Prace Naukowe Instytutu Górnictwa
Nr 136 Politechniki Wrocławskiej Nr 136
Studia i Materiały Nr 43 2013

spycharka, zrywanie, kombajn frezujący, młot hydrauliczny, zrywak wibracyjny, głowica frezująca

Zbigniew KASZTELEWICZ*
Maciej ZAJĄCZKOWSKI
Mateusz SIKORA

PRZEGLĄD MECHANICZNYCH SPOSOBÓW URABIANIA SKAŁ ZWIĘZŁYCH

W górnictwie odkrywkowym w coraz większym zakresie występują ograniczenia stosowania robót wiertniczo-strzałowych stanowiących podstawową metodę urabiania skał o zwięzłości powyżej 20 MPa. Ograniczenia te wynikają z występowania znacznych zakresów drgań parasejsmicznych czy powietrznej fali uderzeniowej przy tych robotach, które mają negatywne oddziaływania na obiekty chronione czy na skupiska zamieszkującej ludności w obrębie kopalń odkrywkowych. W takich przypadkach konieczne jest zastąpienie robót strzałowych inną technologią urabiania, która umożliwiłaby dalsze utrzymanie konkurencyjności pozyskiwanej kopaliny. W artykule dokonano przeglądu mechanicznych sposobów urabiania kopalin z wykorzystaniem m.in. zrywarek gąsienicowych, kombajnów frezujących, młotów hydraulicznych, zrywaków wibracyjnych czy głowic frezujących. Część przedstawionych metod jest znana i stosowana w Polsce już od dawna. Natomiast niektóre z nich, jak np. kombajny frezujące, pomimo ich powszechnego stosowania na świecie, dopiero teraz zaczynają być wdrażane w krajowych warunkach. Stosowanie zrywaków wibracyjnych czy głowic frezujących jest nowym podejściem do mechanicznego urabiania skał.

1. WSTĘP

Dobór odpowiedniej metody urabiania każdej skały jest zagadnieniem złożonym. Do podstawowych uwarunkowań, które należy uwzględnić, zalicza się przede wszystkim: rodzaj skały, warunki geologiczno-górnicze zalegania złoża, czynniki związane z ochroną środowiska i wpływu danej technologii na otoczenie, jak również niezawodność zastosowanego układu maszyn, ich dostępność itp. Ważnym zagadnieniem jest również doświadczenie eksploatacyjne w stosowaniu poszczególnych metod.

Właściwości związane z parametrami fizycznymi skał, głównie z wytrzymałością na ściskanie, oraz sposób zalegania warstw wraz z ich zaburzeniami należy określić

* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Katedra Górnictwa Odkrywkowego, kasztel@agh.edu.pl, maciejz@agh.edu.pl, sikoram@agh.edu.pl

z możliwie największą dokładnością; są to dane wejściowe do analiz o znaczeniu zasadniczym. Bardzo często decydującym czynnikiem przy wyborze eksploatacji złoża są uwarunkowanie prawne związane z ochroną środowiska oraz oddziaływania kopalni na sąsiednie tereny. W przypadku skał o zwięzłości powyżej 20 MPa (m.in. wapieni, dolomitów, piaskowców, margli, trawertynów itp.) najniższe koszty jednostkowe urabiania osiąga się stosując technikę strzelniczą. Dlatego też jest ona podstawową metodą eksploatacji skał zwięzłych, jednak przy występujących ograniczeniach związanych z drganiami parasejsmicznymi, powietrzną falą uderzeniową czy rozrzutem odłamków skalnych. Z uwagi na to kopalnie nie mają możliwości jej zastosowania blisko granicy eksploatacji sąsiadującej z zabudowaniami mieszkalnymi lub obiektami chronionymi. Ograniczenie to może być również ustanowione z uwagi na oddziaływanie hałasu pochodzącego od pracujących maszyn. W tej sytuacji, pomimo większych kosztów eksploatacyjnych, poszukuje się obecnie innych rozwiązań urabiania tych skał. Niemniej ważnym zagadnieniem jest niezawodność stosowanego układu wydobywczego, powiązana z doświadczeniem w stosowaniu poszczególnych rozwiązań. Niejednokrotnie o efektywności i pozytywnej ocenie danej metody decydują umiejętności pracowników znających racjonalne parametry pracy danego układu.

