

Rozwój systemu ścianowego Mikrus do eksploatacji cienkich pokładów węgla

Data wpłynięcia do Redakcji: 05/2022

Data akceptacji przez Redakcję do publikacji: 06/2022

2022, volume 11, issue 1, pp. 64-73

Jacek Korski
FAMUR S.A. Poland



Streszczenie: W artykule przedstawiono rozwój zmechanizowanego kompleksu ścianowego Mikrus do eksploatacji cienkich pokładów węgla kamiennego ze specjalną maszyną urabiającą z zewnętrznym, łańcuchowym systemem posuwu. Projektowanie tego systemu rozpoczęto na początku XXI. W tamtym czasie była to jedna z wielu prób efektywnego zmechanizowania wybierania cienkich pokładów węgla systemem ścianowym. Prototyp całego kompleksu ścianowego został zastosowany testowo w jednej z polskich kopalń węgla kamiennego, które ujawniły jego słabe strony. Po wprowadzeniu szeregu zmian konstrukcyjnych poprawiony kompleks został zastosowany w tej samej kopalni. Po okresie prób i nie uzyskaniu satysfakcjonujących wyników wstrzymano na pewien czas rozwój systemu, ale prowadzono analizę niepowodzeń. Po kilku latach system Mikrus z głębokimi modyfikacjami został wdrożony do eksploatacji w jednej z chińskich kopalń węgla kamiennego. Próba, w odmiennych warunkach, zakończyła się sukcesem. Na tle problemów z wybieraniem cienkich pokładów węgla systemem ścianowym w pokazano rozwój kompleksu ścianowego Mikrus.

Słowa kluczowe: system ścianowy, eksploatacja cienkich pokładów węgla, system kombajnowy, górnictwo węglowe

WPROWADZENIE

System ścianowy jest najbardziej efektywną metodą podziemnego wydobywania węgla kamiennego. System ścianowy został zastosowany już w połowie XVII wieku w angielskich kopalniach [14] jako system eksploatacji pokładów o małej miąższości. System ten nazwano pierwotnie „Shropshire method of mining”. Po pewnym czasie zaniechano stosowania systemu ścianowego, by powrócić do niego pod koniec XIX wieku, jeszcze w formie tradycyjnej bez mechanizacji. Nadal jednak preferowano stosowanie systemy ścianowego w pokładach o małej miąższości. Wzrost zapotrzebowania na węgiel kamienny i, ogólnie, mała efektywność wydobywania z takich pokładów, a zwłaszcza niska wydajność pracy górników pracujących w wymuszonych pozycjach spowodowały, że zaczęto poszukiwać możliwości zastąpienia pracy ręcznej pracą maszyn. Początkowo wprowadzano mechanizację niektórych czynności -narzędziami ręcznymi (mała mechanizacja np. młotek udarowy). Następnie wprowadzono mechanizację całych operacji – jako pierwszą zastosowano mechanizację transportu urobku w ścianie za pomocą przenośników taśmowych lub przenośników potrząsalnych. Mechanizacja urabiania calizny węglowej w ścianie pojawiła się pierwotnie w postaci

kombajnów wycinających, które w kopalniach brytyjskich pojawiły się już przed wybuchem II Wojny Światowej właśnie w ścianach o wysokości do 1,5m [2, 11]. Ze względu na możliwości techniczne do lat 50-tych XX wieku był to zakres pełnej mechanizacji urabiania i, od pewnego momentu” ładowania urobku w ścianach . W tym samym czasie pojawiły się zmechanizowane, hydrauliczne obudowy ścianowe, które po okresie rozwoju kombajnów ścianowych przemieszczających się po trasie pancernego przenośnika zgrzeblowego umożliwiając dwukierunkowe wybieranie ściany na pełną wysokość doprowadziły do niemal pełnej mechanizacji procesu wybierania węgla kamiennego w ścianie. W poszukiwaniu wzrostu efektywności i koncentracji wydobycia (rozumianej jako dążenie do wzrost wydobycia z pojedynczego przodka) zaczęto odchodzić od wybierania niskich ścian, ponieważ ze ścian średnich, a następnie wysokich możliwe było uzyskanie większego wydobycia w jednostce czasu [5, 9]. Nie zaniechano jednak prac rozwojowych związanych z efektywną mechanizacją niskich ścian węglowych [3, 4, 6, 13]. Kompleks ścianowy Mikrus stanowi przykład, że możliwe jest uzyskanie, w pewnych warunkach, uzyskiwanie wysokiej koncentracji wydobycia z pojedynczej, niskiej ściany.

