

Andrzej STRUMIŃSKI, Zbigniew NĘDZA
Instytut Górniczo-Politechniki Wrocławskiej
Władysław TURKIEWICZ
CBPM - CUPRUM, Wrocław

WYKORZYSTANIE TERMOIZOLACJI WYROBISK GÓRNICZYCH DO POPRAWY WARUNKÓW KLIMATYCZNYCH W KOPALNIACH LGOM

Streszczenie. W artykule przedstawiono różne materiały i zaprawy izolacyjne oraz omówiono możliwość zastosowania do termoizolacji wyrobisk górniczych torkretu perlitowego oraz dwóch rodzajów torkretu anhydrytowego. Ponadto przedstawiono wpływ zastosowanych powłok termoizolacyjnych w chodniku badawczym na kształtowanie się w nim warunków klimatycznych.

HEAT - INSULATION OF MINING EXCAVATION UTILIZATION FOR CLIMATE CONDITIONS IMPROVEMENT IN LUBIN GŁOGÓW COPPER BASIN MINES

Summary. Different materials and insulating mortars are presented as well as possibilities of pearlite gunite and two kinds of anhydrite gunite utilization for heat - insulation of mining excavation are discussed in this paper. The influence of used, in testing gallery, heat - insulating cats used in testing gallery on the formation of climate condition there was presented too.

UTILISATION DU CALORIFUGEAGE DES CHANTIERS DE MINE POUR AMÉLIORER LES CONDITIONS CLIMATIQUES DANS LES MINES DE LGOM

Resumé. Dans l'article, on a présenté de différents matériaux et mortiers calorifuges ainsi que les possibilités de l'utilisation de la gunite de perlite et de deux sortes de gunite d'anhydrite pour le calorifugeage des chantiers de mine. On a aussi présenté l'influence des couches isolantes utilisées dans une galerie sur les conditions climatiques dans celle-ci.

1. WSTĘP

W kopalniach rud miedzi w okręgu lubińsko-głogowskim, w związku ze wzrostem głębokości eksploatacji, pojawiają się coraz częściej trudności w utrzymaniu odpowiednich warunków klimatycznych. Głównym czynnikiem wpływającym na wzrost temperatury w wyrobiskach górniczych tych kopalń jest przede wszystkim ciepło wypływające z górotworu. Intensywność wymiany ciepła między górotworem a atmosferą kopalnianą uzależniona jest od różnicy pomiędzy temperaturą pierwotną skał i temperaturą powietrza, termicznego oporu skały, termicznego oporu pomiędzy skałą a powietrzem oraz od czasu wychładzania. Bardzo istotne znaczenie dla określenia intensywności wymiany ciepła pomiędzy skałami a powietrzem mają fizykotermiczne własności skał.

Przepływ ciepła z górotworu do przyptywającego powietrza ma charakter nieustalony, jego szybkość maleje z czasem, a wychładzanie obejmuje coraz dalsze partie górotworu wokół wyrobiska. Do poprawy warunków klimatycznych w wyrobiskach górniczych należy dążyć przede wszystkim środkami wentylacyjnymi, poprzez zwiększenie ilości i prędkości powietrza, skracanie i osuszanie dróg doprowadzających świeże powietrze.

W doborze sposobu poprawy warunków klimatycznych należy zwrócić uwagę na proces wymiany ciepła i wilgoci na drogach dolotowych. W celu ograniczenia wypływu ciepła z górotworu należy zmniejszyć gradient temperatury między temperaturą powierzchniową skał a temperaturą pierwotną górotworu. Zadanie to może spełniać izolacja termiczna wyrobisk doprowadzających świeże powietrze. Wykonanie takiej izolacji powinno jednocześnie ograniczyć wilgotność powietrza, dzięki czemu temperatura powietrza kopalnianego może się częściowo obniżyć wskutek parowania wody na drogach dolotowych powietrza.

