

WPŁYW CZYNNIKÓW ZEWNĘTRZNYCH NA ZAGROŻENIE ROZRZUTEM ODŁAMKÓW SKALNYCH

INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS ON THE FLYROCK HAZARD

Sławomir Patla - „Poltegor - Instytut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław

Przemysł wydobywczy złóż surowców skalnych jest ważną gałęzią polskiej gospodarki. Znaczna część surowców skalnych wykorzystywana jest bezpośrednio w budownictwie kubaturowym, drogowym i kolejowym. Po przetworzeniu surowce skalne wykorzystywane są w przemyśle cementowym oraz w rolnictwie.

Artykuł ma na celu zwrócenie uwagi na wpływ czynników nie mających bezpośredniego związku z technologią robót strzałowych lecz, zdaniem autora, odgrywających istotną rolę w tematyce zagrożenia rozrzutem odłamków skalnych.

Słowa kluczowe: rozrzut, zagrożenie, wiercenie, finanse

The rock mining industry is an important branch of the Polish economy. Much of the rock raw materials are used directly in road and railroad construction. After processing, rock raw materials are used in the cement industry and in agriculture, for the production of fertilizers.

The article aims to draw attention to the influence of factors that are not directly related to blasting technology but, according to the author, play an important role in the topic of flyrock hazard.

Keywords: flyrock, hazard, drilling, finances

Wstęp

Najbardziej ekonomicznie uzasadnioną metodą urabiania skał złóż surowców skalnych jest wykorzystanie materiałów wybuchowych. W większości przypadków wykorzystuje się metody strzelania ładunkami w długich i krótkich otworach strzałowych, których kąt odchylenia od pionu jest nie większy niż 20°. Otwory strzałowe w Polsce wykonuje się przy pomocy wiertnic udarowo-obrotowych i obrotowych najczęściej koronkami o średnicy od 89 mm do 115 mm. Rozmieszczenie otworów strzałowych na urabianym bloku skalnym jest ściśle zdefiniowane. Kąt pochylenia otworów strzałowych, ich długość i odległości między otworami w szeregu oraz między szeregami są zdeterminowane ich średnicą, zależą także od parametrów wytrzymałościowych skały oraz właściwości stosowanego materiału wybuchowego. Podczas detonacji materiału wybuchowego dochodzi do rozluźnienia i kruszenia calizny skalnej. Urobek przemieszcza się od ociosu i formuje w usyp. Rozdrobniony materiał skalny w kolejnym etapie ładowany jest koparkami podsiębiernymi na środki transportu i przewożony do zakładu przerobczego. Przeróbka urobku polega na rozkruszaniu większych fragmentów skały w kruszarce oraz sortowaniu na odpowiednie frakcje. W przypadku, gdy wielkość brył skalnych po odstrzale uniemożliwia ich rozdrobnienie w kruszarce wstępnej mówimy o bryłach nadgabarytowych, wówczas konieczne staje się ich rozbicie np. za pomocą hydraulicznych młotów udarowych montowanych na ramieniu wysięgnika koparki lub z użyciem

specjalnych kul (gdy stosowane są koparki przedsiębiernie). Obecnie praktycznie nie stosuje się rozbijania bloków nadwymiarowych z wykorzystaniem materiału wybuchowego.

We współczesnym górnictwie skalnym robotami wiertniczo-strzałowymi najczęściej zajmują się zewnętrzne podmioty świadczące usługi zakładom górniczym. Podział obowiązków związanych z przygotowaniem odstrzału może być zróżnicowany pod względem ilości uczestniczących w nim podmiotów. Najczęściej spotykaną formą współpracy jest kompleksowe zlecenie usług wiertniczo-strzałowych wyspecjalizowanym firmom. Do ich zadań należy zaprojektowanie strzelania, wykonanie otworów strzałowych, załadunek materiałem wybuchowym oraz dozór całego procesu. Inną formą współpracy jest własny dozór robót strzałowych, zlecenie firmie zewnętrznej wykonania otworów strzałowych, a innej dostarczenie materiału wybuchowego i środków strzałowych. Taki podział prac i obowiązków wyspecjalizowanym podmiotom zapewnia wysoki standard realizacji zadań technologicznych.