RYS HISTORYCZNY I UWARUNKOWANIA MECHANIZACJI WYBIERANIA POKŁADÓW CIENKICH SYSTEMEM ŚCIANOWYM

Pierwsze maszyny urabiająco-ładujące w ścianach zastosowano w brytyjskich kopalniach pod koniec lat 30-tych XX wieku, były to kombajny wycinające, zastąpione później, po okresie prób różnych maszyn urabiających, kombajnami bębnowymi. W latach 40-tych XX wieku pojawiły się też inne maszyny urabiające czyli strugi węglowe [12]. Zastosowanie zmechanizowanych obudów ścianowych otworzyło drogę do pełnej mechanizacji procesu wybierkowego w ścianach węglowych. Rosnące oczekiwania wydajnościowe ujawniły jednocześnie ograniczenia wzrostu wydobycia w zmechanizowanych ścianach niskich [6]. Jednym z podstawowych ograniczeń stał się konflikt funkcjonalny pomiędzy gabarytami urządzeń a ich potencjałem technicznym. Przy wzroście oczekiwań wydajnościowym konflikty te przejawiały się w postaci [4]:

- Konflikt pomiędzy wymiarami o mocą dostępnych napędów.
- Konflikt wydajnościowy w postaci ograniczonych przekrojów transportowych (np. pomiędzy elementami kombajnu a przenośnikiem ścianowym).
- Ograniczona gabarytami urządzeń ściany podatność serwisowa (w tym naprawcza), co powodowało poważny spadek dyspozycyjności ścian niskich w stosunku do takich samych ścian o średniej wysokości przy podobnych rozwiązaniach technicznych.

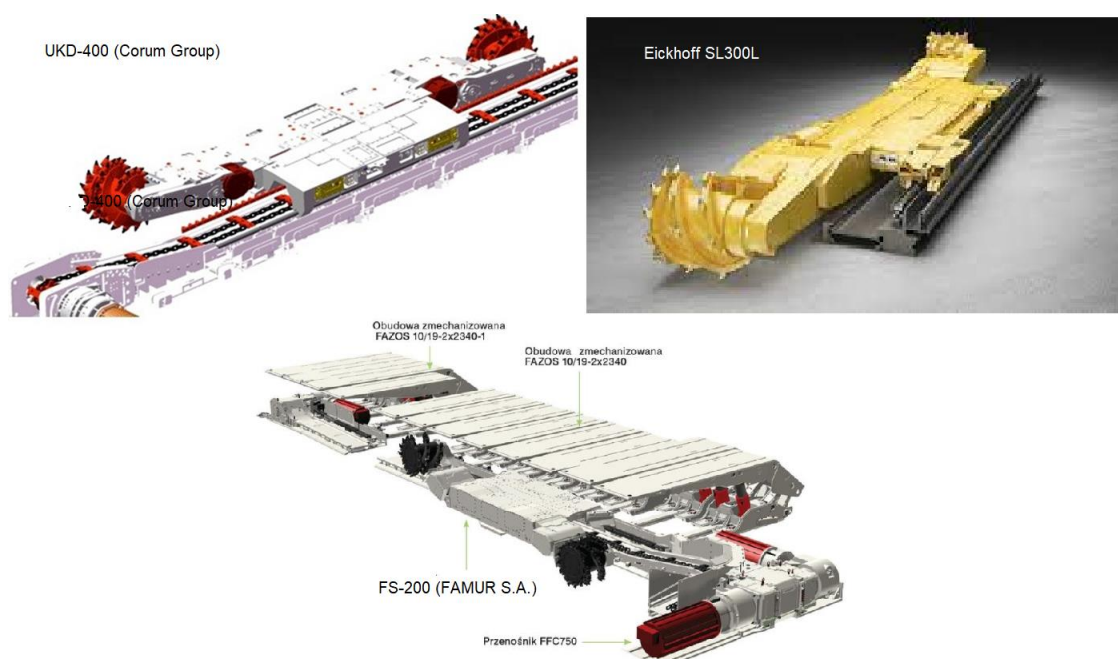
Przy wymienionych ograniczeniach istotny problem stanowiły przede wszystkim gabaryty maszyn urabiających. Z tego powodu przez długi czas preferowano zastosowanie w niskich kompleksach ścianowych strugów węglowych, których napędy zlokalizowane były na zewnątrz ściany – w chodnikach przyścianowych. Jednak ze wzrostem mocy napędów strugowych problemem okazała się

konieczność wykonywania chodników przyścianowych w bardzo dużych gabarytach, co przy cienkich pokładach węgla wymagało wykonywania chodników kamienno-węglowych – w pewnych warunkach było to istotnym ograniczeniem postępu drążenia.

