

## Drażenie pomocniczych tuneli ratowniczych

Sebastian Janas  
Marek Kalita  
Zbigniew Szkudlarek

### Driving the auxiliary rescue tunnels

#### Streszczenie:

W artykule przedstawiono metodę drażenia pomocniczych tuneli ratowniczych z wykorzystaniem mała średnicowej głowicy tnąco-ładującej, która wykorzystuje pulsujący moment obrotowy o częstotliwościach odpowiednio dobranych dla urabianej skały. Jest ona zabudowana na platformie wiertniczej. Zaprezentowano budowę i opisano główne elementy głowicy.

Słowa kluczowe: inżynieria mechaniczna, budowa i eksploatacja maszyn, ratownictwo górnicze, tunel ratowniczy, sprzęt wiertniczy

Keywords: mechanical engineering, machine design and use, main rescue operations, rescue tunnel, drilling equipment

#### Abstract:

Method of driving auxiliary rescue tunnels using the small-diameter cutting-loading head, with the pulsating torque of the frequencies selected for the type of mined rock is presented. The head is installed on a drilling platform. The design and main components of the head are presented.

## 1. Wstęp

Osoby zatrudnione w kopalniach są narażone w trakcie wykonywania prac górniczych na różne zagrożenia. Kluczową sprawą warunkującą skuteczną reakcję na poważny incydent górniczy jest zatem kwestia szybkiego pozyskiwania i dostarczania informacji o stanie zdrowia poszkodowanych oraz o parametrach środowiska w jakim znajdują się poszkodowani.

Jeśli chodnik zawalony jest rumowiskiem, wymaga to szybkiego usunięcia brył skalnych oraz zabezpieczenia stropu (i ewentualnie ociosów) tak, aby tym wyrobiskiem można było bezpiecznie dotrzeć do uwięzionych osób. W przypadku, gdy jest to niemożliwe np. ze względu na duże rozmiary brył skalnych zalegających w wyrobisku, należy podjąć próby normalnego drażenia wyrobiska (chodnika) ratowniczego o stosunkowo małych wymiarach (np. 1,5m×1,3m), aby możliwe było przetransportowanie osób poszkodowanych. Wyrobisko takie ze względów bezpieczeństwa musi być drażone bez użycia materiałów wybuchowych, a jego wielkość powinna zapewnić wprowadzenie do niego specjalistycznego sprzętu do drażenia, przenośnika odprowadzającego urobek i obudowę zabezpieczającą (rys. 1).

Jednak nie zawsze drażenie wyrobiska ratowniczego jest na tyle efektywne, aby zastępy ratowników mogły na czas dotrzeć do poszkodowanych. Wiąże się to głównie z czasochłonnym, ręcznym wybieraniem skał i pozostałości urządzeń zlokalizowanych w rejonie rumowiska. W wielu przypadkach postęp prac jest niezadowalający w stosunku do oczekiwań.



Rys. 1. Model 3D wyrobiska ratowniczego - dla akcji ratowniczej związanej z zawalem wyrobiska [4]

Również w przypadku niektórych zdarzeń bezpośrednio wykorzystanie bezzałogowego pojazdu rozpoznawczego w celu dotarcia do zagrożonego rejonu kopalni, jak również komunikacja z tym obszarem, może być mocno utrudniona z powodu występującego zawalu stropu, wypiętrzenia spągu lub innego zakłócenia na trasie przemieszczania się sprzętu ratowniczego.

W takiej sytuacji wiercenie pomocniczego, mało średnicowego tunelu awaryjnego jest istotnym pierwszym krokiem, pozwalającym na uzyskanie fizycznego dostępu do odciętych obszarów kopalni, w celu pozyskania informacji przed wysłaniem ratowników na miejsce zdarzenia. Taki tunel mógłby również zostać potencjalnie wykorzystany do tymczasowego ratowania uwięzionych poszkodowanych [7].

