

JACEK KORSKI

Efektywność kombajnu chodnikowego typu Bolter Miner – wymagania i ograniczenia

W artykule przeprowadzono analizę wymagań i ograniczeń efektywności stosowania systemów drążenia chodników w węglu z obudową kotwową za pomocą wyspecjalizowanych maszyn urabiająco-ladująco-kotwiących. Maszyny tego typu uzyskują w niektórych przypadkach bardzo dobre wyniki drążenia mierzone dobowym/tygodniowym, miesięcznym postępowaniem przodka. Podjęto próbę wskazania wymagań, których wypełnienie przyczynia się do uzyskania oczekiwanych wyników oraz czynników ograniczających uzyskane efekty drążenia.

Słowa kluczowe: system ścianowy, kombajny chodnikowe, drążenie wyrobisk korytarzowych, obudowa kotwowa, Bolter Miner

1. WPROWADZENIE

Kombajny chodnikowe typu Bolter Miner pojawiły się około trzydziestu lat temu jako urządzenia wyspecjalizowane do drążenia węglowych i węglowo-kamiennych wyrobisk korytarzowych w kopalniach węgla kamiennego stosujących ścianowe systemy wydobywcze. Wcześniej przez wiele lat poszukiwano rozwiązania problemu: jak zwiększyć postęp drążenia wyrobisk przyścianowych w konsekwencji rosnących postępów ścian wydobywczych. Zmiana sposobu postrzegania zmechanizowanych ścian wydobywczych po wprowadzeniu ich w górnictwie węglowym w USA [1, 2], potem w Australii i kolejno w innych krajach (np. Rosja, Chiny) doprowadziły do wzrostu dobowego wydobywania surowca ze ścian i tym samym wzrostu dobowych postępów ścian. W ślad za tym musiało pójść zwiększenie dobowych postępów przodków chodnikowych, ponieważ kolejna ściana musi być przygotowana, zanim poprzednia osiągnie linię swojego zatrzymania. Powiedzenie „czas to pieniądz” znajduje potwierdzenie w odniesieniu do przygotowania pola ścianowego do wydobywania – bardzo kosztowne wyposażenie wysokowydajnego kompleksu ścianowego nie może bezproduktywnie czekać na przygotowanie wyrobisk dla kolejnej ściany [3]. Za-

gadnieniu uzyskiwania wysokich postępów w drążeniu wyrobisk korytarzowych od dawna poświęca się w Polsce dużo uwagi [4, 5], w licznych światowych publikacjach pisze się o poprawie efektywności drążenia wyrobisk z zastosowaniem kombajnów typu Bolter Miner [6–16]. W najbardziej zaawansowanych technicznie i najproduktywniejszych kopalniach węgla kamiennego na świecie powszechną praktyką stało się stosowanie obudowy kotwowej jako mniej kosztownego sposobu zabezpieczenia wyrobisk korytarzowych. Połączenie rozwiązań technicznych pozwalających na mechaniczne urabianie w przodkach węglowych i węglowo-kamiennych z szybkim wykonywaniem obudowy kotwowej w przodku doprowadziło do stworzenia ściśle wyspecjalizowanych maszyn – kombajnów chodnikowych typu Bolter Miner. Maszyny te pozwalają na uzyskiwanie bardzo wysokich postępów w drążeniu wyrobisk korytarzowych – najlepszy odnotowany wynik to około 2500 m.b./miesiąc uzyskany w 2018 roku w chińskiej kopalni Daliuta (Grupa Shenhua Shendong) [17]. W sprzyjających warunkach górniczo-geologicznych dobrze przygotowane przodki są w stanie uzyskiwać postępy 6–8 m.b./h. W 2019 roku uruchomiono w celach doświadczalnych także w Polsce przodek chodnikowy z kombajnem typu Komatsu/Joy Global 12CM30 [18].

W artykule przedstawiono analizę wymagań i ograniczeń dotyczących efektywnego stosowania maszyn typu Bolter Miner.

2. GENEZA I BUDOWA KOMBAJNÓW TYPU BOLTER MINER

Kombajny typu Bolter Miner są wynikiem wieloletnich poszukiwań rozwiązania problemu wysokiej wydajności urabiania mechanicznego w przodkach węglowych i konieczności możliwie szybkiego zabezpieczenia stropu i ociosów drążonego wyrobiska.

2.1. Zanim powstał Bolter Miner

Obecna konstrukcja kombajnu typu Bolter Miner to połączenie na jednym podwoziu maszyny urabiającej typu Continuous Miner z wielogłowicowym urządzeniem kotwiącym.