Podobnej idei przyświecało też rozwiązanie w postaci tzw. strugo-przenośników, gdzie zgrzebła przenośnika zgrzeblowego służyły także jako głowice skrawające. Ostatnim znanym zastosowaniem tej idei był CLM firmy Heintzmann stosowany w polskiej kopalni 1 Maja [3, 4]. Także w tym rozwiązaniu bardzo duże znaczenie miały gabaryty chodników przyścianowych istotnie ograniczająca efektywność stosowania tego rozwiązania.

W trakcie stosowania strugów i strugo-przenośników ujawniła się wrażliwość tych urządzeń na występowanie skał zwięzłych (zasadniczo wpływająca na wydajność chwilową) i na zaburzenia zalegania pokładu węgla. Z tego powodu rozpowszechnienie tego typu urządzeń w światowym górnictwie systematycznie maleje (w latach 60-tych XX wieku tylko w niemieckich kopalniach pracowało jednocześnie niemal 600 strugów, a współcześnie na całym świecie pracuje tylko kilkanaście strugów węglowych) [13].

W poszukiwaniu efektywnej mechanizacji niskich ścian nie zrezygnowano z pracy nad niskimi kombajnami bębnowymi (z ograniczeniem do minimum 0,95 m). Takie rozwiązania opracowywane są i oferowane współcześnie przez kilka firm. Poszukiwania koncentrowały się na obniżeniu wysokości kadłuba kombajnu z utrzymanie prześwitu transportowego pod kombajnem.



Rys. 1 Niskie, portalowe kombajny węglowe różnych producentów

Źródło: [12]

Tutaj część mechanizmów kombajnu, zwłaszcza systemu posuwu ulokowano w przestrzeni pomiędzy organami urabiającymi kombajnu – takie rozwiązanie

zastosowano w polskim kombajnie KSE-344 [12, 16], prototypowym KSE-360, czy bardziej współcześnie w kombajnie FS-200 [4] (stanowiącym maszynę urabiająco-ładującą niskiego kompleksu ścianowego FL12/18 firmy FAMUR S.A.), Eickhoff SL-300L czy ukraińskich UKD-400, UKD200-500 (rys. 1).

Jako ciekawostkę można wskazać ukraiński kombajn do ścian niskich KA-200 (rozwój wcześniejszych kombajnów K-80 i K-200) z organami urabiającymi o pionowej osi obrotu. W tym kombajnie dużą część układów mechanicznych umieszczono pomiędzy portalem a przedziałem roboczym (rys. 2).