Potrzeba mechanizacji prac ratowniczych zaowocowała udziałem ITG KOMAG w projekcie: „Informacyjne wsparcie planowania i kierowania akcją ratowniczą (Information Driven Incident Response)” o akronimie INDIRES, którego celem jest ocena technologii i opracowanie rozwiązań pozwalających na gromadzenie i wymianę informacji podczas

planowania i realizacji akcji ratowniczych po poważnych zdarzeniach w podziemnych kopalniach węgla.

## 2. Opis nowej platformy wiertniczej

Istnieje kilka metod wiercenia, które mogą być stosowane przez ratowników, w tym wiercenie udarowe, wiercenie udarowo-obrotowe oraz wiercenie przez zniszczenie masy skalnej [1, 5].

Wiercenie skał można przeprowadzić metodą udarową, wykorzystując uderzenie z wysoką częstotliwością. Idea wiercenia wibracyjnego polega na wywołaniu bardzo dużej liczby mikropęknięć w wyniku drgań o wysokiej częstotliwości podczas wiercenia w twardych skałach. Częstotliwość uderzenia zależy od prędkości obrotowej używanych silników hydraulicznych. Z tego powodu wiercenie wibracyjne można podzielić na dwa zakresy. Pierwszym z nich jest wiercenie roto-wibracyjne, w którym stosowany zakres częstotliwości wynosi 60–850 Hz. Drugi to wiercenie ultradźwiękowe, w którym częstotliwość uderzeń wynosi 90-130 Hz [8]. Ta metoda wiercenia zastosowana podczas akcji ratowniczych może jednak spowodować niepożądane zawalenie się skały lub może spowodować niechciane obwały.

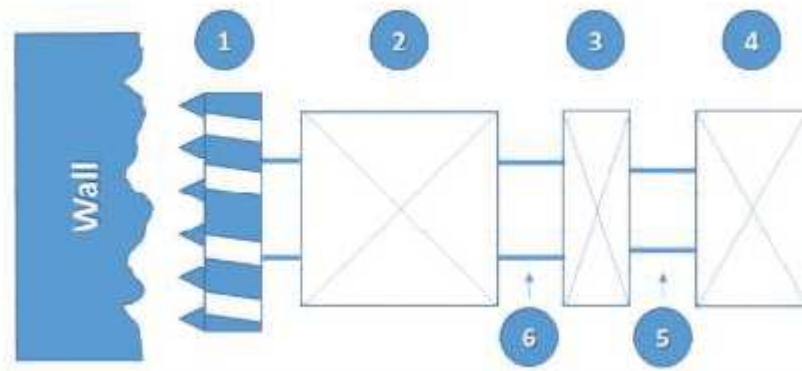
Metody wiercenia oparte wyłącznie na ruchu obrotowym nie są skuteczne w górnictwie skalnym. Instytut Techniki Górniczej KOMAG w swojej pracy [2] zaproponował obiecującą, alternatywną metodę wiercenia. Polega ona na wierceniu w czole przodka chodnika ratowniczego otworów, do których wkładany jest element rozszerzający. Po zaklinowaniu rozszerzającego się elementu w dnie otworu jest on wyciągany, powodując fragmentację skał na stosunkowo dużym obszarze w otoczeniu otworu. Ta metoda wiercenia może być mniej energochłonna, ponieważ wyciągnięcie elementu rozszerzającego z otworu następuje po przekroczeniu wytrzymałości skał na rozciąganie, około dziesięciokrotnie mniejszej od wytrzymałości skały na ściskanie. Jest ona jednak czasochłonna.

Prowadzenie robót górniczych w warunkach konieczności ratowania uwięzionych górników w podziemiach kopalń wymaga poszukiwań nowych rozwiązań specjalistycznego sprzętu, łatwego do transportu i obsługi w obszarze zawalonego wyrobiska [6].

W pracy realizowanej przez ITG KOMAG w ramach projektu INDIRES opracowano nowatorską małą średnicową głowicę wierzącą opartą na wierceniu obrotowym, ale zastępującej uderzenia działające w kierunku prostopadłym do powierzchni skały, przez drgania skrętne o odpowiedniej częstotliwości.

