

JAN KUREK
TOMASZ WYDRO

Małopolskie górnictwo skał magmowych – technologia wydobycia na przykładzie Kopalni Porfiru „Zalas”

Budowa geologiczna oraz zasoby skalne okolic Krakowa są bardzo urozmaicone. Wynika to z jednej strony z położenia tego obszaru na styku trzech jednostek strukturalnych, a z drugiej strony jest spowodowane różnorodnością zachodzących w tej części Małopolski procesów geologicznych. Na powierzchni terenu ukazują się utwory powstałe w okresie od dewonu do czwartorzędu, natomiast w otworach wiertniczych stwierdzono skały jeszcze starsze.

Występowanie skał magmowych w Małopolsce koncentruje się na stosunkowo małym obszarze. W przeszłości eksploatowano czerwony porfir w Miękini, melafir w Regulicach oraz porfir w miejscowości Orlej. Obecnie czynne kamieniołomy, prowadzące ciągłą eksploatację to Kopalnia Porfiru „Zalas” w miejscowości Zalas oraz Kopalnia Diabazu „Niedźwiedzia Góra” w Tenczynku.

Słowa kluczowe: *skały magmowe, kamieniołom, kopalnie odkrywkowe, system eksploatacji złoża, roboty strzałowe*

1. WPROWADZENIE

Obszar występowania skał magmowych w okolicach Krzeszowic jest stosunkowo niewielki. W przeszłości w promieniu kilkunastu kilometrów znajdowały się cztery kamieniołomy, w których eksploatowane były skały pochodzenia wulkanicznego.

Melafir był wydobywany w Regulicach, porfir występował w Miękini.

Obecnie wydobycie i przeróbka skał magmowych odbywa się w dwóch kamieniołomach należących do spółki Kopalnie Porfiru i Diabazu w Krzeszowicach. Są to: Kopalnia „Niedźwiedzia Góra” prowadząca wydobycie od 120 lat oraz Kopalnia Porfiru „Zalas” działająca od 50 lat.

Kopalnia „Zalas” (rys. 1) zajmuje się wydobyciem i przeróbką mechaniczną porfiru [1]. Jest to skała pochodzenia wulkanicznego, bardzo twarda i trudna w obróbce.



Rys. 1. Kopalnia Porfiru „Zalas”

Słowo „porfir” pochodzi od łacińskiego słowa *porphyrites* oznaczającego fiolet, który w starożytnym Rzymie był kolorem zarezerwowanym dla osób szlacheckie urodzonych. Pomimo trudności w obróbce porfir był najbardziej prestiżowym kamieniem w Cesarstwie Rzymskim. Wykonywano z niego kolumny, wazy, ołtarze, popiersia i inne przedmioty.

Jest to skała o bardzo dobrych własnościach fizycznych, charakteryzująca się wysoką wytrzymałością oraz dużą odpornością na mróz i polerowanie. Dzięki swoim właściwościom porfir jest cenionym materiałem stosowanym w budownictwie dróg i autostrad, najczęściej w warstwie najbardziej narażonej na ścieranie, czyli w asfalcie. Porfiru używa się też często jako podsypki pod tory zarówno tramwajowe, jak i kolejowe. Ze względu na niską nasiąkliwość jest ceniony w budowach melioracji wodnych jako kamień hydrotechniczny [2].

2. RYS HISTORYCZNY

Łom porfiru w Zalasiu eksploatowany był prymitywnymi sposobami przez tutejszą ludność. Pozyskany materiał stanowił budulec do utwardzania dróg, na podbudówki chałup i zabudowań gospodarczych.

W okresie międzywojennym produkowano tutaj kamień łamany, płytowany i brukowiec przeznaczony do budowy lokalnych dróg i ulic.

W 1972 roku zintensyfikowano prace wykończeniowe nowej kopalni (rys. 2), a jednocześnie szkolono załogę i rozpoczęto rozruch nowego zakładu przerobczego.



