

19

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA ZRYWAKÓW WIBRACYJNYCH DO URABIANIA ZŁÓŻ SUROWCÓW SKALNYCH

19.1 WPROWADZENIE

W ostatnich kilkunastu latach w światowym, odkrywkowym górnictwie surowców skalnych można zaobserwować rosnącą tendencję zastosowania mechanicznych metod urabiania skał. Coraz częściej, wszędzie tam, gdzie jest to możliwe i uzasadnione ekonomicznie, do urabiania złóż surowców skalnych stosowane są odkrywkowe kombajny frezujące [2, 5], zrywarki [1, 2] oraz specjalistyczne osprzęty robocze koparek jednonaczyniowych podsiębiernych montowane na układach wysięgnikowych koparek w miejsce łyżek roboczych [2, 3, 4].

Coraz szersze stosowanie mechanicznych metod urabiania skał wynika z kilku czynników. Metody te zaliczane są do tzw. metod proekologicznych, ponieważ eliminują one niekorzystne oddziaływanie na środowisko efektów stosowania do urabiania skał metod strzałowych. Mechaniczne metody urabiania skał mogą być również zastosowane wszędzie tam, gdzie z różnych przyczyn nie można stosować metod strzałowych – np. w pobliżu terenów zurbanizowanych, osiedli, dróg itp., ale również tych miejsc w zakładach górniczych, w których metody strzałowe stanowiłyby zagrożenia dla infrastruktury lub pracowników zakładów. Istotnym czynnikiem jest także fakt, że w wielu przypadkach stosowanie mechanicznych metod urabiania skał jest bardziej opłacalne niż stosowanie metod strzałowych, a uzyskiwane koszty pozyskiwania surowca są konkurencyjne względem kosztów uzyskanych przy metodzie strzałowej.

Rozwój konstrukcji specjalistycznego osprzętu do urabiania skał montowanego na koparkach jednonaczyniowych, zwłaszcza głowic frezujących oraz zrywaków wibracyjnych, jest nierozzerwalnie związany z wprowadzeniem na rynek nowych typów koparek jednonaczyniowych podsiębiernych na podwoziu gąsienicowym, z których największe modele mają masy robocze powyżej 100 Mg. Zarówno konstrukcja układów wysięgnikowych tych koparek, jak i parametry medium roboczego generowane przez pompy główne układów hydraulicznych koparek spowodowały, że mogą one służyć jako nośniki różnych rodzajów osprzętu roboczego o masach dochodzących nawet do 15 Mg [3, 4].

Zrywaki wibracyjne, nazywane również zrywakami hydraulicznymi lub zrywakami dynamicznymi, są najnowszym typem osprzętu roboczego do koparek jednonaczyniowych przeznaczonych do urabiania złóż surowców skalnych. Zostały one wprowadzone do eksploatacji w 2009r. i od razu uzyskały szerokie uznanie ich użytkowników [1, 12].

Na rys. 19.1 przedstawiono przykładowy widok zrywaka wibracyjnego XR 42 firmy Xcentric Ripper zamontowanego na układzie wysięgnikowym koparki.

O coraz szerszym zastosowaniu zrywaków wibracyjnych do eksploatacji złóż surowców skalnych zadecydowały ich następujące zalety:

- możliwość uzyskania w wybranych rodzajach skał wydajności kilkukrotnie większej w porównaniu z młotami hydraulicznymi,
- zmniejszenie poziomu hałasu emitowanego w czasie pracy zrywaka w stosunku do wartości poziomu hałasu generowanego przez młoty hydrauliczne,