Rozważa się także dostępność rynkową maszyn, wielkość nakładów inwestycyjnych, kosztów eksploatacji, w tym serwisowania itp. Każdy z przytoczonych czynników może mieć decydujące znaczenie przy wyborze wdrażanej metody urabiania skał.

W przypadku braku możliwości zastosowania techniki strzelniczej pojawia się pytanie, jakie inne metody urabiania kopalin zwięzłych można wziąć pod uwagę przy kryterium minimalizacji jednostkowych kosztów eksploatacji. Alternatywą mogą być mechaniczne sposoby urabiania, charakteryzujące się jednak większą energochłonnością, a co za tym idzie wzrostem kosztów jednostkowych w granicach 30–100%. Wśród alternatywnych sposobów urabiania można wymienić zrywanie spycharkami z osprzętem zrywakowym oraz urabianie kombajnami frezującymi, zrywakiem wibracyjnym i głowicami frezującymi.

2. ZRYWANIE SPYCHARKAMI Z OSPRZĘTEM ZRYWAKOWYM

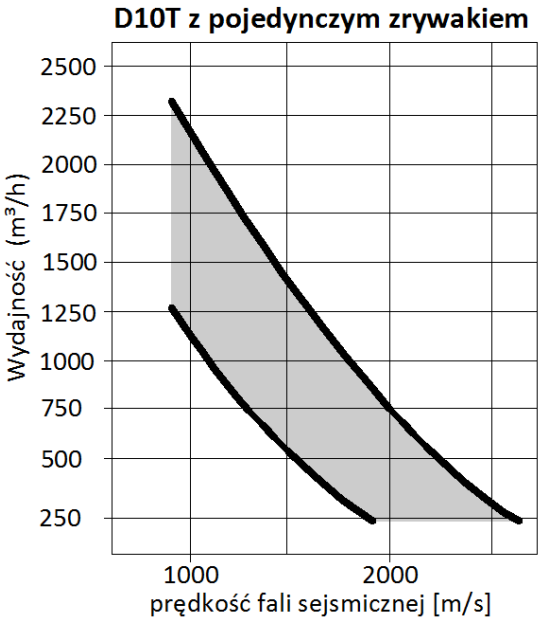
Sposób ten stosuje się dla rozluzowania calizny skalnej za pomocą zrywaka, a następnie przemieszczenia rozluzowanego urobku do miejsca załadunku koparkami jednonaczyniowymi lub ładowarkami na środki transportu.

Na podatność na zrywanie mają wpływ właściwości fizyczne skał, tj.: gęstość, wytrzymałość na ściskanie, a przede wszystkim prędkość fali sejsmicznej. Dodatkowo powinno się uwzględnić rozciągłość i nachylenia warstw, szczelinowatość, twardość i osłabienia spowodowane warunkami atmosferycznymi.

Proces zrywania uzależniony jest nie tylko od właściwości fizycznych skały, ale również od kierunku zrywania w stosunku do złoża czy umiejętności operatora, stąd

nie jest możliwe dokładne określenie wydajności efektywnej pracy spycharki z osprzętem zrywakowym.

W praktyce producenci spycharek z osprzętem zrywakowym zamieszczają specjalne wykresy zależności wydajności teoretycznej od prędkości fali sejsmicznej, jako parametru najlepiej przybliżającego uzyskiwane wydajności (rys. 1).



