ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1990

Seria: GÓRNICTWO z. 187 Nr kol. 1066

Stefan TWARDOCH

Politechnika Śląska

WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNE SKAŁ KARBOŃSKICH KOP. HALEMBA

Streszczenie. W pracy przedstawiono właściwości cieplne skał karbońskich kopalni Halemba. Scharakteryzowano właściwości cieplne skał na tle charakteru petrograficznego. Podano współzależności między współczynnikiem przewodzenie ciepła a charakterem petrograficznym piaskowców. Określono wpływ spoiwa i struktury tych piaskowców oraz stopnia zdiagenezowania na właściwości cieplne. Podano również rozkład temperatury i powierzchniowego współczynnika zagęszczenia ciepła w ziemskim strumieniu w kompleksach skalnych karbonu kopalni Halemba.

WSTĘP

Wybieranie węgla ze złoża występującego na znacznych głębokościach wiąże się z różnymi problemami natury technicznej, przede wszystkim z problemem zabezpieczenia odpowiednich klimatyzacyjnych warunków pracy. Dotychczasowe doświadczenia górnicze wskazują, iż istnieją problemy w ustaleniu i wprowadzeniu dla załogi komfortu pracy w wyrobiskach kopalni. Jak wiemy, na komfort pracy składają się trzy zasadnicze czynniki: wilgoć, prędkość doprowadzanego do wyrobisk powietrza oraz temperatura.

Jak wynika z podanej reguły, temperatura powietrza kopalnianego jest jednym z najistotniejszych czynników. Wobec powyższego komfort pracy w wyrobiskach górniczych w poważnym stopniu zależny jest od ciepła dopływającego ze skał do atmosfery kopalnianej. Ilość ciepła dopływającego ze skał do atmosfery kopalnianej zależna jest między innymi od właściwości cieplnych skał budujących górotwór. Wynikł więc problem prowadzenia szczegółowych prac w zakresie poznawania właściwości cieplnych skał i charakteru strumienia cieplnego. Prace badawcze nad przewodnością cieplną zapoczątkował K. Chmura, obejmując między innymi skały górotworu kopalni Halemba. Obecnie istnieje już szereg opracowań dotyczących nie tylko przewodności cieplnej, ale też i innych zagadnień związanych z geotermomechanikę. Prace badawcze odnoszące się do przewodności cieplnej wykazały, że charakter litologiczny skały decyduje o wielkości współczynnika przewodzenia ciepła i innych właściwości cieplnych. W ramach szczegółowych badań nad wpływem litologii górotworu omawianej kopalni na przewodność cieplną skał budujących ten górotwór zwrócono uwagę na skały występujące

w obszarze tąpań. Prace nad tym problemem wykonano w Zakładzie Geologii Złóż, Instytutu Geologii Stosowanej. Stwierdzono, że skały na dużej głębokości różnią się właściwościami cieplnymi od innych skał występujących na wyższych poziomach [2, 3, 4, 5, 7].

1. CHARAKTERYSTYKA PETROGRAFICZNA SKAŁ

Piaskowce wykształcone są jako drobno-, średnio- i gruboziarniste skały zbudowane z ziarn kwarcu. Struktura tych piaskowców jest psefitowa, psamitowa lub psamitowo-aleurytowa, tekstura bezładna. Materiał klastyczny stanowią tu głównie ziarna kwarcu o średnicy najczęściej 0,04-2,5 mm. Według systematyki Szwiecowa większość ziarn należy zaliczyć do półobtoczonych. Podrzędną rolę odgrywają ziarna skaleni i okruchy łupków krzemionkowych. O zróżnicowaniu w profilu pionowym górotworu decyduje przede wszystkim ilość, skład i charakter ich spoiwa. Spoiwo stanowią przede wszystkim minerały ilaste (illit, kaolinit) i węglany (kalcyt, dolomit). Ilość spoiwa zmienia się w zależności od procesów diagenetycznych. Obok spoiwa kalcytowo-ilastego typu kontaktowego spotyka się spoiwo ilaste typu porowego. Występuje też spoiwo kwarcowe. Zmienność składu, ilości i charakteru spoiwa badanych skał decyduje o wartości właściwości fizycznych skał, jak również o ich właściwościach cieplnych. Przedstawione wyniki badań skał omawianej kopalni stanowią rezultat wieloletnich doświadczeń Zakładu Geologii Złóż [2].