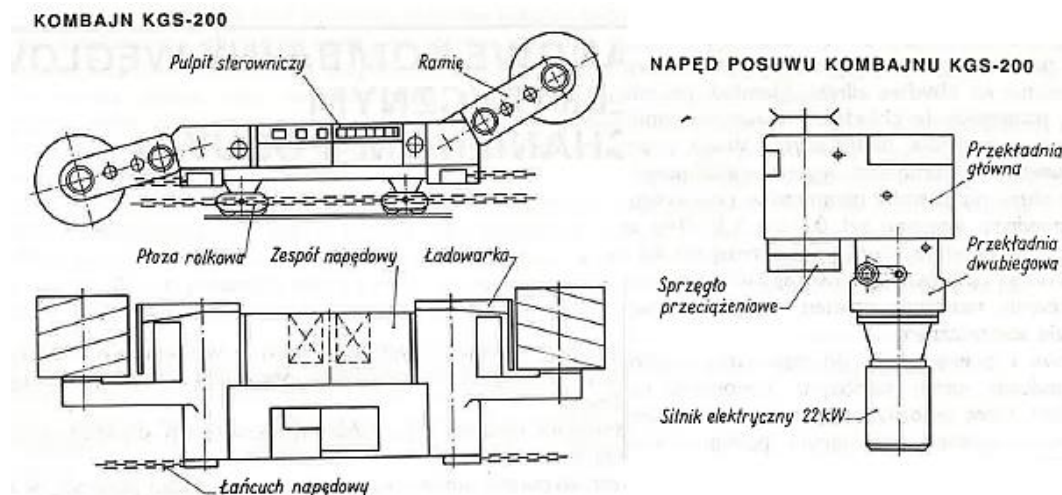


Rys. 2 Niski, portalowy kombajn KA200 z częścią kadłuba pomiędzy przenośnikiem i sekcjami obudowy zmechanizowanej

Źródło: [12]

Innym kierunkiem zmniejszenia gabarytów niskiego kombajnu bębnowego było wyniesienie niektórych mechanizmów kombajnu poza jego kadłub i poza niską ścianę – w polskim górnictwie węglowym stosowano kombajny KGS-150 i KGS-200 z tzw. strugowym systemem posuwu czyli napędami posuwu zlokalizowanymi na końcach ściany na kadłubach napędu przenośnika ścianowego z przeniesieniem siły posuwu za pomocą łańcucha ogniwowego.

Kombajn KGS-200 (rys. 3), ze względu na niewielkie moce silników urabiania nie pozwalał na uzyskiwanie wysokich wydajności, ale zastosowany system posuwu przyjęto w maszynie urabiająco-ładującej GUŁ-500, która jest elementem kompleksu Mikrus.



Rys. 3 Polski kombajn bębnowy KGS-200 z zewnętrznym systemem posuwu

Źródło: [16]

PIERWOTNY KOMPLEKS MIKRUS I WERSJA OSTATECZNA

Kompleks Mikrus, podobnie jak opracowywany w tym samym czasie w FAMUR S.A. niski kompleks ścianowy FL12/18 (FL10/15), powstał jako dedykowany system wzajemnie dostosowanych do siebie urządzeń (obudowa, kombajn, przenośniki, system monitoringu itd.) z przeznaczeniem do eksploatacji cienkich pokładów węgla. Ponieważ pomiędzy pierwotnym kompleksem Mikrus a zastosowaną w Chinach jego wersją rozwojową zachodzą istotne różnice zasadniczo wpływające na funkcjonalność kompleksu w obszarze techniki i technologii pracy przedstawiono odrębnie obie wersje.

Mikrus -kompleks prototypowy

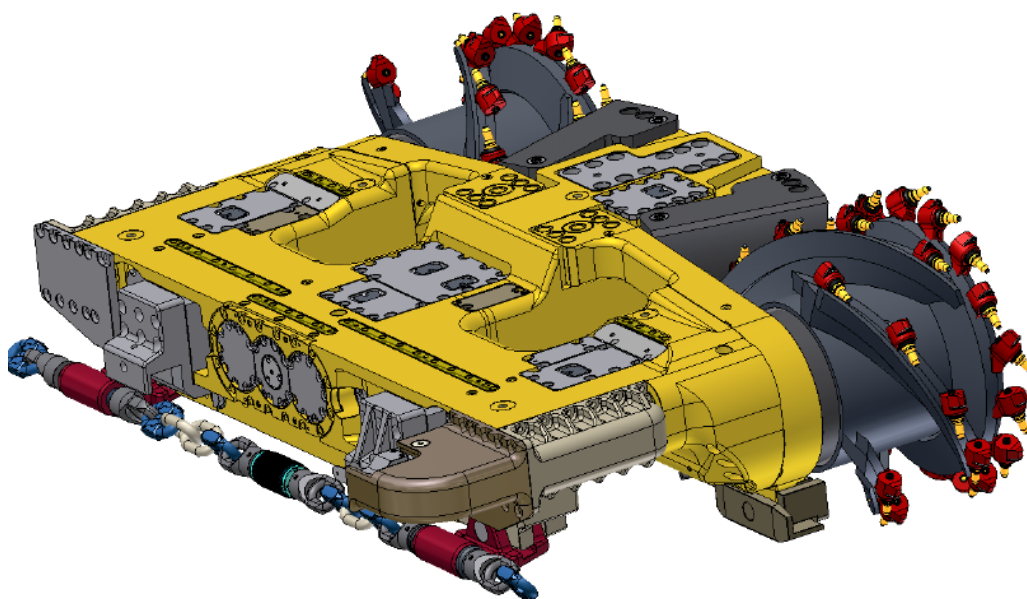
Opracowywany od 2010 kompleks ścianowy do wybierania cienkich pokładów węgla składał się z [1,15]:

