

TERMICZNE WŁAŚCIWOŚCI PIASKOWCÓW BIAŁEGO SPĄGOWCA OBSZARU LUBIN — POLKOWICE

UKD 550.362:552.513:551.736:3:[622.413:622.343](438.26 Lubin—Polkowice)

Wybieranie kopaliny miedzi ze złoża, występującego na znacznych głębokościach, wiąże się z różnymi problemami natury technicznej, a przede wszystkim z problemem zabezpieczenia odpowiednich klimatyzacyjnych warunków pracy (8). Dotychczasowe doświadczenia górnicze Zagłębia Lubinńskiego wskazują, iż istnieją pewne problemy, choć na razie niewątpliwie na mniejszą skalę, w ustaleniu i utrzymaniu dla załogi komfortu pracy we wszystkich wyrobiskach kopalni KGHM. Wiadomo, iż na komfort pracy składają się 3 główne czynniki: wilgoć i prędkość doprowadzanego do wyrobisk powietrza oraz temperatura. Jak wynika z podanej reguły temperatura powietrza kopalnianego jest czynnikiem bardzo istotnym, stąd komfort pracy w wyrobiskach górniczych w poważnym stopniu zależy od ilości ciepła dopływającego ze skał do atmosfery kopalnianej (3, 4, 8, 24). Ilość ciepła, odpływającego ze skał do atmosfery kopalnianej, zależna jest m.in. od właściwości termicznych skał budujących górotwór. Wynika więc konieczność prowadzenia szczegółowych prac w zakresie poznawania właściwości termicznych skał i charakteru strumienia ciepłego.

Prace badawcze nad przewodnością cieplną zapoczątkował K. Chmura, obejmując m.in. skały Zagłębia Kombinatoru Górniczo-Hutniczego Miedzi. Obecnie istnieje już szereg opracowań (2—5, 7, 24) z tego zakresu, dotyczących nie tylko przewodności cieplnej, lecz także zagadnień innych związanych z geotermiką.

Prace badawcze, odnoszące się do przewodności cieplnej wykazały, że charakter litologiczny skały decyduje o wielkości współczynnika przewodzenia ciepła i innych parametrach cieplnych. W ramach szczegółowych badań wpływu litologii górotworu lubinńskiego zagłębia na przewodność cieplną skał, budujących ten górotwór, zwrócono uwagę na warstwę białego spągowca. Prace nad tym problemem wykonał w Zakładzie Geologii i Hydrogeologii Instytutu Projektowania Budowy Kopalni i Ochrony Powierzchni Wydziału Górniczego Politechniki Śląskiej F. Zaczek, który stwierdził, że piaskowce białego spągowca różnią się właściwościami cieplnymi od innych skał.

Piaskowce białego spągowca wykształcone są jako drobnoziarnista skała zbudowana z ziarn kwarcu. Struktura ich jest psamitowa lub psamitowo-aleurytowa, tekstura bezładna. Materiał klastyczny stanowi tu głównie ziarna kwarcu o średnicy najczęściej od 0,04 do 0,5 mm. Według systematyki Szwicowa większość ziarn należy zaliczyć do półobtoczonych. Podrzedną rolę odgrywają ziarna skaleni i okruchy łupków krzemionkowych.

O zróżnicowaniu w profilu pionowym górnej części piaskowców białego spągowca decyduje przede wszystkim ilość, skład i charakter ich spoiwa. Spoiwa stanowią przede wszystkim minerały ilaste (illit, kaolinit) węglany (kalcyt, dolomit) oraz siarczany (gips i anhydryt). W niewielkich ilościach wchodzi tu siarczki miedzi, tlenki żelaza i baryt. Ilość spoiwa zmniejsza się od stropu ku spągowi. W części stropowej spoiwo stanowi około 30 do 45%, zaś w partiach niższych waha się od 15 do 20%. Stropowa część piaskowców charakteryzuje się spoiwem dolomitowym typu podstawowego. Podrzednie występuje tu kalcyt. Niżej dominuje spoiwo kalcytowo-ilaste typu kontaktowego, przechodząc z kolei jeszcze bliżej w spoiwo ilaste typu porowego. Opisana zmienność składu, ilości i charakteru spoiwa badanych piaskowców w

profilu pionowym, decyduje o wielkości parametrów fizycznych tych skał w tym również o ich właściwościach termicznych (11, 12, 24).

WŁAŚCIWOŚCI TERMICZNE PIASKOWCÓW BIAŁEGO SPĄGOWCA

Badania właściwości termicznych przeprowadzono na piaskowcach, pochodzących z górnej części piaskowców białego spągowca w odsłoniętej wyrobiskami górniczymi części złoża kopalni „Lubin” i „Polkowice”. Pomiary wielkości przewodności cieplnej przewodzenia ciepła wykonywano w dwóch kierunkach tj. prostopadle (λ_{\perp}) i równoległe (λ_{\parallel}) do płaszczyzny uławicenia. Pomiarów przewodności cieplnej dokonano zgodnie z metodyką opracowaną przez K. Chmurę. Współczynnik przewodzenia ciepła w kierunku prostopadłym do uławicenia ustalono na 119 próbkach, a w kierunku równoległym na 106. Pomiary wielkości właściwej pojemności cieplnej (c) przeprowadzono na 196 próbkach.