Rys. 1. Zależności wydajności zrywania spycharką CAT D10T od prędkości fali sejsmicznej [1]
Fig. 1. The graph of capacity and seismic wave speed for CAT D10T dozer [1]

Przykładem stosowania tej metody urabiania jest kopalnia margli i wapieni kredowych Folwark w Górażdże Cement SA. Zastosowanie urabiania spycharkami z osprzętem zrywakowym zostało podyktowane ograniczeniami wykonywania robót strzałowych w północno-zachodniej części wyrobiska z uwagi na znajdujący się w bliskiej odległości zabytkowy obiekt chroniony. Do zrywania mechanicznego margli, o wytrzymałości na ściskanie do 17 MPa, stosuje się największe na świecie spycharki z osprzętem zrywakowym CAT D11R, KOMATSU 475A i HSW TD 40-B. Spycharki te posiadają moc silnika dochodzącą do ok. 660 kW i masę eksploatacyjną ok. 100 Mg. Średnia wydajność uzyskiwana przez zrywanie mechaniczne w tej kopalni dochodzi do 500 Mg/h (tab. 1).

Tabela 1

Podstawowe dane techniczne spycharek gąsienicowych w kopalni Folwark [9, 12, 13]

Dane techniczne	Jednostka	CAT D11R	Komatsu 475A	HSW TD 40-B
moc silnika brutto	[kW]	673	655	412
standardowa szerokość płyt gąsienicowych	[mm]	710	810	610
liczba zrywaków		1	1	1,4
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
– pojemność	[m^3]	34,4	45,0	22,8

Na rysunku 2 przedstawiono spycharkę Komatsu 475A podczas zrywania kopaliny.

Rys. 2. Zrywanie kopaliny spycharką Komatsu 475A ze zrywakiem
Fig. 2. Process of mineral ripping by Komatsu 475A dozer with one ripper

3. URABIANIE KOMBAJNAMI FREZUJĄCYMI

Kombajny frezujące stosowane mogą być do złóż o regularnej budowie. Ich największą zaletą jest połączenie trzech podstawowych procesów: odspajania skały od calizny, ładowania i kruszenia. Urabianie skały następuje poprzez obrót bębna frezującego z zainstalowanymi na nim nożami, których rozmieszczenie dobiera się w zależności od wymaganego stopnia rozdrobnienia skały. Następnie odspojony urobek

ładowany jest wysięgnikiem z przenośnikiem taśmowym na wozidła lub poprzez ładowarkę. Obecnie na rynku można wyróżnić dwa typy kombajnów frezujących, różniące się umiejscowieniem bębnem frezującym: czołowym (firma Vermeer) i centralnym (firma Wirtgen).

Kombajny frezujące firmy Vermeer posiadają klasyczny układ dwóch gąsienic, dzięki czemu charakteryzują się większą mocą i zwrotnością, co jest ważne w przypadku krótszych frontów roboczych. Wymagają jednak dodatkowej ładowarki do załadunku urobionego materiału na środki transportu. W przypadku kombajnów firmy Wirtgen wyeliminowane ten problem i urobek ładowany jest bezpośrednio na wozidło poprzez wysięgnik z przenośnikiem taśmowym. Wymagało to jednak zastosowania czterech gąsienic, przez co kombajn potrzebuje więcej miejsca na wykonywanie manewrów na końcówkach frontu.

Możliwość stosowania kombajnów frezujących ogranicza przede wszystkim wytrzymałość na ściskanie urabianych skał. Wartością graniczną dla największych produkowanych obecnie maszyn jest wytrzymałość na ściskanie 120 MPa [3].
Kombajny frezujące z powodzeniem stosowane są m.in. w kopalniach wapienia, węgla kamiennego i brunatnego w USA, Indiach i Australii. Obecnie coraz częściej wykorzystywane są w europejskim górnictwie kopalin skalnych. Trwają także próby zastosowania kombajnów frezujących w krajowych kopalniach wapienia czy trawertynu, tam gdzie nie ma możliwości zastosowania techniki strzelniczej. Przykładem może być kopalnia Raciszyn k. Działoszyna, w której testowano kombajn Wirtgen 2200 (rys. 3).

Rys. 3. Praca kombajnu frezującego Wirtgen 2200 z załadunkiem na wozidło
Fig. 3. Working of the Wirtgen 2200 surface miner with loading on the dump-truck

Podstawowe dane techniczne kombajnów frezujących Wirtgen i Vermeer przedstawiono w tabelach 2 i 3.