Rys. 19.1 Zrywak wibracyjny XR 42 firmy Xcentric Ripper podczas pracy

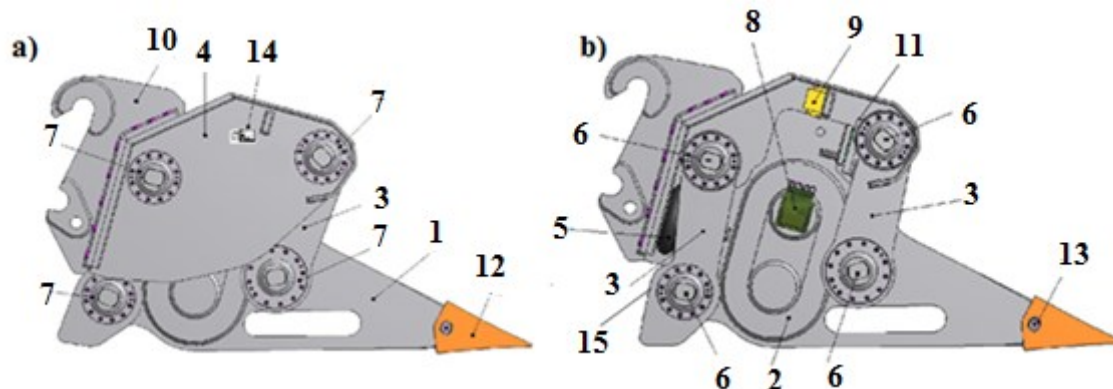
Źródło: [12]

- możliwość przyciągania wybranych bloków skalnych w kierunku koparki (do siebie), co jest niemożliwe w przypadku stosowania młotów hydraulicznych,
- prosta konstrukcja w stosunku do konstrukcji młotów hydraulicznych, skutkująca znacznym wydłużeniem czasu eksploatacji zrywaków,
- łatwy montaż i demontaż oraz obsługa zrywaków,
- minimalne wymagania konserwacyjne i brak konieczności wykonywania codziennych czynności serwisowych,
- możliwość pracy w każdych warunkach w tym także w złóżach silnie zawodnionych i pod lustrem wody.

19.2 KONSTRUKCJE ZRYWAKÓW WIBRACYJNYCH

Konstrukcje pierwszych zrywaków wibracyjnych zostały opracowane przez firmę Xcentric Ripper [12]. Wykorzystano w nich, opatentowaną przez tą firmę, technologię „akumulacji uderu hydraulicznego”, która pozwoliła na uzyskanie znacznie wyższej efektywności urabiania ośrodka skalnego. Idea tej technologii polega na zastosowaniu do urabiania wibracji narzędzia zrywaka generowanych przez mimośrodowy wał napędzany przez silnik hydrauliczny. Wał łożyskowany jest na dwóch parach łożysk stożkowych pozwalających na przenoszenie przez wał znacznych obciążeń dynamicznych, a częstotliwość wibracji narzędzia może sięgać wartości nawet 25 Hz. Ząb zrywaka, dzięki wibracjom uzyskuje głębszą penetrację urabianej skały, a tym samym zwiększa efektywność urabiania.

Ogólna budowa zrywaka wibracyjnego została przedstawiona na przykładzie zrywaka z serii MS oferowanej przez światowego lidera producentów zrywaków – firmę Xcentric Ripper, rys. 19.2.



Rys. 19.2 Ogólna budowa zrywaka wibracyjnego serii MS firmy Xcentric Ripper:
a) widok od lewej, b) widok z prawej strony

Źródło: [12]

Narzędzie robocze zrywaka wibracyjnego (zrywak) składa się z ramienia (1) które zakończone jest zębem (12). Zarówno ramię zrywaka jak i zęby wykonane ze stali stopowych o wysokiej odporności na ścieranie i uderzenia. Ząb (12) mocowany jest do ramienia (1) za pomocą sworznia (13). Dzięki temu wymiana zęba w przypadku jego zużycia jest bardzo łatwa. Należy w tym miejscu podkreślić, że koszt wymiany zęba zrywaka jest kilkukrotnie mniejszy niż koszt wymiany grotów w młotach hydraulicznych. Ramię zrywaka (1) połączone jest z wahaczami (3) za pomocą sworzni (6), a wahacze mocowane są do obudowy zrywaka (4) również za pomocą sworzni. Oba połączenia sworzniowe zabezpieczone są przez osłony sworzni (7).

Mechanizm napędu zrywaka znajduje się wewnątrz obudowy zrywaka (4), której konstrukcja zapewnia pełną szczelność obudowy zabezpieczając elementy mechanizmu napędu przed wodą, pyłami, okruchami skał itp. Zrywak napędzany jest przez silnik hydrauliczny (8), który jest zasilany z układu hydraulicznego

koparki. Moment obrotowy z wału silnika poprzez przekładnię (2) przenoszony jest na wał mimośrodowy na którym zamontowane jest narzędzie robocze generując tym samym jego wibracje.

