

Badanie odporności odzieży ochronnej na promieniowanie cieplne – materiały odniesienia

W artykule przedstawiono wymagania i wyniki wstępnych badań materiałów odniesienia do metody badania odporności odzieży ochronnej na przenikanie promieniowania cieplnego. Zaproponowane materiały odniesienia charakteryzują się zróżnicowanymi poziomami właściwości ochronnych. Będą one wykorzystane do sprawdzania poprawności działania stanowisk pomiarowych w różnych laboratoriach.

Testing the resistance of protective clothing to heat radiance – reference materials

This article presents the requirements and pre-test results of reference materials for a method of testing the resistance of protective clothing to penetration by radiant heat. The proposed reference materials are characterized by differential levels of protective properties. These materials will be used for calibrating test equipment in different laboratories.

dr inż. GRAŻYNA BARTKOWIAK
mgr inż. SYLWIA KRZEMIŃSKA
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Wstęp

Różnorodność czynników gorących oraz zróżnicowane natężenia ich działania na stanowiskach pracy w hutach, zakładach metalurgicznych oraz podczas akcji gaszenia pożarów może stanowić problem w trakcie doboru odzieży ochronnej. Właściwości ochronne odzieży są badane za pomocą metod uwzględniających rodzaj ekspozycji na czynniki gorące, np. odporność na ciepło promieniowania, ciepło konwekcyjne, ciepło kontaktowe, małe i duże rozpryski płynnych metali. W celu ułatwienia doboru odzieży, wymagania dla poszczególnych parametrów charakteryzujących właściwości ochronne odzieży wobec czynników gorących przedstawiane są w postaci kilku klas lub poziomów ochrony. Jednakże, niejednokrotnie ze względu na rozbieżności w wynikach badań tego samego wyrobu przez różne ośrodki badawcze, nie jest możliwe precyzyjne jego zaklasyfikowanie do określonej klasy ochronnej. Stwarza to problem dla jednostek notyfikowanych, producentów i użytkowników, jak również organów kontrolnych, gdyż ten sam rodzaj materiału ochronnego, badany w różnych laboratoriach badawczych może być zakwalifikowanych do różnych klas ochrony.

Pomocne w rozwiązaniu tego problemu mogą być materiały odniesienia dla poszczególnych metod badawczych, obowiązujących w procesie certyfikacji odzieży ochronnej. Materiały odniesienia powinny charakteryzować się stałymi, nie zmieniającymi się parametrami ochronnymi powtarzalnymi i przyjętymi jako parametry odniesienia dla laboratoriów zajmujących się badaniami i klasyfikacją materiałów przeznaczonych na odzież ochronną. Ponadto, materiały odniesienia powinny być dostosowane do różnych poziomów właściwości ochronnych. Dlatego, w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym podjęto projekt badawczy, w ramach którego opracowano materiały odniesienia do metody badania odporności odzieży na działanie promieniowania cieplnego. Materiały odniesienia zostały dostosowane do zróżnicowanych klas ochrony odzieży i pozwolą na uzyskiwanie powtarzalnych wyników badań w różnych laboratoriach. Będą one wykorzystane przez laboratoria badawcze i jednostki notyfikowane zajmujące się badaniami odporności na promieniowanie cieplne i klasyfikacją materiałów przeznaczonych na odzież ochronną w tym zakresie [1].

Metoda badania odporności materiałów na działanie promieniowania cieplnego i klasyfikacja materiałów

Odporność na promieniowanie cieplne materiałów na odzież ochronną wyznacza się obecnie zgodnie z PN-EN ISO 6942:2005 [2] (zastępującą PN-EN 366:1995 [3]) przywoływaną jako metoda badawcza w najnowszych dokumentach normalizacyjnych przedstawiających wymagania dla odzieży ochronnej.