Rys. 2. Początki eksploatacji

W 1974 roku przekroczono planowaną zdolność produkcyjną jednego miliona ton rocznie (rys. 3).

Na przestrzeni lat modyfikowano park maszyn zarówno przeróbki – kamienia, jak i procesów przygotowawczych. Zastosowano nowoczesne rozwiązania techniczne z użyciem zarówno krajowych, jak i zagranicznych maszyn i urządzeń [1].

W początkowej fazie funkcjonowania kopalni zakład prowadził produkcję z wykorzystaniem następujących maszyn i urządzeń: kruszarki szczękowe DCJ, kruszarki szczękowe MAKRUM 40.17, kruszarki stożkowe SYMONS 5.5.



Rys. 3. Milionowa tona – rok 1974

Załadunek urobku prowadzono jednonaczyniowymi linowo-elektrycznymi koparkami przedsiębiorstwa E-302 i E-303.

Transport technologiczny odbywa się w większości białoruskimi wozidłami sztywnoramowymi Bielaz 7523. Otwory strzałowe wiercono wiertnicami HS-6 napędzanymi sprężarkami kopalnianymi WEK-103. Roboty były prowadzone i nadzorowane przez własną służbę strzałową kopalni. Załadunek materiałów gotowych oraz prace pomocnicze wykonywane były przez ładowarki HSW Ł-34.

3. CHARAKTERYSTYKA KOPALNI

Do Kopalni Porfiru „Zalas” należy wyrobisko górnicze o charakterze stokowo-węglbnym. Stokowo urabiany jest nadkład na poziomach nadkładowych oraz złoża na poziomach I +328, II +308, III +292, IV +273, V +260, VI +240 i VII +220.

Aby odkryć złoża kopaliny, nadkład jest zdejmowany i transportowany na składowisko. Zarówno zdejmowanie nadkładu, jak i eksploatacja właściwej kopaliny prowadzone są równolegle na jednym lub kilku poziomach. Prowadzenie eksploatacji na kilku poziomach zapewnia wydobycie z wyprzedzeniem, co zabezpiecza ciągłą produkcję. Poszczególne poziomy są zaprojektowane tak, aby zapewnić bezpieczną pracę znajdującym się na nich maszynom wydobywczym i transportowym. Wysokość poziomów jest ograniczona zasięgiem maszyn urabiających/ładujących. Szerokość poziomów musi zapewnić wystarczającą przestrzeń manewrową dla koparek lub ładowarek czołowych oraz wozideł technologicznych [3, 4].

Na rysunku 4 pokazano charakterystyczne elementy budowy zbocza kopalni odkrywkowej.



Rys. 4. Elementy budowy zbocza kopalni odkrywkowej

4. SYSTEM EKSPLOATACJI ZŁOŻA

System eksploatacji złoża określa sposób, w jaki kopalnia jest wydobywana ze złoża. Zalicza się do niego wszystkie elementy procesu technologicznego oraz roboty pomocnicze. W kopalniach surowców skalnych stosuje się najczęściej systemy eksploatacji oparte na stosowaniu materiałów wybuchowych (MW) do urabiania skały.

Podstawowy cykl wydobywczy stosowany niemalże we wszystkich kopalniach wydobywających trudno urabialne skały opiera się na czterech podstawowych cyklach:

- wiercenie otworów strzałowych,
- strzelanie,
- załadunek odstrzelonego urobku koparką lub ładowarką,
- transport do zakładu przerobczego lub do kruszarki mobilnej.

5. ROBOTY STRZAŁOWE

Wydobywane w kopalniach skały pochodzenia wulkanicznego są twarde i trudne do mechanicznego urabiania. Jeżeli nie ma przeciwwskazań, to jedynym rozwiązaniem umożliwiającym wydobywanie i produkcję na dużą skalę są wiercenie i strzały (roboty strzałowe) (rys. 5).



