

Dr hab. inż. Grzegorz Mutke  
Zakład Geologii i Geofizyki  
Główny Instytut Górnictwa  
Katowice, Plac Gwarków 1

## **Recenzja**

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Radosława Waloskiego na temat: ***„Metoda oceny jakości górotworu na podstawie charakterystyki kinetycznej wierceń”***

### **Podstawa i przedmiot recenzji**

Niniejszą recenzję opracowałem na zlecenie Dziekana Wydziału Górnictwa i Geoinżynierii Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, prof. dr hab. inż. Marka Cały - pismo WGiG.b.510-2-1-2/2020 z dnia 04.06.2020r. Promotorem przedstawionej rozprawy doktorskiej jest dr hab. inż. Waldemar Korzeniowski a promotorem pomocniczym dr inż. Łukasz Bołoz.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska mgr inż. Radosława Waloskiego zrealizowana została w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie naukowej: Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

### **Ocena oryginalności problemu badawczego**

W rozprawie doktorskiej autor podjął się bardzo istotnego zagadnienia dla prowadzenia eksploatacji górniczej, jakim jest ocena parametrów wytrzymałościowych i jakości górotworu. Przedstawił badania w skali technicznej, ukazujące relacje pomiędzy zarejestrowanymi wartościami parametrów wiercenia otworów kotwowych oraz ich funkcji pochodnych i cechami górotworu, ułatwiającymi ocenę jego jakości i w konsekwencji warunków stateczności wyrobisk. Ten sposób oceny jakości górotworu posiada

istotną zaletę, a mianowicie interpretacja danych - a tym samym informacja - może być przekazywana w trybie niemal na bieżąco.

Teza pracy pt.: *"Charakterystyka parametrów kinetycznych procesu wiercenia otworów w górotworze umożliwia ocenę cech determinujących jego jakość, jako parametru istotnego dla zachowania stateczności wyrobisk podziemnych"* jest odważną hipotezą badawczą, ze względu na udział wielu czynników mających wpływ na końcowy efekt oceny. Doktorant postawił sobie za cel pracy wykonanie następujących badań:

- Określenie zależności pomiędzy parametrami pracy kotwiarki z istotnymi, rozpoznanymi w procesie wiercenia otworów technologicznymi, charakterystycznymi cechami górotworu stanowiącymi o jego jakości (takimi jak rozwarstwienia, strefy spękań itp.), zwłaszcza w stropie wyrobisk.
- Ocena możliwości wykorzystania charakterystyki pracy wiertnicy do oceny wartości wytrzymałości skał na ściskanie  $R_c$  w analizowanym profilu warstw skalnych.

Doktorant posiadał możliwość prowadzenia badań oraz weryfikacji osiągniętych celów rozprawy na trzech wybranych poligonach badawczych oraz na poligonie testowym. Uważam, że badania podjęte przez doktoranta w wielu aspektach należy uznać za oryginalne oraz z potencjałem wdrożeniowym w przedsiębiorstwach górniczych stosujących technikę kotwienia masywu skalnego w wyrobiskach podziemnych.

### **Struktura rozprawy doktorskiej**

Rozprawa doktorska składa się z 9 rozdziałów, z których dwa pierwsze stanowią wprowadzenie i przegląd literaturowy tematyki związanej z badaniem parametrów skał oraz określonych cech górotworu. W rozdziale 3 przedstawiona jest teza i cele pracy. Rozdział 4 to analiza stanu wiedzy z zakresu procesu wiercenia i samojezdnych wozów kotwiących. Wstępny monitoring parametrów wiercenia oraz metodologię i parametry oceny przedstawiono w rozdziale 5. W kolejnym rozdziale 6 przedstawiono opis poligonów badawczych oraz wyniki analiz parametrów wiercenia serii otworów

w kopalni rud miedzi. Rozdział 6 jest merytorycznie bardzo istotny, ze względu na przedstawienie w nim szczegółowych wyników badań. W rozdziale 7 opisano propozycję metody wykrywania rozwarstwień w masywie skalnym a w rozdziale 8 wskazano na potrzebę zmian konstrukcyjnych maszyn wierzących, w celu prowadzenia bieżącej analizy parametrów wiercenia. Całość wyników badań podsumowano w rozdziale 9. Układ pracy jest w miarę przejrzysty, z opisem założeń metodologicznych oraz technik i narzędzi badawczych.