W typowych systemach wiercenia niszczenie spójności materiału osiąga się przez wygenerowanie odpowiednich sił lub momentów obrotowych, które działają na podłoże, powodując jego zniszczenie. Głowice udarowe są stosowane w celu zwiększenia wydajności. W ramach projektu INDIRES opracowano wiertnicę, która dla poprawy efektywności wiercenia wykorzystuje pulsujący moment obrotowy o częstotliwościach bliskich lub równych częstotliwości naturalnej wydobywanej skały (rys. 2). Pulsujący moment obrotowy jest wytwarzany za pomocą elektromagnetycznego generatora skrętnego.

W niniejszej publikacji przedstawiono koncepcję wybranych elementów projektowanej innowacyjnej platformy wiertniczej.



Rys. 2. Schemat blokowy platformy wiertniczej [3]

(1) głowica urabiająco-ładująca, (2) generator wibracji skrętnych, (3) magnetyczny przekładnia zębata lub przekładnia hydrokinetyczna, (4) napęd silnikowy, (5) wałek szybkoobrotowy, (6) wałek niskoobrotowy

Zastosowanie platformy wiertniczej wymaga przygotowania pola roboczego w rumoszu lub litej skale (rys. 3). Związane z tym jest również zabezpieczenia stropu i ociosów w obszarze pracy zastępów ratowniczych obsługujących wiertnicę. Szacuje się, że pole robocze komory ratowniczej, niezbędna dla zabudowy i swobodnego operowania wiertnicą powinno mieć maksymalne wymiary:

- szerokość min.  $S=1300$  mm,
- wysokość maks.  $H=2000$  mm,
- długość min.  $L=4000$  mm.

Tunel ratowniczy wykonywany przez wiertnicę nie powinien przekraczać średnicy 250 mm.

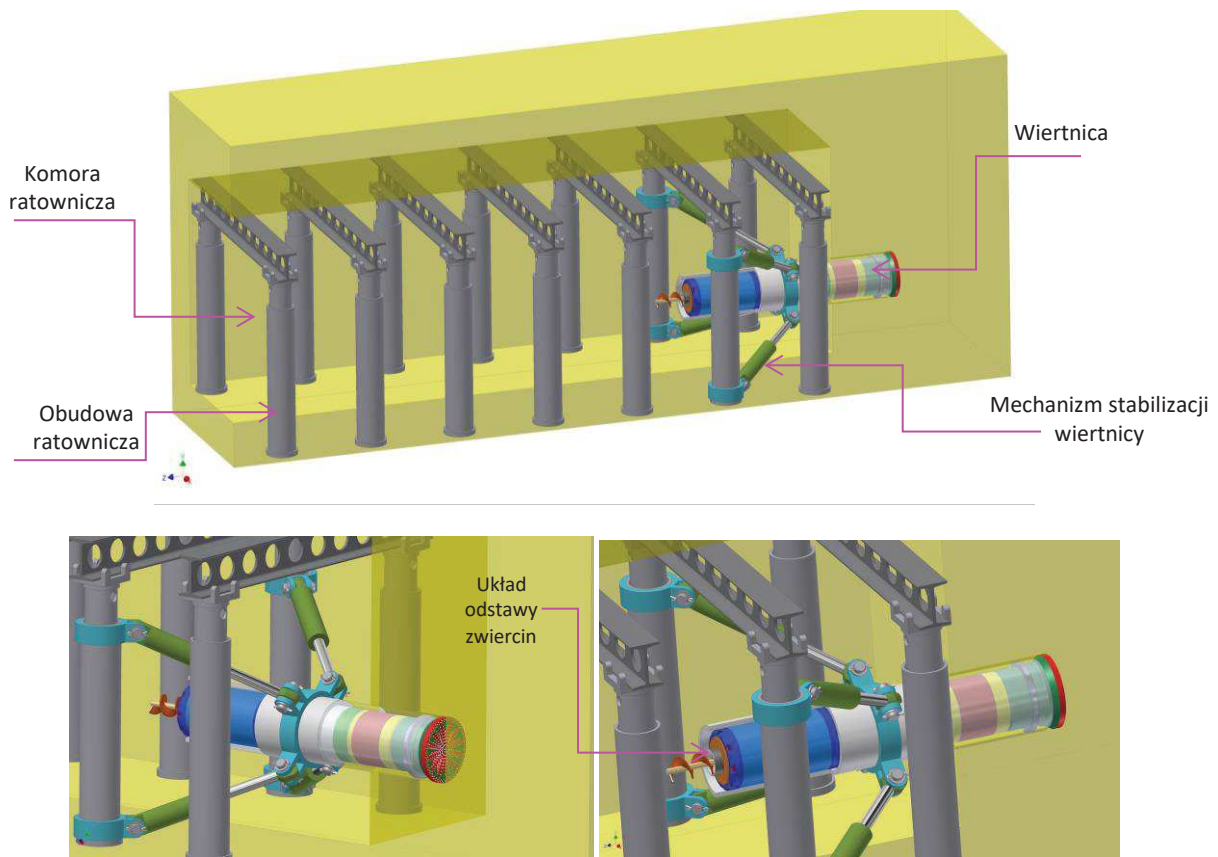
Zabudowa komory ratowniczej jest realizowana za pomocą obudowy wyposażonej w stojaki z własnym niezależnym zasilaniem hydraulicznym, stropnice, układ stabilizacji sąsiednich odrzwi oraz elementy przeciwdziałające odrywaniu stropnicy od głowicy koronowej stojaka.

