

Dr hab. Stanisław Roman Ćmiel
Katedra Geologii Stosowanej
Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski
Ul. Będzińska 60
41-200 Sosnowiec

Sosnowiec, 2015-01-23

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Sygały
pt. „Wpływ temperatury na właściwości skał w procesie podziemnego
zgazowania węgla”.

Recenzję wykonałem na podstawie uchwały Rady Naukowej
Głównego Instytutu Górnictwa i umowy z dnia 10.12.2014r (pismo GIG
nr ND/NSR/267/2014 z dnia 10.12.2014).

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska została przygotowana pod
kierunkiem Promotora - dr hab. Mirosławy Bukowskiej, prof. GIG i
Promotora pomocniczego – dra inż. Tomasza Janoszka

1. Wprowadzenie

Masowa eksploatacja węgla kamiennego, zmuszająca do eksploatacji coraz głębiej zalegających pokładów oraz konieczność ochrony powierzchni, inspirowane górnictwo do poszukiwania alternatywnych, w stosunku do klasycznych, mniej inwazyjnych metod eksploatacji. Jedną z nich, rozwijaną w niektórych krajach od dawna, jest podziemne zgazowanie węgla. Problem oddziaływania tego procesu na środowisko jest bardzo istotny również w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW), ponieważ aktualnie realizowany jest w KWK „Wieczorek” nowatorski projekt instalacji podziemnego zgazowania węgla w warunkach czynnej kopalni. Właśnie wpływ procesu generacji gazu na otaczający górotwór związany z wysoką temperaturą jest przedmiotem, przedłożonej do recenzji, dysertacji.

2. Ogólna charakterystyka pracy

Recenzowana rozprawa obejmuje 159 numerowanych stron tekstu wraz z 144 ilustracjami, 42 tabelami i streszczeniem w języku polskim i angielskim. Podzielona została na 11 rozdziałów z podrozdziałami, zawiera również spis cytowanej literatury – 143 pozycje, w tym 54 obcojęzyczne oraz spis rysunków i tabel.

W pierwszej części pracy (rozdz. 1), poprzedzonej krótkim wstępem, Doktorantka przedstawia cel naukowy pracy i koncepcję

badania, natomiast nie wyartykułowała tezy pracy, którą postanowiła udowodnić, a która przewija się w tekście. Celem, którego osiągnięcie założyła Autorka, jest „ocena wpływu temperatury na wybrane własności fizyczne, hydrogeologiczne i geomechaniczne skał płonnych, które mogą stanowić otoczenie potencjalnych georeaktorów podziemnego zgazowania węgla w GZW”.

Drogą do osiągnięcia tego celu był wybór poligonów badawczych, rodzaju skał płonnych i zakresu temperatur wygrzewania ich próbek, określenie zakresu badanych parametrów, opracowanie modelu numerycznego pozwalającego prognozować zachowanie górotworu w trakcie i po zakończeniu procesu gazyfikacji oraz możliwości wykorzystania wyników w praktyce górniczej.

W rozdziale 2 przedstawiono szeroko stan wiedzy na temat podziemnego zgazowania węgla, ze szczególnym uwzględnieniem rozkładu temperatur i zjawisk związanych z oddziaływaniem wysokich temperatur na otaczający górotwór.

W rozdziale 3 przedstawiono charakterystykę poligonów badawczych i próbek skał pobranych do badań laboratoryjnych. Badania wykonano na próbach bryłowych pobranych w wyrobiskach górniczych 15 kopalń GZW (w tym z KD „Barbara”) i z rdzeni wiertniczych, w 8 seriach na łowaczach, w 4 seriach na piaskowcach gruboziarnistych, w 10 seriach na średnioziarnistych i w 9 seriach na piaskowcach drobnoziarnistych. Próbkę skał pobierano z otoczenia pokładów wszystkich warstw serii produktywnej karbonu. Analizie poddano 9 wybranych parametrów w zakresie temperatur od pokojowej do 1200°C, w 31 seriach badawczych, co daje imponującą liczbę 3420 wyników analiz. Przedstawiono ponadto stan wiedzy na temat prowadzenia procesu zgazowania węgla in situ, wpływu temperatury na własności fizyczne i mechaniczne skał karbońskich. Wiadomości te, często o charakterze ogólnym, są szczególnie cenne dla czytelników, którzy nie są dokładnie zorientowani w naturze tych zjawisk.

