

MOŻLIWOŚCI PRZEKwalifikowania zasobów nieprzemysłowych do przemysłowych po zastosowaniu mechanicznego urabiania kopaliny

OPPORTUNITIES OF RECLASSIFICATION OF NON-ECONOMIC RESOURCES INTO ECONOMIC RESOURCES AFTER APPLICATION OF MECHANICAL MINING

Andrzej Witt, Andrzej Pomorski, Tomasz Cichoń – Poltegor – Instytut IGO, Wrocław

Przedstawiono możliwości przekwalifikowania zasobów nieprzemysłowych do przemysłowych w kopalniach eksploatujących skały zwięzłe urabiane materiałem wybuchowym w wyniku zmiany metody urabiania. Wprowadzenie metod urabiania mechanicznego w tych częściach złoża umożliwia pozyskanie dodatkowych zasobów, co jest równoznaczne z poprawieniem ich stopnia wykorzystania. W celu uzyskania optymalnych wyników przedstawione metody urabiania skał zwięzłych należy dostosować do parametrów urabianych skał.

Słowa kluczowe: zasoby przemysłowe, urabianie mechaniczne skał, koparka, spycharka

Presentation of the possibility of reclassification of non-economic resources into economic resources in mines exploiting solid rocks with use of explosives. Introduction of mechanical mining methods in those parts of the deposit enables mobilizing additional resources, which leads to improving their use. The presented solid rock mining methods must be adapted to the parameters of mined rock in order to obtain optimum results.

Key words: industrial resources, mechanical excavation of rock, excavator, bulldozer

W Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów zagospodarowania złóż określone są zasoby przemysłowe i nieprzemysłowe. Zasoby przemysłowe są częścią zasobów bilansowych i pozabilansowych w granicach projektowanego obszaru górniczego lub wydzielonej części złoża przewidzianej do zagospodarowania. Zasoby te mogą być przedmiotem uzasadnionej technicznej i ekonomicznej eksploatacji przy uwzględnieniu wymagań określonych w przepisach prawa, w tym wymagań dotyczących ochrony środowiska.

Kwalifikację zasobów do kategorii przemysłowych i nieprzemysłowych dokonuje się w oparciu o dwa główne kryteria: ekonomiczne i techniczne.

- kryterium ekonomiczne określa graniczną koncentrację składników użytecznych,
- kryteria techniczne wyznaczają możliwości eksploatacji w danych warunkach geologiczno - górniczych złoża oraz ustalenia zabezpieczenia infrastruktury technicznej lub obiektów chronionych.

Drugie z wymienionych kryteriów najczęściej jest stosowane przy kwalifikowaniu zasobów geologicznych do nieprzemysłowych przy eksploatacji złóż skał zwięzłych. Kluczowym

problemem, który decyduje o podziale zasobów geologicznych bilansowych na przemysłowe i nieprzemysłowe jest sposób urabiania złoża. Najefektywniejszą techniką urabiania skał zwięzłych jest stosowanie technik strzelniczych. Rozwiązanie to jest najbardziej ekonomiczne jednak wiąże się z powstawaniem niekorzystnych skutków dla otoczenia, które często uniemożliwiają stosowanie go w pobliżu obiektów chronionych. Co prawda wprowadzanie nowych technik strzelniczych, szczególnie inicjacji ładunków wybuchowych w dużym stopniu ogranicza zasięg stref szkodliwego ich oddziaływania jak:

- drgań sejsmicznych,
- rozrzutu odłamków,
- fali podmuchu.

Wiąże się to z podnoszeniem jednostkowych kosztów urabiania kopaliny. Wzrastające koszty urabiania złoża w rejonach chronionych oraz brak możliwości całkowitego wyeliminowania szkodliwych oddziaływań związanych z nimi pozwoliły wprowadzić rozwiązania alternatywne. Nie są one obciążone niedogodnościami robót strzałowych i w znacznie większym stopniu pozwalają zwiększyć obszar eksploatacji i ograniczyć wielkość zasobów nieprzemysłowych. Rozwiązania te oparte są głównie na metodach urabiania mechanicznego skał zwięzłych.