Właściwości układu podporowego są podobne do obecnie stosowanych podpór w ratownictwie górnictwa węglowego.

Wiertnica jest wyposażona w mechanizm stabilizacji sprzężony z układem przemieszczania głowicy i zespołem odstawy zwiercin.

Założeniem przyjętym przy projektowaniu głowicy tnąco/ładującej i zespołu odstawczego jest zapewnienie ciągłego odbierania urobionego materiału, który powstaje w czasie wykonywania otworu. Skruszony przez głowicę materiał podawany jest bezpośrednio na zwoje i transportowany jest na zewnątrz otworu.

Głowica urabiająca i zespół odstawczy posiadają niezależne napędy, co pozwala kontrolować postęp w czasie wykonywania otworu oraz szybkość odprowadzania skruszonego materiału.

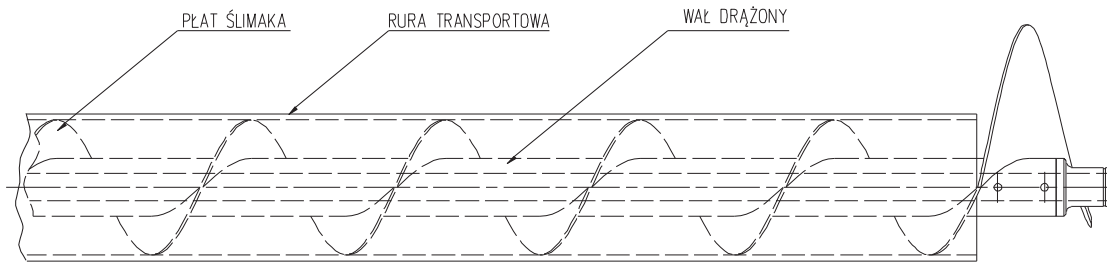


Rys. 3. Widok ogólny platformy wiertniczej w komorze ratunkowej [3]