Odpowiedni dobór parametrów geometrycznych siatki otworów strzałowych (średnica otworu strzałowego, długość przybitki, odległość między otworami strzałowymi w szeregu, odległość między szeregami, zabiór) oraz właściwości stosowanych materiałów wybuchowych zapewniają odpowiednie rozdrobnienie urobku oraz bezpieczeństwo w zakresie drgań parasejsmicznych i rozrzutu odłamków skalnych. Najczęściej wyjściowym parametrem geometrycznym jest średnica otworu strzałowego, w uproszczeniu wynikająca ze średnicy koronki wiertniczej. W zależności od średnicy koronki wiertniczej okre-

śla się wielkość zabioru, i pozostałe parametry siatki otworów strzałowych. W literaturze fachowej istnieje wiele wzorów umożliwiających wyznaczenie podstawowych parametrów siatki strzałowej. Należy pamiętać, że *de facto*, dopiero po kilku odstrzałach można eksperymentalnie określić optymalne parametry „pasujące” do danego złoża.

Podobnie jak parametry robót wiertniczo-strzałowych zasięg rozrzutu odłamków skalnych można określić wykorzystując odpowiednie wzory matematyczne. Uwzględniając one wybrane parametry geometryczne siatki otworów strzałowych, właściwości energetyczne materiałów wybuchowych oraz wytrzymałość danego rodzaju skał. Ponieważ artykuł ma dyskusyjny charakter, można pokusić się o stwierdzenie, że parametry robót wiertniczo-strzałowych zawsze zapewniają bezpieczeństwo w zakresie rozrzutu odłamków skalnych. Taką tezę można poprzeć rozumowaniem, że przedmiotowe zależności matematyczne są optymalne zarówno pod kątem rozdrobnienia urobku jak i bezpieczeństwa. Przemawia za tym fakt, że przekroczenie strefy zagrożenia rozrzutem odłamków skalnych występuje w Polsce niezwykle rzadko. Należy również uściślić co rozumiemy pod pojęciem rozrzutu. Ponieważ w wyniku detonacji materiału wybuchowego w otworach strzałowych urobek zawsze (poza strzelaniami kamuflętowymi) jest przemieszczany należy ustalić granicę poza którą mówimy o rozrzucie. W tym celu można przyjąć, że odłamki skalne przemieszczające się poza granicę usypu stanowią rozrzut. Maksymalny zasięg usypu możemy przyjąć, w przybliżeniu jako trzy wysokości piętra eksploatacyjnego, licząc od ociosu przed odpaleniem serii strzałowej. Każde przemieszczanie się odłamków poza tę odległość skutkuje koniecznością uprzątnięcia spągu z luźnych, najczęściej ostrych, fragmentów skały. Inną sytuacją jest zdarzenie powodujące wyrzut części urobku poza strefę zagrożenia rozrzutem odłamków skalnych. Taka sytuacja stwarza realne ryzyko zagrożenia życia oraz może powodować znaczne szkody w infrastrukturze. Zatem pojawia się pytanie: dlaczego, skoro parametry strzelania są prawidłowo dobrane i przez cały okres eksploatacji złoża nie powodowały nadmiernego rozrzutu, nagle doprowadziły do wypadku? Po pierwsze nie „nagle”. Najczęściej podczas odstrzałów poprzedzających wypadek, gdzie fragmenty skały przemieściły się na odległość np. 350 metrów, dochodziło do „rozszania” urobku po spągu wyrobiska w promieniu, a ściślej w wycinku koła, np. 80 metrów lub 150 metrów. Druga przyczyna jest mniej oczywista i wymaga szerszego komentarza. Eksploatacja złóż surowców skalnych, jak każda gałąź przemysłu, prowadzona jest w celu uzyskania przychodu. Ponieważ w proces pozyskania kruszywa zaangażowanych jest wiele podmiotów, każdego z nich dotyka aspekt finansowy.

