

Krzysztof Krauze , Krzysztof Kotwica**

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ZESPOŁÓW FREZUJĄCYCH DO URABIANIA ZWIĘZŁYCH SKAŁ SPĄGOWYCH W WARUNKACH KOPALŃ WĘGLA KAMIENNEGO I BRUNATNEGO

1. Wprowadzenie

Przy zdejmowaniu nadkładu w kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego z wykorzystaniem wielonaczyniowych koparek kołowych wielokrotnie natrafia się w spągu na skały zwięzłe, których urabianie ww. maszynami jest bardzo utrudnione. Prowadzi to często do awarii tych koparek lub dłuższych przestojów w pracy spowodowanych koniecznością urobienia zwięzłej warstwy spągowej. Do tego celu można stosować urabianie materiałem wybuchowym jednak jest to metoda stwarzająca zarówno zagrożenie dla załogi jak też dla ośrodka skalnego (generowanie drgań i wtórnych spękań).

Dlatego dąży się do tego, aby te skały zwięzłe urabiać w inny sposób np. z wykorzystaniem zrywaków dynamicznych zainstalowanych na ciężkich spycharkach gąsienicowych. Prowadzone były również wstępne badania nad wykorzystaniem metody mechanicznego urabiania z zastosowaniem frezujących organów urabiających. Zaproponowane w Katedrze Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych rozwiązanie, w którym zaadoptowano do prób standardowy organ kombajnu węglowego zamontowany na spycharce gąsienicowej TD15N, dało zadowalające wyniki podczas urabiania zwięzłych skał zalegających w spągu na jednym z poziomów KWB „Bełchatów” SA.

Dało to impuls do dalszych prac nad rozwojem tej metody przy mechanicznym urabianiu skał zwięzłych zalegających w spągach kopalń zarówno węgla kamiennego jak i brunatnego. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki prac nad opracowaniem rozwiązania takiego, wymiennego zespołu frezującego, zabudowanego na ładowarce gąsienicowej jak też wyniki pierwszych prób stanowiskowych. Rozwiązanie to opracowano głównie z myślą o zastosowaniu w wyrobiskach korytarzowych do przybierki spągu, jednak wyniki prób

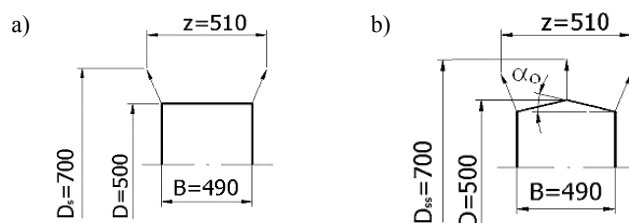
* Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

i nabyte doświadczenia będą pomocne przy opracowaniu rozwiązania dla potrzeb mechanicznego urabiania skał spągowych w warunkach kopalń węgla brunatnego.

2. Określenie założeń konstrukcyjnych dla zespołu urabiającego i ładującego oraz układu zasilania hydraulicznego

Na podstawie przeprowadzonych badań laboratoryjnych skał spągowych zalegających w wyrobiskach wybranych polskich kopalń węgla kamiennego określono parametry fizyko-mechaniczne skał przewidzianych do urabiania [1]. Przy projektowaniu rozwiązania organu urabiającego do frezowania spągów należy, dla określenia wymaganej mocy silnika napędowego, założyć wartość wskaźnika skrawalności A na poziomie co najmniej 20 kN/cm i wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie do 120 MPa .