Tabela 2

Podstawowe dane techniczne kombajnów frezujących Wirtgen [15]

Model	Szerokość frezowania	Głębokość frezowania	Moc silnika	Masa eksploatacyjna
	[mm]	[mm]	[kW]	[Mg]
2200 SM	2200	0–300	708	49,08
2500 SM	2500	0–600	543/783	111,6
4200 SM	4200	0–830	878/1194	211,3

Tabela 3

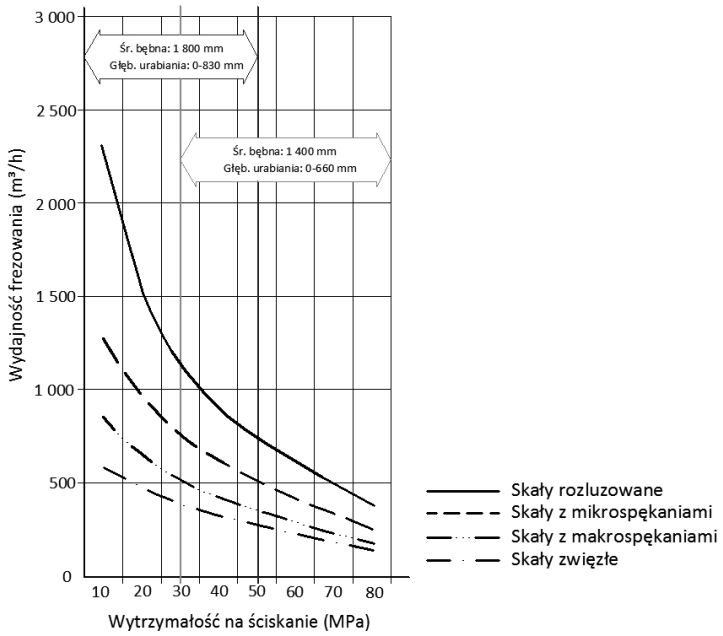
Podstawowe dane techniczne kombajnów frezujących Vermeer [8]

Model	Szerokość frezowania	Głębokość frezowania	Moc silnika	Masa eksploatacyjna
	[mm]	[mm]	[kW]	[Mg]
T855	2 600	0–810	257	53,1
T955	3 400	0–810	310	61,6
TL1055	3 400	0–810	310	67,6
TL1255	3 700	0–680	310	111,1
TL1655	3 940	0–710	2 × 441	185,9

Rys. 4. Praca kombajnu frezującego Vermeer T1255DD [8]
Fig. 4. Working of the Vermeer T1255DD surface miner [8]

W praktyce producenci kombajnów frezujących zamieszczają specjalne wykresy zależności wydajności teoretycznej od wytrzymałości na ściskanie, jako parametr najlepiej przybliżający uzyskiwane wydajności.

Przykładowy wykres przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Wykres zależności wydajności frezowania kombajnu Wirtgen 4200 SM od wytrzymałości na ściskanie [6]
Fig. 5. The graph of milling capacity and materials compressive strength for Wirtgen 4200 SM [6]

4. URABIANIE MŁOTAMI HYDRAULICZNYMI

Młoty hydrauliczne stosowane są powszechnie w kopalniach odkrywkowych do dwóch podstawowych zadań: rozbijania nadgabarytów oraz do urabiania calizny. Montowane są na wysięgnikach koparek jednonaczyniowych i mogą być stosowane w zasadzie do urabiania każdego rodzaju skał.

Na rynku obecnych jest wielu producentów młotów hydraulicznych m.in. takie firmy jak: Atlas Copco, Caterpillar, Komatsu, Rammer, JCB, Gorilla, Huskie. Produkowane młoty hydrauliczne różnią się klasami. Począwszy od młotów kompaktowych, których masa nie przekracza 250 Mg, aż do młotów ciężkich i bardzo ciężkich o masie nawet 7000 Mg, które przeznaczone są do współpracy z nośnikami (np. koparką jednonaczyniową) o masie od 60–100 Mg. Właściwie bez względu na klasę i rozmiar, młoty hydrauliczne podczas pracy generują hałas na poziomie ok. 120–130 dB(A). Głównymi parametrami charakteryzującymi pracę młotów jest częstotliwość udaru oraz ciśnienie operacyjne.