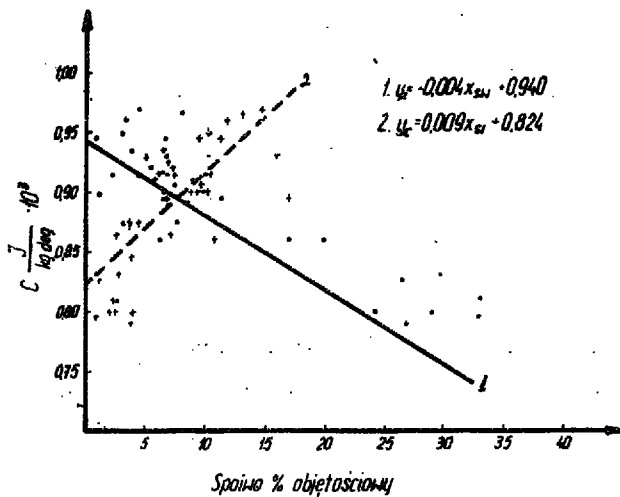
Otrzymane wyniki przedstawiono w układzie międzynarodowym (SI). Na badanych próbkach, w celu wyliczenia wielkości współczynników przewodzenia (wyrównania) temperatury (α), wykonano pomiary gęstości przestrzennej (ρ). Współczynniki te w kierunku prostopadłym (α_{\perp}) i równoległym (α_{\parallel}) do płaszczyzny uławicenia piaskowców wyznaczono z przewodności cieplnej właściwej pojemności cieplnej i gęstości przestrzennej. Na podstawie otrzymanych wyników pomiarów wyliczono dalsze parametry cieplne, tj. opór cieplny (R) i zageszczenie ciepła w strumieniu (q).

W celu ustalenia korelacji między parametrami termicznymi, a niektórymi ich cechami fizycznymi i mineralogicznymi, część próbek poddano dalszym badaniom. Wykonano badania mikroskopowe oraz oznaczono gęstość masy (γ), liczbę porowatości (n) i prędkość rozprzestrzeniania się fali podłużnej (V_p). Pomiary prędkości rozprzestrzeniania się fali podłużnej oznaczano na próbkach w kształcie walców o średnicy około 50 mm i długości 100 mm, na aparacie IPA produkcji ZSRR. Wielkość ta, podobnie jak współczynnik przewodzenia ciepła, mierzona była w kierunku prostopadłym i równoległym do płaszczyzny uławicenia. Przy ustalaniu związków zachodzących pomiędzy parametrami termicznymi a innymi, przebadanymi cechami piaskowców zastosowano rachunek korelacji. Korelacje prostoliniowe obliczono metodą najmniejszych kwadratów. Korelacje krzywoliniowe obliczono, stosując formuły I. P. Szaraposa. Przy interpretacji wielkości wyliczonych liczb korelacji (r) stosowano podział zaproponowany przez I. P. Guilforda. Siłę wyliczonych korelacji sprawdzono ponadto za pomocą testu Fishera.

Górną część piaskowców białego spągowca cechuje kierunkowa zmienność wielu cech fizycznych i mechanicznych. Przyczyną tych zmian, jak wspomniano na wstępie, jest również kierunkowa zmienności składu, ilości i charakteru spoiwa tych skał. Parametry termiczne, na których wielkość w różnym stopniu wpływają wspomniane cechy, wykazują również zmienność kierunkową (tab. I).

Podane w tab. I wartości są średnimi arytmetycznymi z pomiarów wykonanych na próbkach zlokalizowanych w poszczególnych 0,25 m odcinkach profilu pionowego piaskowców. Za poziom odniesienia przyjęto tu kontakt piaskowców białego spągowca z występującymi wyżej łupkami miedzionośnymi.

Interwał głębokościowy w profilu w m	Właściwa pojem. cieplna $\frac{J}{kg \text{ deg}}$	Współczynnik przewodzenia ciepła $\frac{W}{m \text{ deg}}$		Współczynnik wyrównania temperatury $\frac{m^2}{s} \cdot 10^{-6}$		Opór cieplny $\frac{m \text{ deg}}{W}$	
		λ_{\perp}	λ_{\parallel}	a_{\perp}	a_{\parallel}	R_{\perp}	R_{\parallel}
0,00—0,25	0,829	5,871	6,466	3,462	3,737	0,170	0,156
0,25—0,50	0,860	4,636	5,373	2,686	3,086	0,216	0,186
0,50—0,75	0,890	3,275	3,659	1,912	2,140	0,305	0,273
0,75—1,00	0,910	2,888	3,112	1,704	1,860	0,346	0,321
1,00—1,25	0,928	2,468	3,012	1,417	1,740	0,405	0,332
1,25—1,50	0,933	2,086	2,572	1,126	1,437	0,479	0,389
1,50—1,75	0,931	2,395	2,190	1,416	1,260	0,418	0,457
1,75—2,00	0,925	2,928	2,056	1,323	1,265	0,342	0,486
2,00—2,25	0,933	2,749	2,215	1,730	1,390	0,364	0,451
2,25—2,50	0,938	2,108	2,463	1,222	1,509	0,474	0,406
2,50—2,75	0,197	1,995	2,176	0,957	1,449	1,501	0,460
2,75—3,00	0,911	1,882	1,888	0,912	1,286	0,531	0,530
3,00—3,25	0,923	2,411	1,826	1,554	1,164	0,415	0,548
średnia	0,910	2,899	3,001	1,648	1,794	0,382	0,339



Ryc. 1. Zależność właściwej pojemności cieplnej (c) od zawartości spoiwa.

1 — korelacja c — spoiwo węglanowe, 2 — korelacja c — spoiwo ilaste.