Realizacja postawionego zadania polegała na opracowaniu i wykonaniu zespołu urabiającego i ładującego, umożliwiającego mechaniczne urabianie skał spągowych za pomocą frezowania z wykorzystaniem noży stycznych obrotowych, mocowanych na bębnowym organie urabiającym a następnie ich ładowanie na środek odstawy. Zespół ładujący jest montowany jako dodatkowy osprzęt na istniejących wąsko przodkowych ładowarkach gąsienicowych, co wydatnie obniża nakłady konieczne na wykonanie całego urządzenia, pozwalającego na mechaniczne urabianie, ładowanie i odstawę urabianych skał. Według wstępnych koncepcji, opracowanych na podstawie uzyskanych wyników badań [1], zastosowany zespół urabiający, mocowany z przodu maszyny, będzie skrawać spąg warstwami na głębokość do 25 cm i szerokość nawet do 120 cm . Przyjęto, że średnica zewnętrzna organu mierzona po wierzchołkach narzędzi skrawających nie powinna przekraczać $D_s = 700 \text{ mm}$ natomiast średnica bębna organu $D \cong 500 \text{ mm}$. Szerokość organu ograniczana jest nie tylko przez miejsce jego pracy, ale również przez możliwość jego napędu (moc i moment silnika napędowego i jego wymiary zewnętrzne umożliwiające jego zamocowanie wewnątrz organu, we wstępnych rozważaniach przyjęto, że wymagana moc nie będzie większa niż 40 kW). Dlatego wstępnie przyjęto szerokość organu $B \cong 500 \text{ mm}$. Ze względu na prostsze wykonanie organ można wykonać jak cylindryczny, lub alternatywnie jako stożkowy. Wersje takich organów, wraz z podstawowymi wymiarami, przedstawiono na rysunku 1 [2].



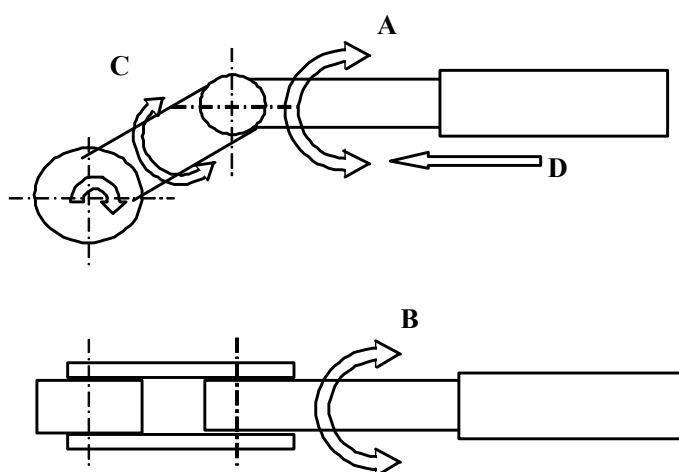
Rys. 1. Schemat proponowanych organów urabiających wraz z podstawowymi wymiarami: organ cylindryczny; b) organ stożkowy [2]

W następnej kolejności określono przybliżone wartości parametrów kinematycznych pracy nowego rozwiązania organu urabiającego — liczbę obrotów oraz prędkość posuwu (przemieszczania się) organu w płaszczyźnie pionowej i poziomej. Dla uzbrojenia organu wybrano noże stycznie-obrotowe tzw. ołówkowe serii RL o średnicy części skrawającej 26,9 mm i średnicy części chwytowej 19,4 mm oraz uchwyty do ich mocowania z serii C10 typ C10H Block oferowane przez firmę Kennametal Inc. Mining and Construction Division.

Równoczesne urabianie spągu i ładowanie urobku jest operacją skomplikowaną, dlatego w opracowywanym rozwiązaniu maszyny zaproponowano załadunek i odstawę urobku dopiero po urobieniu partii skał spągowych. Zespół urabiający po operacji urabiania jest demontowany, a na jego miejsce mocowany jest zespół ładujący — łyżka czerpaka, montowany podobnie jak głowica przegubowo na końcu ramienia.

Nowe rozwiązanie organu urabiającego do frezowania spągów, według założeń projektowych, jest zamocowane na ramieniu (wysięgniku), zabudowanym na samojezdnym nośniku [2]. Ze względu na warunki górniczo-geologiczne, klimatyczne oraz spągowe panujące w podziemnych kopalniach węgla kamiennego, pod uwagę brano wyłącznie nośnik gąsienicowy o napędzie elektrohydraulicznym. Ze względu na charakter pracy organu wymagane było zagwarantowanie co najmniej trzech podstawowych ruchów ramienia — podnoszenie i opuszczanie, obrót w lewo i prawo oraz wysuw do przodu. Ze względu na zaproponowane rozwiązanie układu do załadunku i odstawy urobku (wymienna z organem urabiającym łyżka czerpaka) korzystnym było, aby łyżka czerpaka, jak też organ urabiający, miały możliwość opuszczania i podnoszenia względem wysuwanego do przodu końca ramienia.