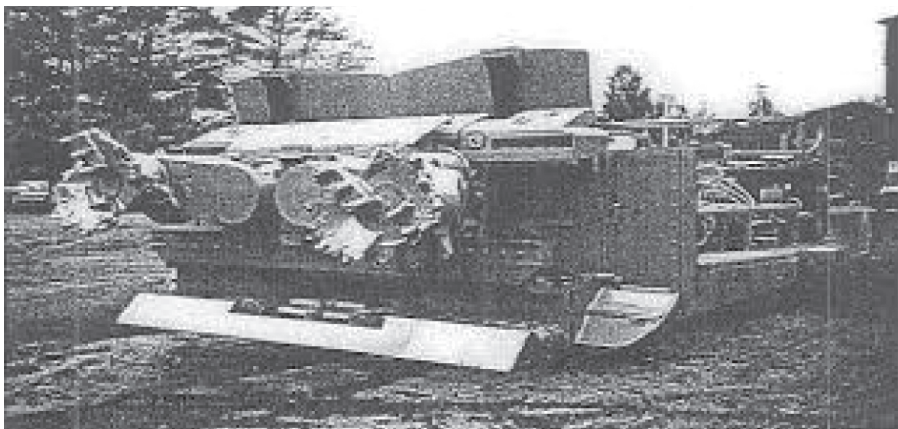
W przeszłości podejmowano próby rozdzielenia w czasie i przestrzeni urabiania przodka z kotwieniem stropu z zastosowaniem zmechanizowanej obudowy kroczącej jako obudowy tymczasowej pomiędzy strefą urabiania (przodkiem) a strefą wykonywania kotwienia stropu. Rozwiązanie to stosowane w przodkach systemu komorowo-filarowego w USA [19, 20] nie potwierdziło swoich zalet i dość szybko z niego zrezygnowano. W europejskim górnictwie podejmowano próby zastosowania urządzeń do drążenia przodków z urabianiem mechanicznym i nadążnym wykonywaniem obudowy kotwowej jednym urządzeniem (AVSA) – także te próby nie zakończyły się sukcesem.

Na potrzeby dynamicznie rozwijanego australijskiego górnictwa węglowego firma Joy opracowała w latach 80. XX wieku urządzenie nazwane Joy Sump Shearer (JSS) (rys. 1) [21]. Maszyna przeznaczona była do drążenia wyrobisk o przekroju prostokątno-

-łukowym z kotwieniem stropu w bezpośredniej bliskości czoła przodka (1,5 m). Stosowano dwie kotwiarki, a przekrój poprzeczny wyrobiska dobrano ze względu na optymalne wykorzystanie kotwiarek. Maszyna wyposażona była w dwa organy urabiające osadzone na ramionach w podobny sposób jak w przypadku kombajnów ścianowych.

Organy te umożliwiały urabianie stropu (z przycinaniem kamienia) z łukowym sklepieniem. Minimalizowało to ilość urabianego w stropie kamienia, ponieważ w tamtym czasie w górnictwie australijskim wybierano ściany węglowe o wysokości 2,2–2,8 m. Wzrost miąższości eksploatowanych pokładów i ograniczone korzyści stosowania JSS spowodowały, że zaniechano tego rozwiązania.

W USA i australijskim górnictwie węglowym system ścianowy, zwłaszcza od granic, jest traktowany jako kolejny etap rozwoju systemu komorowo-filarowego z wybieraniem filarów węglowych. Do mechanicznego wybierania węgla w tych systemach od lat 40. XX wieku są stosowane różnego typu maszyny, które w odróżnieniu od systemów mechanizacyjnych z urabianiem materiałami wybuchowymi, nazwano Continuous Miner [5]. Od kilkudziesięciu lat dominują wśród tych maszyn kombajny z liniowym organem urabiającym na całą szerokość zabioru. W komorowo-filarowych systemach eksploatacji maszyny te pracują w układzie wieloprzodkowym z naprzemiennym urabianiem stropu i jego kotwieniem odrębną samobiezną maszyną kotwiącą. Takie też rozwiązanie zastosowano do drążenia chodników na potrzeby przygotowania ścian wydobywczych. W praktyce okazało się jednak, że występują duże straty czasu związane z wymianą maszyn w przodku – po urobieniu calizny na bezpieczną głębokość kombajn wycofywał się z przodka, aby wycofywał się z przodka, robiąc miejsce maszynie kotwiącej. Alternatywą, często wymuszaną warunkami górniczo-geologicznymi, było kotwienie stropu ręcznymi kotwiarkami bezpośrednio po jego odsłonięciu.



Rys. 1. Joy Sump Shearer [21]

2.2. Idea kombajnu typu Bolter Miner

Pod koniec lat 80. XX wieku zrodziła się idea wyposażenia kombajnu typu Continuous Miner w stację kotwiarek, które umożliwiałyby jednoczesne wiercenie i kotwienie kilkoma kotwiarkami stropu i ociosów wyrobiska. Pierwsze urządzenie tego typu ABM 20 zastosowane w australijskiej kopalni Tahmoor [3] zostało opracowane w firmie Voest Alpine Bergtechnik (obecnie: Sandvik). Wdrożenie to zakończyło się sukcesem i bardzo szybko kombajny typu Bolter Miner rozpowszechniły się w światowym górnictwie węglowym, wszędzie tam, gdzie występują warunki do ich efektywnego stosowania. Współcześnie maszyny te stosowane są na dużą skalę w kopalniach eksploatujących węgiel kamienny systemem ścianowym w Australii, USA, Chinach czy Rosji. Pojedyncze maszyny są

stosowane w innych krajach, w zanikającym europejskim górnictwie węglowym wdrażano je w Czechach i, ostatnio, w Polsce. Duża moc liniowego organu urabiającego i stabilność maszyny spowodowała, że podobnie jak maszyny urabiające pełoprzekrojowe (*borer miner*) kombajny typu Bolter Miner stosowane są w eksploatacji (wybieraniu) niektórych innych kopalin miękkich (sól kamienna, sól potasowa, soda pasemkowa) w systemach wybierania długimi chodnikami.