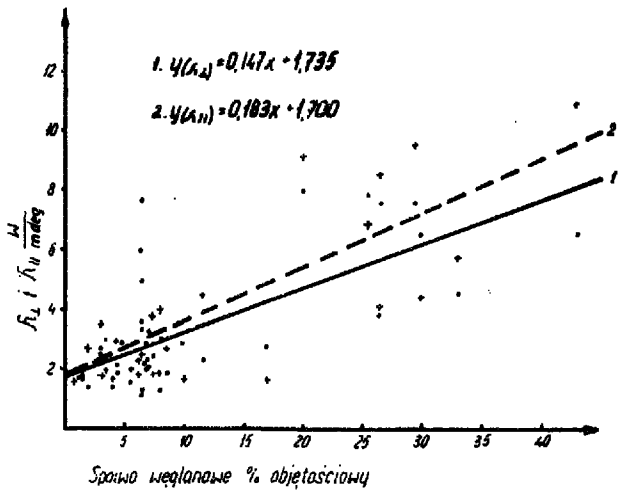
Fig. 1. Dependence of specific heat capacity (C) on cement content.

1 — correlation c — carbonate cement, 2 — correlation c — clay cement.

Właściwa pojemność cieplna dla przystropowej, pierwszej 25 cm warstewki piaskowców wynosi średnio $0,829 \frac{J}{kg \text{ deg}} \cdot 10^3$. Wartość ta jest zarazem naj-

niższa w całym rozpatrywanym interwale piaskowców, w którym występuje silne okruszcowanie siarczkami miedzi. Siarczki miedzi wykazują bardzo niskie wartości właściwej pojemności cieplnej, stąd też ich wysoki udział zaniża właściwą pojemność cieplną tych piaskowców. Według K. Chmury, właściwa pojemność cieplna chalkopirytu wynosi 3,94; a chalkocynku $3,70 \frac{J}{kg \text{ deg}} \cdot 10^3$. Ku spągowi zmniejsza się

udział spoiwa węglanowego na rzecz ilastego, ulega też zmniejszeniu w budowie skały udział siarczków, co wywołuje z kolei wzrost pojemności cieplnej.



Ryc. 2. Zależność wielkości współczynników przewodzenia ciepła (λ_{\perp} , λ_{\parallel}) od zawartości spoiwa węglanowego.

1 — λ_{\perp} — % spoiwo węglanowe, 2 — λ_{\parallel} — % spoiwo węglanowe.

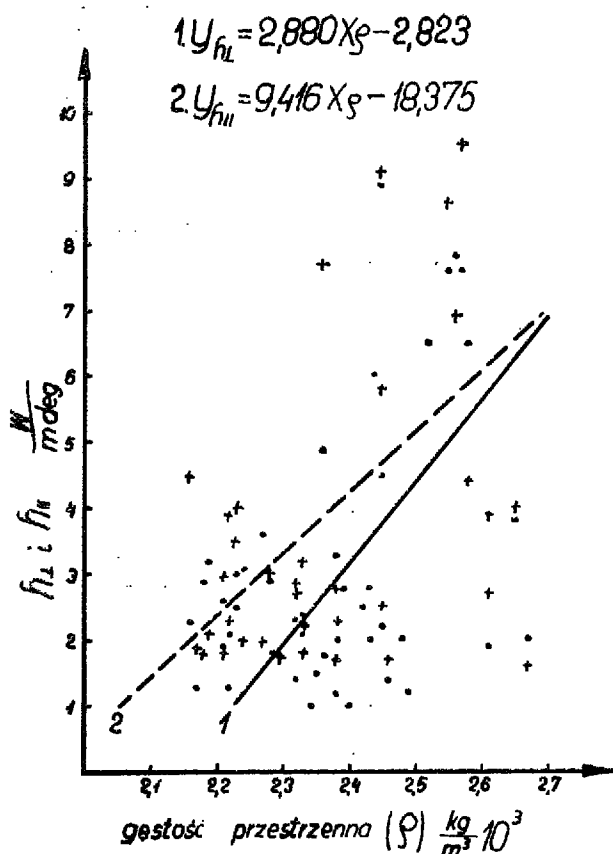
Fig. 2. Dependence of the value of heat conductance coefficients (λ_{\perp} , λ_{\parallel}) on carbonate cement content.

1 — λ_{\perp} — percentage of carbonate cement, 2 — λ_{\parallel} — percentage of carbonate cement.

W następnym przedziale głębokości 0,25—0,50 m pojemność cieplna wzrasta o 3,7% i wynosi średnio

$$0,860 \frac{J}{kg \text{ deg}} \cdot 10^3.$$

Wyraźny wzrost ku spągowi, właściwej pojemności cieplnej, obserwuje się w profilu uśrednionym do głębokości 1 m, od kontaktu z łupkami miedzionymi. Analizując zmienność właściwej pojemności cieplnej w poszczególnych badanych profilach stwierdza się mniej lub bardziej wyraźne 2 minima tego parametru. Pierwsze z nich przypada na stropową część piaskowców o spoiwie dolomitowym i częściowo dolomitowo-kalcytowym, drugie — mniej wyraźne w piaskowcach laminowanych.



Ryc. 3. Zależność wielkości współczynników przewodzenia ciepła (λ_{\perp} , λ_{\parallel}) od gęstości przestrzennej (ρ).
1 - $\lambda_{\perp} - \rho$, 2 - $\lambda_{\parallel} - \rho$.