Obecnie wprowadzanych jest wiele urządzeń pozwalających urabiać skały zwięzłe w sposób mechaniczny. Urządzenia te można stosować w różnym zakresie do urabiania tych skał. W zależności od budowy urządzenia te mogą urabiać złoża:

- powierzchniowo, kolejnymi warstwami o wysokości do 1 m,
 - kombajny firmy Wirtgen,
 - kombajny firmy Vermeer,
 - spycharki wyposażone w zrywak,
- piętrami o zróżnicowanej wysokości od kilku do nawet kilkunastu metrów,
 - koparki hydrauliczne z osprzętem podsiębiernym,
 - koparki łyżkowe wyposażone młoty hydrauliczne,
 - koparki łyżkowe wyposażone w zrywaki,
 - koparki łyżkowe wyposażone w zrywaki wibracyjne,
 - koparki łyżkowe wyposażone w głowice frezujące.

Ponieważ złoża skał zwięzłych urabiane są najczęściej materiałami wybuchowymi, eksploatacja ich prowadzona jest kolejnymi piętrami, na które podzielone jest wyrobisko eksploatacyjne. Wprowadzenie urabiania złóż metodą mechaniczną związane jest z koniecznością dostosowania tej technologii

do układu pięter ukształtowanego w trakcie dotychczasowej eksploatacji przy zastosowaniu materiałów wybuchowych. Rozwiązania oparte na urabianiu mechanicznym urządzeniami montowanymi na wysięgnikach koparek łyżkowych wpisują się najczęściej w istniejący podział wyrobiska na piętra. W przypadku zbyt wysokich pięter można zastosować ich podział na podpiętra w celu zapewnienia bezpiecznych warunków eksploatacji.

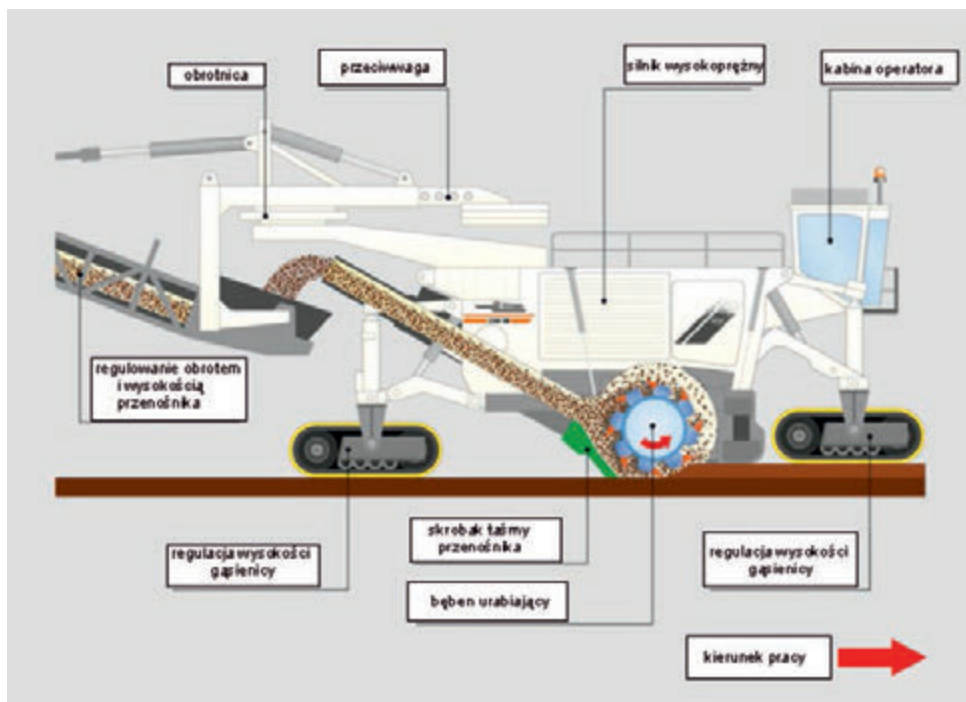
Eksploatacja warstwami o wysokości średnio po ok. 1,0 m może być prowadzona głównie w złożach skał osadowych. Właśnie w złożach wapieni i margli najczęściej są stosowane do urabiania spycharki ze zrywakami lub kombajny frezujące firm Wirtgen i Vermeer.

