkniętym zespole łożyskowym, bez dostępu zanieczyszczeń.

Na rysunku 6 przedstawiono ideę tego rozwiązania. Kształt i rozmiar uchwytu są zgodne z obecnie stosowanymi rozwiązaniami handlowymi. W korpusie uchwytu 1 znajduje się nieruchoma kołnierkowa tuleja zewnętrzna 2. W tulei 2 wykonana jest bieżnia zewnętrzna poprzecznego łożyska igiełkowego 4. Bieżnię wewnętrzną dla łożyska igiełkowego 4 stanowi powierzchnia zewnętrzna kołnierkowej tulei wewnętrznej 3. Handlowy nóż styczo-obrotowy 11 mocowany jest za pomocą pierścienia osadczego 10. Pomiedzy tulejami 2 i 3 znajduje się również wzdłużne łożysko wałeczkowe 5. Na obu końcach tulei 3 osadzone są pierścienie uszczelniające górny 6 i dolny 7. Od zewnątrz pierścienie uszczelniające 6 i 7 są zakryte przez płaskie pierścienie osłaniające 8 i 9.

Przedmiotowe rozwiązanie zostało zgłoszone do ochrony patentowej jako „Uchwyt noża styczo-obrotowego, mocowany w organie urabiającym” o numerze P-428 397 z dnia 27.12.2018.

5. Autorskie rozwiązanie noża styczo-obrotowego

W trudnych warunkach pracy, przy występowaniu skał abrazyjnych często dochodzi do zablokowania noża w uchwycie, co powoduje jego bardzo szybkie i katastroficzne zużycie, z koniecznością natychmiastowej wymiany na nowy. Rozwiązaniem tego problemu może być przedstawiony wcześniej uchwyt. Jednak prawidłowo pracujący nóż zużywa się równomiernie, zmniejsza się długość jego części roboczej, natomiast kształt jest zbliżony do noża fabrycznie nowego. Praktyka eksploatacyjna wykazuje, że powodem wielu przypadków zużycia noży nie jest zużycie ostrza z węgla spiekane, a stalowego korpusu. W rezultacie nieużyte ostrze



Rys. 6. Łożyskowany uchwyt noża styczo-obrotowego (opis w tekście)

Fig. 6. Bearing-equipped holder of the conical pick (description is contained in the text)

zostaje wykruszone lub wylamane, a nóż wymaga wymiany. Znane są przedstawione wcześniej zabiegi pozwalające na zwiększenie trwałości noża, zwłaszcza przez ochronę jego części roboczej.

Analizując tak konstrukcję noży styczno-obrotowych, jak i formę ich zużycia, opracowano nowe rozwiązanie noża styczno-obrotowego. Rozwiązanie polega na wykonaniu ostrza noża w kształcie zbliżonym do formy zużycia części roboczej noża. Ostrze o specjalnym kształcie może być wykonane w całości z węglików spiekanych lub innego materiału trudnościeralnego. Ostrze może również składać się z dwóch połączonych na stałe elementów. Ostrze może być mocowane standardowo przez lutowanie lub w sposób rozłączny na przykład za pomocą pierścienia sprężystego. Mocowanie rozłączne umożliwi szybką wymianę samego ostrza, bez wyjmowania noża. Ponadto rozważyć można zastosowanie połączenia ruchowego ostrza z nożem przez zastosowanie łożyskowania ślizgowego.