W skład napędu hydraulicznego zrywaka wibracyjnego wchodzi także rozdzielacz, sterujący dopływem medium do silnika (8), akumulator hydrauliczny (9) niwelujący pulsacje ciśnienia w układzie zasilania zrywaka oraz wewnętrzny zawór bezpieczeństwa (15), który zabezpiecza silnik (8) przed nadmiernym wzrostem wartości ciśnienia zasilania. Dodatkowo w obudowie zrywaka (4) zamontowany jest ogranicznik (11), który uniemożliwia nadmierne zagłębianie się zrywaka w urabianą skałę.

Z tyłu obudowy znajduje się uchwyt (10) umożliwiający połączenie zrywaka do czworoboku przegubowego układu wysięgnikowego koparki na której montowany jest zrywak. Połączenie realizowane jest za pomocą szybkozłączy mechanicznych i może być wykonane samodzielnie przez operatora koparki, podobnie jak połączenie szybkozłączami hydraulicznymi przewodów zasilającego i spływowego do instalacji hydraulicznej koparki.

19.3 PRZYKŁADOWE KONSTRUKCJE ZRYWAKÓW WIBRACYJNYCH

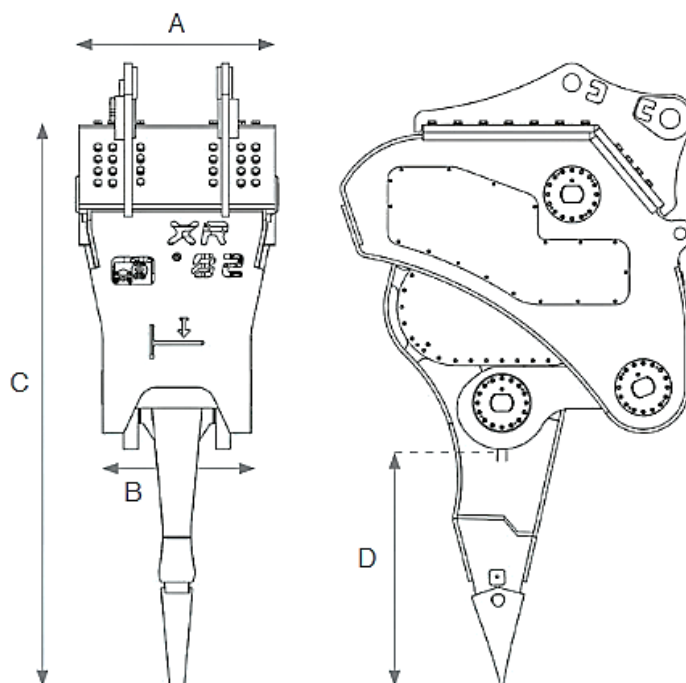
W chwili obecnej firma Xcentric Ripper proponuje ewentualnym użytkownikom zrywaków wibracyjnych bardzo szeroką ofertę swoich wyrobów [12]. Dla potrzeb górnictwa surowców skalnych produkowana jest specjalna seria zrywaków wibracyjnych o oznaczeniu MS (Mining Series), która składa się z czterech typów zrywaków, rys. 19.3.



Rys. 19.3 Widok zrywaków wibracyjnych z serii MS produkcji firmy Xcentric Ripper
Źródło: [12]

Oprócz zrywaków wibracyjnych z serii MS firma Xcentric Ripper oferuje również zrywaki ogólnego przeznaczenia tworzące serię 0 [12]. W skład tej serii wchodzi 10 typów zrywaków o masach od 930 do 13000 kg (wraz z uchwytem), które mogą być stosowane w dowolnych środowiskach pracy.

Na rys. 19.4 przedstawiono schemat konstrukcji zrywaków z serii MS z zaznaczonymi wymiarami gabarytowymi, a w tabeli 19.1 zestawiono główne parametry techniczne tych zrywaków.