Rozprawa ujęta jest na 170 stronach druku komputerowego formatu A-4. W rozprawie zamieszczono 96 rysunków, 20 fotografii, 20 tabel i 3 załączniki. Uważam, że od strony edycyjnej i graficznej rozprawa jest dobrze opracowana. Spis literatury obejmuje 97 pozycji - niestety nie zauważyłem pozycji literatury napisanych przez doktoranta.

### **Ocena rozprawy doktorskiej**

Temat rozprawy podjęty przez Doktoranta wymaga zarówno szerokiego zakresu wiedzy z zakresu badania charakterystycznych parametrów i cech masywu skalnego oraz ich klasyfikacji geotechnicznej, procesu wiercenia z wykorzystaniem maszyn samojezdnych, metodyki pomiarów i obliczeń oraz analizy, interpretacji i korelacji danych pomiarowych z parametrami i cechami masywu skalnego, jak też dużego nakładu pracy i dużej systematyczności w trakcie prowadzenia badań.

### ***Sposób realizacji pracy***

Doktorant wykonał pomiary parametrów procesu wiercenia na poligonie testowym na oddziale G-53 kopalni O/ZG Polkowice-Sieroszowice, w trzech zróżnicowanych pod względem jakości górotworu rejonach (dobry, zły, średni) oraz na trzech poligonach badawczych GL-I/3F (najniższa średnia wartość  $R_c = 84.1$  MPa w odwiercie), SI-XVII/7F (najwyższa średnia wartość  $R_c = 156,48$  MPa w odwiercie) oraz SI-XI/3. Na poszczególnych poligonach pobrano rdzenie wiertnicze i określono wskaźnik WET, parametry wytrzymałościowe skał (w tym  $R_c$  i  $R_r$ ) oraz wskaźnik podzielności rdzenia RQD. Prowadzono również

obserwacje makroskopowe zachowania się stropu i badania endoskopowe, zuskokowanie, uławicenie, zagęszczenie szczelin oraz strefy nieciągłości.

Monitoring standardowy realizuje zapis parametrów związanych z aspektami eksploatacyjnymi maszyny. Z punktu widzenia przebiegu procesu wiercenia, najistotniejszymi rejestrowanymi parametrami są: moment obrotowy silnika oraz ciśnienia w układzie hydraulicznym. Jednak brak zapisu drogi narzędzia uniemożliwia wyznaczenie prędkości wiercenia ani żadnych wskaźników energochłonności procesu. Na potrzeby badań Doktorant doposażył maszynę w odczyt pomiaru drogi, realizowany poprzez montaż enkodera linkowego do organu roboczego maszyny. W aktualnym stanie badań rejestrowane parametry wiercenia takie jak prędkość wiercenia czy ciśnienia w układzie hydraulicznym, próbuje powiązać się z parametrami wytrzymałościowymi skał, co okazuje się często bardzo niejednoznaczne ze względu na byt dużą liczbę zmiennych, które należy uwzględnić. Natomiast doktorant zaproponował sposób oceny lokalnych nieciągłości i zmiany struktury skał w odniesieniu do pochodnych z parametru prędkości wiercenia oraz jednostkowej energii urabiania, co pozwalało na efektywne poszukiwanie odchyleń od wartości średnich, które powiedzieć mogą o zaburzeniach lokalnych (uszkodzeniach, pęknięciach, rozwarstwieniach). W badaniach wprowadził również częstotliwościową analizę sygnału, w tym krótkookresową transformatę Fouriera w określonych oknach, umożliwiającą przedstawienie amplitudy sygnału w układzie czas-częstotliwość.