Obecnie co najmniej trzech światowych producentów oferuje maszyny typu Bolter Miner (rys. 2).

Podobne maszyny oferowane są przez innych producentów, ale brak informacji o ich stosowaniu.

Kombajny typu Bolter Miner są wciąż doskonałe w kierunku poprawy wydajności drążenia, bezpieczeństwa i ergonomii pracy.



Rys. 2. Kombajny typu Bolter Miner produkcji Joy 12CM30, Sandvik MB670 i CAT CM845 [22–24]

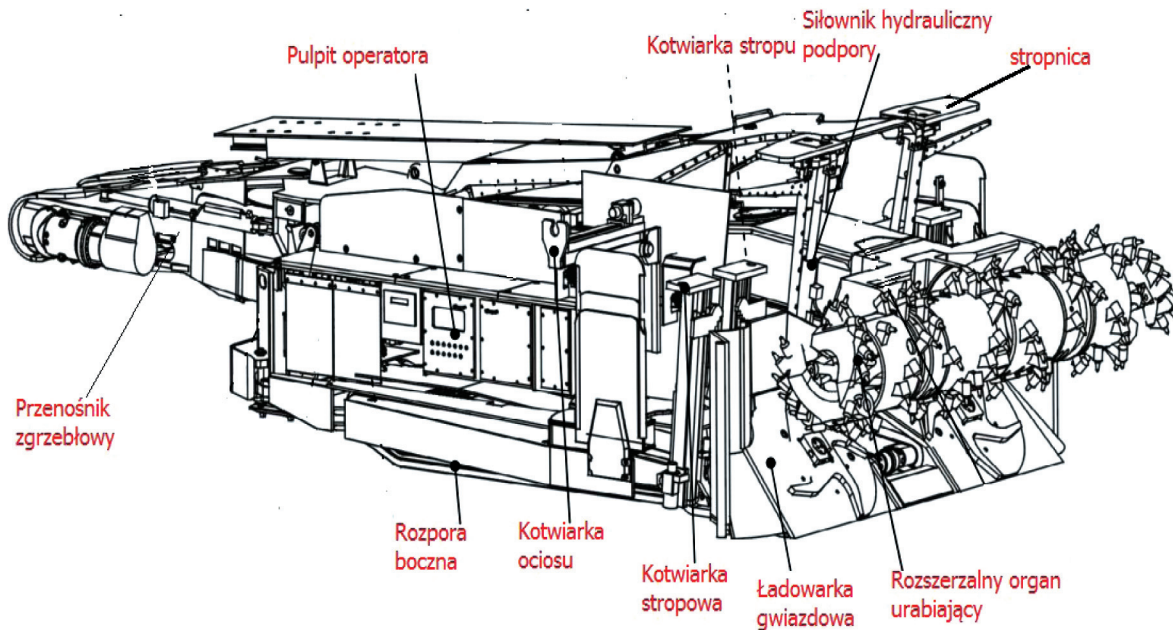
3. SYSTEM TECHNICZNY PRZODKA Z KOMBAJNEM TYPU BOLTER MINER

W okresie rozwoju kombajnów typu Bolter Miner zdobyto doświadczenia i wypracowano system techniczny umożliwiający bardzo efektywne drążenie węglowych i węglowo-kamiennych wyrobisk korytarzowych o przekroju prostokątnym z zastosowaniem obudowy kotwowej. Kluczowym elementem systemu jest kombajn.

3.1. Budowa i podstawowe cechy kombajnów typu Bolter Miner

Kombajn typu Bolter Miner to połączenie na wspólnej platformie (podwoziu) [25–27] dwóch urządzeń:

- maszyny urabiająco-ładującej umożliwiającej odtransportowanie urobku poza przodek (maszynę),
- stacji kotwiącej wyposażonej w kilka głowic kotwiących, umożliwiającej równoczesne kotwienie stropu i ociosów (liczba głowic waha się od 4 do 6 sztuk).



Rys. 3. Podstawowe elementy kombajnu typu Bolter Miner (opracowanie własne na podstawie [18])

Głównym założeniem konstrukcyjnym było maksymalne skrócenie czasu trwania podstawowych grup operacji realizowanych w przodku przez zwiększenie wydajności urabiania i równoległe wiercenie i kotwienie wielu kotwi. Podstawowe elementy kombajnu typu Bolter Miner firmy Sandvik pokazano na rysunku 3.