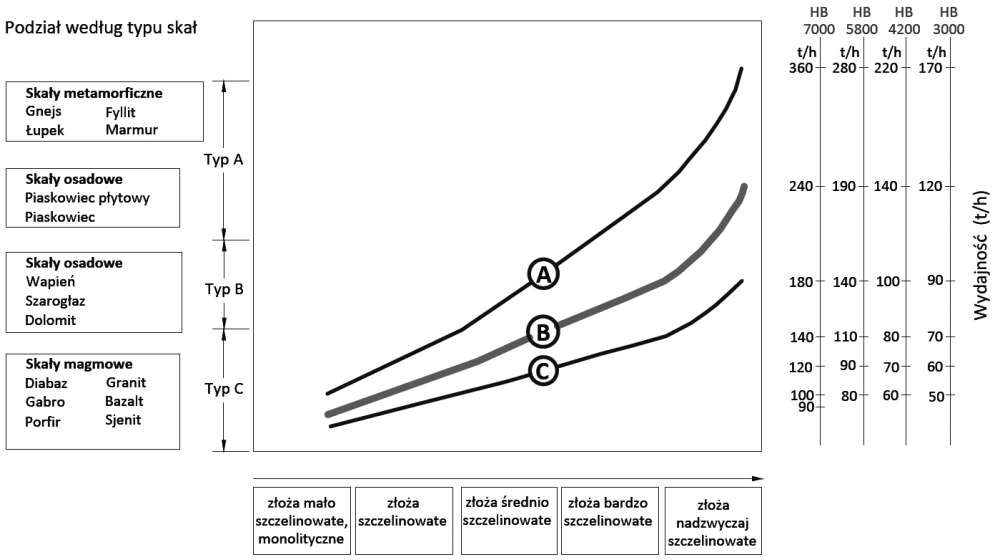
W tabeli 4 przedstawiono specyfikację techniczną wybranych modeli młotów hydraulicznych różnych producentów.

Tabela 4

Specyfikacja techniczna wybranych modeli młotów hydraulicznych [4]

Producent	Model	Średnica grota	Zalecana masa koparki	Masa młota	Częstotliwość udaru
		[mm]	[Mg]	[kg]	[min^{-1}]
Atlas Copco	HBC 1100	104,9	8,8–13,3	675	360–720
	HBC 4000	134,8	26,5–44,0	2385	264–480
Caterpillar	H115S	106,7	13,2–22	990	370–800
	H195	195,6	66–110	6534	300–400
Komatsu	JPB3100V	139,7	23–45	2133	405–830
	JBP5000V	170,2	35–65	3154	440–1045
Rammer	Piccolo/C	40,6	0,8–2	81	1600
	G130	203,2	65–110	6525	400
Huskie	HH1500	101,6	9–15	6,16	480–630
	HH8000	165,1	35–65	2974	340–450

Na wydajność urabiania młotem hydraulicznym mają wpływ takie czynniki jak: budowa geologiczna złoża (warunki zalegania, szczelinowatość, rodzaj skały), żądana wielkość uziarnienia urobku, wysokość skarp roboczych, organizacja robót w przodku, rodzaj i parametry podwozia nośnego młota, wyszkolenie i sumienność operatora, sprawność i typ młota oraz urządzenia nośnego oraz jakość i dostępność serwisu.



Rys. 6. Wykres zależności wydajności urabiania młotami Atlas Copco od rodzaju i szczelinowatości skały [5]

Fig. 6. The graph of output capacity, type of rock and rock fissures for selected Atlas Copco hydraulic breakers [5]

Opracowano wiele monogramów służących do odczytywania wydajności młotów hydraulicznych w zależności od warunków zalegania i rodzaju skały. Jednak mnogość czynników wpływających na wydajność a w szczególności bardzo duży wpływ czynnika ludzkiego, tj. wprawy operatora powoduje, że dokładne wyznaczenie wydajności jest bardzo trudne i jedynie orientacyjne. Można założyć, że duże młoty w sprzyjających warunkach (urabianie skał metamorficznych, miękkich osadowych o wyraźnej szczelinowatości) mogą uzyskać wydajność ok. 350 Mg/h.