1.1. Właściwości cieplne skał na tle charakteru petrograficznego

Badania właściwości cieplnych przeprowadzono na wszystkich odmianach skał karbońskich występujących w kopalni Halemba w przedziale głębokościowym 500-1000 m. W celu ustalenia korelacji między właściwościami cieplnymi a niektórymi ich cechami fizycznymi i mineralogicznymi badano właściwości fizyczne i petrograficzne. Badania mikroskopowe pozwoliły scharakteryzować skały pod względem mineralogicznym. Oznaczono też gęstość przestrzenną liczbę porowatości oraz nasiękliwość. Przy ustaleniu współzależności między właściwościami cieplnymi a niektórymi właściwościami fizycznymi i petrograficznymi skał zastosowano rachunek korelacji prostoliniowej, który wskazuje, że istnieją określone współzależności. Przeprowadzona analiza wykazała, że właściwości cieplne są współzależne od zmienności składu mineralnego skały i ilości oraz charakteru spoiwa w piaskowcach, a w mułowcach i iłowcach od stopnia zdiagenezowania.

Współczynnik przewodzenia ciepła. Pomiary wielkości współczynnika przewodzenia ciepła wykonywano w stanie powietrzno-suchym, nawilgoceniu złożowym i nacisku jednokierunkowym. Na podstawie tych pomiarów wyznaczono wartość współczynnika przewodzenia ciepła w stanie naturalnym górotworu.

Pomiarów dokonano zgodnie z metodyką opracowaną przez K. Chmurę. Współczynnik ten w badanych skałach jest zmienny. Ogólnie można powiedzieć, że współczynnik przewodzenia ciepła zmienia się od stropu karbonu w głąb.

Skrajne i średnie wartości tego współczynnika dla skał karbońskich kopalni Halemba podano w tablicy 1. Można również podać, że w piaskowcach o różnym uziarnieniu i różnej zawartości kwarcu współczynnik przewodzenia ciepła jest również zmienny. Piaskowce i mułowce o strukturze psefitowej i psamitowej wykazują większe wartości liczbowe tego współczynnika aniżeli skały o strukturze aleurytowej i pelitowej (iłowce piaszczyste, iłowce). Również na wielość tego współczynnika wpływa spoiwo. Badania wykazały, że w analizowanych piaskowcach występuje spoiwo krzemionkowe, ilaste, węglanowe i żelaziste oraz kombinacje tych czterech rodzajów spoiw. Analiza wykazała, że spoiwo powoduje obniżenie współczynnika przewodzenia ciepła. W mułowcach i iłowcach zauważa się wraz ze wzrostem kwarcu (pyłu kwarcowego) niższe wartości liczbowe tego współczynnika. Na podstawie przeprowadzonych badań ustalono, że piaskowce tworzące kompleks skalny górotworu kopalni Halemba mają nieznacznie zmienny skład mineralny. Jednolita zmienność w składzie mineralnym powoduje częste wahania tego współczynnika. Obserwacje mikroskopowe potwierdziły, że większe ziarna szczelnie przylegające do siebie powodują wzrost współczynnika przewodzenia ciepła. Ogólnie biorąc, badane skały kopalni Halemba odznaczają się pewną rozpiętością w wartościach liczbowych współczynnika dla tego samego typu skały.

Pojemność cieplna właściwa. Pomiary pojemności cieplnej właściwej wykonano na próbkach skał powietrzno-suchych w temperaturze 25°-30°C. Zmienność pojemności cieplnej właściwej jest zależna również od charakteru petrograficznego skały. Udział spoiwa krzemionkowego w piaskowcach wpływa na wzrost pojemności cieplnej właściwej. Przy czym spoiwo ilaste w stosunku do spoiwa krzemionkowego powoduje nieznaczne zmniejszenie pojemności cieplnej właściwej. Skrajne i średnie wartości pojemności cieplnej właściwej zostały przedstawione w tablicy 2, w której podano również wartości gęstości przestrzennej dla tych samych próbek skał.

Współczynnik wyrównywania poziomów energetycznych (temperatury). Zależny on jest od współczynnika przewodzenia ciepła, pojemności cieplnej właściwej i gęstości przestrzennej, przy czym jest wprost proporcjonalny do λ, a odwrotnie proporcjonalny do iloczynu c i ρ. Wartości tego współczynnika dla badanych skał omawianej kopalni największe są dla piaskowców. Mniejszymi wartościami tego współczynnika odznaczają się mułowce, iłowce oraz węgle (tablica 3) [2, 3].

