

Artur BĘBEN, Michał MAZIARZ, Ryszard TYLEK  
Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

## KORONKI NOWEJ GENERACJI DO WIERCENIA OBROTOWEGO JAKO EFEKTYWNE NARZĘDZIA W GÓRNICTWIE

**Streszczenie.** W referacie przedstawiono niektóre wyniki z wieloletnich badań nad konstrukcją nowej generacji koronek z wymiennymi nożami obrotowymi stycznymi do wiercenia obrotowego w skałach średniej zwięzłości i zwięzłych, prowadzonych przez autorów w Akademii Górniczo-Hutniczej na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki.

## HEADS OF NEW GENERATION FOR ROTARY DRILING AS EFFECTIVE TOOLS IN MINING

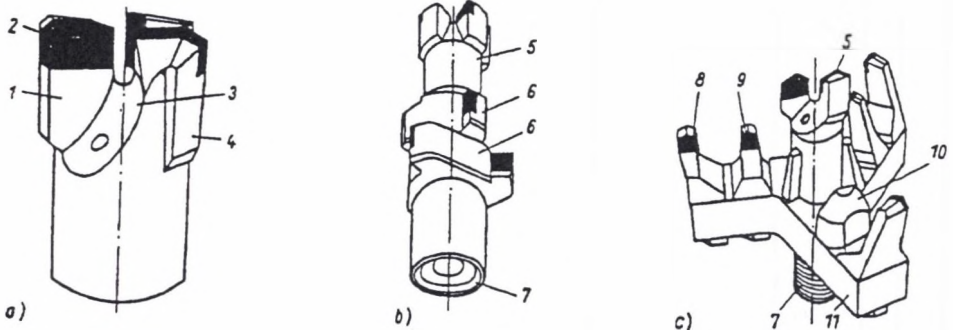
**Summary.** In the paper are presented some results of multiyear investigation of the construction of the new generation of heads with replaceable tangential rotary bits used in rotary drilling in rocks of medium cohesivity and more cohesive. The authors have made these works in the University of Mining and Metallurgy in the Department of Mechanical Engineering and Robotics.

### 1. Wprowadzenie

Każda działalność górnicza jest związana z procesem urabiania skał. Znajomość właściwości fizycznych skał ma szczególne znaczenie przy wierceniu otworów strzałowych i eksploatacyjnych. W wyniku oddziaływania metodami mechanicznymi lub fizykalnymi na skałę następuje niszczenie jej składu mineralnego i struktury, z tego względu zależnie od rodzaju skał należy dążyć do odpowiedniego dobierania sposobów wiercenia i narzędzi. Dlatego też każda działalność prowadząca do zintensyfikowania urabiania skał (wiercenia) poprzez modyfikację procesu skrawania zasługuje na szczególną uwagę. Intensyfikację procesu urabiania można przeprowadzić głównie, poprzez dobór (konstrukcji) odpowiednich narzędzi skrawających i właściwych parametrów skrawania, prowadząc optymalizację tego procesu pod względem techniczno-ekonomicznym.

Do wiercenia w skałach sposobem obrotowym otworów o średnicach od 37 do 90 mm stosuje się z reguły koronki mające ostrza niewymienne, osadzone w korpusie na stałe, rys.1a. Koronka bezstopniowa ma najczęściej dwa lub trzy ostrza wyprofilowane w formie

„skrzydełek” 1, zbrojonych płytkami z węglików spiekanych 2, między którymi znajdują się kanały 3 do odprowadzania zwierein. Boczne krawędzie skrzydełek są ukształtowane w formie żeberek 4 prowadzących ostrza w otworze.



Rys.1. Koronki skrawające stosowane do wiercenia obrotowego; a - koronka bezstopniowa, b - koronka wielostopniowa, c - koronka z wymiennymi ostrzami

Fig.1. Cutting heads used in rotary drilling; a- one-step head, b- multi-step head, c- head with replaceable edges

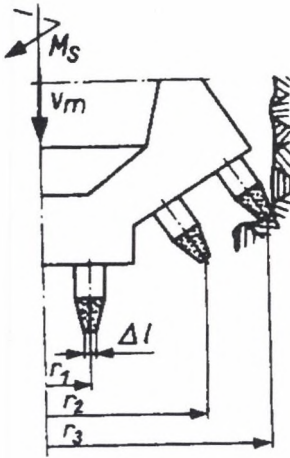
Do wiercenia otworów o średnicach od 80 do 130 mm stosuje się koronki wielostopniowe, rys.1b, które składają się z pilota 5 (koronki dwu- lub trójostrowej) oraz segmentów rozwierających 6 i korpusu 7 wraz z połączeniami gwintowymi żerdzi.