W odróżnieniu od podobnych kombajnów typu Continuous Miner cechą charakterystyczną maszyn typu Bolter Miner jest rozszerzalny organ urabiający. Rozwiązanie to ma na celu umożliwienie wycofania kombajnu po wydrążeniu długiego wyrobiska w sytuacji jego poziomej konwergencji. Aby poprawić efektywność drążenia i wydłużenia udziału czasu przeznaczanego na urabianie, dąży się do równoległego wykonywania czynności urabiania/ładowania urobku i kotwienia stropu i ociosów wyrobiska. W trakcie kotwienia kotwiarki muszą być utrzymywane w stabilnej pozycji. Maszyny Bolter Miner firmy Sandvik wyposażone są w wysuwany zespół urabiająco-ładujący (organ i stół ładowarki) umożliwiający równoległe urabianie i kotwienie. W celu zapewnienia stateczności podwozia z kotwiarkami jest ono stabilizowane rozporami do ociosów i stropnicą obudowy tymczasowej do stropu. Trzy wysuwne podpory ułatwiają poziomowanie maszyny.

Maszyny innych producentów nie były wyposażone w wysuwany zespół urabiająco-ładujący i z tego powodu możliwość równoczesnego urabiania i kotwienia jest praktycznie niemożliwa – skrócenie czasu trwania podstawowego cyklu drążenia uzyskuje się przez skrócenie czasu trwania poszczególnych czynności i operacji.

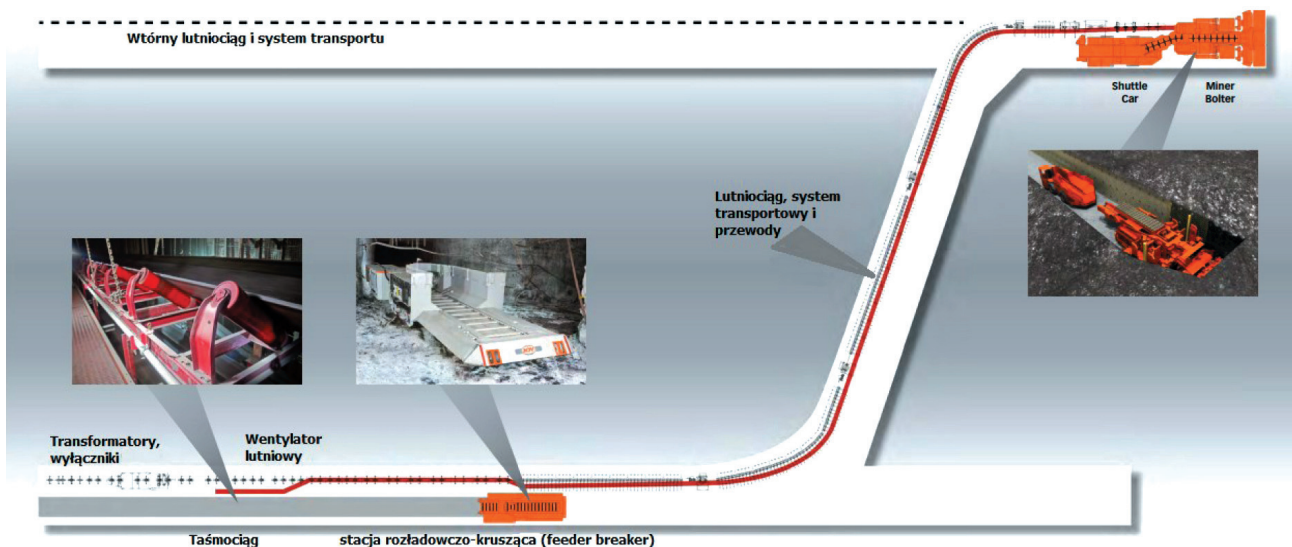
Maszyna jest wyposażona w zintegrowany układ odpylający.

Ze względu na dużą moc silników organu urabiającego (łącznie ponad ok. 300 kW) maszyny typu Bolter Miner, dla zachowania stateczności, muszą mieć stosunkowo dużą masę (od 80 Mg do ponad 100 Mg) przy ograniczonych gabarytach. Powoduje to występowanie stosunkowo dużych nacisków na spąg wyrobiska. W związku z brakiem możliwości przemieszczania organu urabiającego w płaszczyźnie poziomej konieczne są manewry kombajnem w celu jego precyzyjnego ustawienia (pozycjonowania) przed rozpoczęciem urabiania, a zwłaszcza kotwienia. W warunkach mniej wytrzymałych spągów oznacza to możliwość grzeźnięcia kombajnu i wynikające z tego straty czasu dostępnego, przeznaczonego na urabianie/kotwienie.