Rys. 5. Roboty strzałowe [5]

Rodzaj prowadzonych robót strzałowych uzależniony jest od szeregu czynników, takich jak: metody wiercenia otworów strzałowych, uwarunkowania górnictwo-geologiczne, rodzaj finalnego produktu i dostępne zaplecze techniczne.

6. WIERCENIE OTWORÓW STRZAŁOWYCH

W Kopalni Porfiru „Zalas” nadzór nad wykonywaniem robót strzałowych sprawuje kierownik działu techniki strzałowej.

Planuje miejsca prowadzonych robót strzałowych, oblicza wymagane parametry, opracowuje siatkę wierceń i kontroluje ich poprawne wykonanie.

Do jego obowiązków należy także sprawowanie nadzoru nad wykonywaniem robót strzałowych przez wyspecjalizowany podmiot zewnętrzny.

Otwory strzałowe wiercone są japońskimi wiertnicami Furukawa DCR22 (rys. 6) oraz HCR1450.



Rys. 6. Wiertnica Furukawa podczas wiercenia

7. STRZELANIE

Transport materiałów wybuchowych (MW) oraz ich załadunek do przygotowanych otworów strzałowych realizuje firma strzałowa SSE (rys. 7, 8) lub MAXAM. Firma strzałowa ładuje otwory zgodnie z przyjętymi wytycznymi, a następnie łączy załadowane otwory w sieć strzałową.

Proces wykonywania robót strzałowych związany jest z bezwzględnym przestrzeganiem zasad BHP.

Odpalenie ładunków materiałów wybuchowych poprzedzane jest sygnałami dźwiękowymi zgodnie z obowiązującym rozporządzeniem. Każda osoba przebywająca na terenie kopalni podczas prowadzonych robót strzałowych jest zobowiązana do przestrzegania zasad bezpieczeństwa. Zakończenie robót

strzałowych ogłaszane jest odpowiednimi sygnałami dźwiękowymi i dopiero po ich nadaniu ludzie mogą opuścić miejsca bezpieczne – schrony.



Rys. 7. Wóz strzałowy firmy SSE [6]



Rys. 8. Prace strzałowe wykonywane przez SSE

8. ZAŁADUNEK UROBKU

W początkowej działalności Kopalni Porfiru „Zalas” do załadunku urobku wykorzystywane były jednonaczyniowe linowo-elektryczne koparki przedsiębiorne Skoda E-303 (rys. 9).



Rys. 9. Jednonaczyniowa linowo-elektryczna koparka przedsiębiorna Skoda E-303

Były one szczególnie popularne w latach 50. XX wieku i w polskich kopalniach odkrywkowych surowców skalnych stanowiły podstawowe maszyny ładujące, które bardzo dobrze spisywały się w pracy w trudnych warunkach panujących w kamieniołomach. Mechanizmy robocze tych maszyn były napędzane trzema silnikami elektrycznymi.

Koparka była podłączona za pomocą przewodu opowego wysokiego napięcia (6000 V) do transformatora umieszczonego w tylnej części kabiny maszynowej.

W obecnym czasie załadunek odstrzelonego urobku odbywa się za pomocą jednonaczyniowych hydraulicznych koparek przedsiębiornych.

Są to wydajniejsze maszyny, charakteryzujące się wysokimi możliwościami wydajnościowymi, wysoką ekonomicznością, małą awaryjnością oraz dużą elastycznością, polegającą na możliwości wykorzystania ich do różnych prac. Praca tych maszyn gwarantuje ciągłość produkcji.

Obecnie załadunek prowadzony jest jednonaczyniowymi hydraulicznymi koparkami przedsiębiornymi Caterpillar (CAT) 385C FS (rys. 10) oraz Bola LB-600 (rys. 11).