Kombajny frezujące stosowane mogą być do urabiania złóż o regularnej budowie. Ich największą zaletą jest połączenie trzech podstawowych procesów: odpajania skały od calizny, kruszenia, i ładowania. Kombajny kruszą i ładują materiał w jednym, pojedynczym urządzeniu, więc w jednej maszynie wykonywana jest praca różnych elementów wyposażenia.

Kombajny firmy Wirtgen posiadają bęben tnący (frezujący) napędzany mechanicznie. Urządzenie może być stosowane



Fot. 1. Kombajn firmy Wirtgen podczas urabiania



Rys. 1. Schemat pracy kombajnu firmy Wirtgen

do urabiania skał o wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie do 80 MPa jak również do eksploatacji selektywnej. Kombajny wyposażane są w indywidualnie regulowaną wysokość gąsienic oraz dwustopniowy układ przenośników.

Podstawowe parametry kombajnu typu 2500 SM:

Szerokość cięcia	2 500 mm
Głębokość cięcia	0 – 600mm
Moc silnika	783 kW/1065 KM
Ciężar roboczy	111 600 kg
Liczba gąsienic	4

Urabianie skały następuje przez obrót bębna frezującego z zainstalowanymi na nim nożami, których rozmieszczenie dobiera się w zależności od wymaganego stopnia rozdrobnienia skały oraz od jej wytrzymałości. Kombajny pracują generalnie trzema systemami:



Fot. 2. Kombajn Terrain Leveler TL1255



Fot. 3. Kombajn Terrain Leveler TL1255 podczas urabiania

- z bezpośrednim załadunkiem urobku na samochody technologiczne,
- ze składowaniem na pryzmę (system stosowany głównie przy wykonywaniu obiektów liniowych np. rowów), a następnie przy użyciu maszyn ładujących jest załadowywany na samochody technologiczne,
- z pozostawieniem urobku na miejscu a następnie ładowaniem przy pomocy ładowarki na samochody technologiczne.

Wydajność (urabiania) przy zastosowaniu trzeciego systemu może być nawet o 50% wyższa.

Na fotografii 1 przedstawiono kombajn firmy Wirtgen podczas urabiania złoża z równoczesnym załadunkiem kopaliny na samochód technologiczny. Sposób pracy kombajnu przedstawiono na schemacie zamieszczonym na rysunku 1.

Kombajny firmy Vermeer urabiają kopalinę bębniem frezującym zamontowanym w tylnej części urządzenia. Urządzenie może być stosowane do urabiania skał o wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie nawet do 160 MPa. Napęd bębna urabiającego realizowany jest za pośrednictwem silników hydraulicznych zamontowanych bezpośrednio na organie urabiającym.

Podstawowe parametry kombajnu typu Terrain Leveler **TL1255**:

Szerokość cięcia	3 700 mm
Głębokość cięcia	0 – 680mm
Moc silnika	310 kW
Ciężar roboczy	111 130 kg
Prędkość urabiania	12,5 m/min
Liczba gąsienic	2

Bęben urabiający posiada możliwość regulowania rozstawu i ilości zębów. Równocześnie maszyna może regulować prędkość obrotową bębna oraz prędkości jazdy maszyny. Regulacja przedstawionych wyżej parametrów pracy pozwala ustawiać je tak, że uzyskuje się pożądane uziarnienie. Zaletą urządzenia jest uzyskanie produktu kubicznego o uziarnieniu od 0 do 300 mm. Fotografia 2 przedstawia kombajn typu Terrain Leveler **TL1255**, natomiast fotografia 3 kombajn ten podczas urabiania złoża.