Zasada badania polega na poddaniu próbki materiału lub układu materiałów działaniu określonego natężenia strumienia promieniowania cieplnego (20 lub 40 kW/m²). Rejestrowany jest czas wzrostu temperatury kalorymetru miedzianego znajdującego się za próbką i będącego w bezpośrednim z nią kontakcie o 12 i 24 °C. Kalorymetr stosowany w tej metodzie wykonany jest z miedzi w kształcie prostokąta i charakteryzuje się wygięciem wzdłuż dłuższego boku do łuku, co pozwala na przyleganie próbki materiału do czoła kalorymetru.

Na fot. 1. przedstawiono stanowisko badawcze. Wynik badania wyrażany jest w po-

staci poziomów przenoszenia promieniowania cieplnego RHTI 24 (czas wzrostu temperatury kalorymetru o 24 °C, w sekundach) i RHTI 12 (czas wzrostu temperatury kalorymetru o 12 °C, w sekundach).

W tabelach przedstawiono klasyfikację materiałów w zakresie poziomów przenoszenia ciepła, zgodnie z opisaną metodą dotyczącą odzieży ochronnej dla pracowników przemysłu narażonych na działanie czynników gorących (tab. 1.), odzieży ochronnej dla strażaków (tab. 2.) oraz odzieży ochronnej dla strażaków przeznaczonej do wejścia w ogień (tab. 3.).

Wymagania dotyczące materiałów odniesienia

Biorąc pod uwagę ogólne właściwości jakimi powinien charakteryzować się materiał odniesienia oraz specyfikę analizowanej metody badawczej, w szczególności zaś rodzaj oraz sposób oddziaływania czynnika gorącego i klasyfikację parametrów ochronnych zawartą w przedmiotowych normach, opracowano wymagania dotyczące materiałów odniesienia do metody badania odporności materiałów na działanie promieniowania cieplnego.

Wymagania ogólne odnoszące się do materiałów odniesienia dotyczą:

- trwałości materiałów podczas przechowywania
- zachowania właściwości materiału i stabilności jego struktury na tym samym poziomie ochrony podczas badania (dotyczy wzorca wielokrotnego wykorzystania)
- odporności na działanie wysokiej temperatury
- stałej, powtarzalnej jakości materiału
- łatwego identyfikowania
- powszechnej dostępności.

Wymagania specjalne odnoszące się do materiałów odniesienia są związane z metodą badania i dotyczą:

- sposobu oddziaływania promieniowania cieplnego na materiał odniesienia
- natężenia strumienia ciepła kierowanego na materiał
- sposobu mocowania materiału w urządzeniu pomiarowym
- reprezentowania określonego poziomu ochrony.

Biorąc pod uwagę wymagania przedstawione w tabelach 1-3 założono, że **materiały odniesienia do metody wyznaczania odporności na przenikanie ciepła podczas działania promieniowania** wg PN-EN ISO

Tabela 1
POZIOMY WYMAGAŃ DLA ODZIEŻY CHRONIĄCEJ PRZED PROMIENIOWANIEM CIEPLNYM PRZY GĘSTOŚCI STRUMIENIA CIEPŁA 20 kW/m² WEDŁUG pr EN ISO 11 612:2004 [4]

Levels of requirements for clothing protecting against radiant heat at density of flux heat 20 kW/m² according to pr EN ISO 11 612:2004 [4]

Klasa ochrony	Poziom przenoszenia ciepła RHTI 24 [s]
C1	7 ≤ RHTI 24 < 20
C2	20 ≤ RHTI 24 < 50
C3	50 ≤ RHTI 24 < 95
C4	RHTI 24 ≥ 95

Tabela 2
POZIOMY WYMAGAŃ DLA ODZIEŻY CHRONIĄCEJ PRZED PROMIENIOWANIEM CIEPLNYM PRZY GĘSTOŚCI STRUMIENIA CIEPŁA 40 kW/m² WEDŁUG EN 469:2005 [5]

Levels of requirements for clothing protecting against radiant heat at density of flux heat 40 kW/m² according to EN 469:2005 [5]

Klasa ochrony	Poziom przenoszenia ciepła RHTI 24 [s]	Różnica RHTI 24 – RHTI 12 [s]
1	≥10,0	≥3
2	≥18,0	≥4