Rys. 10. Jednonaczyniowa hydrauliczna koparka przedsiębiorna CAT 385C FS



Rys. 11. Jednonaczyniowa hydrauliczna koparka przedsiębiorna Bola LB-600

9. SYSTEM TRANSPORTU GŁÓWNEGO

W każdej kopalni odkrywkowej po odspojeniu urobku od calizny następuje proces przemieszczenia tego urobku w miejsce docelowe, gdzie może zostać zmagazynowany lub poddany dalszej obróbce. W Kopalni Porfiru „Zalas” transport urobku i nadkładu na zwałowiskach i wyrobiskach w większości odbywa się drogami tymczasowymi.

Drogi technologiczne tymczasowe prowadzone są na podłożu kamiennym. Głównymi pojazdami samochodowymi służącymi do transportu urobku są wozy sztywnoramowe Bielaz (rys. 12, 13).



Rys. 12. Wozidło sztywnoramowe Bielaz 7547



Rys. 13. Wozidło sztywnoramowe Bielaz 75454

Drogi technologiczne stałe usytuowane są między poziomami eksploatacyjnymi.

Drogi tymczasowe na podłożu miękkim (poziom nadkładu luźnego, zwałowisko) są utwardzane materiałem kamiennym pochodzącym z nadkładu zwięzłego lub zwietrzeliny, a w razie potrzeby uszlachetniane kruszywem.

Ruch pojazdów samochodowych na poziomach eksploatacyjnych, poziomach nadkładowych, na placach oraz zwałowiskach odbywa się według zasad ko-

deksu drogowego. Ograniczenia prędkości, nakazany kierunek ruchu, drogi podporządkowane są oznaczone znakami drogowymi zgodnymi z kodeksem drogowym [3].

10. PRZERÓBKA PORFIRU

Materiał skalny po odstrzale transportowany jest do zakładu przerobczego (rys. 14, 15).

W pierwszej kolejności urobek trafia na I stopień kruszenia (wstępne kruszenie) do kruszarek szczękowych DCJ, skąd po wstępnej separacji kierowany jest na II stopień kruszenia (wtórne kruszenie), gdzie zainstalowane są kruszarki szczękowe Metso C-110 oraz kruszarki stożkowe Metso HP-300.



Rys. 14. Zakład produkcji kruszyw mineralnych



Rys. 15. Zakład przerobczy Kopalni Porfiru „Zalas”

11. OFERTA ASORTYMENTOWA

Obecnie oferta asortymentowa Kopalni Porfiru „Zalas” przedstawia się następująco:

- Grysy porfirowe dostępne w wielu frakcjach stosowane są do budowy dróg (przy produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych) na warstwy ścieralne, wiążące i wyrównawcze.

- Tłuczeń porfirowy i mineralny dla drogownictwa oraz kliniec. Przeznaczone są do stosowania w drogownictwie do podbudów na drogach o ruchu ciężkim i bardzo ciężkim oraz innych obiektach inżynierskich. Poza tym wykorzystywane są do podbudowy placów oraz robót drenarskich.
- Niesorty wykorzystuje się do robót drogowych (zasadnicze i pomocnicze podbudowy stabilizowane mechanicznie, warstwy mrozoochronne, beton). Poza tym służą do podbudowy placów, także jako podkład pod kostkę brukową. Mogą być stosowane jako warstwa wyrównująco-stabilizująca na wysypach wcześniej grubszy materiał (np. tłuczeń).
- Tłuczeń porfirowy dla kolejnictwa (31,5–50 mm), do robót torowych, posiada Certyfikat Zgodności Instytutu Kolejnictwa oraz Świadectwo wydane przez Głównego Inspektora Kolejnictwa umożliwiające stosowanie tłuczni porfirowego 31,5–50 mm jako materiał podsypkowy do budowy i utrzymania nawierzchni kolejowych. Stosowany również do budowy torowisk tramwajowych.
- Mieszanki mineralne o granulacji 0–100 mm, 0–200 mm i 0–300 mm. Jest to materiał wykorzystywany do robót ziemnych i nasypów.
- Kamień łamany sortowany (90–250 mm) znajduje głównie zastosowanie w budownictwie hydrotechnicznym (okładzina brzegów rzek, budowa progów, ostróg). Poza tym do robót budowlanych. Ze względu na dużą dekoracyjność wynikającą z naturalnej kolorystyki materiał nadaje się do budowy ogrodzeń, klombów czy wykładania placów. Jego twardość i mrozoodporność pozwalają na budowanie elementów małej architektury odpornych na działanie warunków atmosferycznych.