- Maszyny urabiająco-ładującej GUŁ-500 z zewnętrznym układem posuwu z zamkniętym ciągnem łańcuchowym.
- Zgrzeblowego przenośnika ścianowego S800/220 z układem zamkniętego prowadzenia łańcucha posuwu GUŁ i napędami posuwu zainstalowanymi na napędach przenośnika ścianowego.
- Zmechanizowanej obudowy ścianowej Tagor 0.85/dostosowanej do współpracy w tym kompleksie ze elektrohydraulicznym sterowaniem i automatycznym przesuwaniem obudowy za przejeżdżającą maszyną urabiająco-ładującą.
- Zaawansowany system diagnostyki, monitoringu i wizualizacji EH-WallControl. Do tego systemu dostarczane były informacje o pracy wszystkich urządzeń ściany z sygnalizacją przeciążeń i zagrożeń na zlokalizowanym w chodniku przyścianowym stanowisku operatora systemu.

Należy podkreślić, że operator systemu nie dysponował obrazem sytuacji w ścianie, opierał się na wskazówkach znajdujących się

O ile zmiany w przenośniku ścianowym wynikały z zastosowanego systemu posuwu, a w obudowie zmechanizowanej z wymagań stawianych przez parametry techniczne GUŁ-500 i przenośnika ścianowego maszyna urabiająco-ładująca stanowiła oryginalne i bardzo innowacyjne rozwiązanie (rys. 4).

Głowica posiadała stosunkowo prosty układ mechaniczny frezujących, ślimakowych organów urabiających w zwartym kadłubie zapewniającym dobre smarowanie i chłodzenie. Geometria kadłuba i dodatkowo zastosowanie ładowarek odkładniowych zapewniały pełne ładowanie urobku na przenośnik ścianowy do prędkości posuwu do 13 m/min.



Rys. 4 Maszyna urabiająco-ładująca GUŁ-500 – widok ogólny

Źródło: [1]

Mechanizm posuwu kombajnu zlokalizowany był na końcach ściany (na napędach przenośnika ścianowego), a siła posuwu była przekazywana na kadłub za pomocą zamkniętego łańcucha górniczego podobnie jak w systemach strugowych. W pierwotnym układzie maszyna nie miała możliwości zmiany wysokości urabiania. Chociaż obliczeniowe parametry kompleksu wskazywały na możliwość uzyskania wydobywania do 560 Mg/h to uzyskiwane wydobywania dobowe znacznie odbiegało od potencjału kompleksu i nie przekroczyło 1500 Mg/doba. Złożyło się na to wiele przyczyn, a w tym problemy z prowadzeniem przewodów kombajnowych, automatyzacją pracy obudowy zmechanizowanej oraz brak doświadczenia pracowników obsługi w użytkowaniu odmiennego od konwencjonalnych systemu technicznego ściany. Problem stanowiło także zawrębianie GUŁ-500 i brak możliwości dostosowywania się tej maszyny do zmian zalegania i miąższości pokładu. W zmodyfikowanym prototypie GUŁ-500 wprowadzono więc możliwość podłużnego podnoszenia kombajnu podobnie jak kiedyś w kombajnie KWB-3DS. Funkcję tę można było jednak realizować tylko skokowo przy zatrzymanej maszynie.

Kompleks Mikrus w Chinach

Po przejęciu KOPEX S.A. przez FAMUR S.A. i pojawieniu się perspektywy wdrożenia kompleksu Mikrus w węglowych kopalniach chińskiej grupy China Energy Shenhua Coal Group, dokonano krytycznej analizy całego kompleksu oraz doświadczeń z jego stosowania w jednej z kopalń JSW S.A. Ponadto w trakcie rozmów technicznych i handlowych określono inne wymagania wobec nowego kompleksu Mikrus, co wymusiło wprowadzenie licznych zmian w konstrukcji systemu. Poważnym ułatwieniem było posiadanie przez FAMUR S.A. cennej wiedzy i doświadczenia z eksploatacji niskich kompleksów ścianowych FL12/18 i FL13/19 w kopalniach GZW. Kompleksy te wdrożone do normalnej eksploatacji dostarczyły także dodatkowej wiedzy o organizacyjnych i technologicznych ograniczeniach leżących po stronie użytkownika systemu. Ułatwiło to pogłębioną analizę doświadczeń z eksploatacji systemu Mikrus w warunkach polskiej kopalni węgla kamiennego. Chiński odbiorca jako jeden z warunków postawił warunek zastosowania chińskiej obudowy zmechanizowanej wraz z system sterowania.