Należy zauważyć, że maszyny typu Bolter Miner są bardzo wrażliwe na poprzeczne nachylenie pokładu (dopuszczalne nachylenia poprzeczne nie przekraczają 5°), ponieważ występują problemy z utrzymaniem stateczności kierunkowej maszyny. Dodatkowo nadmierne pochylenie poprzeczne spągu powoduje późniejsze problemy z transportem urządzeń i pracą instalacji zabudowanych w takich chodnikach.

3.2. Systemy odstawy urobku i zasilania przodka

Standardowo kombajny typu Bolter Miner współpracują w zakresie odstawy urobku z wozidłami typu Shuttle Car, które przewożą urobek do samojezdnej stacji rozładowczo-kruszącej (Feeder-Breaker), jak pokazano na rysunku 4.

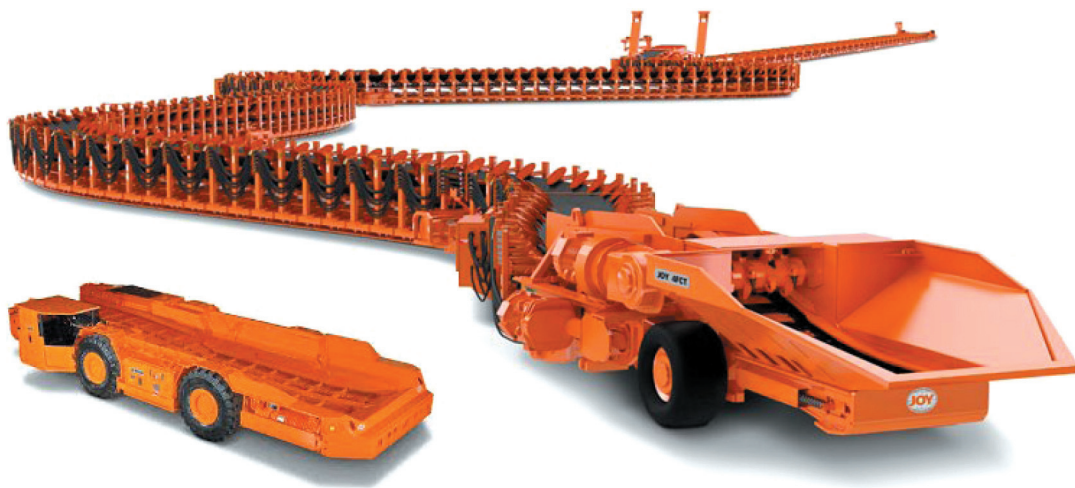


Rys. 4. Najbardziej rozpowszechniony układ technologiczny przodka z kombajnem typu Bolter Miner (opracowanie własne na podstawie [22])

Zadaniem stacji rozładawczo-kruszącej jest przygotowanie urobku do dalekiego transportu przenośnikiem taśmowym przez jego skruszenie i wyrównanie strumienia urobku. Zaletą takiego rozwiązania jest uniezależnienie pracy maszyny urabiającej od ciągłości pracy odstawy taśmociągami. Wozidło typu Shuttle Car (czasem dwa lub więcej) spełniają funkcję „elastycznego połączenia” – ruchomego zbiornika (zbiorników) retencyjnego.

Od kilku lat podejmuje się z różnym skutkiem z zastosowaniem do transportu urobku wieloczołowych elastycznych, przegubowych przenośników taśmowych (np. system FCT f-my Komatsu) [23]. Rozwiązanie to nie jest stosowane w górnictwie australijskim, ale opisywane są jego zastosowania w górnictwie węglowym USA, gdzie stosuje się układy trzech, a nawet więcej równoległych chodników przyścianowych połączonych pomiędzy sobą przecinkami (rys. 5).

Rzadziej spotykane są rozwiązania z podwieszaniem od kombajnu podajnika podwieszanego (taśmowego lub zgrzeblowego) przeładowującego urobek przenośnik taśmowy, ponieważ rozwiązanie takie utrudnia pozycjonowanie kombajnu i dodatkowo zmienia rozkład nacisków na spąg – w warunkach słabszych spągów może to być dodatkową przyczyną niszczenia spągu i grzeźnięcia maszyny. Każde rozwiązanie z jakąś formą retencji urobku pomiędzy kombajnem typu Bolter Miner a stacjonarną odstawą taśmową jest rozwiązaniem korzystnym ze względu na charakterystyki transportowe urządzeń. Kombajn ma wysoką wydajność chwilową (do 35 Mg/min.), podaje strugę urobku o tej intensywności przez kilka minut. Bez retencji stacjonarny przenośnik taśmowy musiałby mieć podobną chwilową zdolność transportową, co oznacza, przy charakterystyce pracy przenośników taśmowych znaczne przewymiarowanie urządzenia.



Rys. 5. Elastyczny przenośnik taśmowy FCT firmy Komatsu/Joy Global i wozidło typu Shuttle Car [23]

Zaletą stosowania kotwienia stropu i ociosów jest znacznie mniejsze zapotrzebowanie na materiały w porównaniu z wyrobiskami drążonymi w obudowie podporowej, a tym samym mniejsze wymagania wobec systemów transportowych.