Niewątpliwie najważniejszą i najobszerniejszą część recenzowanej pracy stanowią rozdziały 4 – 9, w których Doktorantka przedstawia wyniki swoich badań. W rozdziale 4, 5 i 6 zapoznaje nas z metodyką przeprowadzania badań właściwości fizycznych, hydrogeologicznych i geomechanicznych skał. W pierwszym przypadku opis dotyczył ubytku masy i zmiany gęstości objętościowej oraz zawierał makroskopowy opis skał poddanych działaniu wysokich temperatur. W drugim - opisowi wpływu temperatury na porowatość i współczynnik filtracji, określające właściwości hydrogeologiczne skał karbońskich. Przedstawiono metodykę badań tych parametrów, wyniki badań i dyskusję wyników. W trzecim przypadku zdefiniowano współczynnik wpływu temperatury na

właściwości geomechaniczne skał, wykorzystywany w dalszej części pracy, do prognozy wielkości zmian poszczególnych parametrów.

Wpływ temperatury na właściwości naprężeniowe, naprężeniowo-odkształceniowe oraz odkształceniowe skał, Autorka w przystępny sposób przedstawia w rozdziałach 7, 8 i 9, poprzedzając je analizą wpływu temperatury na parametry je opisujące: wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie, wytrzymałość resztkową, moduł Younga, odkształcenie resztkowe oraz odkształcenie poprzeczne.

Zależności te, Autorka rozpatruje oddzielnie dla badanych parametrów, a następnie konfrontuje z wartościami dla warunków naturalnych. Wyniki badań i zależności opracowano statystycznie i przedstawiono w postaci, wykresów i tabel, co pozwala na lepsze ich zrozumienie. Opis przeprowadzonych badań i uzyskane wyniki zajmują 60% (96 stron) opracowania stanowiąc, najbardziej wartościową część pracy.

W rozdziale 10 przedstawiono możliwości wykorzystania uzyskanych wyników w praktyce górniczej w aspekcie utrzymania stateczności górotworu poddanego działaniu wysokich temperatur. Istotną rolę odgrywa w tym przedmiocie wartość współczynnika wpływu temperatury na poszczególne parametry geomechaniczne skał, którego wielkość Autorka wyliczała dla każdego parametru indywidualnie. Na tej podstawie sformułowała założenia do stworzenia modelu górotworu wokół georeaktora i zmian jego parametrów w trakcie i po przeprowadzeniu zgazowania węgla.

Ostatni, 11 rozdział dysertacji zawiera podsumowanie uzyskanych wyników oraz wnioski, będące kwintesencją rezultatów badań. Nie uwzględniono tutaj konfrontacji z wynikami badań innych autorów w tym zakresie, ponieważ w dużej mierze są to badania nowatorskie, co dodatkowo podnosi wartość opracowania.

Pracę zamyka spis literatury, rysunków i tabel.

3. Ocena dysertacji

3.1 Zalety

- Cel naukowy pracy został sformułowany poprawnie, a jego wyraźne wyartykułowanie wpłynęło pozytywnie na spójność tekstu i dążenie do jego osiągnięcia w rozprawie. W oparciu o wyniki empiryczne wynikające z przeprowadzonych badań można stwierdzić, że został on osiągnięty
- Doktorantka udowodniła, że skały otaczające georeaktor, w którym następuje podziemne zgazowanie węgla, pod wpływem wysokiej temperatury podlegają w różnym stopniu destrukcyjnym zmianom obniżającym stateczność górotworu.