Zespół odstawczy może pracować wewnątrz każdego komponentu układu napędowego znajdującego się w otworze podczas jego drążenia. Powstająca w procesie wiercenia otworu objętość skruszonego materiału powinna być skutecznie odprowadzona przez ślimak zespołu. Zespół odstawczy posiada konstrukcję, która wymiarowo wpisuje się w pozostałe urządzenia tworzące platformę wiertniczą. Ograniczeniem jest budowa elementów elektrycznych: generatora momentów skrętnych, indukcyjnego przetwornika momentu skrętnego i silnika elektrycznego. Komponenty te posiadają drążony otwór, w którym można umieścić zespół. Zatem możliwości wydajnościowe zespołu są ograniczone średnicą tego otworu. Istotne jest, że wydajność zespołu będzie wyznaczała maksymalne możliwe do osiągnięcia postępy w czasie wiercenia otworu. Wiąże się to z optymalizacją procesu wiercenia czyli doborem dwóch podstawowych parametrów jakimi są: nacisk na głowicę i jej prędkość obrotowa.

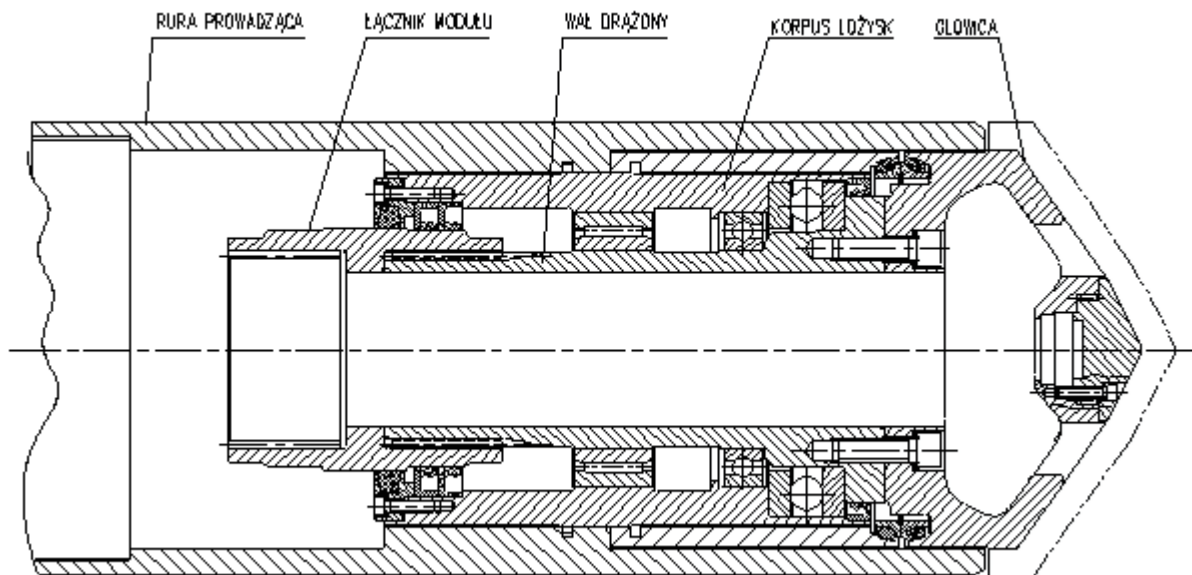
Na rysunku 4 pokazano koncepcję zespołu odstawczego. Zbudowany jest on z drążonego wału, na którym znajdują się żebra w postaci spiralnie nawiniętego ślimaka. Płat ślimakowy został umieszczony w rurze aby kontrolować płynność przemieszczania się urobionego materiału. Wykonanie drążonego wału pozwala na zastosowanie wody w procesie odstawy zwiercin. Wymiary geometryczne zespołu wynikają z wymiarów konstrukcyjnych obwodów magnetycznych generatora momentów skrętnych, indukcyjnego przetwornika momentu skrętnego i silnika elektrycznego.





Rys. 4. Koncepcja zespołu odstawczego [3]

Na rysunku 5 przedstawiono koncepcję głowicy urabiającej, która realizuje funkcję urabiania czoła otworu oraz podaje urobiony materiał na zespół odstawczy. Średnica wykonywanego otworu przez głowicę jest większa od średnicy zewnętrznej pozostałych zespołów biorących udział w procesie drążenia otworu.