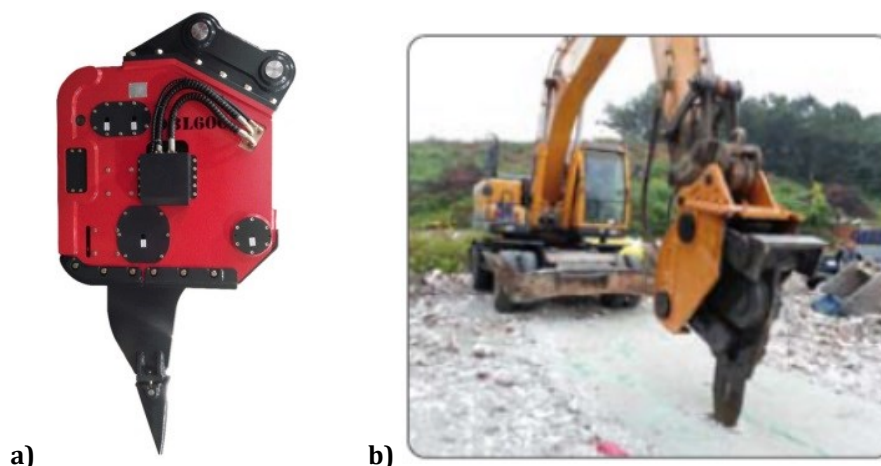
Rys. 19.4 Wymiary gabarytowe zrywaków wibracyjnych serii SM firmy Xcentric Ripper
Źródło: [12]

Tabela 19.1 Główne parametry techniczne zrywaków wibracyjnych serii MS firmy Xcentric Ripper

DANE TECHNICZNE	XR 42	XR52	XR82	XR 122
Masa koparki [Mg]	32-40	40-55	70-90	100-140
Masa zrywaki [kg]	4200	4900	10000	150000
Hydrauliczne ciśnienie robocze [MPa]	24	28	30	30
Przepływ oleju dm ³ /min]	200	270	420	520
Częstotliwość [1/min]	1100	1100	700	600
Wymiar A [mm]	860	960	1270	1270
Wymiar B [mm]	630	630	960	1080
Wymiar C [mm]	2865	3000	3575	4150
Wymiar D [mm]	1215	1315	1530	1780

Źródło: Opracowane na podstawie [12]

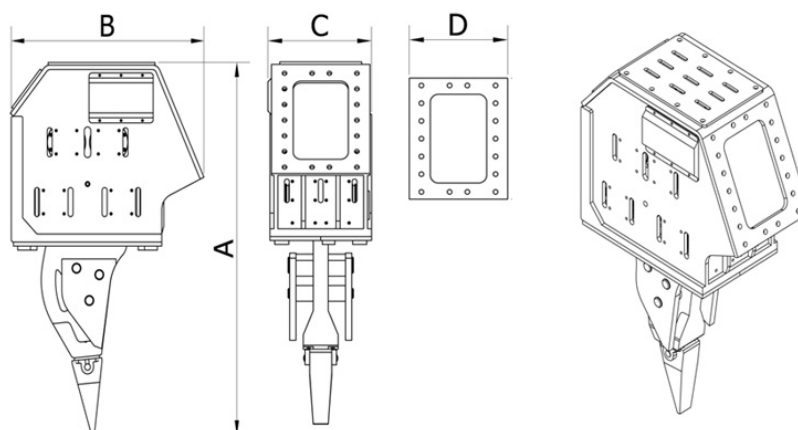
Oprócz zrywaków firmy Xcentric Ripper w chwili obecnej na rynku dostępne są także zrywaki szeregu innych producentów. Można tu wymienić zrywaki wibracyjne z serii DBL produkowane przez firmę Deadong [8], zrywaki z serii QRV firmy Qklass [10], zrywaki z serii SV firmy ACE Infrastructure [7] czy też zrywaki z serii XT firmy CMS Inc. Na rys. 19.5 przedstawiono przykładowe widoki zrywaków wibracyjnych produkcji firmy Deadong oraz firmy Qklass.



Rys. 19.5 Widoki zrywaków wibracyjnych:
a) z serii DBL firmy Deadong, b) z serii QVR firmy Qclass

Źródło: [8, 10]

Na rys. 19.6 przedstawiono schemat konstrukcji zrywaków serii DBL firmy Deadong z oznaczeniami ich wymiarów gabarytowych. Podstawowe dane techniczne zrywaków wibracyjnych z tej serii zaprezentowano w tabeli 19.2.