Trzecią grupę pod względem rozwiązania konstrukcyjnego stanowią koronki o wymiennych ostrzach, rys.1c. Podobnie jak w rozwiązaniu pokazanym na rys.1b, składają się z pilota 5, wymiennych ostrzy zewnętrznych 8 i wewnętrznych 9 oraz niekiedy z noża (ostrza) rozkruszającego 10. Ostrza wymienne w formie noży skrawających osadzone są w korpusach 11 o najrozmaitszych kształtach i średnicach od 160 do ponad 300 mm.

W większości rozwiązań konstrukcyjnych w korpusach koronek wykonane są otwory do prowadzenia płuczki powietrznej lub wodnej w celu intensywnego odprowadzenia zwierein i chłodzenia ostrzy. Podtrzymując stwierdzenie, że prawidłowo i właściwie dobrany kształt ostrzy i ich rozmieszczenie w korpusie może poprawić proces zwierein skały oraz wpłynąć na zwiększenie wydajności wiercenia, zaproponowano do zwierein skał kruchych i średnio zwięzłych nowe kształty koronek do wiercenia obrotowego o ostrzach wymiennych.

## 2. Istota konstrukcji koronek o ostrzach wymiennych

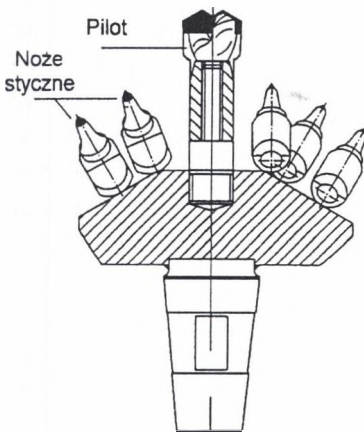
Istota opracowanych nowych konstrukcji koronek o ostrzach wymiennych do wiercenia obrotowego w skałach średniej zwięzłości sprowadza się do zastosowania w tradycyjnej koronce skrawającej rys.1b wymiennych pojedynczych ostrzy w miejscu pierścieni 6, składających się najczęściej z trzech niewymiennych ostrzy każdy. Zaproponowano koronki o ostrzach wymiennych, które nie stanowią pełnego ostrza skrawającego na średnicy koronki, rys.2.



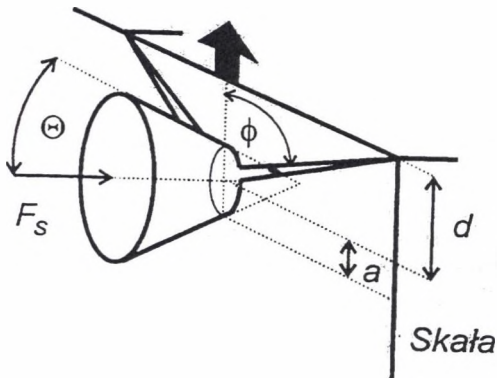
Rys.2. Schemat pracy koronki o ostrzach wymiennych  
Fig.2. Operational scheme of the head with replaceable fedges

W takim rozwiązaniu koronki praca ostrzy polega nie tylko na czystym skrawaniu skały, ale w dużej mierze także na ścinaniu (wyłamywaniu) stref nie urobionej skały między ostrzami poprzez oddziaływanie na nią bocznych krawędzi i powierzchni ostrza. Takie rozwiązanie konstrukcyjne koronki powoduje, iż tylko część skały na dnie otworu jest zwiercana skrawaniem, a część skały między ostrzami jest ścinana, co powinno prowadzić do uzyskiwania grubszych ziaren zwiercin, a tym samym zmniejszenia ilości ziaren drobnych (pyłu) szkodliwych dla zdrowia ludzkiego. Na ostrza rozwiercające zaproponowano wymienne obrotowe noże styczne według koncepcji jak na rys.3.

Takie usytuowanie noża powoduje atakowanie skały stosunkowo małą powierzchnią natarcia, co realizuje skrawanie tylko krótką krawędzią skrawającą na dnie bruzdy i przyczynia się do intensywnego rozkruszania skały w pozostałym obszarze bruzdy. Odpowiednie ustawienie noży obrotowych stycznych w głowicy (korpusie) koronki powoduje „atakowanie” skały małą powierzchnią natarcia (punktowo), co prowadzi do odpowiedniego stanu naprężeń na styku „ostrze-skała”, w wyniku którego następuje pęknięcie skały i jej odłupywanie, rys. 4.