Możliwości ruchowe ramienia, na którym jest mocowany organ urabiający lub łyżka czerpaka, przedstawiono na schemacie na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat możliwości ruchowych ramienia (wysięgnika) organu urabiającego i łyżki czerpaka [2]

W założeniach przedstawionym na początku określono, że pod uwagę brany jest wyłącznie nośnik gaśnicowy o napędzie elektrohydraulicznym. Można opracować rozwiązanie takiego nośnika, jednak dla badań bardziej ekonomiczna była modernizacja jednej z już istniejących wersji ładowarek chodnikowych. Na podstawie analizy rozwiązań różnych górniczych ładowarek chodnikowych dostępnych na rynku polskim wybrano jako najbardziej odpowiednie do adaptacji i modernizacji jako nośnik gaśnicowy, rozwiązanie ładowarki typ ŁBT 700-EH produkowanej przez Hutę Bumar Łabędy w Gliwicach. Jest ona ładowarką z napędem o mocy 37 kW i łyżką czerpaka o pojemności 700 dm³.

Rozwiązanie konstrukcyjne ramienia, na którym mocowana jest łyżka czerpaka ma możliwość jej podnoszenia na wysokość 1750 mm, opuszczania do poziomu spągu oraz obracania na boki o kąt 20°. Dodatkowo posiada ona przegubowe mocowanie łyżki, pozwalającym na jej podnoszenie (tzw. zamykanie czerpaka) i opuszczanie za pomocą siłownika hydraulicznego łyżki poniżej poziomu spągu na głębokość 260 mm. Dla potrzeb mechanicznego urabiania wymagane było tylko przeprowadzenie modernizacji hydraulicznego agregatu zasilającego.

3. Opracowanie projektu i wykonanie zespołu urabiającego i ładującego oraz modernizacji nośnika gaśnicowego

Na podstawie opracowanych parametrów nowego rozwiązania organu urabiającego, zaproponowanych typów narzędzi skrawających i ich uchwytów oraz silnika hydraulicznego i przedstawionych założeń i wytycznych dotyczących ramienia organu urabiającego, opracowano projekty organu urabiającego i zespołu ładującego dla prototypowego zespołu do frezowania spągów. Zdecydowano się wykorzystać ten sam układ do mocowania elementu ładującego na ramieniu nośnika, jak dla organu urabiającego. Pozwoliło to na prostą i szybką wymianę, w zależności od potrzeb, jednego z zespołów na drugi (organu urabiającego na łyżkę czerpaka). Równocześnie w przedstawionym projekcie założono zastosowanie rozwiązania łyżki czerpaka z wysypem urobku za pomocą wysuwnej tylnej ścianki lub z możliwością wysypu alternatywnie na lewy lub prawy ocios. Przeprowadzono również dla opracowanych projektów organu urabiającego i zespołu ładującego oraz zmodernizowanego nośnika gaśnicowego symulacje ich możliwości kinematycznych oraz stateczności. Wyniki tych symulacji były pozytywne, w zaplanowanym zakresie pracy maszyny [2].

Na podstawie opracowanych projektów, w firmie VACAT Sp. z o.o. w Rybniku wykonano modernizację ładowarki ŁBH 700-EH jako nośnika gaśnicowego oraz wykonano nowe rozwiązania organu urabiającego i zespołu ładującego.

Widok wykonanej prototypowej ładowarki z zamontowanym organem urabiającym przedstawiono na rysunku 3, natomiast widok maszyny z zespołem ładującym wykonanym jako czerpak z wysuwną tylną ścianką, pokazano na rysunku 4.