Rys. 5. Koncepcja głowicy urabiającej [3]

### 3. Podsumowanie

Przedstawione rozwiązanie drążenia pomocniczego tunelu ratowniczego z wykorzystaniem mała średnicowej głowicy tnąco-ładującej, która wykorzystuje pulsujący moment obrotowy o częstotliwościach odpowiednio dobranych dla urabianej skały pozwala na znacznie szybsze osiągnięcie informacji o warunkach środowiskowych w zagrożonym rejonie oraz na szybszą ocenę ryzyka w odniesieniu do znajdujących się tam poszkodowanych.

Kompaktowa budowa opracowanej głowicy realizuje funkcję urabiania czoła otworu oraz podaje urobiony materiał na zespół odbierający. Jednocześnie, z uwagi na niewielkie gabaryty, odznacza się małą masą co jest istotne z punktu widzenia transportu i montażu. Zainstalowana mała moc i wykorzystanie własnego zasilania wewnętrznego, pozwala na uniezależnienie się od stacjonarnej sieci energetycznej, która w czasie wystąpienia zagrożenia może być niedostępna.

## Literatura

- [1] Bęben A.: Technika wiertnicza w odkrywkowym górnictwie skalnym. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1992.
- [2] Cebula D., Kalita M.: Badania i analiza naprężeń krytycznych w materiale skalnym wywołanych mechanicznym odspajaniem. Maszyny Górnicze nr 3/2016.
- [3] INDIRES “Information Driven Incident Response” - RFCS Grant Agreement 748632 – December 2018 (materiał niepublikowany).
- [4] INREQ ”Enhanced effectiveness and safety of rescuers involved in high risk activities by designing innovative rescue equipment systems”. Sprawozdanie, grudzień 2013 (materiał niepublikowany).
- [5] Wojnar K.: Wiertnictwo – Technika i Technologia. Wydawnictwa AGH, Kraków 1997.
- [6] Wojnar K.: Wiercenia ratunkowe w górnictwie. Wyd. „Śląsk”, Katowice 1980.
- [7] <http://indires.eu/> (4.11.2019).
- [8] <https://inzynieria.com/geoinzynieria/wiadomosci/42923> (4.11.2019).

---

*mgr inż. Sebastian Janas*  
*sjanas@komag.eu*

*dr inż. Marek Kalita*  
*mkalita@komag.eu*

*dr inż. Zbigniew Szkudlarek*  
*zszkudlarek@komag.eu*

*Instytut Techniki Górniczej KOMAG*  
*ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice*

*Czy wiesz, że ....*

*... Kombajn urabiająco-kotwiący Bolter Miner 12CM30 od niedawna pracuje w polskiej kopalni. Jest to pierwsza taka maszyna w rodzimym górnictwie. Kompleks pomyślnie przeszedł wszystkie próby rozruchowe i we wtorek, 12 listopada, rozpoczął drążenie chodnika Bw-In badawczego w pokł. 401 w kopalni Budryk, która wchodzi w skład JSW [...]. Maszynę wyprodukowano w Stanach Zjednoczonych, a do Polski trafiła na początku sierpnia 2019 r. Urządzenie przetransportowano do polskiej siedziby firmy Komatsu w Tychach. Tam kombajn złożono, przeprowadzono wszystkie próby i przeszkolono załogę, która go obecnie obsługuje. Następnie maszynę ponownie rozłożono i przetransportowano do kopalni, gdzie trafiła na dół. Tam, w specjalnie przygotowanej komorze montażowej, kombajn kolejny raz złożono i przygotowano do eksploatacji. W końcu cały kompleks rozpoczął drążenie chodnika w technologii kotwowej. Bolter Miner jest niezwykle wydajny. Według producenta maksymalna prędkość pracy wynosi 27 t urobku na minutę, a to przekłada się na obniżenie kosztów.*

*Trybuna Górnicza 14.11.2019 r. s.1*