3.3. Inne systemy i instalacje

Maszyna typu Bolter Miner stawia duże wymagania w zakresie zasilania w media.

Bardzo ważne jest doprowadzenie do przodka wody technologicznej o odpowiednich parametrach (wydatek, ciśnienie i czystość).

Ze względu na dużą moc zainstalowanych na maszynie Bolter Miner silników elektrycznych wysokie wymagania stawiane są także sieci elektroenergetycznej.

Niezbędnym systemem technicznym w drążeniu wyrobisk korytarzowych jest system przewietrzania przodka w ramach tzw. wentylacji odrębnej składającej się z wentylatora zabudowanego w opływowym prądzie powietrza (tj. prądzie powietrza, którego ruch wymuszany jest wentylatorami zabudowanymi przeważnie na powierzchni kopalni podziemnej). Do przodka od wentylatora doprowadza się świeże po-

wietrze przewodami wentylacyjnymi (rzadziej w przypadku kombajnów typu Bolter Miner stosuje się odprowadzenie powietrza zużytego).

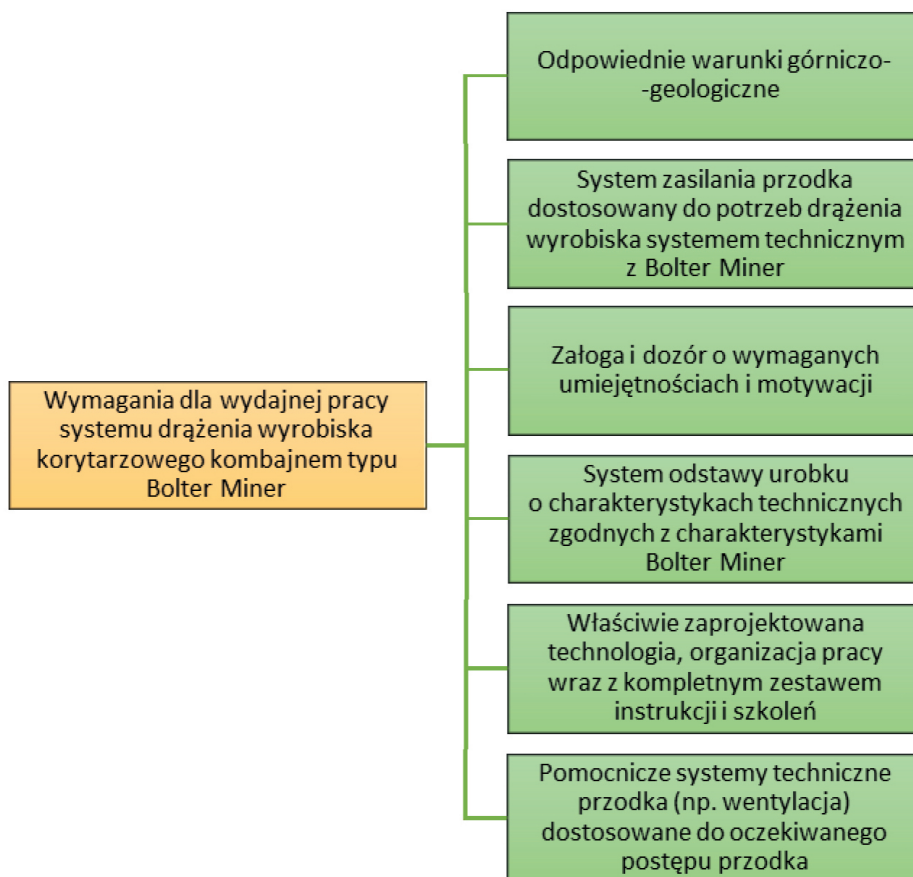
4. WYMAGANIA I OGRANICZENIA STOSOWANIA KOMBAJNÓW TYPU BOLTER MINER

Dla efektywnej pracy kombajnów typu Bolter Miner niezbędne jest spełnienie wymagań technicznych, w tym warunków górniczo-geologicznych.

4.1. Wymagania dla kombajnów typu Bolter Miner

Na rysunku 6 pokazano podstawowe grupy wymagań dla efektywnej pracy kombajnów typu Bolter Miner.

Wymienione wyżej wymagania w zakresie doboru systemu mechanizacyjnego drążonego wyrobiska korytarzowego muszą być uwzględnione już na etapie planowania i projektowania. Zaplanowany i przygotowany powinien być także proces doboru załogi i jej szkolenia.