Jako że, niniejszy artykuł ma charakter dyskusyjny, a przedstawione poniżej argumenty są wynikiem doświadczeń autora, jest zasadnym wyciągnięcie przez czytelnika własnych wniosków i wniesienia cennych uwag do opisywanego problemu. Poniżej opisano wybrane aspekty procesu eksploatacji złoża surowców skalnych mające, zdaniem autora, pośredni wpływ na zagrożenie rozrzutem odłamków skalnych.

Finalnym etapem projektu strzelania jest rozmieszczenie punktów, w których należy wykonać otwory strzałowe o zdefiniowanej długości i kącie nachylenia. Efekt ten można uzyskać dwiema metodami: „klasyczną” i „nowoczesną”. W metodzie klasycznej odległość (otworów od ociosu, między szeregami otworów i między otworami w szeregach) mierzona jest taś-

mą mierniczą. O ile odległości między otworami i szeregami można wyznaczyć dość precyzyjnie, to prawidłowe ustalenie odległości od ociosu (zabior) może sprawiać trudności. Wynika to z faktu, że ocios nie jest płaszczyzną, a najczęściej ma bardzo złożony kształt. Może się zdarzyć, że wlot otworu strzałowego jest odległy od krawędzi strop/ociosu o np. 3,5 m ale w związku z nierównościami ociosu na pewnej wysokości, odległość od osi otworu do ociosu wyniesie 2,8 m. Takie miejsce, zmniejszonego zabioru, może być źródłem zwiększonego rozrzutu odłamków skalnych. Wykorzystanie skaningu laserowego czy fotogrametrii do opracowania modelu ociosu i wyznaczenia lokalizacji kryz otworów strzałowych w znacznym stopniu eliminuje powstawanie miejsc lokalnego zmniejszenia zabioru. Oczywiście „wadą” takiego sposobu projektowania rozmieszczenia otworów jest czasochłonność. „Rozłożenie siatki” metodą „nowoczesną” może zająć nawet trzykrotnie więcej czasu, wliczając w to pozyskanie danych i ich obróbkę w dedykowanych programach komputerowych, w stosunku do metody z wykorzystaniem taśmy mierniczej i wizualną oceną zmienności kształtu ociosu.

Wiercenie otworów strzałowych można nazwać ostatnim etapem pozyskania danych o stanie górotworu w miejscu planowanego odstrzału. Operator wiertnicy ma możliwość zbierania informacji (najnowocześniejsze wiertnice robią to automatycznie) o stanie górotworu. Gdy postęp wiercenia gwałtownie wzrasta lub występuje „utrata przedmuchu” (płuczki powietrznej) można domniemywać o lokalnym osłabieniu górotworu lub wystąpieniu szczelin. Obie sytuacje niosą za sobą ryzyko wystąpienia nieplanowanego rozrzutu. W pierwszym przypadku dostarczona energia wywołana detonacją materiału wybuchowego będzie zbyt duża w stosunku do „zdrowej skały” i może wystąpić niekontrolowany rozrzut. W drugiej sytuacji materiał wybuchowy wypełni szczeliny i wystąpi jego kumulacja, co również spowoduje wyrzut odłamków skalnych. Innym typem zagrożenia związanego z wykonywaniem otworów strzałowych jest dewiacja ich osi. Zdarza się, że otwór, w miarę postępu wiercenia ulega zakrzywieniu. Może to skutkować np. zbliżeniem się ku sobie końcowych fragmentów kilku otworów i lokalnym zwiększeniem ilości materiału wybuchowego na jednostkę objętości skały. Ogromną rolę odgrywa tutaj operator wiertnicy. Jeśli chodzi o wykrywanie anomalii w postępie wiercenia, w miarę łatwo może je zauważyć, notować i przekazywać inżynierowi strzałowemu. W przypadku dewiacji osi sprawa jest bardziej skomplikowana i wymaga odpowiedniego dobrania nacisku na żerdź. W odniesieniu do poruszanej wcześniej kwestii rozliczeń pomiędzy podmiotami biorącymi udział w przygotowaniu strzelania na tym etapie może wystąpić „brak motywacji” dla operatora wiertnicy. Najczęściej podmiot wykonujący otwory strzałowe rozlicza się z wywierconych metrów otworów strzałowych. W takim przypadku ich jakość spada na dalszy plan. Lepiej sytuacja wygląda, jeśli firma strzałowa we własnym zakresie wykonuje wiercenie. Niemniej jednak, jeśli operator jest rozliczany tylko z wywierconych metrów (bez kontroli jakości otworu), sytuacja jest podobna jak opisano powyżej.