Urabianie spycharkami z osprzętem zrywawkowym

Do eksploatacji skał wapiennych w złożach lub ich częściach, gdzie nie można stosować urabiania materiałami wybu-

Tab. 1. Dane techniczne spycharek pracujących z osprzętem zrywawkowym

Dane techniczne	Jednostka	CAT D11R	Komatsu 475A	HSW TD 40-B
1	2	3	4	5
moc silnika brutto	kW	673	655	412
standardowa szerokość płyt gąsienicowych	mm	710	810	610
liczba zrywaków	szt.	1	1	1
długość zrywaka	mm	1850	1477	1670
masa eksploatacyjna	Mg	102,29	84,51	61,92
nacisk na grunt	kPa	162,5	151,0	137,9
wymiary lemiesza:				
• szerokość	mm	6358	6465	5180
• wysokość	mm	2370	2690	2260
• max opuszczenie poniżej poziomu	mm	766	860	830



Fot. 4. Spycharka Caterpillar D 10N wyposażona w zrywak

Urabianie mechaniczne skał zwięzłych piętrami Koparki hydrauliczne z osprzętem podsiębiernym

Urabianie złóż wapieni bezpośrednio koparką łyżkową hydrauliczną z osprzętem podsiębiernym jest realizowane w kopalniach prowadzących najczęściej wydobycie skał osadowych. Technologia pracy koparki polega na urabianiu złoża ze stropu podsiębiernie. Koparka urobioną skałę wapienną podaje na samochody technologiczne usytuowane na poziomie jej pracy lub zrzuca na niższy poziom gdzie ładowana jest ona inną koparką łyżkową lub ładowarką na samochody technologiczne.

Kopalina zrzucana na niższy poziom może być podawana ładowarką na kruszarkę mobilną, z której po rozdrobnieniu odbierana jest przenośnikiem taśmowym i podawana na stały przenośnik taśmowy odstawiający urobek z wyrobiska do dalszej przeróbki.



Fot. 5 i 6. Koparka Komatsu PC 400 LC – 5 w trakcie urabiania wapieni

chowymi stosowane są spycharki z osprzętem zrywawkowym. Urabianie prowadzone jest warstwami o głębokości ok. 1 m. Spycharka rozkrusza skałę zrywakiem, który zagłębia się w złożu. Następnie urobek leżący na powierzchni poziomu może być lemieszem spycharki przymowany, a następnie ładowarką ładowany na samochody technologiczne lub przenośniki taśmowe. W tabeli 1 zestawiono parametry wybranych spycharek, które mogą być wyposażone w zrywak.

Koparki łyżkowe wyposażone w młoty hydrauliczne

Do urabiania skał zwięzłych w miejscach gdzie nie ma możliwości stosowania materiałów wybuchowych można zastosować koparkę hydrauliczną z osprzętem podsiębiernym wyposażoną w młot hydrauliczny. Urządzenia te produkowane są przez wielu producentów takich jak np: Atlas Copco, Caterpillar, Komatsu, Rammer, JCB, Gorilla, Huskie. Do urabiania skał zwięzłych należy stosować młoty hydrauliczne o dużej masie dochodzącej do 7000 Mg. Młoty takie muszą być

Tab. 2. Zestawienie parametrów wybranych młotów hydraulicznych

Producent	Model	Średnica grot	Zalecana masa koparki	Masa młota	Częstotliwość uderu
		mm	Mg	kg	min ⁻¹
1	2	3	4	5	6
Caterpillar	H 195	195,6	66 – 110	6534	300 – 400
Komatsu	JBP5000V	170,2	35 – 65	3154	440 – 1045
Rammer	G 130	203,2	65 – 110	6525	400
Huskie	HH 8000	165,1	35 – 65	2974	340 – 450



Fot. 7. Młot hydrauliczny w trakcie urabiania dolomitu



Fot. 9. Zrywak podczas pracy



Fot. 8. Zrywak

instalowane na dużych koparkach o masie od 60 do 140 Mg. Wybrane modele młotów hydraulicznych różnych producentów zestawiono w tabeli 2.