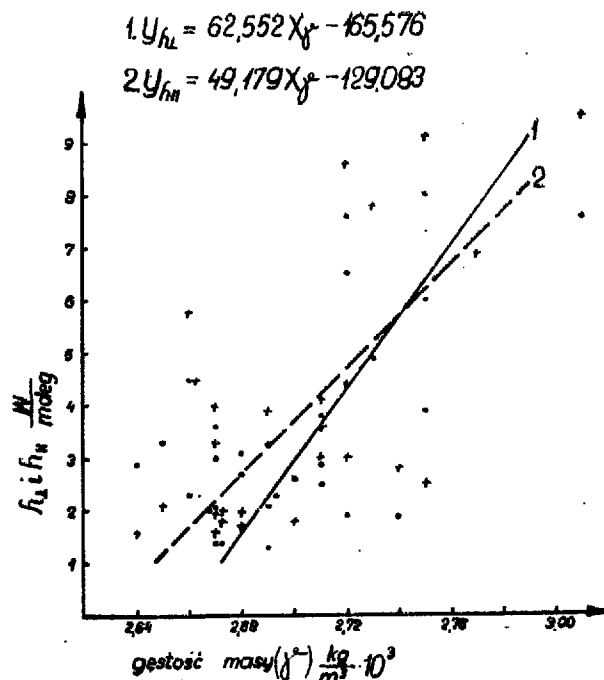
Fig. 3. Dependence of the value of heat conductance coefficients (λ_{\perp} , λ_{\parallel}) on spatial density (ρ).
1 - $\lambda_{\perp} - \rho$, 2 - $\lambda_{\parallel} - \rho$.

Zależność wielkości właściwej pojemności cieplnej od składu spoiwa badanych piaskowców sprawdzono, stosując rachunek korelacyjny (ryc. 1). Liczba korelacji właściwej pojemności cieplnej i zawartości w piaskowcach spoiwa węglanowego wynosi 0,965. Jest to wartość bardzo duża i świadczy ona o istnieniu korelacji bardzo pewnej (10). O dużej sile tej korelacji świadczy również bardzo wysoka wartość testu Fishera (44,701). Odwrotny wpływ na właściwą pojemność cieplną piaskowców wywiera wzrost udziału spoiwa ilastego.

Stwierdzona korelacja, w przeciwieństwie do węglanów, jest korelacją dodatnią. Wartość właściwej pojemności cieplnej rośnie więc w miarę wzrostu w badanych piaskowcach zawartości spoiwa ilastego. Liczba korelacji jest tu nieco niższa niż w poprzednim przypadku i wynosi 0,882. Biorąc pod uwagę wielkość liczby korelacji, zależność właściwej pojemności cieplnej od udziału spoiwa ilastego w piaskowcach uznać należy jako wysoką. Wartość testu Fishera w tym przypadku wynosi 14,770.

Współczynnik przewodzenia ciepła. Podobnie jak właściwa pojemność cieplna, w piaskowcach białego spagowca, zmienia się też współczynnik przewodzenia ciepła. Ogólnie przewodność cieplna piaskowców maleje od stropu ku spagowi (tab. I). Średnia wartość współczynnika przewodzenia ciepła, mierzony w kierunku prostopadłym do uławicenia w przystropowej warstewce piaskowców wynosi $5,871 \frac{W}{m \text{ deg}}$. Jako

odpowiednik mierzony w kierunku równoległym jest



Ryc. 4. Zależność wielkości współczynników przewodzenia ciepła (λ_{\perp} , λ_{\parallel}) od gęstości masy (γ).

1 - $\lambda_{\perp} - \gamma$, 2 - $\lambda_{\parallel} - \gamma$.

Fig. 4. Dependence of the value of heat conductance coefficients (λ_{\perp} , λ_{\parallel}) on mass density (γ).

1 - $\lambda_{\perp} - \gamma$, 2 - $\lambda_{\parallel} - \gamma$.

wyższy o około 11% i wynosi $6,466 \frac{W}{m \text{ deg}}$. Dalej ku spagowi

spagowi współczynnik przewodzenia ciepła zarówno w kierunku równoległym, jak i prostopadłym stopniowo maleje. W następnej 25 cm warstwie $\lambda_{\perp} =$

4,636; zaś $\lambda_{\parallel} = 5,373 \frac{W}{m \text{ deg}}$.

W obu przypadkach przewodność cieplna, w stosunku do piaskowców stropowych spada o około 20%. Dalej ku spagowi, obie wartości współczynnika przewodzenia ciepła maleją, nie mniej spadek ten nie jest jednakowy. Szybciej maleje wartość przewodności cieplnej w kierunku równoległym do płaszczyzny uławicenia.

Czynnikiem, wywierającym zasadniczy wpływ na wielkość współczynnika przewodzenia ciepła jest skład spoiwa oraz natężenie mineralizacji. Wzrostowi udziału spoiwa węglanowego i natężeniu mineralizacji towarzyszy wzrost przewodności cieplnej piaskowców (ryc. 2). Zależność tę potwierdza wyliczona korelacja między współczynnikami przewodzenia ciepła i udziałem w piaskowcach spoiwa węglanowego. Liczby korelacji ($r_{\lambda_{\perp}} = 0,747$; $r_{\lambda_{\parallel}} = 0,763$) wskazują na istnienie tu korelacji wyraźnej. Potwierdzają to również wartości testu Fishera, które dla kierunku prostopadłego wynoszą 7,985 a równoległego 7,985.