Tabela 3
POZIOMY WYMAGAŃ DLA ODZIEŻY CHRONIĄCEJ PRZED PROMIENIOWANIEM CIEPLNYM PRZY GĘSTOŚCI STRUMIENIA CIEPŁA 40 kW/m² WEDŁUG pr EN 1486:2003 [6]

Levels of requirements for clothing protecting against radiant heat at density of flux heat 40 kW/m² according to pr EN 1486:2003 [6]

Klasa ochrony	Poziom przenoszenia ciepła RHTI 24 [s]	Różnica RHTI 24 – RHTI 12 [s]
-	≥120,0	≥3

6942:2005 [2] powinny spełniać następujące wymagania odnoszące się do poziomu przenoszenia ciepła:

- dla gęstości działającego strumienia ciepła 20 kW/m²:
10 ≤ RHTI 24 < 20 s
20 ≤ RHTI 24 < 50 s
- dla gęstości działającego strumienia ciepła 40 kW/m²:
10 ≤ RHTI 24 < 18 s

Z uwagi na specyfikę metody badania odporności materiałów na działanie promieniowania cieplnego, materiały odniesienia powinny mieć powierzchnię umożliwiającą kontakt z wygiętą powierzchnią kalorymetru miedzianego stosowanego do badań.

Materiały do badań

Uwzględniając przedstawione założenia, do badań odporności na działanie promieniowania cieplnego wytypowano płytki z blachy stalowej kwasoodpornej i tkaniny specjalistyczne. Wytypowane materiały charakteryzowały się stabilnością termiczną i możliwością dopasowania do powierzchni

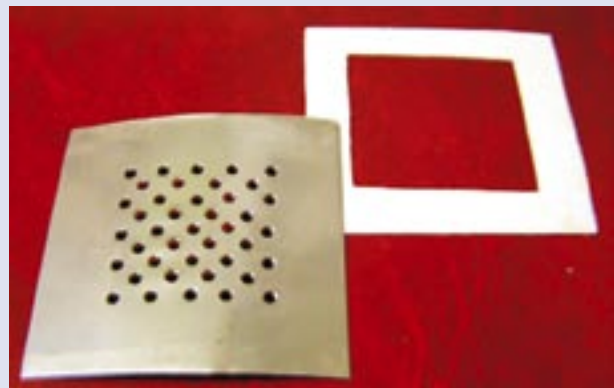
kalorymetru. Poziom ilości przenikającego ciepła, regulowano wielkością i ilością otworów w płytkach. W badaniach uwzględniono również tkaniny specjalistyczne, w tym tkaniny szklane, tkaniny szklane powleczone folią aluminiową i pokryte vermiculitem, tkaniny ceramiczne oraz tkaniny bawełniane impregnowane niepalnie [7]. Vermiculit stosowany do pokrycia tkanin szklanych jest minerałem charakteryzującym się tym, że po obróbce wysokotemperaturowej uzyskuje bardzo dobrą trwałość w zakresie temperatur -260 do 1200 °C. Tkaniny z włókien szklanych pokryte vermiculitem mogą być stosowane w temperaturze do 550 °C. Przy wyborze tkanin zwrócono uwagę na stabilność oraz jednorodność ich struktur.

Badaniom poddano blachy stalowe z nawierconymi otworami o symbolach B1-B4 oraz tkaniny specjalistyczne oznaczone symbolami: T1-T6. Charakterystykę materiałów przedstawiono w tabelach 4. i 5. Przykładowe materiały odniesienia przedstawiono na fot. 2. i 3.