Na rysunku 6 przestawiono wykres zależności wydajności urabiania czterema młotami firmy Atlas Copco, a na rysunku 7 pracę młota hydraulicznego Rammer 4510 podczas rozbijania nadgabarytów.

Rys. 7. Rozbijanie nadgabarytów młotem Rammer 4510 firmy Sandvik
Fig. 7. Breaking oversized rocks by Rammer 4510 hydraulic breaker

5. URABIANIE ZRYWAKIEM WIBRACYJNYM

Zrywak wibracyjny jest osprzętem montowanym na wysięgniku koparki jednonaczyniowej i służy do odspajania skał z wykorzystaniem ich naturalnych spękań. Przykładem zrywaka wibracyjnego mogą być rozwiązania Xcentric Ripper, ACE Infrastructure. Mechanizm zrywający polega na zasadzie mimośrodowego obrotu wału napędzanego przez silnik hydrauliczny. Głównymi zaletami tego rozwiązania jest wyższa wydajność niż tradycyjnego młota hydraulicznego oraz niski poziom hałasu, jaki generuje ten zrywak. Wykorzystuje on naturalne spękania i zagłębia się w caliznę na zasadzie klina. Uderzenia wprowadzają urabiany ośrodek w wibracje, co dodatko-

wo ułatwia penetrację narzędzia w głąb calizny. Elementem łatwo zużywającym się jest wymienny ząb, którego koszt jest kilkukrotnie mniejszy od grota młota hydraulicznego. Dodatkowo urządzenie to jest całkowicie szczelne, co daje możliwość urabiania pod lustrem wody.

Na rynku dostępnych jest 9 typów mimośrodowych zrywaków skalnych o masie od 900 kg do 13 000 kg. Podczas doboru zrywaka do urabiania wymagana wydajność nie jest jedynym kryterium. Bardzo ważne jest, aby jego masa była dobrana odpowiednio do masy maszyny podstawowej, jaką jest koparka jednonaczyniowa. Dla przykładu, największy dostępny zrywak XR120 nie może zostać zamontowany na koparce o mniejszej masie niż 100 Mg.

Metoda z wykorzystaniem mimośrodowych zrywaków jest nowym sposobem urabiania skał w polskim górnictwie odkrywkowym. Pierwsze próby urabiania skał z zastosowaniem zrywaków mimośrodowych realizowane są w kopalni trawertynu Raciszyn k. Działoszyna oraz kopalni wapienia i margli „Kowala".

Podstawowe dane zrywaków wibracyjnych Xcentric Ripper, ACE Infrastructure oraz Deadong Engineering przedstawiono w tabelach 5–7.

Tabela 5

Podstawowe dane zrywaków wibracyjnych Xcentric Ripper [14]

Parametr	Jedn.	XR20	XR30	XR40	XR50	XR60	XR80	XR120
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

Tabela 6

Podstawowe dane zrywaków wibracyjnych ACE Infrastructure [7]

Parametr	Jedn.	SV20	SV30	SV60TC	SV 60TD
Masa robocza	[kg]	2650	2850	4850	5500
Ciśnienie robocze	[bar]	210	240	240	240
Masa maszyny podstawowej	[Mg]	21–25	25–35	30–50	45–60

Tabela 7

Podstawowe dane zrywaków wibracyjnych Daedong Engineering [10]

Parametr	Jedn.	DBL150	DBL200	DBL350	DBL600
Masa robocza	[kg]	560	1100	1820	2400
Ciśnienie robocze	[bar]	220	250	250	250
Masa maszyny podstawowej	[Mg]	5–8	12–17	18–26	25–38

Na obecnym etapie brak jest jeszcze jednoznacznych opinii i analiz ekonomicznych związanych ze stosowaniem tego typu organu urabiającego. Obiecujące wyniki uzyskuje się w przypadku złoża o dużym stopniu szczelinowości. Jednak w przypadku wydzielania dużych bloków konieczne może być użycie dodatkowego młota hydraulicznego o większej sile.