Rys.3. Koncepcja koronki do obrotowego wiercenia otworów z wymiennymi ostrzami skrawającymi (nożami stycznymi)  
Fig.3. The conception of the head for rotary drilling with replaceable cutting edges (tangential edges)



Rys.4. Model rozkruszania skały nożem stycznym [4]

Fig.4. The model of rock breaking with tangential edge [4]

Według Evansa [4] wciskaniu narzędzia w kształcie stożka w skałę w strefie styku „ostrze-skała”, towarzyszy powstanie niezwykle intensywnych naprężeń ściskających. Wytworzone w tej strefie naprężenia ściskające odpowiedzialne są za inicjację naprężeń rozciągających w obszarze skały otaczającej powstały otwór (zagadnienie Lamé) a tym samym po przekroczeniu pewnej wartości za pęknięcie skały nad wciskany ostrzem. Rozciągające pęknięcie powstaje w strefie styku: „ostrze-skała”.

Stożkowe ostrze noża odpowiednio ustawione w korpusie koronki wywołuje siłę składową, która powoduje jego obrót i samoostrzenie, co ma kapitalne znaczenie przy wierceniu otworów głębokich. Siłę skrawania potrzebną do rozkruszania skały  $F_s$  można wyznaczyć z zależności [4]:

$$F_s = \frac{16\pi}{\cos^2 \theta} \left( \frac{R_m}{R_c} \right) R_m d^2, \quad (1)$$

gdzie  $R_m$  - wytrzymałość skały na rozciąganie,

$R_c$  - wytrzymałość skały na ściskanie.

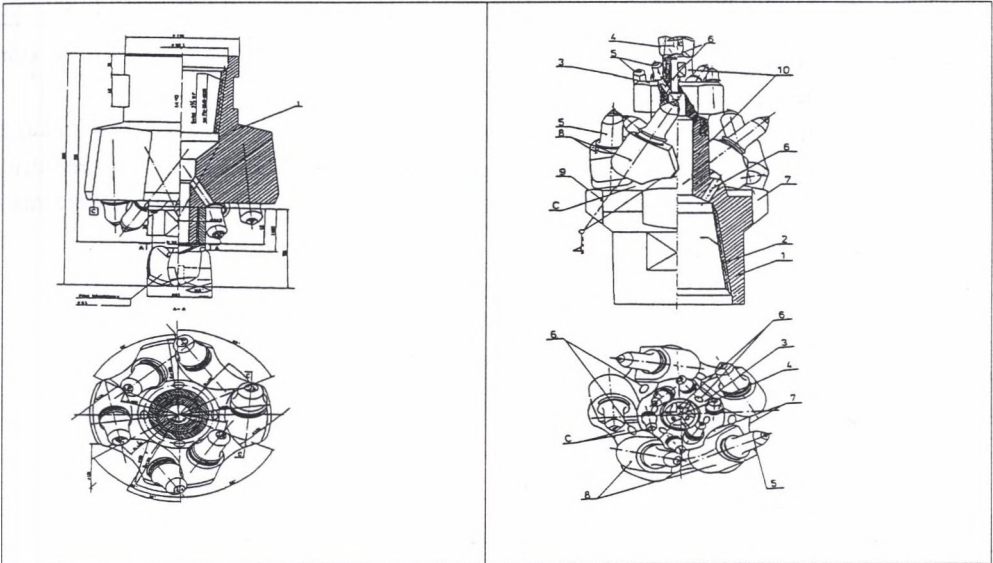
Mając na uwadze dużą różnorodność noży stycznych produkowanych w kraju i za granicą, postanowiono wykorzystać je jako ostrza wymienne do konstrukcji koronek przeznaczonych do obrotowego wiercenia w skałach kruchych i słabo zwięzłych. Zaproponowano koncepcje koronek z wymiennymi ostrzami (nożami stycznymi) do obrotowego wiercenia otworów w skałach w celu zwiększenia różnorodności a tym samym poszerzenia zakresu ofertowego narzędzi wiertniczych produkowanych w kraju, a użytkowanych w górnictwie. Wykorzystanie wymiennych ostrzy skrawających zamiast ostrzy stałych ma na celu obniżenie kosztów wytwarzania koronek, bowiem koszt wytwarzania ostrzy w setkach tysięcy sztuk jest wielokrotnie mniejszy niż koszt produkcji innych koronek o ostrzach stałych.