Tablica 1

Współczynnik przewodzenie ciepła skał karbońskich kopalni Halemba
(wartości skrajne i średnie)

Rodzaj skały	λ, $\frac{W}{m\ ^oC}$							
	w stanie powietrzno-suchym		w stanie wilgoci złożowej		w stanie nacisku jednokierunkowego		w stanie naturalnym górotworu	
	skrajne	średnie	skrajne	średnie	skrajne	średnie	skrajne	średnie
piaskowiec	2,51-3,12	2,76	2,71-3,35	3,01	2,71-3,76	3,26	3,02-3,98	3,48
mułowiec	2,21-3,26	2,78	2,41-3,21	2,92	2,50-3,59	3,14	3,01-3,64	3,28
iłowiec	1,62-3,21	2,66	1,96-3,21	2,88	1,62-3,08	2,31	2,27-3,82	3,27
węgiel	0,42-0,59	0,48	0,43-0,63	0,52	0,56-0,77	0,61	0,61-0,82	0,68

Tablica 2

Właściwa pojemność cieplna i gęstość przestrzenna skał kopalni Halemba (wartości skrajne i średnie)

Rodzaj skały	c, $10^3 \cdot \frac{J}{kg\ ^oC}$		ρ, $10^3 \cdot \frac{kg}{m^3}$	
	skrajne	średnie	skrajne	średnie
piaskowiec	0,988-1068	1,027	2,33-2,74	2,56
mułowiec	1,018-1,105	1,048	2,51-2,70	2,61
iłowiec	1,006-1,085	1,038	2,43-2,65	2,53
węgiel	1,006-1,345	1,141	1,26-1,38	1,29

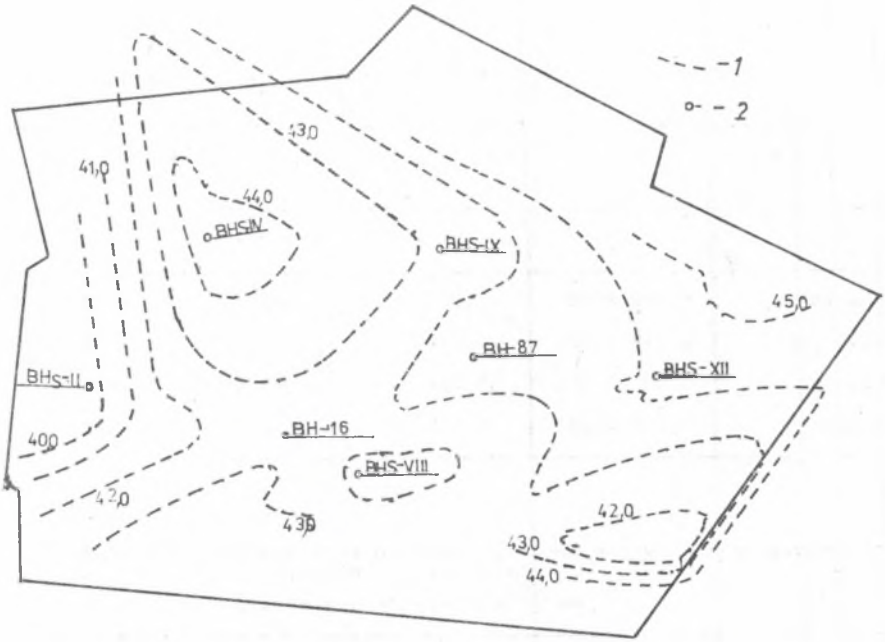
Tablica 3

Współczynnik wyrównywania poziomów energetycznych (temperatury) dla skał kopalni Halemba (wartości skrajne i średnie)

Rodzaj skały	a, $10^{-6} \cdot \frac{m}{s}$	
	skrajne	średnie
piaskowiec	1,226-1,400	1,347
mułowiec	1,002-1,394	1,214
iłowiec	0,815-1,250	1,045
węgiel	0,368-0,528	0,473