Kontrola osiowości otworów strzałowych możliwa jest do przeprowadzenia z wykorzystaniem sondy profilującej typu Boretrak. Po odpowiednim skalibrowaniu urządzenia opuszcza się je do otworu strzałowego, a zamontowane w nim sensory rejestrują jej położenie w zadanych interwałach głę-

bokości. Posiadanie informacji dotyczących rzeczywistego kształtu ociosu oraz trajektorii otworu strzałowego pozwala zidentyfikować miejsca zmniejszonego zabioru lub lokalnej kumulacji materiału wybuchowego na jednostkę objętości skały (gdy otwory zbiegają się ku sobie). Ta wiedza pozwala odpowiednio zaprojektować konstrukcję ładunku materiału wybuchowego w otworach strzałowych, co ogranicza możliwość ponadnormatywnego rozrzutu. Profilowanie osi otworów strzałowych jest zajęciem niejako dodatkowym, ponieważ po wywierceniu otworów, standardowo można przystąpić do załadunku materiału wybuchowego i jego detonacji, co kończy proces urabiania bloku skalnego (zabierki). Profilowanie, nawet pierwszego szeregu otworów strzałowych, może zająć ponad godzinę, co w połączeniu z obróbką zarejestrowanych danych może znacznie wydłużyć proces na co z kolei często, po prostu brakuje czasu. Zakład górniczy zlecający roboty strzałowe wymaga, aby dostarczyć urobek do dalszej produkcji, a „problem czasu” leży po stronie wykonawcy robót strzałowych.

Opisane powyżej problemy wpływają na zagrożenie rozrzutem, niejako pośrednio, wymagają poświęcenia dodatkowego czasu, którego inżynierowie strzałowi, w natłoku obowiązków zazwyczaj nie mają. Kolejna przyczyna jest odmienna, ponieważ bezpośrednio generuje koszty. Mowa tu o rozbijaniu brył nadgabarytowych. Zlecenie kompleksowej obsługi robót wiertniczo-strzałowych najczęściej zawiera klauzulę o rozbijaniu brył nadwymiarowych przez firmę strzałową. Praca młota, który musi wstępnie rozdrobnić duże bryły skalne jest stosunkowo łatwa do wycenienia (stawka za roboczo-godzinę). W związku z tym duży nacisk kładzie się na takie prowadzenie strzelań, aby wychód brył nadwymiarowych był jak najmniejszy. Ponieważ miejscem, w którym mogą powstawać „nadgabaryty” jest odcinek otworu strzałowego bez materiału wybuchowego (przybitka) może zaistnieć tendencja do jej maksymalnego skracania, co może prowadzić do nadmiernego rozrzutu odłamków skalnych.