Stwierdzono ponadto istnienie związków korelacyjnych między niektórymi własnościami fizycznymi badanych piaskowców, a ich przewodnictwem cieplnym. Rozpatrywano tu wpływ na wielkość współczynnika przewodzenia ciepła, gęstości przestrzennej (ρ), gęstości masy (γ) i liczba porowatości (n). Są to oczywiście zależności pośrednie (drugiego rzędu), gdyż parametry te zależne są przede wszystkim od ilości, charakteru i składu mineralogicznego spoiwa. Z roz-

SREDNIE WIELKOŚCI WSPÓŁCZYNNIKÓW PRZEWODZENIA CIEPŁA W POSZCZEGÓLNYCH KLASACH I GĘSTOŚCI PRZESTRZENNEJ

Tabela II

Uziarnienia mm klasa uziarnienia	Gęstość przestrzenna $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10^3$ średnia gęstość przestrzenna ρ	Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda \frac{\text{W}}{\text{m deg}}$	
		λ_{\perp}	λ_{\parallel}
		2,11—2,20	2,18
2,21—2,30	2,24	2,447	2,650
2,31—2,40	2,35	2,554	2,103
2,41—2,50	2,45	5,011	4,822
2,51—2,60	2,56	7,214	8,072

patrywanych własności fizycznych dość duży wpływ na przewodność cieplną piaskowców wywiera gęstość przestrzenna (tab. II).

Wyliczone liczby korelacji wskazują, że między współczynnikami przewodzenia ciepła, a gęstością przestrzenną istnieje zależność istotna. Liczba korelacji dla współczynnika przewodzenia ciepła w kierunku prostopadłym do uławicenia wynosi 0,701; zaś dla równoległego 0,509. Stwierdzona korelacja jest korelacją prostoliniową (ryc. 3). Podejrzewać tu można, z dużym stopniem prawdopodobieństwa, że zależność ta ma charakter krzywoliniowy.

Jak wynika z danych zawartych w tab. II, wyraźny wzrost współczynników przewodzenia ciepła i to zarówno w kierunku prostopadłym, jak równoległym do płaszczyzny uławicenia, następuje dopiero wówczas, gdy gęstość przestrzenna przekracza wartość

$2,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10^3$. Tak wysoką gęstością przestrzenną cha-

rakteryzuje się piaskowiec o spoiwie węglanowym, zalegający w stropie białego spągowca. Fakt ten potwierdza w sposób pośredni wpływ jaki wywiera skład mineralny spoiwa piaskowców na ich przewodność cieplną.

Mniejszy wpływ, jak wykazały prowadzone badania, na przewodność cieplną piaskowców wywiera ich gęstość masy (ryc. 4). Obserwuje się tu dużo silniejszy wpływ tego parametru na wielkość współczynników przewodzenia ciepła w kierunku prostopadłym do płaszczyzny uławicenia ($r_{\perp} = 0,873$) niż równoległym ($r_{\parallel} = 0,300$). W przypadku pierwszym mamy do czynienia z zależnością znaczną, w drugim zaś z wyraźną, lecz niską. Znaczący wpływ na przewodność cieplną badanych piaskowców wywiera liczba porowatości (tab. III).

Zależność korelacyjna współczynników przewodzenia ciepła od wielkości liczby porowatości jest zależnością krzywoliniową (ryc. 5). Wielkość liczb korelacji ($r_{\perp} = 0,748$, $r_{\parallel} = 0,802$) świadczy o istnieniu korelacji wysokiej, a omawiana zależność jest zależnością znaczną (9). Charakterystyczną cechą otrzymanych krzywych korelacji, liczby porowatości i współczynników przewodzenia ciepła jest ich przecinanie się. Punkt przecięcia znajduje się przy wartości liczby porowatości wynoszącej 17,5%. Świadczy to o większym wpływie; powyżej tej wartości liczba porowatości ma przewodność ciepła piaskowców w kierunku równoległym do uławicenia. Ponadto w omawianych piaskowcach stwierdzono istnienie korelacji między wielkością współczynników przewodzenia ciepła, a prędkością rozprzestrzenienia się sprężystych fal podłużnych (ryc. 6). Liczba korelacji współczynników

SREDNIE WARTOŚCI PARAMETRÓW TERMICZNYCH PIASKOWCÓW W POSZCZEGÓLNYCH KLASACH LICZBY POROWATOŚCI

Tabela III

Liczba porowatości n %	Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda \frac{\text{W}}{\text{m deg}}$		Współczynnik przewodzenia (wyrównania) temperatury $a \frac{\text{m}^2 \cdot 10^{-6}}{\text{s}}$	
	λ_{\perp}	λ_{\parallel}	a_{\perp}	a_{\parallel}
	5—10	6,002	6,843	3,470
10—15	3,329	3,364	2,050	2,075
15—20	2,359	2,695	1,404	1,630
20—25	2,319	1,704	1,380	4,031
25—30	1,527	1,226	0,889	0,755

przewodzenia ciepła w kierunku prostopadłym do uławicenia i prędkości przewodzenia fali sprężystej, mierzonej w tym samym kierunku, wynosi 0,829.

Przy rozpatrywaniu korelacji wymienionych wielkości mierzonych w kierunku równoległym do uławicenia, otrzymano liczbę korelacji nieco niższą ($r = 0,522$). W przypadku pierwszym, zgodnie z przyjętą klasyfikacją, mamy do czynienia z korelacją wysoką zaś w drugim z umiarkowaną. Silniejszy związek między wynikami pomiarów tych parametrów w kierunku prostopadłym do płaszczyzny uławicenia potwierdzają otrzymane wartości testu Fishera. Wartość ta dla kierunku prostopadłego wynosi 11,529; a dla równoległego 4,137.