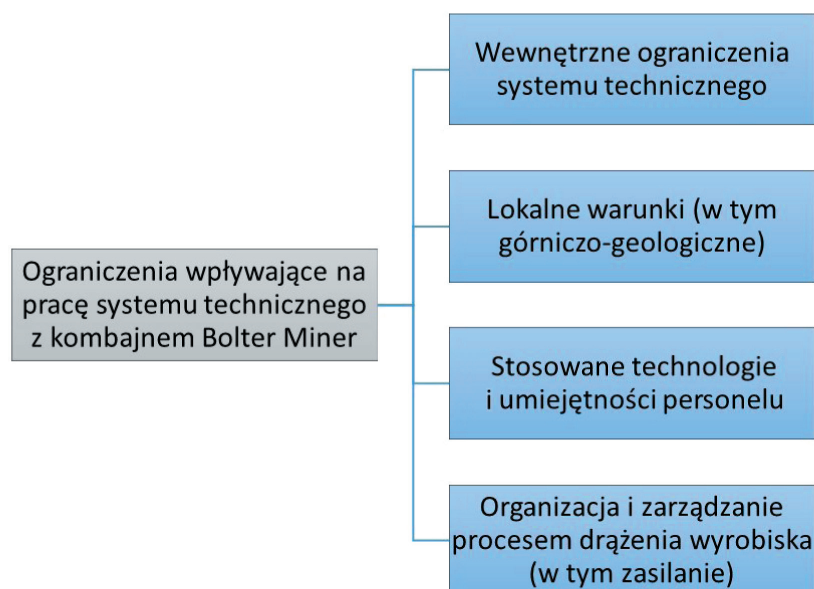


Rys. 6. Wymagania dla wydajnej pracy kombajnu typu Bolter Miner

4.2. Czynniki ograniczające efektywność drążenia wyrobiska korytarzowego kombajnem typu Bolter Miner

Każdy system techniczny w górnictwie ma swoje ograniczenia konstrukcyjne (określane przeważnie jako dopuszczalne parametry robocze). Eksploatacja

takiego systemu w warunkach przekroczenia dopuszczalnych parametrów pracy jest przeważnie powodem pogorszenia wyników operacyjnych. Wszystkie systemy mechanizacyjne w górnictwie są narażone na występowanie czynników ograniczających potencjalne możliwości techniczne systemu, tak jak pokazano na rysunku 7.



Rys. 7. Czynniki ograniczające wydajność systemu technicznego przodka drążonego kombajnem typu Bolter Miner (opracowanie własne na podstawie [9, 29, 28])

W przypadku zastosowania w drążeniu wyrobisk korytarzowych systemów mechanizacyjnych z kombajnami typu Bolter Miner występuje bardzo duża wrażliwość na te ograniczenia. Wynika to z wysokiej specjalizacji maszyny urabiającej przeznaczonej do pracy w stosunkowo wąskim spektrum warunków górniczo-geologicznych. Czas wykonywania obudowy kotwowej, wpływający istotnie na czas trwania podstawowego cyklu drążenia wyrobiska, wymaga otwartego podejścia w projektowaniu obudowy kotwowej – obok zapewnienia bezpieczeństwa i stateczności wyrobiska w cyklu jego życia, istotne jest zastosowanie rozwiązań skracających czas trwania kompletnej operacji kotwienia.

5. PODSUMOWANIE

Duża moc liniowego organu urabiającego kombajnu typu Bolter Miner stwarza potencjalne możliwości uzyskiwania wysokich postępów (dobowych, miesięcznych itd.). Ze względu jednak na inne własności maszyny i realizowany przez nią drogi proces – ko-

twienie, jest to możliwe w stosunkowo wąskim spektrum warunków górniczo-geologicznych. Kolejnym warunkiem uzyskiwania dużych postępów drążenia jest odpowiedni dobór współpracujących systemów technicznych, dostosowanych do możliwości kombajnu. Niezbędne są także wysokie umiejętności pracowników. Proces drążenia wyrobiska musi być odpowiednio zaplanowany, zorganizowany i zarządzany z uwzględnieniem możliwości maszyny Bolter Miner. Niespełnienie tych wymagań jest czynnikiem powodującym obniżenie uzyskiwanych wyników.

Warunkiem wstępnym jest zastosowanie tej maszyny w odpowiednich warunkach górniczo-geologicznych, co wymaga ich możliwie starannego rozpoznania przed podjęciem decyzji. Istotne jest także istnienie dobrych warunków do stosowania obudowy kotwowej – w niektórych warunkach może się okazać, że pracochłonność wykonania statecznej i bezpiecznej obudowy kotwowej będzie wymagała zastosowania innego rozwiązania.

Decyzja o zastosowaniu maszyny typu Bolter Miner wymaga bardzo starannych analiz kosztów i potencjalnych korzyści.