12. ZAŁADUNEK MATERIAŁÓW GOTOWYCH

Załadunek materiałów gotowych realizowany jest przez ładowarki kołowe Caterpillar (CAT) 972H, 972M (rys. 18), 980K oraz Hyundai HL-770.



Rys. 16. Załadunek na placu ładowarką CAT 972M

Materiały gotowe ładowane są zarówno na samochody (rys. 16), jak i na wagony kolejowe (rys. 18).

Ponadto ładowarki wykorzystywane są do wszelkich prac pomocniczych, takich jak: prace porządkowe (rys. 17), kształtowanie pryzm na placach składowych i magazynowych, utrzymanie bieżące dróg stałych i tymczasowych.



Rys. 17. Ładowarka podczas prac porządkowych



Rys. 18. Załadunek wagonów kolejowych

13. PODSUMOWANIE

Proces przeróbki skał pochodzenia wulkanicznego jest skomplikowany z uwagi na ich właściwości.

Z jednej strony ich parametry są zaletami, jeżeli chodzi o właściwości użytkowe, natomiast ze względu na łatwość ich przeróbki są to wady. Nie zmienia to faktu, że pomimo trudności, jakie generują w procesie przeróbczym, są to skały o wszechstronnym zastosowaniu w wielu gałęziach przemysłu.

Szeroka gama kruszyw produkowanych w Kopalni Porfiru „Zalas” znajduje zastosowanie w drogownictwie, kolejnictwie i budownictwie oraz tworzeniu małej architektury.

Wykorzystuje się je przede wszystkim do:

- budowy dróg kolejowych i tramwajowych,
- podbudowy dróg i placów,
- budowy nasypów,
- stabilizacji gruntów,
- utwardzania nawierzchni placów,
- wymiany gruntów,
- produkcji mas bitumicznych i betonów cementowych.

Literatura

- [1] Molenda R., Sierpień M., Tarkowski R.: *Kopalnie Porfiru i Diabazu Sp. z o.o. w Krzeszowicach*, Krzeszowice 2015.
- [2] Zako Zaczernie: *Co to jest porfir*, <https://www.kamieniarstwo.rzeszow.pl/co-to-jest-porfir/> [30.11.2022].
- [3] Bęben A.: *Legendarne maszyny. Z historii koparek łyżkowych do procesów wydobywczych w odkrywkowym górnictwie skalnym*, www.kieruneksurowce.pl/Resources/art/2581/bmp_4b94f0-98deb6f.pdf [30.11.2022].
- [4] *Plan of the "Zalas" Porphyry Mine Operation* [unpublished].
- [5] E-górnik – Serwis górnika odkrywkowego: *Nowe rozporządzenie strzałowe*, <https://egornik.pl/nowe-rozporzadzenie-strzalowe/> [30.11.2022].
- [6] SSE Polska: *Materiały wybuchowe luzem*, <https://www.sse-polska.pl/produkty/materiały-wybuchowe-luzem> [30.11.2022].

mgr inż. JAN KUREK

Kopalnie Porfiru i Diabazu Spółka z o.o.
ul. Kościuszki 10, 32-065 Krzeszowice
nt@kruszywa.com

dr inż. TOMASZ WYDRO

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Katedra Inżynierii Maszyn i Transportu
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
wydro@agh.edu.pl