Rys. 19.6 Oznaczenie wymiarów gabarytowych zrywaków wibracyjnych
serii DBL firmy Deadong

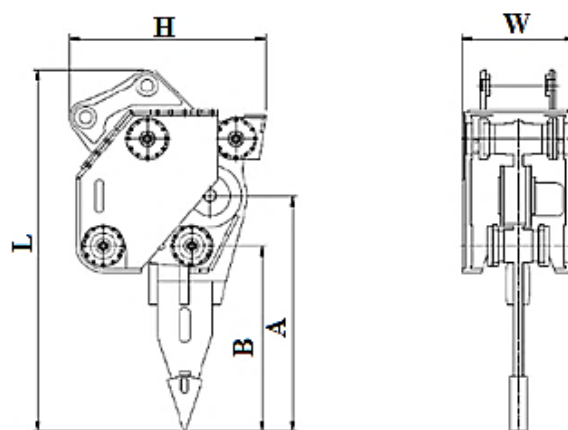
Źródło: [8]

Tabela 19.2 Podstawowe dane techniczne zrywaków wibracyjnych
z serii DBL firmy Deadong

DANE TECHNICZNE	DBL700	DBL 800	DBL 900
Masa koparki [Mg]	36-42	42-50	50-60
Masa zrywaka [kg]	3400	4600	4700
Hydrauliczne ciśnienie robocze [MPa]	23	23	23
Przepływ oleju [dm ³ /min]	245	304	324
Częstotliwość [1/min]	2700	2700	2700
Wymiar A [mm]	2870	2990	3070
Wymiar B [mm]	1350	1514	1530
Wymiar C [mm]	865	877	880
Wymiar D [mm]	470	575	575

Źródło: [8]

Interesujące, z technicznego punktu widzenia, są zrywaki wibracyjne produkowane przez firmę Qklass [10]. Firma ta oferuje serię zrywaków o oznaczeniu QVR z których trzy: QVR 30, QVR 40 i QVR 50 zostały zaprojektowane przede wszystkim dla górnictwa skalnego. Na rys. 19.7 przedstawiono oznaczenia wymiarów gabarytowych zrywaków z serii QVR, a w tabeli 19.3 przedstawiono ich główne parametry techniczne.



Rys. 19.7 Oznaczenie wymiarów gabarytowych zrywaków wibracyjnych serii QVR produkcji firmy Qklass

Źródło: [10]

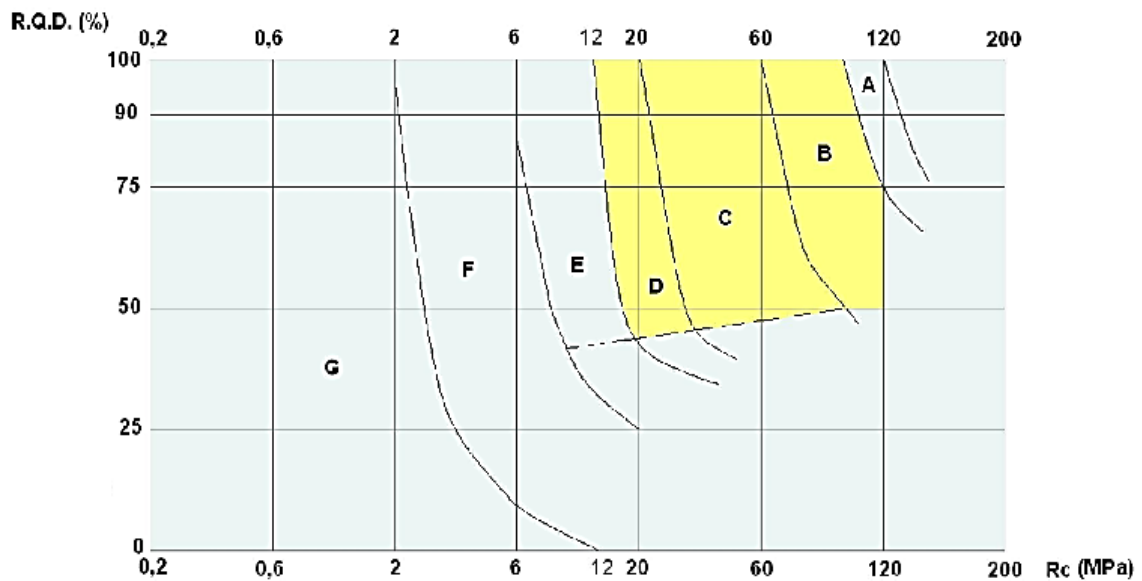
Tabela 19.3 Podstawowe dane techniczne zrywaków wibracyjnych z serii QVR produkcji firmy Qklass