Rys. 3. Widok prototypowej ładowarki z zamontowanym organem urabiającym [2]

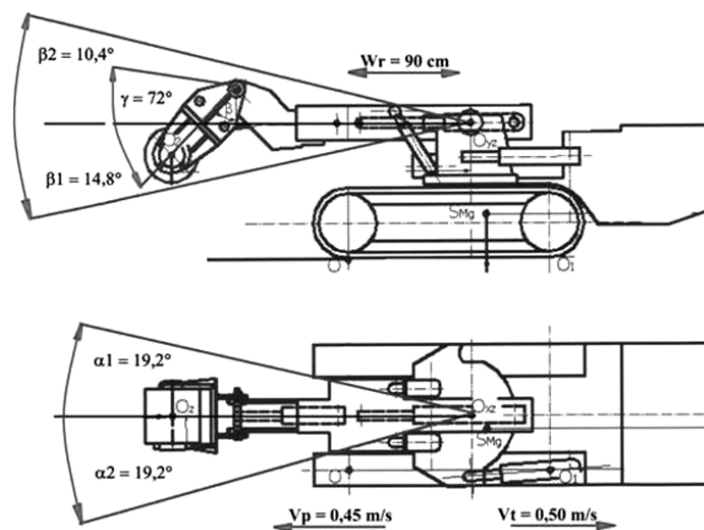


Rys. 4. Widok prototypowej ładowarki z zamontowanym zespołem ładującym wykonanym jako czerpak z wysuwną tylną ścianką [2]

4. Badania stanowiskowe prototypowej ładowarki z wymiennym osprzętem do frezowania skał spągowych

Wykonany prototypowy egzemplarz ładowarki z wymiennym osprzętem do frezowania skał spągowych został poddany badaniom stanowiskowym na terenie firmy VACAT

Sp. z o.o. [2, 3]. W tym celu wydzielono miejsce do realizacji planowanych badań oraz uformowano sztuczną próbkę skalną cementowo-piaskową, o wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie $R_c = 20$ Ma. W ramach badań stanowiskowych zaplanowano sprawdzenie poprawności funkcjonowania poszczególnych podzespołów ładowarki, a w tym głowicy urabiającej oraz łyżki czołowo wysypującej. Podczas prób stanowiskowych mierzone były wartości mocy pobieranej przez agregat hydrauliczny, momentów silników hydraulicznych i sił działających w siłownikach hydraulicznych podczas wykonywania poszczególnych operacji takich jak np. jazda, skręt lub podnoszenie ramienia, urabianie organem na luzie i pod obciążeniem. Sprawdzone poprawność funkcjonowania poszczególnych podzespołów oraz wykonano pomiary parametrów kinematycznych maszyny. Zakres wartości podstawowych parametrów w przypadku zespołu frezującego zamieszczono na schemacie na rysunku 5, natomiast w przypadku zespołu ładującego jego możliwości ruchowe przedstawiono na rysunku 6 [2, 3].



Rys. 5. Schemat ładowarki ŁBT 700-EH z zespołem frezującym wraz z naniesionymi możliwościami ruchowymi oraz zakresem wartości poszczególnych parametrów ruchowych [2, 3]

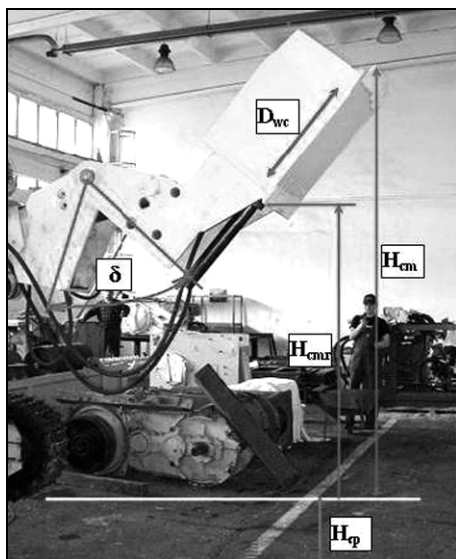
Przeprowadzono również pomiary masy ładowarki i współrzędnych środka ciężkości na podstawie pomiaru nacisków gaśienic na przetworniki siły. Masa nośnika gaśienicowego z zamocowanym zespołem ładującym, niezależnie od układu ramienia (wysuw — wsuw) oraz poziomego lub pochylego ustawienia maszyny była zbliżona i wynosiła od 97 do 100 kN. Położenie środka ciężkości również zmieniało się w niewielkim zakresie co powinno gwarantować maszynie odpowiednią stateczność i stabilność podczas pracy [2, 3].