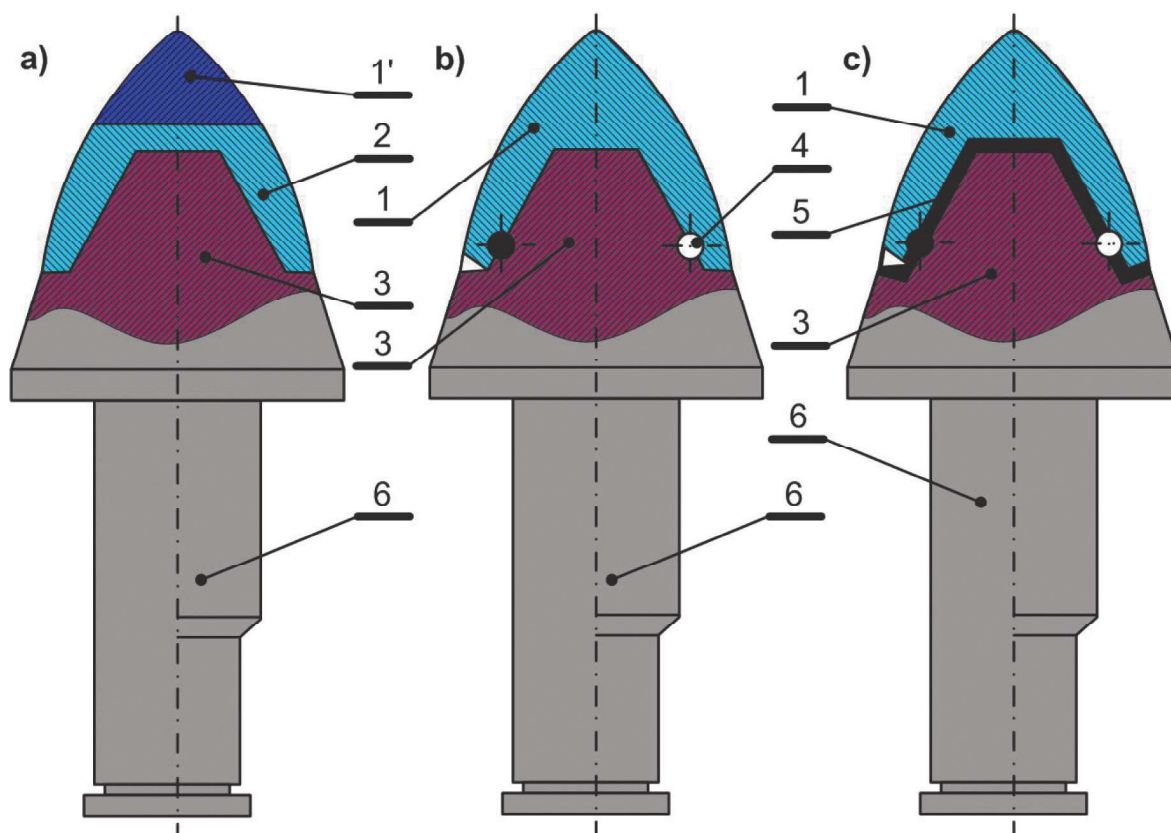
Na rysunku 7 przedstawiono ideę tego rozwiązania. Część robocza ma na wierzchołku jedno (1) lub dwuczęściowe ostrze (1', 2). Dwuczęściowa konstrukcja umożliwi zastosowanie dwóch różnych materiałów, na przykład PCD na element 1' oraz węglików spiekanych na element 2. Ostrze mocowane jest do elementu centrującego 3 noża. Element 3 w przybliżeniu ma kształt noża zużytego. W związku z tym, z założenia zużyciu ulega jedynie ostrze a nie stalowy korpus noża. Ostrze może być połączone standardowo za pomocą lutu twardego (rysunek 6 a). Alternatywnie ostrze może być połączone rozłącznie za pomocą pierścienia sprężystego 4 (rysunek 6

b). Pomiędzy ostrzem a korpusem noża może zostać zastosowane łożysko ślizgowe 5 (rysunek 6 c). Nóż posiada kształt i mocowanie typowego noża handlowego.

Przedmiotowe rozwiązanie zostało zgłoszone do ochrony patentowej jako „Nóż styczno-obrotowy głowicy frezującej skały związane” o numerze P-428 184 z dnia 14.12.2018.

6 Podsumowanie

Frezowanie skał nożami styczno-obrotowymi, zwłaszcza w trudnych i wymagających warunkach, związane jest z ich szybkim zużyciem i koniecznością wymiany. Noże styczno-obrotowe podczas pracy znajdują się w bezpośrednim kontakcie z calizną, stąd ich zużycie ściernie jest nieuniknione. W obecnej chwili najbardziej popularnym kierunkiem rozwoju noży styczno-obrotowych jest stosowanie nowoczesnych, odpornych na zużycie ściernie stali na korpusy oraz węglików spiekanych na ostrza. Część robocza noża jest najbardziej narażona na zużycie, dlatego stosuje się powłoki lub pierścienie znacząco zwiększające trwałość. Jak wynika z przeprowadzonej analizy istniejących rozwiązań znane są różne sposoby i rozwiązania techniczne tak uchwytu jak i noża, które pozwalają na wydłużenie czasu ich pracy. Jednym ze sposobów jest zastosowanie uchwytów łożyskowych. Przedstawione dwa rozwiązania, dotyczące uchwytu oraz noża są proponowanymi kierunkami rozwoju, które warto są uwagi i pozwolą na wzrost trwałości noży. Oba rozwiązania są technicznie wykonalne. Wykonanie wersji przemysłowej



Rys. 7. Nóż styczno-obrotowy z ostrzem o specjalnej konstrukcji a) ostrze lutowane, b) ostrze mocowane rozłącznie, c) ostrze łożyskowane ślizgowo

Fig. 7. Conical pick with a specially constructed tip (description is contained in the text) a) brazed tip, b) separately mounted tip c) tip with a slide bearing

uchwyty łożyskowanego wymaga przeprowadzenia badań prototypu, natomiast rozwiązanie noża stycznie-obrotowego jest możliwe do wdrożenia bez fazy badawczej.