Na rysunku 8 koparka podsiębierna wyposażona w zrywak Xcentric Ripper urabia złoże trawertynu.

Rys. 8. Urabianie trawertynu zrywakiem wibracyjnym Xcentric Ripper XR20
Fig. 8. Breaking of travertine deposit by using Xcentric Ripper XR20

Brak jest obecnie opracowanych klasyfikacji urabialności kopalin tego typu urządzeniami, które mogłyby posłużyć do określenia wydajności zrywaków wibracyjnych. W prognozowanie ich wydajności stosuje się metody empiryczne, porównujące rzeczywiste wyniki przy urabianiu zbliżonego materiału. Jak podaje producent, największy zrywak XR120 powinien osiągnąć w wapieniu wydajność 250 m^3/h.

6. URABIANIE GŁOWICAMI FREZUJĄCYMI

Podobnie jak w przypadku zrywaka wibracyjnego, głowice frezujące montowane są na wysięgniku koparki jednonaczyniowej. Przykładem tego rozwiązania mogą być głowice frezujące ERKAT. Na rynku dostępny jest typoszereg głowic dla różnych warunków zastosowań. Głównymi zaletami głowic frezujących jest ich, dopasowanie do
panujących warunków, niska emisja hałasu i wibracji. Największa głowica frezująca

o masie 5,5 Mg może być stosowana w koparkach o masie od 80 Mg. Uzyskiwana wydajność eksploatacyjna tej głowicy może osiągnąć do 200 Mg/h.

Podstawowe dane techniczne głowic frezujących przedstawiono w tabeli 8, a na rysunku 9 widok głowicy ER 3000 zamontowanej na wysięgniku koparki Liebherr 964.

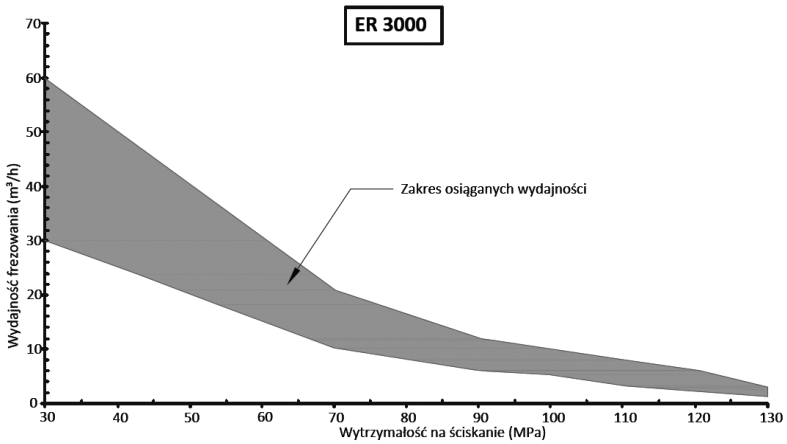
Tabela 8

Podstawowe dane techniczne głowic frezujących ERKAT [11]

Model	Masa głowicy	Zalecana masa koparki	Szerokość głowicy tnącej	Maksymalna wydajność	Max siła cięcia przy 350 barach
	[kg]	[Mg]	[mm]	[m^3/h]	[kN]
ER 50	100	1–4	480	5	12,6
ER 100	220	3–7	542	10	19,5
ER 250	450	7–13	620	14	26,0
ER 600	900	10–20	780	24	36,2
ER 1200	1550	20–40	850	36	72,0
ER 1500	1750	20–40	1000	36	69,5
ER 2000	2200	30–50	1200	50	98,5
ER 3000	3300	45–70	1330	70	116,5
ER 5000	5500	80–150	1600	75	237,2

Rys. 9. Głowica frezująca ER 3000 zamontowana na koparce Liebherr 964
Fig. 9. The ER 3000 transverse drum cutter installed on the Liebherr 964 excavator

Wykres zależności wydajności frezowania głowicą ER3000 w zależności od wytrzymałości skał na ściskanie przedstawiono na rysunku 10.