2. MATERIAŁY DO WYKONYWANIA POWŁOK TERMOIZOLACYJNYCH

Aktualnie istnieje możliwość skorzystania z różnorodnych materiałów, które cechuje dobra izolacyjność i wytrzymałość, co przemawia za ich zastosowaniem do wykonywania powłok termoizolacyjnych również w górnictwie. Zestawienie tych materiałów przedstawione zostało w tabeli 1 [2,3].

Szczególnie korzystnymi własnościami w zakresie termoizolacji cechuje się styropian oraz poliuretan spieniony. Styropian granulowany nadaje się do ciepłego izolowania wyrobisk górniczych w postaci styropianobetonowego torkretu. Styropianobeton jest materiałem otrzymywanym przez zmieszanie zaczynu cementowego lub zaprawy cementowej z granulakami styropianu. Zaletą takiego torkretu jest dobra przyczepność, izolacyjność i wytrzymałość. Torkret taki jest niepalny, nietoksyczny i słabonasiąkliwy.

W górnictwie podziemnym coraz szersze zastosowanie znajdują spoiwa. Są to mieszanki cementowe, wykorzystujące pyły dymnicowe, gips, perlit i anhydryt. Spoiwa stanowią substancje naturalne i sztuczne tworzące masę o dużej plastyczności, twardniejącą w czasie pod wpływem różnych czynników. Wymagane jest, aby w procesie samoutwardzania ulegały one szybkiemu wstępnemu stężeniu, a po zestaleniu uzyskiwały odpowiednie własności wytrzymałościowe.

Tabela 1

Własności materiałów i zapraw izolacyjnych

Lp.	Nazwa materiału	Gęstość objętościowa kg / m ³	Współczynnik przewodzenia ciepła W / mK
1	2	3	4
1	Gazobeton	450 - 550	0,120 - 0,190
2	Styropianobeton	600 - 700	0,130 - 0,160
3	Styropian	20 - 50	0,040 - 0,044
4	Poliuretan spieniony	30 - 100	0,038 - 0,044
5	Piana krylaminowa	100 -	0,045
6	Pianka Igloneige	15	0,030
7	Spoivo górnicze II	770 - 1000	0,140
8	Zaprawa z kruszywem keremzytowym	1150 - 1250	0,400 - 0,450
9	Zaprawa z kruszywem elporytowym	900 - 1100	0,200 - 0,300
10	Zaprawa perlitowa	639 - 903	0,290 - 0,600
11	Zaprawa cementowa napowietrzona	1500 - 1550	0,400 - 0,520
	Zaprawa sporządzana ze spoiwa		
12	anhydrytowego świeżego	800 - 1000	0,110
13	anhydrytowego suchego	400 - 600	0,200

Do produkcji materiałów izolacyjnych mogą być stosowane również materiały odpadowe, jak na przykład popioły lotne powstające w procesie suchego odpopielania węgla kamiennego. Popioły lotne nadają się do otrzymywania lekkich betonów, takich jak styropopiołobeton, piaskopopiołobeton, oraz spoiw górniczych (np. spoiwo górnicze H), ponieważ zawierają około 60% tlenków glinokrzemianów (SiO_2 i Al_2O_3) sprzyjających spulchnianiu zapraw.

W celu zwiększenia izolacyjności stosowanych zapraw należy dążyć do zmniejszenia współczynnika przewodnictwa cieplnego poprzez obniżenie ich gęstości objętościowej. W tym celu stosuje się napowietrzenie zapraw przez wprowadzenie do nich mieszanin związków powierzchniowo czynnych jako domieszek napowietrzających lub napowietrzająco uplastyczniających. Dodatki te podczas mieszania powodują powstawanie w zaprawie dużej ilości równomiernie rozłożonych pęcherzyków powietrza o wymiarach $20 \div 50 \mu\text{m}$. Zaprawa na styku z pęcherzykami powietrza po stwardnieniu ulega mineralizacji, tworząc stały składnik zaprawy. Napowietrzanie świeżej zaprawy powoduje zwiększenie jej urabialności oraz ciekłości. Równocześnie zmniejsza się o $10 \div 20\%$ na 1m^3 zaprawy zużycie materiałów wyjściowych.