Skały urabiane przez młoty hydrauliczne powinny posiadać podzielność tj. skłonność do dzielenia się wzdłuż określonych płaszczyzn spójności lub mieć liczne spękania. W takich skałach młot hydrauliczny osiąga optymalną wydajność. W skałach litych nie wykazujących podzielności grot młota hydraulicznego zamiast odpajać fragment skały wbija się w nią tworząc otwór. Wydajność w takich skałach jest bardzo niska i urządzeń tych nie należy w nich stosować. Na fotografii 7 przedstawiono koparkę Komatsu PC 290 NLC urabiającą dolomit w pozostawionej części złoże, która znajduje się w pobliżu

zakładu przerobczego. Praca młotem hydraulicznym w pobliżu obiektów przerobczych kopalni nie stwarza zagrożeń.

Urabianie za pomocą koparek hydraulicznych z osprzętem zrywakowym (stałym i mimośrodowym)

Zrywaki wykonane są ze stali trudno ścieralnych, wyposażone w adaptory umożliwiające montaż na ramieniu koparki bez ingerencji operatora np. do prac pomocniczych, takich jak ramowanie ścian. Zrywaki tego typu najczęściej są wykorzystywane do usuwania korzeni drzew, wzruszania zmrożonej ziemi oraz niektórych prac wyburzeniowych. Zakres stosowania ich w kopalniach surowców skalnych jest bardzo ograniczony. Zrywaki tego typu były próbowane przy eksploatacji złóż mocno zwietrzałych. Wyniki tych prób okazały się negatywne. Wydajność, jaką osiągała koparka była niska. Na fotografii 8 przedstawiono zrywak przed jego zastosowaniem na fotografii 9 zrywak podczas, urabiania złoże. Na fotografii oprócz pyłu widoczna jest lekka mgiełka powstająca w trakcie tarcia zrywaka o kamień.

Na zdjęciu 10 przedstawiona jest koparka Caterpillar wyposażona w stały zrywak podczas urabiania złoże wapieni.

Urabianie zrywakiem mimośrodowym

Znacznie lepsze rezultaty można osiągnąć stosując do urabiania złóż skał zwięzłych zrywaki mimosrodowe. Zrywaki tego typu stosowane są najczęściej do urabiania skał, które posiadają liczne naturalne spękania. W urządzeniach tych mechanizm zrywający oparty jest o zasadę mimośrodowego obrotu wału napędzanego przez silnik hydrauliczny. Główną zaletą tego rozwiązania jest wyższa wydajność niż tradycyjnego zrywaka oraz młota hydraulicznego. Operator koparki wykorzystuje



Fot. 10. Koparka Caterpillar ze zrywakiem stałym podczas urabiania wapieni

Tab. 3. Dane techniczna zrywaków firmy Xcentric Ripper

Parametr	Jednostka	Typ zrywaka wibracyjnego						
		XR 20	XR 30	XR 40	XR 50	XR 60	XR 80	XR 120
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Masa robocza	kg	2500	3300	4200	5600	7000	9500	13000
Ciśnienie robocze	Mpa	18	24	24	24	24	24	24
Częstotliwość drgań zrywaka	s ⁻¹	23	23	20	20	20	17	17
Masa maszyny podstawowej	Mg	20- 25	25-33	33- 44	42- 55	50- 70	70-120	100-150

naturalne spękania, w które zagłębia, na zasadzie klina, zrywak. Uderzenia wprowadzają urabiany ośrodek w wibracje, co dodatkowo ułatwia penetrację narzędzia w głąb calizny. Elementem łatwo zużywającym się jest wymienny ząb, którego koszt jest kilkukrotnie mniejszy od grota młota hydraulicznego.

Kopalina urobiona przez koparkę ze zrywakiem będzie zalegać pod skarżą. Do jej załadunku niezbędna jest ładowarka lub druga koparka. Załadunek może być prowadzony również tą samą koparką po wypięciu zrywaka. Załadunek prowadzony jest na samochody technologiczne lub na kruszarkę mobilną, z której po rozdrobnieniu kopalina będzie podawana na ciąg przenośników taśmowych. Na fotografii 11 przedstawiono zrywak wibracyjny podczas urabiania. Istotną zaletą zrywaków mimośrodowych jest niewielkie oddziaływanie na otoczenie. Na przykład zrywaki koreańskie serii DBL emitują w trakcie pracy hałas (średnio 60-80 dB).