W nowej wersji pojawiły się poważne zmiany w technicznych rozwiązaniach systemu:

Wprowadzono tryb automatycznego urabiania, a w tym:

- Współpraca z systemem sterowania sekcjami zmechanizowanymi,
- Podciąganie stacji najazdowej i przenośnika podścianowego,
- Automatyczne regulacja prędkości przenośników zgrzebłowych względem nadawy,
- Wprowadzono system zabezpieczający kabel zasilający głowicę GUŁ przed wyrwaniem i naprężeniami.

Zastosowano zautomatyzowany system sterowania kompleksem MIKRUS

- Transmisja danych na powierzchnię z możliwością sterowania.
- System wizyjny umożliwiający obserwację pracy systemu na monitorach w kabinie operatora wraz z mobilną kamerą w ścianie.
- Napędy urządzeń oparte o silniki sterowane przemiennikami częstotliwości.
- Aparaturę do dwukierunkowej transmisji danych pomiędzy głowicą GUŁ-500 a kabiną operatora wraz z wyeliminowaniem kabla sterowniczego.

Modyfikacji poddano także maszynę urabiającą ładującą GUŁ-500 przez:

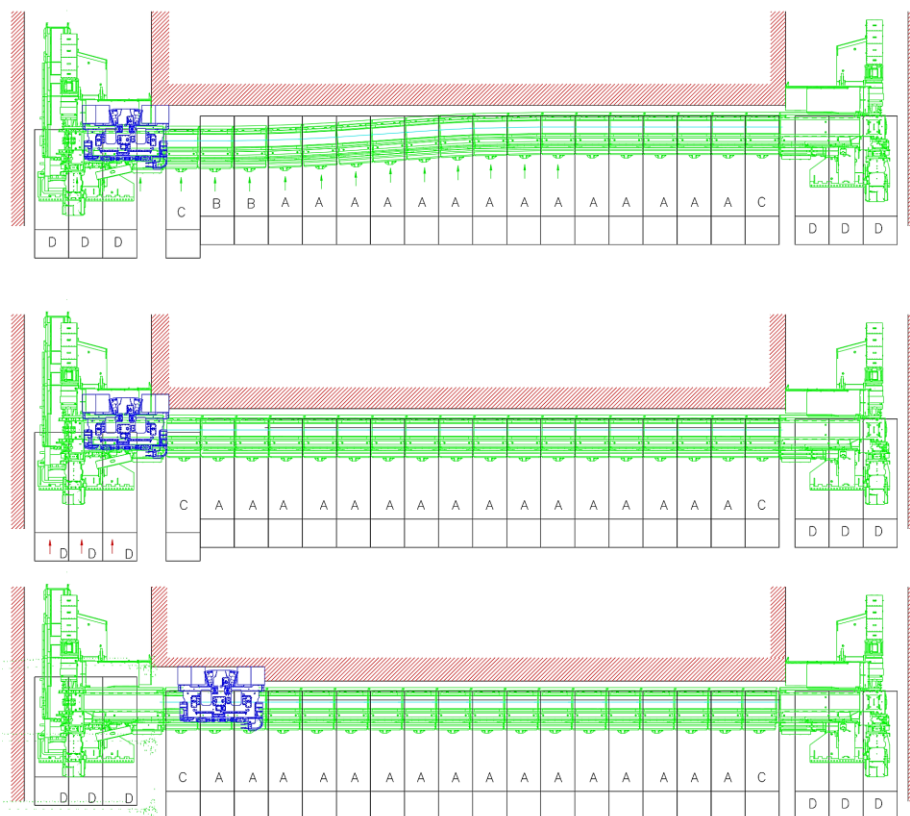
- Wprowadzenie możliwości płynnej, zdalnej regulacji wysokości urabiania sterowanej za pomocą elektro-rozdzielacza,
- Czujnik metanu,
- Dodatkowe baterie zraszające,
- Blokada bezpieczeństwa,
- Emiter podczerwieni.