Do wykonywania zapraw napowietrzanych można stosować cement portlandzki oraz cement szybko twardniejący. Jako kruszywo można stosować piasek kwarcowy, natomiast jako środek napowietrzający preparat krajowy Abiesod 84 [3].

3. ZASTOSOWANIE POWŁOK TERMOIZOLACYJNYCH W WYROBISKACH GÓRNICZYCH LGOM

Niżej omawia się doświadczenia uzyskane przy stosowaniu w kopalniach rud miedzi LGOM do termoizolacji torkretu perlitowego oraz torkretu anhydrytowego.

Charakterystyczną cechą perlitu jest zdolność do termicznego pęcznienia w zakresie temperatur od 900°C do 1200°C , z wielokrotnym powiększaniem objętości wypalanego materiału. Własności wyrobów izolacyjnych perlitowych przedstawiają się następująco:

- gęstość $0,4 - 0,5 \text{ g / cm}^3$,
- wytrzymałość na ściskanie $0,7 \text{ N / mm}^2$
- przewodność cieplna $0,089$ w temperaturze 20°C ,

0,092 w temperaturze 50°C,

0,150 w temperaturze 300°C.

Do wykonania warstwy termoizolacyjnej zastosowano metodę natryskową, co pozwoliło wyeliminować kosztowny szalunek. Zastosowano w tym celu urządzenie mieszająco-podające MP-1 oraz pneumatyczne urządzenie PP-1 do podawania materiałów sypkich i wiążących. W celu osiągnięcia większej przyczepności perlitowego torkretu do stropu, wykonano warstwę stykową z zaprawy cementowo-piaskowej w stosunku 1:2 o grubości 2 cm. Mieszanekę z betonu perlitowego natryskiwano warstwami o grubości od kilku milimetrów do kilku centymetrów. Kolejne warstwy natryskiwane po 16 godzinnych przerwach, nawilżając przed natryskiem poprzednią warstwę. Nakładane warstwy nawilżano wodą za pomocą dyszy raz na zmianę.

Na podstawie przeprowadzonych badań i obserwacji [4] można stwierdzić, że wykonany torkret perlitowy cechuje się dobrą przyczepnością do skał niezależnie od ich zawilgocenia, a po upływie kilku miesięcy od wykonania jest materiałem zwięzłym i szczelnym. Nie stwierdzono kruszenia ani odpadania torkretu od skał.

Drugim rodzajem torkretu termoizolacyjnego zastosowanego w wyrobiskach górniczych kopalń LGOM było szybkowiązące spoiwo anhydrytowe [4]. Zastosowane spoiwo anhydrytowe było suchą mieszaną, przygotowaną do stosowania po zarobieniu wodą z wodociągu lub wodą kopalnianą. Podstawowym składnikiem mieszanki był naturalny anhydryt P-920 w postaci mączki, stanowiący 90% całej masy spoiwa. Pozostałe 10% wagowo stanowią aktywatory twardnienia oraz dodatki modyfikujące, powodujące poryzowanie zaprawy i zwiększające przyczepność do podłoża oraz zapewniające dobre własności izolacyjne. Poprawę izolacyjności torkretu anhydrytowego uzyskano również poprzez zastosowanie perlitu jako lekkiego wypełniacza poryzowanej zaprawy anhydrytowej. Celem uzyskania zaprawy w stanie płynnym umożliwiającym nanoszenie powłok do grubości kilku centymetrów za pomocą torkretnic, suche spoiwo miesza się z wodą kopalnianą w stosunku 0,2 - 0,4.

W chodniku badawczym wykonano dwa odcinki próbne torkretu termoizolacyjnego na bazie spoiwa anhydrytowego. Pierwszy odcinek długości 150 m wykonano stosując torkret cementowo-anhydrytowy (torkret anhydrytowy I), drugi odcinek długości 300 m wykonano stosując torkret anhydrytowo-perlitowy (torkret anhydrytowy II). Do wykonania drugiego

odcinka warstwy termoizolacyjnej (torkret anhydrytowy II) zastosowano udoskonalony układ poryzowanego spoiwa anhydrytowego z perlitem jako wypełniaczem. Obserwacje warstwy wykonanej z torkretu anhydrytowego I wykazały, że jest on słabo wytrzymały na działanie wody i wilgoci. Wskutek nasiąkliwości i działania agresywnej wody powstały spękania i torkret odpajał się od ociosów. Natomiast warstwa wykonana z torkretu anhydrytowego II cechowała się dobrą trwałością i przyczepnością do podłoża.