Dodatkowo istotną cechą nowej generacji koronek o ostrzach wymiennych obrotowych stycznych jest możliwość wykonania w obszarze ostrzy rozwierających dodatkowych otworów płuczkowych, co powoduje intensyfikację wynoszenia zwiercin, szczególnie przy przewiercaniu skał z przerostami glin i ilów.

### 3. Rozwiązania konstrukcyjne koronek nowej generacji

W wyniku wielowariantowego konceptowania przy uwzględnieniu analizy geometryczno-kształtowej opracowano koronki nowej generacji ze stycznymi nożami obrotowymi do wiercenia w skałach średniej zwięzłości [2]. Zespół pracowników naukowych Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej w składzie Artur Bęben, Michał Maziarz, Ryszard Tylek z inicjatywy prof. A. Bębna, opracował typoszereg koronek nowej generacji o średnicach standardowych  $\Phi$ : 105, 115, 143, 160, 216, 250, 311 i 444 mm, które zostały opatentowane [5, 6, 8].

Na rys.5 przedstawiono przykładowo postać konstrukcyjną koronki ze stycznymi nożami obrotowymi osadzonymi bezpośrednio w korpusie, co zezwala na „zminiaturyzowanie” koronki do wiercenia otworów małych średnic, np.  $\Phi$ 105 i  $\Phi$ 115 mm z zachowaniem optymalnych kątów skrawania dla danej twardości urabianej skały.



Rys.5. Postać konstrukcyjna koronki z nożami stycznymi osadzonymi ślizgowo bezpośrednio w korpusie koronki

Fig.5. Design drawing of the head with tangential edges kept by sliding closely in the head body

Rys.6. Postać konstrukcyjna koronki segmentowej składanej z nożami stycznymi: 1 – korpus, 2 – gwint mocujący, 3 – korpus górny, 4 – pilot prowadzący, 5 – noże obrotowe, 6 – otwory płuczkowe, 7 – kanały płuczkowe, 8 – uchwyty nożowe

Fig.6. Design drawing of assembled head with tangential edges: 1 - body, 2 - fixing thread, 3 - upper body, 4 - pilot, 5 - rotating edges, 6 - drilling fluid holes, 7 - drilling fluid channels, 8 - edge chucks

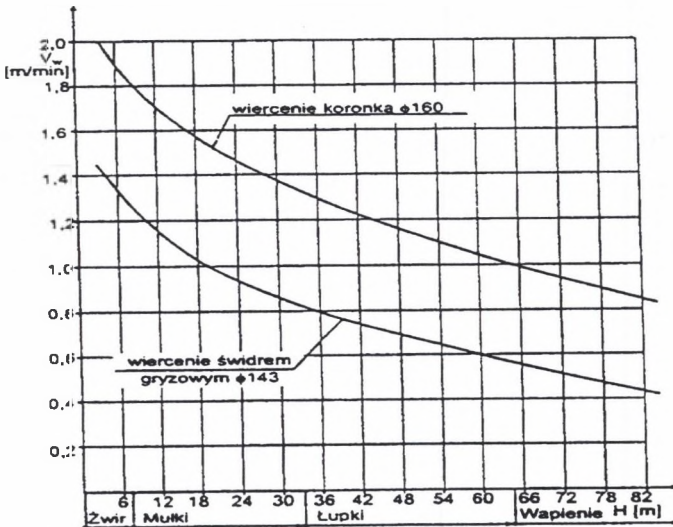
Ponadto na rys.6 przedstawiono rozwiązanie konstrukcyjne składanej (kombinowanej) koronki z nożami osadzonymi obrotowo bezpośrednio w korpusie górnym koronki 3 oraz

nozami osadzonymi w standardowych uchwytach 8, które są przyspawane pod odpowiednimi kątami do korpusu 1. Koronki nowej generacji przedstawione w przykładowych rozwiązaniach mogą służyć do wiercenia i rozwiercania tak otworów pionowych, jak i horyzontalnych, a także do rozwiercania otworów horyzontalnych przy ruchu powrotnym (jałowym) żerdzi wiertniczych po modyfikacji ustawienia noży obrotowych na „układ lewy”.