Współczynnik przewodzenia (wyrównania) temperatury. Podobnie jak współczynnik przewodzenia ciepła, choć nieco wolniej, wielkość współczynników przewodzenia (wyrównania) temperatury (tab. I) maleje od stropu piaskowców białego spągowca ku spągowi. Maksymalną wartością tego współczynnika, mierzonego w kierunku prostopadłym do uławicenia charakteryzują się piaskowce stropowe o spoiwie dolo-

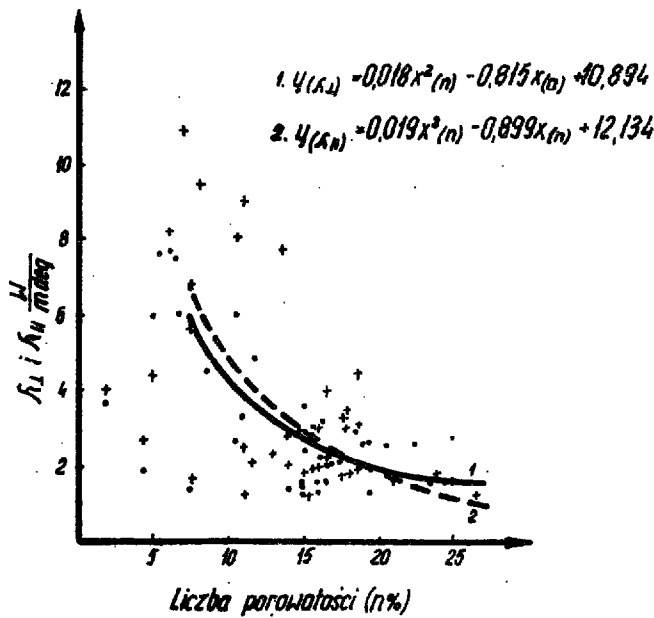
mitycznym $\left(3,462 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 10^{-6}\right)$.

Najwyższa jest tu również wartość powyższego współczynnika dla kierunku równoległego $\left(3,737 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 10^{-6}\right)$.

Wyraźny spadek wartości tego parametru obserwuje się do głębokości około 1,5 m od kontaktu z łupkami miedzionośnymi. Niżej, średnie wartości współczynników przewodzenia (wyrównania) temperatury, dla wydzielonych 25 cm miąższości warstewek, wahają się od 1,1 do $1,5 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 10^{-6}$. Systema-

tycznie też od stropu ku spągowi maleje różnica między średnią wartością wyrównania temperatury w kierunku prostopadłym i równoległym do uławicenia. Tu również, podobnie jak przy przewodnictwie cieplnym piaskowców, istnieje wyraźny wpływ składu mineralnego spoiwa, jego charakteru i porowatości na wielkość ich współczynników przewodzenia (wyrównania) temperatury (ryc. 7, tab. III). Wartość współczynników przewodzenia temperatury rośnie w miarę wzrostu udziału w piaskowcach spoiwa węglanowego. Stwierdzono tu istnienie korelacji wysokiej.

Liczba korelacji dla kierunku prostopadłego do uławicenia wynosi 0,702; zaś dla równoległego 0,715. Odwrótny wpływ, niż wzrost udziału w spoiwie węglanów na wartość współczynników przewodzenia (wyrównania) temperatury, wywiera liczba porowatości. W miarę wzrostu liczby porowatości, współczynniki te maleją i to zarówno dla kierunku prostopadłego jak i równoległego (ryc. 7). Jest to zależność krzywoliniowa.

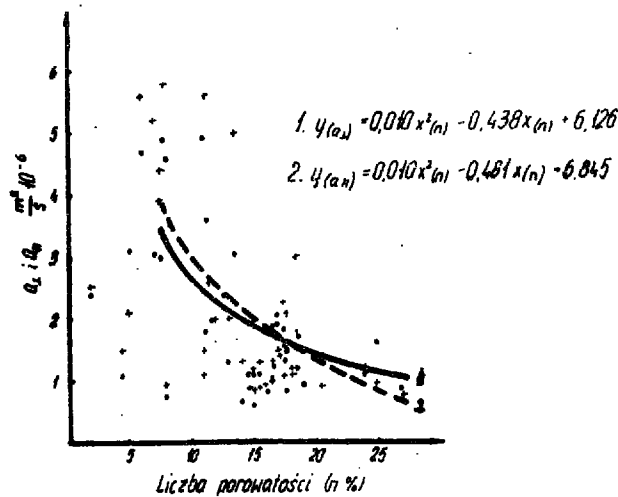


Ryc. 5. Zależność wielkości współczynników przewodzenia ciepła (λ_{\perp} , λ_{\parallel}) od liczby porowatości (n).

1 - λ_{\perp} - n, 2 - λ_{\parallel} - n.

Fig. 5. Dependence of the value of heat conduction coefficients (λ_{\perp} , λ_{\parallel}) on porosity number (n).

1 - λ_{\perp} - n, 2 - λ_{\parallel} - n.