2. TEMPERATURA RZECZYWISTA W OBRĘBIE SKAŁ KARBOŃSKICH GÓROTWORU KOPALNI HALEMBA

Temperatura w przedziale głębokościowym od 500-1000 m wynosi od 24,5-43,7°C. Zmienność ta jest spowodowana zróżnicowanymi właściwościami cieplnymi skał oraz budową litologiczną górotworu. Rozkład temperatury rzeczywistej w kompleksie skalnym górotworu karbońskiego zależny jest od mocy ziemskiego strumienia ciepła. Na podstawie danych litologicznych, profili geologicznych otworów wiertniczych i wyrobisk górniczych oraz danych współczynników cieplnych skał określono temperaturę rzeczywistą dla kompleksu skalnego w przedziale głębokościowym od 500-1050 m. Rozkład tej temperatury na poziomie 1000 m przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Temperatura rzeczywista na poziomie 1030 m KWK Halemba
1 - izolinie temperatury rzeczywistej, 2 - badawcze otwory wiertnicze
Fig. 1. Actual temperature at the 1030 m level in Halemba coal mine
1 - isolines of actual temperature, 2 - prospect boreholes

3. ZIEMSKI STRUMIEŃ CIEPŁA W KOMPLEKSIE SKALNYM GÓROTWORU KOPALNI HALEMBA

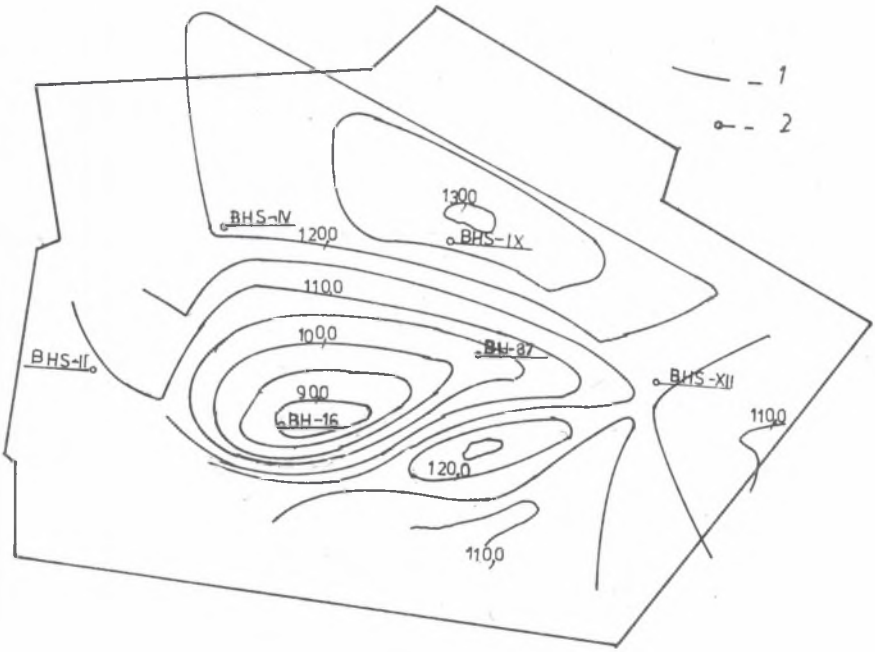
Na podstawie określonej temperatury rzeczywistej górotworu i właściwości cieplnych skał obliczono wartości ziemskiego strumienia ciepła, który jest wprost proporcjonalny do iloczynu różnicy poziomów energetycznych i współczynnika przewodzenia ciepła skał, a odwrotnie proporcjonalny do grubości warstw litologicznych kompleksu skalnego. Wartości tego współczynnika dla górotworu kopalni Halemba zmieniają się w przedziale od ($36,6 \cdot 10^{-3}$ do $150,3 \cdot 10^{-3}$) W/m^2 (tablica 4).
Rozkład współczynnika zagęszczenia ciepła w ziemskim strumieniu (q) dla obszaru górniczego kopalni Halemba na głębokości 1000 m przedstawiono na rys. 2.

Tablica 4

Powierzchniowy współczynnik zagęszczenia ciepła w kompleksie skalnym kopalni Halemba

(wartości skrajne i średnie)

Rodzaj skały	$\bar{q}$, $10^{-3} \cdot \frac{W}{m^2}$	
	skrajne	średnie
piaskowiec	103,3-150,3	118,4
mułowiec	95,5-127,2	111,8
iłowiec	72,5-120,1	96,3
węgiel	22,8-36,6	26,6



Rys. 2. Powierzchniowy współczynnik zagęszczenia ciepła w ziemskim strumieniu na poziomie 1030 m KWK Halemba