Prace zrealizowano w ramach grantu dziekańskiego, umowa 16.16.130.942.

Literatura

- BOŁOZ Ł., KRAUZE K. 2018 - Ability to mill rocks in open-pit mining. In: 18th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, Exploration and Mining, SGEM2018, Albena, Bulgaria, Volume 2, s. 41-48.
- BOŁOZ Ł. 2018 - Results of a study on the quality of conical picks for public procurement purposes., in Proceedings of the international conference on Human safety in work environment: operating machinery and equipment: integrated management systems: quality - environment - safety, 23-27 October 2018, Gdańsk-Nynashamn-Sztokholm-Tallin-Sztokholm-Nynashamn-Gdańsk, s. 687-693.
- CHANG S., LEE, CHULHO, KANG. 2017 - The Effect of hardfacing on wear reduction of pick cutters under mixed rock conditions. Geomechanics and engineering, 13(1), s. 141-159.
- DEWANGAN, SAURABH, CHATTOPADHYAYA, SOMNATH. 2015 - Critical Analysis of Wear Mechanisms in Cemented Carbide. Journal of materials engineering and performance, 24(7), s. 2628-2636.
- GAJEWSKI J., JEDLIŃSKI L., JONAK J. 2013 - Classification of wear level of mining tools with the use of fuzzy neural Network. Tunnelling and underground space technology, 35, s. 30-36.
- KOTWICA K. 2011 - The influence of water assistance on the character and degree of wear of cutting tools applied in roadheaders. Archives of Mining Sciences, 5(3), s. 353-374.
- KOTWICA K. 2018 - Atypical and innovative tool, holder and mining head designed for roadheaders used to tunnel and gallery drilling in hard rock. Tunnelling and Underground Space Technology, 82, s. 493-503.
- KRAUZE K., BOŁOZ Ł. 2018 - Disc unit dedicated to mine abrasive rocks and in particular copper ores. In: 18th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, Exploration and Mining, SGEM2018, Albena, Bulgaria, Volume 2, s. 311-318.
- KRAUZE K., BOŁOZ Ł., WYDRO T. 2017 - „Przeгляд Górniczy”. Opis jakości noży stycznie-obrotowych wskaźnikami parametrycznymi, 6, s. 1-8.
- KRAUZE, K., SKOWRONEK, T., MUCHA, K. 2016 - Influence of the hard - faced layer welded on tangential – rotary pick operational part on its wear rate. Archives of Mining Sciences 61(4), s. 779 – 792.
- NAHAK, SAKUNTALA; DEWANGAN, SAURABH; CHATTOPADHYAYA, SOMNATH. 2015 - Discussion on Wear Phenomena in Cemented Carbide. In: Global Challenges, Policy Framework & Sustainable Development for Mining of Mineral and Fossil Energy Resources. Dhanbad: GCPF, 11, s. 284-293.
- PROKOPENKO S. A., VOROBIEV A. V., LYUDMILA A., JANOČKO J. 2018 - Waste Cutters Utilization in Underground Coal Mining, Acta Montanistica Slovaca, 23(1), pp. 81-89.
- SONGYONG L., HUIFU; J., XIAOHUI L. 2017 - Experimental research on wear of conical pick interacting with coal-rock. Engineering failure analysis, 74, s. 172-187.
- WORLD COAL. 2019 - Jenmar Sanshell advertisement, 4.

Artykuł wpłynął do redakcji – czerwiec 2019
Artykuł akceptowano do druku 14.08.2019

LUBELSKI WĘGIEL
„BOGDANKA”
SPÓŁKA AKCYJNA

KOPALNIA
INTELIGENTNYCH
ROZWIĄZAŃ

jesteśmy notowani w indeksach:
mWIG40, WIG-GÓRNICTWO, InvestorMS oraz Respect Index

www.lw.com.pl