Sposób realizacji pracy pozwolił na zweryfikowanie założonych celów rozprawy doktorskiej. Drugim bardzo istotnym osiągnięciem jest opracowanie metodologii wykrywania rozwarstwień i zasięgu strefy spękań w oparciu o analizę charakterystyki przebiegu prędkości wiercenia, co jest autorskim pomysłem Doktoranta.

### ***Ogólna ocena dysertacji***

Niewątpliwie rozprawa doktorska Pana mgr inż. Radosława Waloskiego wnosi nowe elementy do zagadnienia badania i wyznaczania klasyfikacji górotworu na podstawie analizy procesu płytkich wierceń w masywie skalnym.

Metodologia badań przedstawiona w rozprawie doktorskiej może być z powodzeniem wykorzystana w praktyce górniczej, w kopalniach stosujących obudowę kotwową. Doktorant opracował oryginalną metodę wykrywania stref nieciągłości górotworu na podstawie analizy zmian przyspieszenia, czyli pochodnej prędkości wiercenia po czasie. Przedstawił autorską koncepcję usprawnień kotwiarki typu Roof Master, mającą na celu poprawę możliwości wykorzystania parametrów pracy maszyny do oceny wybranych cech górotworu związanych z jego jakością.

Doktorant zrealizował badania postawione w celach pracy. W przypadku celu nr. 1 udokumentował, że w miejscu rozwarstwienia lub strefy spękań następuje zauważalna zmiana parametrów wiercenia (przyspieszenia i prędkości) oraz korelacja wartości zarejestrowanych rozwarć ze strefami wyznaczonymi na podstawie charakterystyk procesu wiercenia. W przypadku celu nr. 2 doktorant udokumentował, że nie obserwuje się istotnej korelacji pomiędzy prędkością wiercenia a wytrzymałością skał na ściskanie  $R_c$  oraz klasyfikacją skał RQD.

Recenzent nie zgłasza ważniejszych uwag krytycznych do zawartości treści merytorycznej rozprawy.

Praca jest wykonana starannie i dobrze udokumentowana rysunkami. Jednak mam uwagę do treści rysunku nr. 78 i nr. 79. Jeżeli na rys. 78 pokazano wykres zbiorczy z otworu nr. 6 i w miejscu rozwarstwienia na głębokości 0.18m, na osi czasu jest to około 14s, to na rysunku 79, na którym przedstawiono przybliżenie tej sytuacji, obraz odnosi się do czasu około 34,3 s i nie jest to głębokość 0.18m. Amplitudy szczytowe prędkości i przyspieszenia również się różnią na obu rysunkach, a powinny być takie same jeżeli analizowany jest ten sam przeskok. Powyższa uwaga jest jedynie natury uwagi edytorskiej.

### **Wnioski końcowe**

Przeprowadzona analiza rozprawy doktorskiej mgr inż. Radosława Waloskiego na temat: „**Metoda oceny jakości górotworu na podstawie charakterystyki kinetycznej wierceń**” pozwala na stwierdzenie, że Doktorant potrafił zastosować i rozwinąć metody oceny jakości górotworu w oparciu o charakterystyki parametrów kinetycznych procesu wiercenia płytkich otworów w górotworze, do udowodnienia tezy pracy. Przedstawiona rozprawa doktorska

jest oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego i świadczy dostatecznie o ogólnej wiedzy teoretycznej kandydata w zakresie dyscypliny naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, a także o umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Uwzględniając powyższe stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Radosława Waloskiego, spełnia warunki określone w art. 13, ustęp 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami) i wnioskuję o dopuszczenie Doktoranta do dalszych czynności przewodu doktorskiego.