4. WARUNKI KLIMATYCZNE PO ZASTOSOWANIU POWŁOK TERMOIZOLACYJNYCH

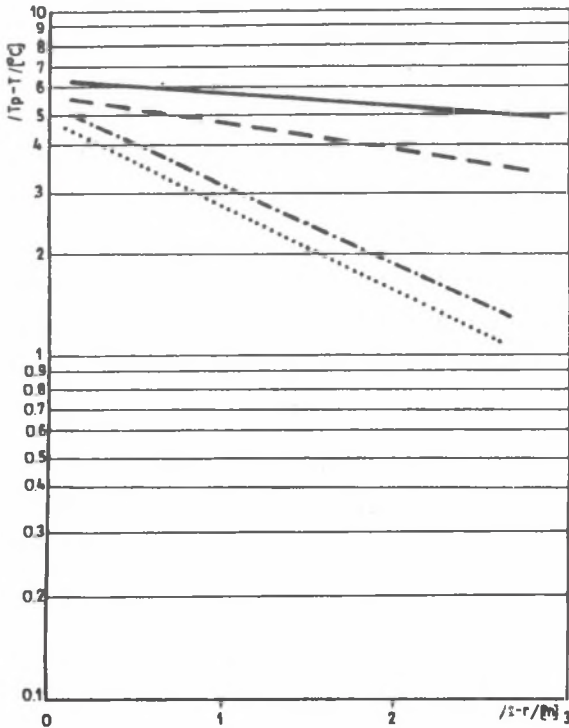
Po wykonaniu powłok termoizolacyjnych obserwowano zmiany warunków klimatycznych, z konieczności na bardzo krótkich odcinkach drogi przepływu powietrza w chodniku badawczym z naniesionymi powłokami termoizolacyjnymi. W celu wychwycenia efektywności zastosowanych izolacji analogiczne badania prowadzono na podobnych odcinkach tego samego chodnika niez izolowanego.

Na podstawie pomiarów stwierdzono następujące przyrosty temperatury w zależności od rodzaju stosowanej termoizolacji [4]:

- średnia wartość przyrostu temperatury suchej na długości 120 m chodnika niez izolowanego wynosiła $0,3^{\circ}\text{C}$ ($\Delta t = 0,25^{\circ}\text{C} / 100 \text{ mb}$ wyrobiska),
- średnia wartość przyrostu temperatury suchej na długości 180 m chodnika izolowanego torkretem perlitowym wynosiła $0,2^{\circ}\text{C}$ ($\Delta t = 0,11^{\circ}\text{C} / 100 \text{ mb}$ wyrobiska),
- średnia wartość przyrostu temperatury suchej na długości 120 m chodnika izolowanego cementowym torkretem anhydrytowym I wynosiła $0,2^{\circ}\text{C}$ ($\Delta t = 0,17^{\circ}\text{C} / 100 \text{ mb}$ wyrobiska),
- średnia wartość przyrostu temperatury suchej na długości 300 m chodnika izolowanego cementowym torkretem anhydrytowym II wynosiła $0,4^{\circ}\text{C}$ ($\Delta t = 0,13^{\circ}\text{C} / 100 \text{ mb}$ chodnika).

Analogiczne pomiary wykonane w chodniku równoległym do chodnika badawczego, przy mniejszym strumieniu objętości przepływającego powietrza, wykazały znacznie większe przyrosty temperatury powietrza, a mianowicie $\Delta t = 1,6^{\circ}\text{C} / 100 \text{ mb}$ wyrobiska.