- Dobór obszaru, miejsc pobrania próbek do badań, wybór odmian litologicznych i poziomów stratygraficznych jest odpowiedni, reprezentuje odmienne warunki geotektoniczne, geologiczno-górnice i głębokościowe. Szczególnie interesujące i cenne pod tym względem jest opróbowanie georeaktora w KD „Barbara”, przed i po zgazowaniu węgla, a więc w warunkach zbliżonych naturalnych.
- Podjęty problem jest szczególnie aktualny, ponieważ ma duże znaczenie aplikacyjne, ze względu na światowe tendencje dotyczące nowych technologii wykorzystania węgla oraz ochrony naturalnego środowiska. Dotyczy również ciekawego zagadnienia z punktu widzenia teorii – złożonej genezy degradacji górotworu pod wpływem rosnących do 1200°C temperatur.
- Jest szczególnie ważny w GZW ze względu na realizowane projekty badawcze dotyczące zgazowania węgla in situ w czynnej kopalni.
- Po raz pierwszy badania przeprowadzone w ramach opracowania miały tak kompleksowy charakter. Pobrane próbki skał otaczających pokłady węgla reprezentowały wszechstronnie właściwości górotworu GZW. Nowym zagadnieniem było również badanie geomechanicznych parametrów pokrytycznych skał.
- Opracowany model zachowania się górotworu (wybranych odmian litologicznych skał) w trakcie jego nagrzewania i po nim (oddziaływania na górotwór i powierzchnię), może być pomocny w typowaniu takich rejonów lokalizacji georeaktorów, w których oddziaływanie na otoczenie będzie najmniej destrukcyjne.
- Utrzymanie stateczności górotworu w aspekcie oddziaływania wysokich temperatur może mieć znaczenie nie tylko w procesie podziemnego zgazowania, ale również w przypadku pożarów pokładów węgla czy zjawisk wulkanicznych.
- Na szczególne podkreślenie zasługuje podjęcie nowatorskich na świecie badań nad zmianami odkształcenia resztkowego i wytrzymałości resztkowej skał pod wpływem działania wysokich temperatur (100-1200°C) w aspekcie odkształcalności i nośności pokrytycznej, również w procesie zgazowania węgla in situ.
- Na uwagę zasługuje również fakt zdefiniowania współczynnika wpływu temperatury na wartości parametrów geomechanicznych skał. Wartości tego współczynnika mają dużą wartość aplikacyjną, ponieważ mogą być wykorzystywane do prognozowania wielkości zmian wytrzymałościowych skał georeaktora i jego otoczenia.
- Autorka wykazała się wysokimi zdolnościami praktycznymi w zakresie organizowania badań oraz wiedzą teoretyczną dotyczącą przedmiotu pracy, umiejętnością wykorzystania narzędzi informatycznych jak i

prostego i zrozumiałego sposobu przekazania wyników badań czytelnikowi.

3.2 Zastrzeżenia i usterki

- Przykładem skał zmienionych termicznie, w interwale temperatur założonych dla podziemnego zgazowania węgla (do 1273°C), są tzw. „utwory pstre” występujące w profilu litostratygraficznym karbonu w GZW (opisywali je liczni autorzy - vide Ćmiel 2009). Ich własności w dużym stopniu odpowiadają prognozowanym i notowanym zmianom skał w sąsiedztwie georeaktora. Autorka wielkości zmian tych i dodatkowych parametrów przedstawiła w rozprawie i jest to jej niewątpliwym osiągnięciem, natomiast nie wspomina w niej o wulkanitach, ceramitach i „utworach pstrych”. Wiadomości te można by było wykorzystać np: do określania obszaru oddziaływania georeaktora na górotwór, ponieważ zaobserwowano, że w przypadku zmian wysokotemperaturowych, zmiany parametrów skał występowały na odcinku od 1/3 do 3-krotnej grubości oddziałującego ciała magmowego lub wypalonego pokładu węgla. W dysertacji granice te przyjęto na podstawie wartości strumienia ciepła.