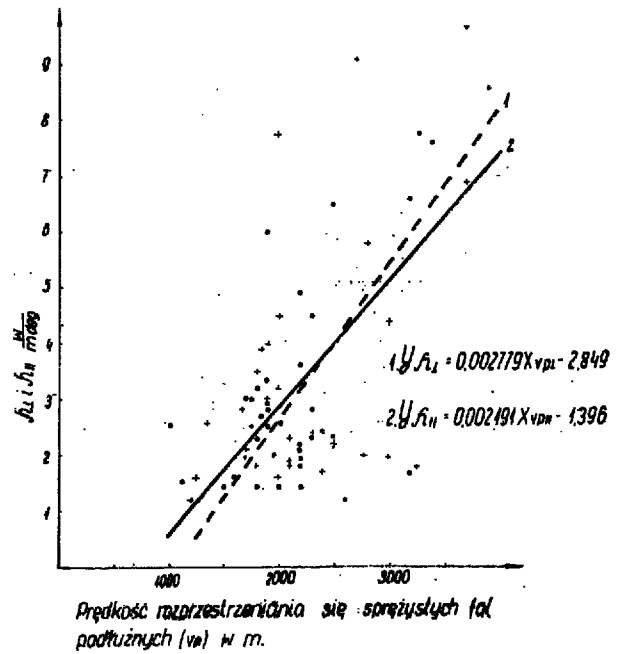
Ryc. 7. Zależność wielkości współczynników przewodzenia (wyrównania) temperatury (α_{\perp} , α_{\parallel}) od porowatości (n).

1 - α_{\perp} - n, 2 - α_{\parallel} - n.

Fig. 7. Dependence of the value of temperature conduction (adjustment) coefficients (α_{\perp} , α_{\parallel}) on porosity (n).

1 - α_{\perp} - n, 2 - α_{\parallel} - n.

Opór cieplny i zagęszczenie ciepła w strumieniu. W celu pełniejszego scharakteryzowania właściwości termicznych opisywanych piaskowców, dla wydzielonych interwałów głębokości wyliczono opór cieplny (R) i zagęszczenie ciepła w strumieniu (q). Wartość oporu cieplnego omawianych skał rośnie od ich kontaktu z łupkami miedzionośnymi ku spągowi (tab. I). Zagęszczenie ciepła w strumieniu wyliczono również

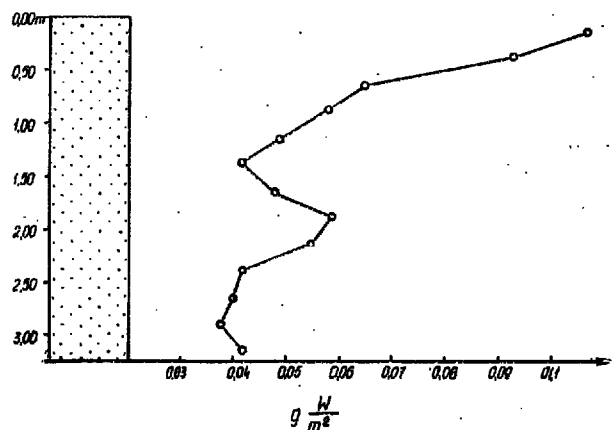


Ryc. 6. Zależność wielkości współczynników przewodzenia ciepła (λ_{\perp} , λ_{\parallel}) od prędkości rozprzestrzenia się sprężystych fal podłużnych (V_p).

1 - λ_{\perp} - V_p , 2 - λ_{\parallel} - V_p .

Fig. 6. Dependence of the value of heat conduction coefficients (λ_{\perp} , λ_{\parallel}) on velocity of spreading of elastic longitudinal waves (V_p).

1 - λ_{\perp} - V_p , 2 - λ_{\parallel} - V_p .



Ryc. 8. Wahania zagęszczenia ciepła w strumieniu (q') w pionowym profilu piaskowców.

1 - λ_{\perp} - n, 2 - λ_{\parallel} - n.

Fig. 8. Variation in concentration of heat in stream q' in vertical profile of sandstones.

1 - λ_{\perp} - n, 2 - λ_{\parallel} - n.

dla podanych wyżej interwałów głębokości. Wartość maksymalna tego parametru charakteryzuje stropową część badanych piaskowców i wynosi $0,117 \frac{W}{m^2}$

(ryc. 8). Następnie, ku spągowi, zagęszczenie ciepła w strumieniu bardzo szybko maleje, osiągając swe pierwsze minimum w interwale 1,25 do 1,50 m od

kontakty z łupkami miedzionośnymi ($\dot{q} = 0,042 \frac{W}{m^2}$).

Drugie minimum wartości tego parametru występuje na głębokości 2,75–3,00 m od wspomnianego wyżej kontaktu.

Badane piaskowce, ze względu na swe właściwości termiczne, mają poważne znaczenie w ocenie warunków termicznych złoża miedzi. Stropowa ich część, będąca często przedmiotem robót górniczych, odznacza się najwyższymi wartościami współczynników przewodzenia ciepła i przewodzenia (wyrównania) temperatury ze wszystkich ogniów litologicznych budujących złożo.

Na szczególną uwagę zasługują bardzo wysokie wartości współczynników mierzonych w kierunku równoległym do uławicenia. Decydować będą one o ilości ciepła doprowadzonego do wyrobiska, zwłaszcza w pierwszej fazie odprowadzania ciepła nagromadzonego w górotworze. Fakt ten może mieć również duże znaczenie przy ewentualnych, wyprzedzających robotach wybierkowych i ochładzaniu skał.