Problem zagrożenia rozrzutem odłamków skalnych powi-

nien być rozpatrywany w szerszym zakresie, a nie tylko z prawidłowego doboru parametrów opisujących roboty strzałowe. Można pokusić się o stwierdzenie, że to finanse są wszystkim winne. Zakład górniczy zleca wykonywanie robót wiertniczo-strzałowych, i „nie interesuje go” jak firma zewnętrzna to wykona. Urobek ma być uformowany w usyp i dobrze skruszony. Firma strzałowa powierza to zadanie inżynierowi strzałowemu, i to na jego barkach spoczywa odpowiedzialność za przeprowadzenie całego procesu. Zespół strzałowy musi pracować w skupieniu bez względu czy pada deszcz, śnieg, czy jest -15°C czy $+35^{\circ}\text{C}$ i czy po wykonaniu zlecenia w jednym zakładzie górniczym trzeba udać się na kolejne strzelanie. Do tego dochodzi sporządzenie dokumentacji itd. Wszystkie te czynniki, których nie da się zmierzyć i kontrolować mogą prowadzić do nieumyślnych zaniedbań, nieprawidłowego lub niepełnego rozpoznania warunków geologiczno-górniczych, a w efekcie do wypadku. Optymalizacja kosztów robót wiertniczo-strzałowych nie uwzględnia przypadku, w którym po wystąpieniu nieprzewidzianego zdarzenia może dojść do wstrzymania ruchu zakładu górniczego, uszkodzenia infrastruktury przemysłowej, a co gorsze, zagrożenia bezpieczeństwa powszechnego. Skutki finansowe i prawne mogą być o wiele większe, niż oszczędności na pracy młota.

Oczywistym jest, że wszystkie podmioty zaangażowane w proces wydobywania i przeróbki surowców skalnych pracują zgodnie z przepisami BHP i właściwą dla ich wycinka obowiązków dokumentacją. Opisane powyżej tendencje być może są przerysowane ale powinny zmusić całą branżę do szerszego spojrzenia na problem zagrożenia rozrzutem odłamków skalnych i nie kierowania się głównie kryterium finansowym.

Zasygnalizowane problemy powinny być przedmiotem dyskusji zaangażowanych służb celem opracowania dobrych praktyk dla ograniczenia zasięgu rozrzutu odłamków skalnych towarzyszących robotom strzałowym.

Literatura

- [1] Atlas Copco. „*SmartRig Handbook*”, Dokument elektroniczny www.exeldrilling.com.au, 2007
- [2] Grześkowiak A. „*Optymalizacja robót strzałowych w górnictwie skalnym*”, praca doktorska, niepublikowana, Wrocław 2019
- [3] Grześkowiak A. Patla S. „*Metody nowoczesnego wspomagania projektowania i badania efektów robót strzałowych w odkrywkowych zakładach górniczych*” *Górnictwo Odkrywkowe*, Tom R. 58, strony 40--44 Wrocław 2017
- [4] Hałat W. „Morawa R. „*Metoda prognozowania zasięgu strefy rozrzutu przy prowadzeniu robót strzałowych*”. *Bezpieczeństwo pracy i ochrona środowiska w górnictwie*, Tom 157/1, 9, strony 28-31. WUG 2007
- [5] Kordyżon Ł. „*Projektowanie i wykonanie kompleksowych robót wiertniczo-strzałowych długimi otworami w górnictwie odkrywkowym surowców skalnych.*”: SSE, Kraków, 2017
- [6] Patla S., Grześkowiak A, Brych M. Rogosz K. „*Analiza warunków bezpiecznego wykonywania robót strzałowych w Kopalni Łągów IV w aspekcie rozrzutu odłamków skalnych*”. Wrocław : nie publikowane, 2016
- [7] Tomkiewicz B. „*Projektowanie i kontrola otworów strzałowych w wybranej kopalni odkrywkowej- praca dyplomowa*”. Wrocław : Praca niepublikowana, 2021