Rys. 10. Zależności wydajności frezowania głowicą ER3000 od wytrzymałości na ściskanie [2]
Fig. 10. The graph of milling output and compressive strength for ER3000 transverse drum cutter [2]

Na podstawie uzyskiwanych wyników eksploatacyjnych producenci tego typu urządzeń do określania wydajności głowic frezujących uzależniają ten parametr od wytrzymałości na ściskanie.

7. PODSUMOWANIE

Przedstawione mechaniczne sposoby urabiania skał zwięzłych umożliwiają zastąpienie techniki strzelniczej lub jej uzupełnienie, dzięki czemu możliwa staje się eksploatacja tych części zasobów, gdzie nie można stosować robót wiertniczo-strzałowych. Część przedstawionych metod jest znana i stosowana w Polsce już od dawna (np. urabianie młotami hydraulicznymi czy zrywanie za pomocą spycharki ze zrywakiem). Niektóre z nich, pomimo ich powszechnego stosowania na świecie, dopiero zaczynają być stosowane w krajowych warunkach (np. kombajny frezujące). Natomiast stosowanie zrywaków wibracyjnych czy głowic frezujących jest nowym podejściem do mechanicznego urabiania skał w górnictwie.

Każda z przedstawionych metod ma swoje wady i zalety, które w danych warunkach geologiczno-górniczych mogą zadecydować o efektywności zastosowania. Istotnym problemem w prognozowaniu wydajności tych technik jest bardzo złożony proces mechanicznego urabiania skał, który uzależniony jest od wielu parametrów opisujących nie tylko sam górotwór ale także sposób pracy danego urządzenia. W praktyce stosuje się klasyfikacje urabialności oparte na wytrzymałości na ściskanie lub prędko-

ści fali sejsmicznej, bądź też bazuje się na wynikach empirycznych uzyskiwanych w zbliżonych warunkach eksploatacyjnych.

LITERATURA

[1] CAT Performance Handbook. Edition 42, Caterpillar Inc. 2012
[2] Cutting Performance. Chart for Erkat. Erkat Company.
[3] KASZTELEWICZ Z., SIKORA M., ZAJĄCZKOWSKI M., *Alternatywne sposoby urabiania skał w górnictwie odkrywkowym,* Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN, nr 83, 2012.
[4] KUKIAŁKA S., CHULIST R., ŁOCHAŃSKA D., *Zastosowanie młotów hydraulicznych do urabiania skał zwięzłych i bardzo zwięzłych*, Górn. Odkr., 5-6/2007
[5] Hydraulic breakers in Mining applications. Atlas Copco Company.
[6] Wirtgen Surface Mining Manual. Application and Planning Guide. Wirtgen GmbH, 2010.
[7] www.ace.infra.com
[8] www.bh-ruda.plliskiej odległości
[9] www.cat.com
[10] www.deadong.com
[11] www.erkat.de
[12] www.komatsu.com
[13] www.hsw.pl
[14] www.xcentricripper.com
[15] www.wirtgen.pl

OVERVIEW OF MECHANICAL HARD ROCK EXCAVATION TECHNOLOGIES

Nowadays in opencast mining there are more restrictions on the use primary mining method by blasting to excavate hard rocks with compressive strength material about 20 MPa. This situation is caused by high ranges of paraseismic vibrations and air blast wave which have a negative impact on protected objects and population living close to open pits area. In such cases it is necessary to replace mining by blasting by other mining technology which will keep the competitiveness of sourced mineral. The paper shows overview of the mechanical methods mining with using crawler rippers, surface miners, hydraulic breakers, vibratory rippers and transverse drum cutters. Some of them are well-known and used for a long time in Poland. However, others like surface miners are still new in Polish open pits, despite the fact that there are commonly used in the global mining over the years. In the other hand the use of vibratory rippers or transverse drum cutters are still new approaches to mechanical rocks mining.