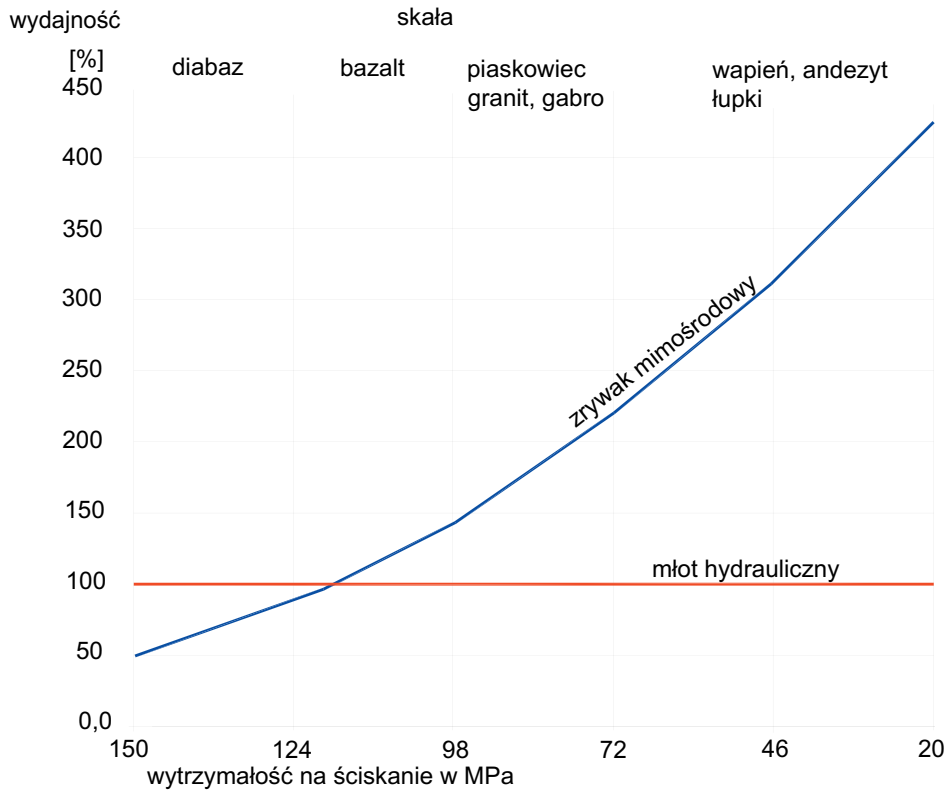
Wykonane porównanie wydajności zrywaka mimośrodowego z młotem hydraulicznym wykazuje, że w przypadku urabiania skał bardzo spękanych wydajność jego jest kilkakrotnie większa.