Wprowadzono także istotnie zmieniony system prowadzenia przewodów zasilających GUŁ-500 i nowy, dedykowany układ przewodów o zmniejszonych oporach ruchu.

Przenośnik podścianowy stał się w nowym rozwiązaniu częścią kompleksu Mikrus – w tym celu zastosowano system automatycznego najazdu podścianowego

przełożnika zgrzeblowego na zwrotnię przełożnika taśmowego. Przesuwanie zwrotni tego przełożnika taśmowego realizowane jest zdalnie za pomocą pilotowego sterowania bezprzewodowego.

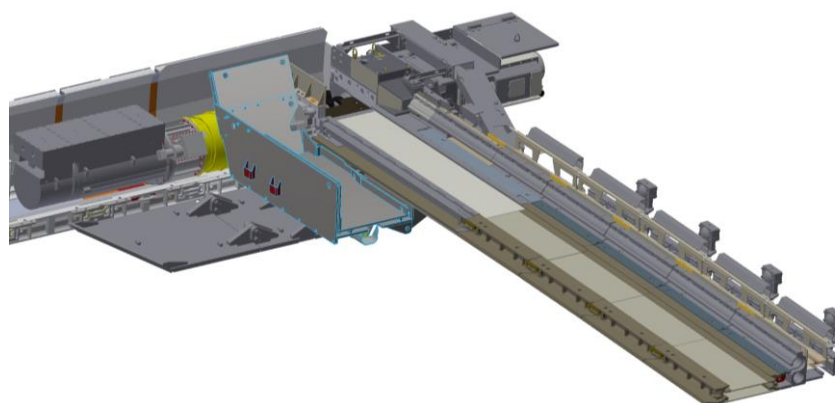
W technologii wybierania kompleksem Mikrus pojawiła się zmiana w postaci czołowego (prostopadle do czoła ściany) zawrębiania GUŁ-a (rys. 5).



Rys. 5 Zawrębianie czołowe GUŁ-500

Źródło: (materiały FAMUR S.A.)

Rzeczywisty czas pełnego cyklu zawrębiania prostopadłego i przekładki obudowy zmechanizowanej to około 1 min. Konieczne było opracowanie i zastosowanie tzw. szuflady załadkowej uszczelniającej naroże ociosu ściany.



Rys. 6 Szuflada załadkowa w kompleksie Mikrus

Źródło: (materiały FAMUR S.A.)

Wyposażenie ściany dostosowano do pracy w chodnikach w obudowie kotwowej o wymiarach 5600x2400 mm.

Zakres zmian w stosunku do kompleksu Mikrus zastosowanego w Polsce był szeroki, ale zasadniczo zmienił funkcjonalność i niezawodność tego kompleksu.

PODSUMOWANIE

Pierwotna wersja kompleksu Mikrus oparta była o zbyt optymistyczne założenia i zawierała zbyt wiele uproszczeń, które nie uwzględniały w pełni złożoności warunków i ograniczeń w niskiej ścianie. Należy jednak podkreślić, że z podobnymi problemami stykali się wszyscy, którzy podejmowali zadanie pełnej mechanizacji wybierania ścian niskich. Sukces kompleksu Mikrus w warunkach chińskich, a w tym wysoki stopień zautomatyzowania i w pełni zdalnego sterowania jest, oprócz innowacyjnych zmian konstrukcyjnych, także wynikiem odmiennych warunków stosowania tego systemu. Jedną z kluczowych przyczyn efektywnego wdrożenia tego kompleksu, oprócz poważnych zmian konstrukcyjnych i technologii wybierania jest odmienne niż w warunkach polskich kopalń wykonywanie chodników przyścianowych – w samodzielnej obudowie kotwowej i w przekroju prostokątnym o znacznej (5,6 m) szerokości. Ten zespół czynników spowodował, że w warunkach chińskie kopalni możliwe było wykonanie w ciągu doby nawet do 26 skrawów (cykli roboczych), w sytuacji utrzymywania zmiany konserwacyjnej. W trakcie stosowania kompleksu Mikrus w pierwszej i kolejnej ścianie w warunkach chińskich zachodziła oczywiście potrzeba wprowadzania zmian oprogramowania automatyki i drobnych zmian konstrukcyjnych, ale generalnie system spełnił oczekiwania użytkownika. Potwierdzeniem jest zamówienie kolejnego systemu Mikrus. Bardzo ważnym elementem była dobra współpraca z chińskim dostawcą obudowy zmechanizowanej i systemu automatycznego sterowania elektrohydraulicznego.