DANE TECHNICZNE	QVR30	QVR40	QVR50
Masa koparki [Mg]	28-33	36-45	45-55
Masa zrywaka [kg]	2820	4150	5200
Hydrauliczne ciśnienie robocze [MPa]	24-25	24-25	24-25
Przepływ oleju [dm ³ /min]	180-200	200-220	250-260
Częstotliwość [1/min]	1400	1300	1200
Długość L [mm]	2450	3250	3350
Szerokość W [mm]	800	1100	1150
Wysokość H [mm]	1450	1862	1950
Wymiar A [mm]	1800	2140	2260
Wymiar B [mm]	1400	1680	1800

Źródło: [10]

19.4 ZAKRES STOSOWANIA ZRYWAKÓW WIBRACYJNYCH

Zrywaki wibracyjne mogą być użyte do eksploatacji złóż surowców skalnych cechujących się dużym stopniem szczelinowości. Im więcej naturalnych spękań występuje w danym złożu surowców skalnych, tym praca zrywaków wibracyjnych jest bardziej efektywna. Producenci zrywaków podają orientacyjne zakresy racjonalnego stosowania zrywaków w zależności od własności urabianych skał. Przykładowo firma Xcentric Ripper podaje zależność tzw. wskaźnika jakości urabiania R.Q.D skał za pomocą zrywaków od wartości wytrzymałości urabianej skał na ściskanie, rys. 19.8.



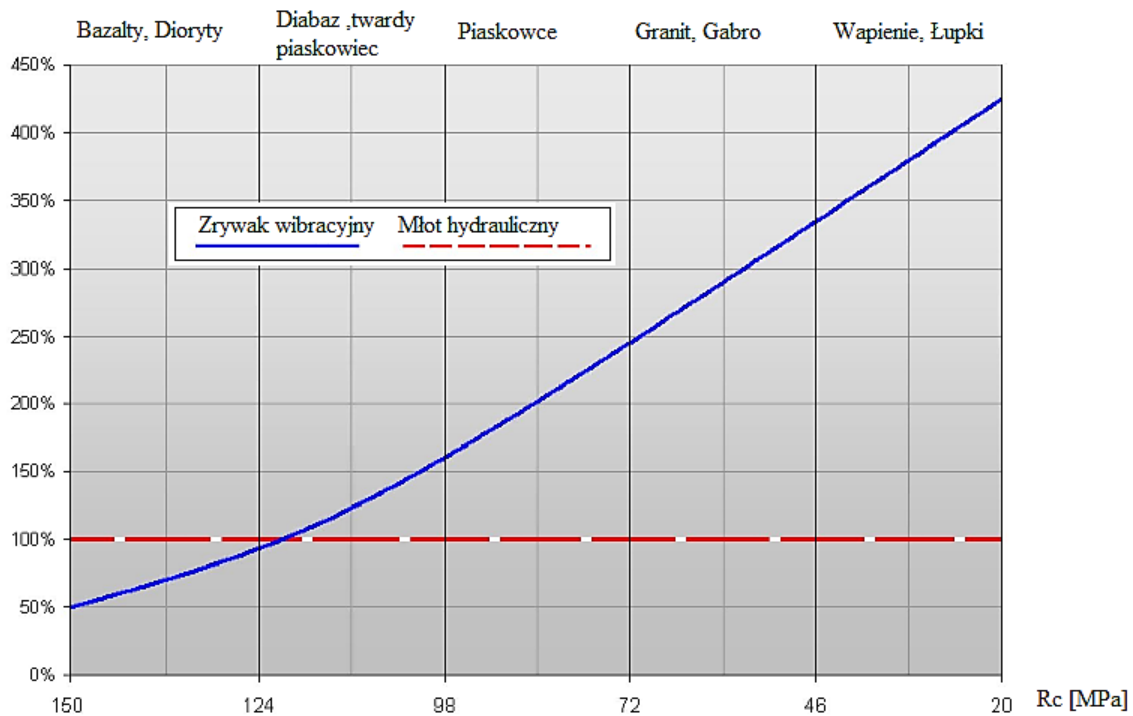
Rys. 19.8 Zależność wskaźnika R.Q.D procesu urabiania skał zrywakiem wibracyjnym od wytrzymałości skał na ściskanie