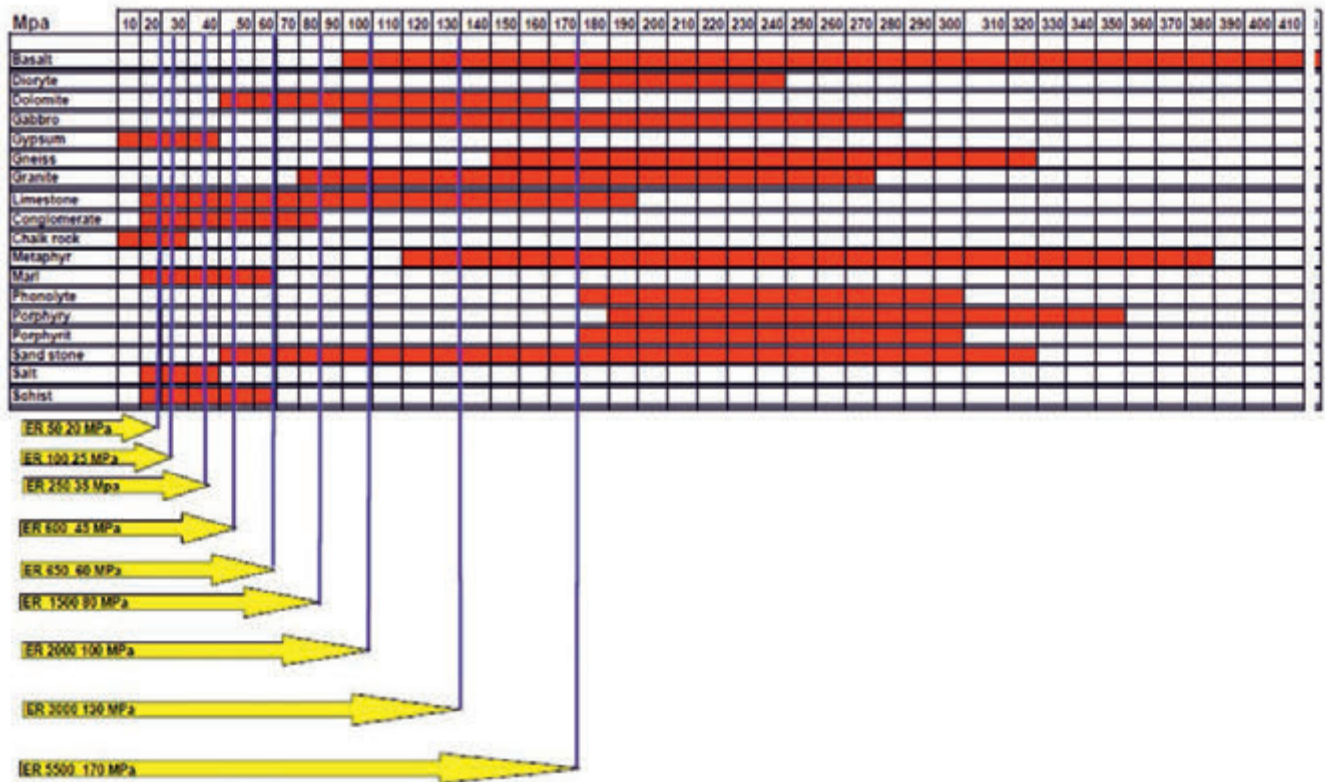
Fot. 11. Koparka wyposażona w zrywak mimośrodowy podczas pracy

Koparki łyżkowe wyposażone w głowice frezujące

Do urabiania skał zwięzłych wprowadzane są też hydrauliczne koparki łyżkowe wyposażone w głowice urabiające (frez). Głowice urabiające mogą prowadzić eksploatację w skałach o wytrzymałości nawet do 170 MPa. Zakres ich



Rys. 2. Porównanie wydajności uzyskiwanej w skałach zwięzłych przez zrywak mimośrodowy i młot hydrauliczny



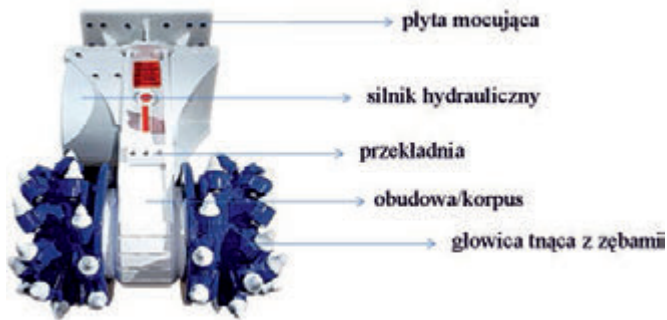
Rys. 3. Zakres pracy głowic frezujących firmy Erkat

stosowania przedstawiono na diagramie rysunku 3. Głowice frezujące instalowane są na wysięgnikach hydraulicznych koparek łyżkowych z osprzętem podsiębiernym w miejsce łyżki. Urabiającym elementem głowicy są zęby. Mocowane są one na walcach głowicy. Zęby wykonane są ze specjalnych stopów i spieków. Ich posadowienie w głowicy jest obrotowe. Schemat głowicy urabiającej przedstawia rysunek 4.