- Dla Recenzenta niezrozumiałe jest (a przynajmniej nie wyrażono tego jasno w tekście) dlaczego do badań wybrano 3 różne granulacje piaskowców, a zupełnie pominięto mułowce.

- Autorka podaje pewne stwierdzenia nie zawsze przytaczając literaturę np. str. 11, wiersz 38-42 – „zmiany wartości parametrów geomechanicznych skał upatruje się w ich budowie petrograficznej”. Potwierdzeniem tej tezy mogą być wyniki badań Autorki, z których wynika, że podczas ogrzewania, największe ubytki masy i wzrost porowatości obserwowano w warstwach libiąskich, których piaskowce mają wybitnie arkozowy charakter (niektóre partie warstw łaziskich też) (str. 149, wiersz 32-34, str. 150, wiersz 6-9).

- Recenzowana rozprawa zawiera kilka błędów rzeczowych, jak np: str. 35 – wiersz 20 „a także węgli z fauną morską” – węgle tworzyły się w warunkach lądowych, str. 37 wiersz 24-26 i kilka powtórzeń; Autorka wymienia obszary pobrania prób „Skały pobrano... wschodniego skrzydła niecki głównej, przechodzącego w nasunięcie orłowskie..., - nasunięcie orłowskie występuje w zachodniej części GZW, a więc chyba z zachodniego skrzydła. Następnie wymienia 5 lokalizacji, nie wymieniając siodła głównego, a z rys.3.2. str. 38, przedstawiającego lokalizację poligonów badawczych wyraźnie wynika, że 2 z nich położone są właśnie w obrębie tego siodła. Str. 139, tabela 10.2 – nie objaśniono skąd wzięły się 3 wartości parametrów. Str. 34, wiersz 31 – jest „górnosląska strefa fałdowa, powinno być „krakowska...

- Zanotowano kilka drobnych błędów literowych: str. 27, wiersz 1, powinno być – poddanych działaniu temperatur, str. 30, wiersz 6 – spacja, str. 32, wiersz 12 stopienia, str. 33, rys 3.1. brak cytowania, str. 45, wiersz 10 – spacja, str. 48, podziałaniu, osobno, str 59,rys. 5.1 – obraz sugeruje, że ciemne pola to ziarna skały, a podpis odwrotnie, str. 65, wiersz 10 – oberwanego ?, str. 120, wiersz 3 podwójny nawias, str. 136, wiersz 34 – jest zaliczyć go piaskowców, brak do, str. 137, rys. 10.1 jest obciążenie, obciążenia, str. 152, wiersz 36 wygrzewano w do ? str. 153, wiersz 28 z wartości ustaloną.

4. Wnioski końcowe

Recenzowana praca wnosi nowe, wartościowe elementy do opisu i wyjaśnienia złożonych problemów wpływu procesu podziemnego zgazowania węgla na otaczający górotwór. Stanowi istotny wkład naukowy do poznania i zrozumienia destrukcyjnego wpływu wysokiej temperatury georeaktora na stateczność górotworu. Opracowanie posiada również dużą wartość aplikacyjną, a przedstawiony model pozwala na prognozowanie wielkości zmian górotworu pod wpływem wysokiej temperatury w praktyce górniczej.

Na podstawie przeprowadzonej analizy rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Sygały pt. „Wpływ temperatury na właściwości skał w procesie podziemnego zgazowania węgla” stwierdzam, że rozprawa ta spełnia wymogi Ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki i stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a Autorka wykazuje ogólną wiedzę w dyscyplinie górnictwo i geologia inżynierska oraz posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Biorąc powyższe pod uwagę, wnoszę do Wysokiej Rady Naukowej Głównego Instytutu Górnictwa o dopuszczenie Doktorantki do dalszego postępowania w ustawowym trybie.

Stanisław Cuiel