Przedstawione koronki nowej generacji były przedmiotem badań laboratoryjnych i przemysłowych w celu ustalenia parametrów skrawania skał o wytrzymałości na ściskanie  $R_c = 10\div 112$  MPa [3, 7]. Wyniki badań wykazały, że proces wiercenia tymi koronkami jest intensywniejszy aniżeli koronkami skrawającymi i świdrami gryzowymi w wykonaniach tradycyjnych. Badania wykazały lepszą przydatność nowych konstrukcji koronek przy przewiercaniu złóż lekkich (marglistych i ilastych) ze względu na znaczne zwiększenie liczby otworów i kanałów płuczkowych.

Na rys.7 przedstawiono przykładowo proces wiercenia koronką nowej generacji  $\Phi 160$  mm i świdrem gryzowym  $\Phi 143$  mm w złożu skał nadkładowych KWB Bełchatów. W tym złożu przy wierceniu otworów o głębokości  $H = 1720$  m zużyto 3 świdry gryzowe  $\Phi 143$  mm w cenie 720 dolarów za sztukę i 12 noży obrotowych o cenie 17 zł za sztukę, w które wyposażona była koronka  $\Phi 160$  mm.

Z przykładowego zestawienia cen oraz przebiegu procesu wiercenia (rys.7) wynika, że opracowane i wprowadzone do produkcji przemysłowej w Polsce koronki nowej generacji z tanimi nożami obrotowymi (samoostrzącymi się) są efektywnymi narzędziami do wiercenia w skałach o różnej zwięzłości.



Rys.7. Proces wiercenia koronką nowej generacji  $\Phi 160$  mm i świdrem gryzowym  $\Phi 143$  mm w złożu koło Trębaczewa do głębokości  $H = 82$  m

Fig.7. The process of drilling with the new generation head  $\Phi 160$  mm and saw-tooth bit  $\Phi 143$  mm in the bed nearby Trębaczew till the depth  $H = 82$  m.

## Abstract

The paper presents results of many years' investigations of a new design of drill bits with replaceable rotary tangential drill points for rotary drilling that have been obtained so far. The mas-produced rotary tangential drill bits are cheap and have found application as reaming bits furnished with pilot drill points. As a result of this a method of attacking of a hole bottom has been changed. Owing to the application of tangential bits with conical tips particles of rock are rather torn out and not cut. Therefore, the drillings are composed of much coarser particles and produce less dust so are human-friendly. Drills furnished with rotary tangential bits are protected by Polish patents. They allow good results to be obtained when drilling holes in medium compact rock.

## LITERATURA

1. Bęben A.: Technika wiertnicza w odkrywkowym górnictwie skalnym. Katowice, Śląskie Wydawnictwo Techniczne, 1992
2. Bęben A., Maziarz M., Tylek R.: Design and Primary Investigations of Heads with Replaceable Bits for Rotary in Rocks. VI International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, Ostrava 1997
3. Bęben A., Maziarz M., Tylek R.: Rezultaty badań laboratoryjnych i przemysłowych zwiercania sposobem obrotowym skał koronkami nowej generacji. Górnictwo Odkrywkowe, Rocznik XI, Wrocław 1998
4. Evans I.: Basic Mechanics of the Point – Attack Pick. London, Colliery Guardian, 1984
5. Bęben A., Maziarz M., Tylek R.: Patent P-313464
6. Bęben A., Maziarz M., Tylek R.: Patent P-314391
7. Bęben A., Maziarz M., Tylek R.: Opracowanie niekonwencjonalnych koronek do zwiercania obrotowego dla potrzeb górnictwa. Sprawozdanie z pracy PB-O122/36/94/07, AGH Kraków (niepublikowane)
8. Bęben A., Maziarz M., Tylek R.: Zgłoszenie patentowe koronki stopniowej

Recenzent: Prof.dr inż. Włodzimierz Sikora

## Abstract

W pracy przedstawiono dotychczasowe wyniki wieloletnich badań nowej konstrukcji koronek o wymiennych ostrzach obrotowych stycznych do wiercenia obrotowego. Ostrza obrotowe styczne, produkowane masowo, a więc tanie, zostały zastosowane jako ostrza rozwiercające koronek zaopatrzonych w ostrze „prowadzące” pilota, zmieniając w zasadniczy sposób atakowanie dna otworu. Dzięki skrawającym ostrzom stycznym, z końcówkami stożkowymi, ostrza bardziej „wrywają” cząstki skały aniżeli skrawają, stąd też zwierciny (produkt zwiercania) mają cząstki znacznie grubsze, które mniej pylą, są przyjazne człowiekowi. Koronki o ostrzach obrotowych stycznych mają w Polsce patenty, a uzyskiwane nimi w praktyce rezultaty są znacząco dobre podczas wiercenia w skałach średniej zwięzłości.