Zaletą tego rozwiązania jest możliwość urabiania skarp o

wysokości 10 – 12 m przy standardowym wysięgniku podsiębiernym koparki. Istnieje możliwość zwiększenia wysokości urabianego piętra nawet do 20 m w przypadku zastosowania wysięgników specjalnych. Koparki z głowicami frezującymi stosowane są w kopalniach wapieni jako maszyny podstawowe zapewniając wydobywanie roczne na poziomie powyżej 0,5 mln Mg przez jedno urządzenie.

Głowicę frezującą przeznaczoną do zamontowania przed-



Rys. 4. Schemat budowy głowicy frezującej firmy Erkat



Fot. 12. Głowica frezująca

stawiono na fotografii 12, na fotografii 13 przedstawiona jest głowica przeznaczona do regeneracji.

Podsumowanie

Aplikacja zaprezentowanych metod eksploatacji złóż zwięzłych surowców skalnych jest jednym ze sposobów zwiększenia wykorzystania zasobów. Postęp techniki i dostęp-



Fot. 13. Głowica frezująca do regeneracji

ność zaprezentowanych maszyn do mechanicznego urabiania, umożliwia bardziej racjonalne gospodarowanie bazą zasobową istniejących kopalni surowców skalnych. Dotyczy to w szczególności podjęcia eksploatacji zasobów złóż, które wykazują w projektach zagospodarowania obszary zakwalifikowane do zasobów nieprzemysłowych. Zastosowanie mechanicznego urabiania skał pozwala, w sposób ekonomicznie uzasadniony, podjąć ich racjonalną eksploatację. Zasoby zalegające w filarach ochronnych, wyznaczonych ze względu na konieczność ograniczania niekorzystnych wpływów robót strzałowych, mogą być przy wykorzystaniu opisanych technologii wydobyte i dlatego można je przekwalifikować do zasobów przemysłowych. Podjęcie eksploatacji tych części złóż związane jest z koniecznością zastosowania urządzeń do mechanicznego urabiania skał zwięzłych, a optymalizacja ich doboru może być istotnym czynnikiem poprawy efektywności wydobywania i zagospodarowania zasobów.

Literatura

- [1] Materiały techniczne firmy ERKAT pozyskane w konsultacjach technicznych z przedstawicielem firmy p. Christoph Goebel
- [2] Materiały techniczne i procedury obliczeniowe firmy Wirtgen
- [3] Porównanie urabiania metodą mechanicznego zrywania z metodą robot wiertniczo-strzałowych, na przykładzie Kopalni Marglii Kredowych "Folwark", R. Dreszer, Góraźdże Cement S.A., Szkoła Górniczo-Odkrywkowego AGH Kraków, 2013
- [4] Urabianie mechaniczne skał Terrain Leveler Vermeer, B. Ruda, Szkoła Górniczo-Odkrywkowego AGH Kraków, 2013
- [5] Zastosowanie głowic frezujących Erkat w górnictwie odkrywkowym i inżynierii lądowej, D. Sobala, AMAGO, Szkoła Górniczo-Odkrywkowego AGH Kraków, 2013
- [6] Wykorzystanie zrywaków mimośrodowych do mechanicznego urabiania skał, R. Lipok, Szkoła Górniczo-Odkrywkowego AGH Kraków, 2013
- [7] Zastosowanie kombajnów frezujących firmy Wirtgen w górnictwie odkrywkowym, B. Ruda, Szkoła Górniczo-Odkrywkowego AGH Kraków, 2013
- [8] Zmiana technologii urabiania złóż surowców wapiennych, jako czynnik ograniczający oddziaływanie kopalni na środowisko, Andrzej Witt, Poltegor-Institut IGO Wrocław, Górniczo-Odkrywkowe nr 1, 2003
- [9] Materiały techniczne firmy Xcentric Ripper International, S.L (Katalog urządzeń)
- [10] Materiały techniczne firmy firmy Liebherr (schematy maszyn, dane techniczne)
- [11] Materiały techniczne firmy Komatsu (Katalog urządzeń)
- [12] Erkat Kataloge „Spitzentechnologie eröffnet neue horizonte“