Źródło: [12]

Zakres racjonalnego stosowania zrywaków został zaznaczony na rys. 19.8 kolorem żółtym. Jak można to zauważyć, zdaniem firmy Xcentric Ripper, zrywaki powinny być stosowane przy eksploatacji spękanych złóż skał o wytrzymałości na ściskanie w zakresie 12-120 MPa, ponieważ tylko dla tych skał wskaźnik jakości urabiania jest zadowalający (powyżej 50%).

Wydajność urabiania złoża zrywakiem wibracyjnym uzależniona jest od kilku czynników: wielkości zrywaka zastosowanego do urabiania, miejsca i zastosowanej technologii urabiania, stopnia spękania złoża oraz własności zrywanych skał. Producenci zrywaków podają z reguły dla danego typu zrywaka orientacyjne wartości wydajności urabiania oparte na danych empirycznych i wyrażonych w m^3/h . Dlatego przy doborze typu zrywaka wibracyjnego do urabiania określonego złoża surowców skalnych niezbędne jest wykonanie testów zrywaków w rzeczywistych warunkach ich eksploatacji oraz empiryczne określenie wydajności urabiania określonego typu zrywaka.

Problem wydajności urabiania uzyskiwanej przez zrywak wibracyjny wiąże się także z problemem wyboru do urabiania danego złoża surowców skalnych zrywaka lub młota hydraulicznego. Na rys. 19.9 przedstawiono porównanie wydajności urabiania rodzajów skał zrywakiem wibracyjnym i młotem hydraulicznym opracowane przez firmę Xcentric Ripper [12]. Jak widać to na rys. 19.9, stosowanie zrywaków do urabiania skał o wytrzymałości na ściskanie powyżej 120 MPa jest nieuzasadnione pod względem wielkości uzyskiwanych wydajności. Do urabiania tych skał powinny być stosowane młoty hydrauliczne. Przy urabianiu skał o mniejszej wartości wytrzymałości na ściskanie, bardziej wydajne są zrywaki wibracyjne, które przy urabianiu wapienia i łupków uzyskują wydajności prawie 4,5 raza większe niż wydajność uzyskiwana przez młoty hydrauliczne.



Rys. 19.9 Porównanie wydajności urabiania wybranych rodzajów skał zrywakiem wibracyjnym i młotem hydraulicznym

Źródło: [12]

19.5 PODSUMOWANIE

Zrywaki wibracyjne znajdują coraz szersze zastosowanie przy urabianiu skał zwięzłych charakteryzujących się znaczną ilością naturalnych spękań. Zalety ich stosowania wymienione w artykule spowodowały, że są one konkurencyjnym rodzajem osprzętu do koparek jednonaczyniowych nie tylko w stosunku do metod strzałowych, ale również do zastosowań młotów hydraulicznych. Oprócz uzyskiwania znacznie wyższych wydajności przy urabianiu skał o wytrzymałości na ściskanie 120 MPa niż młoty hydrauliczne, zrywaki charakteryzują się też znacznie niższymi kosztami serwisowymi i dłuższym czasem eksploatacji w porównaniu z młotami hydraulicznymi.

Istotnym problemem przy eksploatacji zrywaków wibracyjnych jest właściwy dobór typu zrywaka do własności urabianej skały w aspekcie uzyskiwanych wydajności urabiania. Producenci zrywaków podają wyłącznie orientacyjne dane na temat wydajności poszczególnych modeli zrywaków, które często nie odpowiadają rzeczywistym wartościom uzyskiwanym przez określony typ zrywaka w danym złożu surowców skalnych [9]. W związku z tym weryfikacja rzeczywistych wartości wydajności urabiania zrywaka wibracyjnego w danym złożu może być dokonana wyłącznie empirycznie.