LITERATURA

- [1]. Dziura J.: Kompleks Mikrus – nowa technologia wybierania pokładów niskich. *Maszyny Górnicze* 3(131)2012. pp. 3-11.
- [2]. http://www.healeyhero.co.uk/rescue/individual/Bob_Bradley/Bk-4/B4-1954.html. [access: 12.10.2020]
- [3]. Jaszczuk M.: *Ścianowe systemy mechanizacyjne*. „Śląsk” Sp. z o. o. Wydawnictwo Naukowe, Katowice 2007.
- [4]. Korski J., Bednarz R.: Kombajnowe systemy ścianowe jako efektywna alternatywa dla strugów węglowych. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa* nr 9(499)/2012.
- [5]. Korski J.: Efektywny czas pracy kompleksu ścianowego i przyczyny jego zmniejszania (Longwall complex efficient time and reasons of its decreasing). *Inżynieria Mineralna* nr 2/2019.
- [6]. Korski J.: How low can we go?. *World Coal*, May 2013. (Vol.22, nr 05) str. 41-44.
- [7]. Korski J.: Longwall shearer haulage systems – a historical review. Part 2 – First cordless haulage systems solutions. *Mining Machines*, 2021, Vol. 39 Issue 2, pp. 17-27.

- [8]. Korski J.: Longwall shearer's haulage systems - a historical review. Part 1 – cable haulage systems. *Mining Machines*, 2021, Vol. 39 Issue 1, pp. 17-27. e-ISSN 2719-3306. DOI: 10.32056/KOMAG2021.1.1.
- [9]. Korski J.: Capacity losses factors of fully mechanized longwall complexes. *Mining Machines – Quarterly of Science and Technology*, October 2020 3(163)2020 pp. 12-21.
- [10]. Lesiecki W., Regulski W.: *Urabianie złóż. Część 3. Urabianie kombajnami*. Seria: Górnictwo Tom 5. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1957.
- [11]. Korski J.: Longwall shearer's haulage systems – a historical review. Part 3 – Chainless haulage systems with drive wheel and rack bar. *Mining Machines*, 2021, Vol. 39 Issue 3, pp. 58-69.
- [12]. Praca zbiorowa (Dyczko A., Kicki J., Myszkowski M., Stopa Z., Tor A. red.): *Nowe spojrzenie na technikę i technologię eksploatacji cienkich pokładów węgla kamiennego*. Wydawnictwo Fundacji dla AGH, Kraków 2011.
- [13]. Strona internetowa: <https://www.broseley.org.uk/mines/CMines.htm> [dostęp: 12.02.2022]
- [14]. Tytko S., Walczak Z., Skrzypiec A., Dziura J.: Kompleks ścianowy do wybierania cienkich pokładów. VIII Międzynarodowa Konferencja Techniki Urabiania TUR 2011.
- [15]. Warachim W., Maciejczyk J.(1993): *Ścianowe kombajny węglowe*. (Wydanie II poprawione i uzupełnione), Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice.

MIKRUS low Longwall Kompleks Development

Abstract: In article is described development of Mikrus low longwall system with special shearer with external chain haulage system. Previously designed in first decade of XXI century was one of trials of thin coal seams fully mechanized longwall extraction. Prototype of this systems was implemented for tests in one of polish coal mine. After first trial in test longwall and faults analysis upgraded versions was implemented for next tests in this same mine but still without satisfying results. After few years improved Mikrus system was implemented in one of Chinese coal mines with very good results. In article is presented a background of fully mechanized thin coal seam extraction and way of Mikrus complex development.

Keywords: longwall mining, thin coal seams extraction, shearer system, coal mining

Dr inż. Jacek KORSKI

FAMUR S.A.

ul Armii Krajowej 51, 40-698 Katowice, Polska

tel.: +48 32 359 64 00

e-mail: jkorski@famur.com.pl