Z przeprowadzonych badań wynika również, że właściwości termiczne piaskowców zależą przede wszystkim od składu, charakteru i ilości spoiwa. Drugim elementem, wpływającym w poważnym stopniu na te właściwości, jest tekstura. Wpływ tej cechy jest szczególnie silny w warstwie piaskowców laminowanych.

LITERATURA

1. Alexandrowicz S. W. — Paleogeologia cechsztyńskich piaskowców lingulowych z rejonu Lubina. Zachodnia Polska, (praca w druku).
2. Chmura K. — Przewodność cieplna skał i węgla górnośląskiego karbonu. Zeszyty nauk. Pol. Śl. nr 190, Ser. Górnictwo, z. 26, 1968.
3. Chmura K. — Uwagi dotyczące gradientu geotermicznego i przewodności cieplnej skał obszaru Lubin — Polkowice. Ibidem nr 269. Ser. Górnictwo, z. 41, 1969.
4. Chmura K. Własności fizyko-termiczne skał niektórych polskich zagłębi górniczych. Wyd. Śląsk, 1971.
5. Downorowicz S., Dubiński K. — Warunki geotermiczne złoża rudy miedzi rejonu Lubin — Sieroszowice. Dokumentacja — Biuro Projektów Przemysłu Metali Nieżelaznych, 1963.
6. Downorowicz S. — Geotermika głębokich kopalń rud miedzi. Klasyfikacja geotermiczna złoża. Materiały na III Krajowy Zjazd Górnictwa Rud. cz. I. Lubin, 1971.

SUMMARY

Exploitation of copper ores often occurring at a remarkable depth raises a number of technical problems, first at all the problem of providing adequate working conditions for miners. As it is widely known, working conditions in mines primarily depend on moisture, rate of air supply to exploited area, and temperature. The amount of heat passing from rocks to mine atmosphere is partly influenced by thermic properties of rock massif.

The author started the studies on thermic conductance of rocks, including copper-bearing rocks of Polish copper basin. In the present paper the results of studies on thermal properties of Rotliegendes white sandstones from Lubin-Polkowice area are discussed.

7. Downorowicz S. — Geotermika głębokich kopalń rud miedzi i klasyfikacja geotermiczna złoża. Prz. geol. 1971, nr 12.
8. Frycz A. — Klimatyzacja kopalń. Wyd. Śląsk, 1969.
9. Grudiew A. P. — Ob istinnom urawnienii riegrisiji pri podszczotie zapasow elementow primisij. Rozwiedka i Ochrona Niedr. 1960, nr 26.
10. Guilford J. P. — Podstawowe metody statystyczne w psychologii i pedagogice. PWN, wyd. II, 1964.
11. Jarosz J. — Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna złoża „Lubin”. Rudy i met. niezel. 1968, nr 12.
12. Jarosz J. — Mineralizacja piaskowców białego spagowca — maszynopis. Biblioteka KGHM Lubin, 1970.
13. Konstantynowicz E. — Dalsze możliwości poszukiwań złóż rud miedzi na obszarze monokliny przedsudeckiej. Nowoczesność w górnictwie. Wrocław, 1970.
14. Kunysz N. M. — Nośność spągów kopalni Lubin. Rudy i Met. niezel. 1969, nr 1.
15. Kunysz N. M., Rylko L., Wawerska B. — Charakterystyka geomechaniczna skał w Lublińsko-Głogowskim Okręgu Miedziowym. Ibidem 1970, nr 7.
16. Kunysz N. M. — Analiza własności fizyko-mechanicznych skał na tle ich rozwoju litologicznego w monoklinie przedsudeckiej. Pol. Śl. — praca doktorska 1971.
17. Oberc J., Tomaszewski J. — Niektóre zagadnienia stratygrafii i podziału cechsztynu monokliny wrocławskiej. Prz. geol. 1963, nr 12.
18. Oktaba W. — Elementy statystyki matematycznej i metodyka doświadczalna. PWN, 1965.
19. Podemski M. — Szary spagowiec w okolicy Nowej Soli. Kwart. geol. 1970, nr 2.
20. Preidl M. — Perspektywy poszukiwań złóż rud miedzi w cechsztynie. Mat. na III Krajowy Zjazd Górnictwa Rud, cz. I. Lubin, 1971.
21. Szarapow I. P. — Primienienije matematičeskoj statistiki w gieologii. Izd. Niedra, 1965.
22. Tokarski A. — Lingula w piaskowcu monokliny przedsudeckiej. Odbitka sprawozdań z posiedzeń Oddziału PAN w Krakowie, 1966.
23. Wyżykowski J. — Dotychczasowe wyniki geologicznych prac badawczych a dalsze perspektywy stwierdzeń nowych złóż rud miedzi w Polsce. Biuletyn wybranych zagadnień z górnictwa rud miedzi „Cuprum”. Wrocław, 1971.
24. Zaczek F. — Geotermiczne warunki złoża rud miedzi w monoklinie przedsudeckiej. Pol. Śl. — praca doktorska, 1971.

РЕЗЮМЕ

Разработка залежей медной руды, залегающей на больших глубинах, сопряжена с решением ряда проблем технического характера и в особенности мероприятий по созданию соответствующих условий труда. Как известно, условия работы в подземных выработках определяются тремя главными факторами — влажностью воздуха, скоростью поступления воздуха в выработки и температурой. Количество тепла, передаваемого горными породами в атмосферу выработок, зависит от термических свойств окружающих пород.

Автор предпринял исследования по теплопроводности пород меднорудного бассейна. В статье представлены результаты испытания термических свойств песчаников белого лежня района Любин—Польковице.