LITERATURA

1. Dudek R., Kipczak P., Władzielczyk K.: *Analiza możliwości urabiania skał za pomocą zrywarek* Monografia „Mechanizacja, automatyzacja i robotyzacja w górnictwie, T. 1” Redakcja naukowa Kotwica K., Wydawnictwo AGH w Krakowie. Łędziny ,Kraków, 2016,
2. Kasztelewicz Z., Sikora M., Zajączkowski M.: Alternatywne sposoby urabiania skał w górnictwie odkrywkowym. *Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN*, nr 83, 2012, 69–81,
3. Kotwica K., Mendyka P., Bołoz Ł., Kasza P., Kulinowski P., Mazur M., Tomach P., Władzielczyk K., Kipczak P., Stopka G., Zarzycki J., Nawrocki M.: Monografia “*Wybrane problemy urabiania, transportu i przeróbki skał trudnourabialnych, T. 3*”. Redakcja naukowa Krauze K. Monografia, Wydawnictwo AGH, 2018,
4. Marianowski J.: Konstrukcja, budowa i zastosowanie młotów hydraulicznych w górnictwie. „*Kruszywa: Produkcja – Transport – Zastosowanie*”, 2017, 4, 68-74,
5. Władzielczyk K., Kipczak P.: Analiza możliwości zastosowania odkrywkowych kombajnów frezujących do urabiania złóż surowców skalnych. *Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze*. ISSN 1899-5489. 2018 nr 2, s. 36-41,
6. Zenghui L., Guoping Y., Guojun C: Research Status and Prospects of Vibro Ripper IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN) ISSN (e): 2250-3021, ISSN (p): 2278-8719 Vol. 06, Issue 08(Aug. 2016), ||V2|| PP 60-6,
7. www.aceinfra.com(odwiedzono 04.02.2019),
8. www.dd-eng.com(odwiedzono 12.02.2019),
9. www.powers.pl(odwiedzono 18.02.2019),
10. www.qklass.com(odwiedzono 18.02.2019),
11. www.shearforce.ca(odwiedzono 27.02.2019),
12. www.xcentricripper.com(odwiedzono 04.02.2019).

Data przesłania artykułu do Redakcji: 03.2019

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 04.2019

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA ZRYWAKÓW WIBRACYJNYCH DO URABIANIA ZŁÓŻ SUROWCÓW SKALNYCH

Streszczenie: W artykule zostały przedstawione możliwości zastosowania zrywaków wibracyjnych do urabiania wybranych złóż surowców skalnych. Zaprezentowano ogólną budowę i parametry techniczno-robocze wybranych typów zrywaków wibracyjnych oraz zakres ich zastosowań w zależności od własności urabianych skał. Porównano także zalety zastosowania zrywaków wibracyjnych w odniesieniu do młotów hydraulicznych używanych w kopalniach surowców skalnych.

Słowa kluczowe: górnictwo odkrywkowe, surowce skalne, urabianie skał, zrywaki wibracyjne

POSSIBILITY OF USING XCENTRIC RIPPER TO EXCAVATE DEPOSITS OF ROCK RAW MATERIALS

Abstract: The article presents the possibilities of using xcentric rippers for the mining of selected deposits of rock raw materials. The general construction and technical-working parameters of selected types of vibratory ripper were presented as well as the scope of their applications depending on the properties of rock excavated. The advantages of the use of vibratory ripper for the hydraulic hammers used in the rock raw materials mines were also compared.

Key words: opencast mining, rock raw materials, rock excavation, xcentric rippers

dr inż. Krzysztof Władzielczyk
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Katedra Maszyn Górniczych, Przeróbczych
i Transportowych
Al. Mickiewicza 30, Kraków, Polska
e-mail: twladzielczyk@gmail.com

dr inż. Piotr Kipczak
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Katedra Maszyn Górniczych, Przeróbczych
i Transportowych
Al. Mickiewicza 30, Kraków, Polska
tel: +48 607 858 098
e-mail: kipczak@agh.edu.pl

dr inż. Rafał Dudek
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Katedra Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn
Al. Mickiewicza 30, Kraków, Polska
e-mail: dudraf@agh.edu.pl