Na podstawie przeprowadzonych badań określono przebiegi wychładzania górotworu nieizolowanego, izolowanego torkretem perlitowym, torkretem anhydrytowym I oraz torkretem anhydrytowym II, co zostało przedstawione na rysunku 1. Kąt nachylenia poszczególnych prostych charakteryzuje dyfuzyjność termiczną skał.



Rys. 1. Rozkład temperatur w górotworze w chodniku badawczym:

- temperatura w chodniku nieizolowanym
- - - temperatura w chodniku izolowanym torkretem anhydrytowym I
- · - · - temperatura w chodniku izolowanym torkretem anhydrytowym II
- · · · · temperatura w chodniku izolowanym torkretem perlitowym

Fig. 1. Rock temperature distribution in a testing gallery:

- rock temperature in an non - insulated gallery
- - - rock temperature in a gallery insulated by anhydritic shotcrete I
- · - · - rock temperature in a gallery insulated by anhydritic shotcrete II
- · · · · rock temperature in a gallery insulated by perlite shotcrete

5. ZAKOŃCZENIE

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące stwierdzenia i wnioski:

1. Analiza własności fizykotechnicznych spoiw cementowych oraz badania prób torkretów termoizolacyjnych wykazały, że spoiwa perlitowe i anhydrytowe spełniają wszelkie wymogi co do stosowania ich w wyrobiskach górniczych.
2. Proces nanoszenia termoizolacyjnych powłok perlitowych oraz anhydrytowych w wyrobisku doświadczalnym wykazał, że technologia torkretowania została opanowana i może być praktycznie realizowana.
3. Obserwacje wykonanych torkretów wykazały, że przyczepność do skał i wytrzymałość nałożonych powłok jest dobra. Jedynie próba z torkretu anhydrytowego I wykazała słabą wytrzymałość, pęcznienie w warunkach wilgotnych, odpajanie od skał oraz kruszenie.
4. Wstępne badania wpływu warstwy termoizolacyjnej na kształtowanie wartości temperatury powietrza wykazały wprost proporcjonalną zależność tej temperatury od strumienia objętości przepływającego powietrza, przy czym względną efektywność stosowanych izolacji należy odnosić w stosunku do ilości przepływającego powietrza.

LITERATURA

- [1] *Ogniotrwałe wyroby izolacyjne i szamotowe. Oferta Wrocławskich Zakładów Materiałów Ogniotrwałych*, Wrocław 1992.
- [2] *Analiza i określanie przydatności do izolacji termicznej wyrobisk górniczych w kopalniach LGOM krajowych materiałów izolacyjnych. Prace ZBiPM Cuprum*, Wrocław 1984.
- [3] *Opracowanie technologii izolacji termicznej wyrobisk górniczych w celu obniżenia temperatury powietrza w przodkach. Prace CPBM Cuprum*, Wrocław 1992.

- [4] *Określenie rzeczywistych parametrów cieplnych i izolacyjnych materiałów termoizolacyjnych na obrysie wyrobiska doświadczalnego w ZG "Rudna" w którym zastosowano różne technologie torkretu. Prace CPBM Cuprum, Wrocław 1993.*

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Konrad WANIELISTA

Wpłynęło do Redakcji w marcu 1994 r.

Abstract

In the Lubin Głogów Copper Basin copper mines by reason of exploitation at great depth, there occur some troubles in keeping the required climate conditions. One of the main elements affecting air temperature increase in these mines is the heat coming from rock mass. To limit it, we aim to decrease temperature gradient between rocks surface temperature and rock mass primary temperature. It appears that this task could be fulfilled by thermal insulation of excavation conveying fresh air to exploitation flats. In this paper results of investigations carried out in Copper Research and Design Center "Cuprum" on using heat - insulation coatings of anhydrite gunite and concrete - pearlite gunite are presented. Laboratory investigations of heat -insulation mixtures showed that concrete - gunite strength as well as one of two used anhydrite gunites is satisfactory and their parameters are very close to maximum values given by producers. In state of moistennes and saturation with water, these parameters are very close to lower values given by producers. Investigations on the influence of heat - insulating coating on air temperature level in mining excavations showed directly proportional dependence to air flowing stream volume.