1 - izolinie powierzchniowego współczynnika zagęszczenia ciepła w ziemskim strumieniu, 2 - badawcze otwory wiertnicze

Fig. 2. Superficial coefficient of heat coudensation in the earth flux at the 1030 m level in Halemba coal mine

1 - Isolines of superficial coefficient of heat condensation in the earth flux, 2 - prospect borehdes

4. UWAGI KOŃCOWE

Przedstawione wyniki badań pozwalają na wyciągnięcie ogólnych wniosków dotyczących właściwości cieplnych skał karbońskich w obszarze kopalni Halemba oraz rozkładu temperatury rzeczywistej i natężenia ziemskiego strumienia ciepła w obrębie prowadzonych robót górniczych.

Badania właściwości cieplnych skał wykazały, że właściwości cieplne skał karbońskich tego obszaru są zależne od wielu czynników geologicznych i górniczych.

Stwierdzono, że rozkład temperatury w obrębie wyrobisk górniczych jest zależny od wielkości otwartej powierzchni, intensywności przewietrzania, stopnia zawodnienia i od tektoniki górotworu. Jak wynika z analizy (w dużym skrócie przedstawionej w artykule), wartości temperatury rzeczywistej utrzymują się w granicach 38-41°C na głębokości do 1000 m.

LITERATURA

[1] Bartoszek P., Janota S.: Naprężenia geotermiczne wokół wyrobisk poziomych w wyrobiskach skalnych i węglowych kop. Halemba. Biblioteka Instytutu Geologii Stosowanej, Gliwice 1987.

[2] Chmura K., i inni: Katalog własności fizycznych i cieplnych skał obszaru kopalni Halemba. Biblioteka Instytutu Geologii Stosowanej. Gliwice 1983.

[3] Chmura K.: Własności fizyko-termiczne skał niektórych polskich zagłębi górniczych. Wyd. Śląsk, Katowice 1970.

[4] Chmura K. i inni: Pomiar temperatury górotworu wokół wyrobisk w KWK Halemba oraz zbadanie właściwości geotermomechanicznych skał (praca badawcza). Biblioteka Instytutu Geologii Stosowanej, Gliwice 1987.

[5] Chmura K., Chudek M., Twardoch S.: Doświadczenia w zakresie termomechanicznych właściwości skał wokół wyrobisk korytarzowych w kopalni Halemba. Przegląd Górniczy Nr 9. 1988.

[6] Chmura K., Chudek M.: Geotermomechanika górnicza. Wyd. Śląsk, Katowice (w druku).

[7] Frycz A.: Klimatyzacja kopalń. Wyd. Śląsk, Katowice 1981.

[8] Kappelmeyer O., Haenel R.: Geothermics with special Reference to application. Geopublication Associates, Ser 1, nr 4 Berlin - Stutgart, 1974.

[9] Kiełbik R., Mencel W.: Ocena właściwości geotermomechanicznych skał w otoczeniu wyrobisk korytarzowych kopalni Halemba - Głęboka. Biblioteka Instytutu Geologii Stosowanej Gliwice 1982.

[10] Twardoch S.: Rozkład naprężeń geotermomechanicznych wokół wyrobiska poziomego KWK Halemba. Biblioteka Instytutu Geologii Stosowanej, Gliwice 1987.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Andrzej Frycz

ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА КАРБОНОВОГО ПЛАСТА ШАХТЫ ХАЛЕМБА

Р е з ю м е

В работе представлены тепловые свойства карбонских горных пород шахты Халемба. Дана характеристика тепловых свойств горных пород на петрографическом фоне. Определена взаимосвязь коэффициента проводимости тепла и петрографического характера песчаников. Представлено влияние связки, структуры песчаников и степени диагенезиса на тепловые свойства. Дано также распределение температуры и поверхностного коэффициента плотности тепла в земной струи в карбонских горных комплексах шахты Халемба.

THERMAL PROPERTIES OF CARBONIFEROUS ROCKS FROM HALEMBA COAL MINE

S u m m a r y

In this work thermal properties of carboniferous rocks from Halemba coal mine have been shown.
Thermal properties of the rocks are described at the background of their petrographic character.
The relation between thermal conductivitij and petrographic character of sandstones is given. The influence of cement, structure and degree of diagenesis of sondstones on their thermal properties is determined.
Here it has been also shown the temperature distrubution and superficiel heat condensation coefficient in the earth flux in the carboniferous rock complexes in Halemba coal mine.