Następnie przeprowadzano próby urabiania na specjalnie wykonanym bloku betonowym. Przeprowadzano próby przy zawrębianiu organu od góry, do przodu, oraz przemiesz-

czaniu zawrębnego organu do przodu i na boki. Podczas prób mierzono wartości momentów silników hydraulicznych i sił działających w siłownikach hydraulicznych. Widok maszyny podczas prób urabiania bloku betonowego przy zawrębianiu oraz podczas przemieszczania organu na boki przedstawiono na rysunku 7 [2, 3].

Wyniki przeprowadzonych pomiarów były zadowalające. Nie przekroczono zalecanych wartości obciążenia agregatu i silnika hydraulicznego organu urabiającego oraz sił w siłownikach zarówno podczas zawrębiania organu jak też jego przemieszczania do przodu i na boki. Uzyskano pełną stabilność maszyny podczas pracy. Jediną uwagą wynikającą z przeprowadzonych prób było ograniczenie głębokości jednej warstwy skrawanej organem do 5–7 cm. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów oszacowano zatem wydajność urabiania badanej maszyny na około 20 m³/godz. Nie stwierdzono również jakichkolwiek śladów zużywania się ostrzy noży skrawających. Natomiast w przypadku pracy pod ziemią, ze względu na generowanie zapylenia, koniecznym wydaje się zastosowanie zraszania wodnego organu urabiającego.

Ostatnią przeprowadzoną próbą stanowiskową była przekładka organu urabiającego na zespół ładujący oraz operacja odwrotna. Sprawdzano łatwość oraz mierzono czas ich wykonania. Przy zastosowaniu urządzeń pomocniczych takich jak np. suwnica, demontaż organu urabiającego zajął około 20 minut czasu. Natomiast montaż zespołu ładującego był o kilka minut dłuższy i wyniósł 25 minut. Zatem sumaryczny czas przekładki nie przekraczał 45 minut. Czas trwania operacji odwrotnej był porównywalny.



Rys. 6. Zespół ładujący ładowarki ŁBT 700-EH wraz z naniesionymi parametrami ruchowymi [2, 3]:
 kąt podnoszenia/opuszczania czerpaka δ — 61,5°; maksymalna wysokość podnoszenia czerpaka H_{cm} — 2390 mm, przy poziomym położeniu H_{cmr} — 1380 mm; maksymalna wielkość przybierki spągu H_{cp} — 340 mm; długość wysuwu tylnej ścianki czerpaka D_{we} — 450 mm



Rys. 7. Widok ładowarki z organem frezującym podczas prób urabiania bloku betonowego [2, 3]

5. Podsumowanie

Zaproponowane rozwiązanie ładowarki z wymiennym osprzętem do frezowania skał spągowych zostało sprawdzone w warunkach stanowiskowych i wykazało przydatność do zaplanowanych operacji związanych z mechanicznym urabianiem skał spągowych i ich ładowaniem. Jednak pełną odpowiedź można będzie uzyskać po przeprowadzeniu prób ruchowych w warunkach dołowych, w jednej z kopalń węgla kamiennego. Próby te zostaną

przeprowadzone w najbliższym czasie. W przypadku zastosowania podobnego rozwiązania dla warunków kopalń węgla brunatnego można pominąć w nim zespół ładujący, należy natomiast rozbudować zespół urabiający (szerokość organu urabiającego, głębokość zabioru) dla zapewnienia uzyskania odpowiednio wysokiej wydajności urabiania.

LITERATURA

- [1] *Kotwica K., Krauze K., Wydro T.*: Możliwości mechanicznego urabiania spągu w warunkach polskich kopalń węgla kamiennego. Monografia „Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał zwięzłych”. AGH Kraków, 2007
- [2] Sprawozdanie z pracy naukowo-badawczej pt. „Górnicy zespół urabiający do frezowania spągów”. AGH Kraków 2008, (niepublikowane)
- [3] *Krauze K., Kotwica K.*: Badania stanowiskowe ładowarki ŁBH 700-EH z wymiennym osprzętem do ładowania i przybierki spągu. Monografia „Nowoczesne, niezawodne i bezpieczne systemy mechanizacyjne dla górnictwa”. Wydawnictwo CMG Komag, Gliwice, 2008