Literatura

- [1] Barczak T.M.: *The History and Future of Longwall Mining in the United States*, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines, 1992.
- [2] Peng S.S.: *Longwall Mining*, 3rd Edition, CRC Press/Balkema, Leiden 2020.
- [3] www.coalage.com/features/faster-roadway-development/ [12.11.2020].
- [4] Przybyła H., Chmiela A.: *Technika i organizacja w robotach przygotowawczych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
- [5] Zając E.: *Organizacja produkcji w kopalni węgla kamiennego*, Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1994.
- [6] ACARP: *Final Report: Australian Roadway Development – Current Practises*, Australian Coal Association Research Program, 17 October 2005.
- [7] Baafi E., Gray G., Porter I., Rojas O.: *The Modelling of Roadway Development to Support Longwall Mining*, Australian Coal Association Research Program (ACARP). Simulation Modelling Services Pty Ltd, School of Civil, Mining and Environmental Engineering University of Wollongong, November 2009, http://www.undergroundcoal.com.au/roadway/pdf/roadsim_final_report.pdf [11.01.2019].
- [8] Banarjee S.: *Performance evaluation of continuous miner based underground operation: An OEE based approach*, „New Trends of Production Engineering” 2019, 2, 1: 596–603.
- [9] Kizil M.S., McAllister A., Pascoe R.: *Simulation of Development in Longwall Coal Mines*, [w:] *11th Underground Coal Operators Conference*, University of Wollongong & Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2011: 91–98.
- [10] Leeming J., Flook S., Altounyan P.: *Bolter miners for longwall development*, „Gluckauf” 2001, 137, 11: 633–638.
- [11] Ma P., Qian D., Zhang N., Shimada H., Pan D., Huang K.: *Application of bolter miner rapid excavation technology in deep underground roadway in inner Mongolia: A case study*, „Sustainability” 2020, 12 (7), art. no. 2588.
- [12] Singh R.D.: *Principles and practices of modern coal mining*, New Age International Publishers, New Delhi 1997.
- [13] Van Duijn S., Donnelly P., Oxley I.: *Automated bolting and mesh handling on a continuous miner*, [w:] *Final Report ACARP PROJECT C17018 – Stage 1*, University of Wollongong, Wollongong (NSW, Australia) 2011.
- [14] Wang H.: *Present Status and Development of Mine Roadway Heading Technology and Equipment in China Coal Mine*, „Journal of Coal Science and Technology” 2010, 38, 1: 57–62.
- [15] Zhang D.: *Development status and key technology of intelligent rapid driving technology in coal seam roadway*, „Journal of Coal Engineering” 2018, 50, 5: 56–59.
- [16] Wallman D.: *Results of the First Trail Single Entry at Ellalong Colliery*, ACIRL Report No. PR82.1 1982.
- [17] Gao D., Liu Y., Luo W.: *The Application of Speedy Drivage System in Daliuta Coal Mine*, „IOP Conference Series: Materials Science and Engineering” 2019, 490, 062073, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/490/6/062073/pdf> [10.12.2019].
- [18] Korski J.: *Zastosowanie kombajnów typu Bolter Miner w warunkach polskich kopalń – uwarunkowania i ograniczenia*, „Inżynieria Górnicza” 2018, 4: 40–48.
- [19] Korski J.: *Tymczasowe obudowy zmechanizowane w drążeniu wyrobisk korytarzowych*, [w:] D. Prostański, B. Polnik (red.): *Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa: bezpieczeństwo – efektywność – niezawodność*, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2020.
- [20] Lesiecki W., Reguński W.: *Urabianie złóż. Część 3. Urabianie kombajnami*, Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1957 („Górnictwo”, t. 5).
- [21] Ward B., Down M.: *Gateroad Development in Thick Seams Using the Joy Sump Shearer*, [w:] N. Aziz, B. Kininmonth, (eds.), *Proceedings of the 1998 Coal Operators’ Conference, Mining Engineering, University of Wollongong, 18–20 February 1998*, <https://ro.uow.edu.au/coal/274> [20.12.2020].
- [22] CAT, https://www.cat.com/en_US/by-industry/mining/underground-mining.html [20.12.2020].
- [23] KOMATSU, www.mining.komatsu.com/underground-mining/room-pillar-entry-development [27.11.2020].
- [24] SANDVIK, www.rocktechnology.sandvik.com/en/products/mechanical-cutting-equipment/ [27.07.2018].
- [25] Klich A. (red.): *Maszyny i urządzenia dla inżynierii budownictwa podziemnego. Wyrobiska korytarzowe i szybowe w górnictwie*, „Śląsk” Sp. z o.o., Wydawnictwo Naukowe, Katowice 1999.
- [26] Kotwica K., Klich A.: *Maszyny i urządzenia do drążenia wyrobisk korytarzowych i tunelowych*, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011.
- [27] Price D.: *Demonstration of continuous cutting/bolting/rib-bolting development machine (the Voest-Alpine ABM 20 Bolter Miner)*, „Australia’s Journal of Coal Mining Technology and Research” 1992, 35: 3–12.
- [28] Korski J., Tobor-Osadnik K., Wyganowska M.: *Internal Client and Efficiency in the Mining Process*. World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMES 2018) IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2019, 221, DOI: 10.1088/1755-1315/221/1/012102.
- [29] Korski J.: *Czy podejście procesowe może podnieść efektywność polskiego górnictwa węgla kamiennego?*, [w:] *Materiały konferencyjne XXVI Szkoły Eksploatacji Podziemnej*, Kraków 22–24.02.2017.

dr inż. JACEK KORSKI

Famur S.A.

ul. Armii Krajowej 51, 40-698 Katowice

JKorski@famur.com.pl