Fot. 1. Stanowisko do badania odporności odzieży ochronnej na przenikanie promieniowania cieplnego

Photo. 1. Equipment for tests of the resistance of protective clothing to penetration by radiant heat



Fot. 2. Płytkę stalową z nawierconymi 41 otworami o średnicy 3 mm, z podkładką z ceramicznego papieru (materiał odniesienia o symbolu B2)

Photo. 2. Steel plate with 41 holes, 3 mm in diameter, with a ceramic paper sheet (B2 reference material)

CHARAKTERYSTYKA TKANIN WYTYPOWANYCH DO BADAŃ

Characteristic of textiles selected for tests

Wariant	Rodzaj tkaniny	Masa powierzchniowa [g/m ²]	Grubość [mm]
T1	Tkanina z włókien szklanych	390 ± 20	0,52
T2	Tkanina z włókien szklanych pokryta folią aluminiową	234 ± 11	0,24
T3	Tkanina z włókien szklanych pokryta folią aluminiową	638 ± 31	0,70
T4	Tkanina z włókien szklanych pokryta vermikulitem	650 ± 50	0,60
T5	Tkanina z włókien szklanych pokryta vermikulitem	1200 ± 50	1,2
T6	Tkanina z włókien szklanych pokryta folią aluminiową	535 ± 30	0,64

Tabela 4



Fot. 3. Próbkę tkanin szklanych pokrytych folią aluminiową (materiał odniesienia o symbolu T6) i vermikulitem (materiał odniesienia o symbolu T4)

Photo. 3. Glass textiles coated with aluminium foil (T6 reference material) and vermiculite (T4 reference material)

CHARAKTERYSTYKA BLACH STALOWYCH WYTYPOWANYCH DO BADAŃ

Characteristic of steel plates selected for tests

Wariant	Liczba/średnica otworów [mm]	Grubość [mm]	Charakterystyka blachy
B1	16/2	0,50	Oznaczenie: OH18N9 Wykończenie powierzchni: matowe
B2	41/3		
B3	25/2 + 16/4		
B4	25/2		

Tabela 5

Wyniki badań

Badanie prowadzono zgodnie z PN-EN ISO 6942:2005 [2] przy dwóch poziomach promieniowania cieplnego: 20 kW/m² i 40 kW/m².

Wyniki badań poziomów przenoszenia ciepła dla różnych natężeń promieniowania cieplnego przedstawiono na rysunkach 1. i 2., str. 34.

Wyniki uzyskanych badań wskazują, że przy oddziaływaniu niższego strumienia

(20 kW/m²) wartości poziomów przeniesienia ciepła RHTI 24 w badanych próbach wahały się w szerokim zakresie od 14,9 s (tkanina T1) do 722 s (tkanina T3). W odniesieniu do płytek z blachy o określonej liczbie i średnicy otworów, uzyskano pośrednie wartości RHTI 24: 36 s – B3, 41 s – B2 i 64 s – B1.

Podczas oddziaływaniu wyższego strumienia (40 kW/m²) wartości RHTI 24 mieściły się w przedziale 8 s (tkanina T4) do 172 s (tkanina T3). Analogicznie jak w odniesieniu

do niższego strumienia ciepła, pośrednie wartości RHTI 24 wyznaczono dla blach z nawierconymi otworami o zróżnicowanej średnicy i liczbie (B1 – 45 s; B2 – 23,24 s; B3 – 19,4 s; B4 – 42,1 s).

Uzyskane wyniki przeanalizowano pod kątem wykorzystania badanych prób na materiały odniesienia do sprawdzania poprawności działania stanowiska badawczego do wyznaczania odporności na przenikanie promieniowania cieplnego. W tym celu po-

równano otrzymane wyniki wartości RHTI 24 z wymaganiami przyjętymi dla materiałów odniesienia. Stwierdzono, że sześć z nich spełnia stawiane kryteria. Założone poziomy wskaźnika RHTI 24 uzyskały następujące materiały:

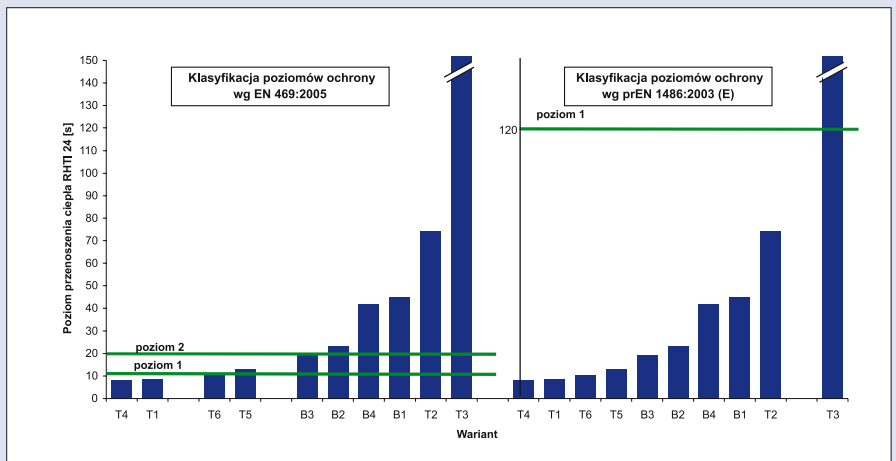
- $10 \leq RHTI\ 24 < 20$ s przy gęstości strumienia ciepła $20\ kW/m^2$: tkanina o symbolu T1, T4, T6
- $20 \leq RHTI\ 24 < 50$ s przy gęstości strumienia ciepła $20\ kW/m^2$: tkanina T5, blacha z otworami i B2i B3
- $10 \leq RHTI\ 24 < 18$ s przy gęstości strumienia ciepła $40\ kW/m^2$: tkanina T5.

Przeanalizowano również właściwości użytkowe materiałów proponowanych na materiały odniesienia. Uznano, że ze względu na niezbyt korzystną stabilność wymiarów należy zrezygnować z wykorzystania tkaniny z włókien szklanych o symbolu T1 (niestabilność wymiarów). Z kolei tkaniny szklane pokryte folią aluminiową o symbolach T2 i T3, charakteryzujące się dobrymi właściwościami użytkowymi, osiągnęły bardzo wysokie wartości RHTI 24, odległe od wartości granicznych przyjętych dla klas ochrony i zostały także odrzucone w dalszych badaniach.

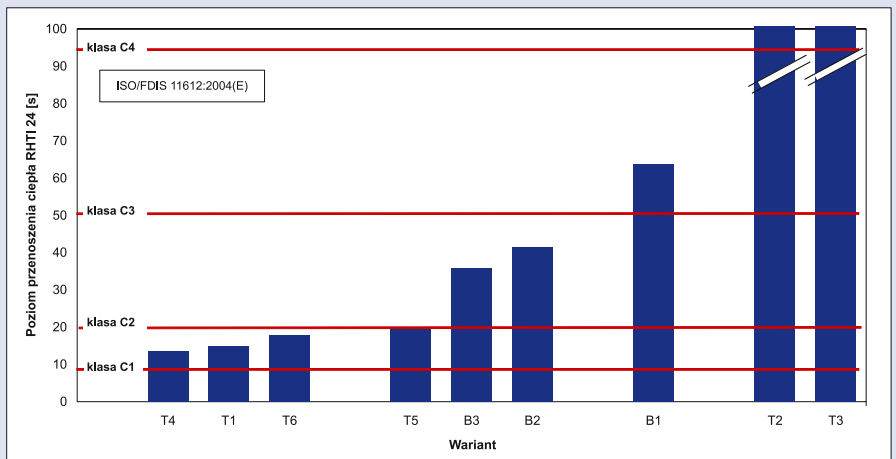
Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że materiałami, które spełniają przyjęte kryteria dla materiałów odniesienia do metody badania odporności odzieży ochronnej na działanie promieniowania ciepłego są odpowiednio dobrane tkaniny szklane pokryte vermiculitem lub folią aluminiową oraz płytki blachy z liczbą otworów odpowiednio dobraną do klasy ochrony. Materiały te wykazały stabilność podczas badań jak również charakteryzowały się wysoką powtarzalnością wyników badań.

Wytypowane materiały będą mogły być stosowane jako materiały odniesienia przez laboratoria badawcze i jednostki notyfikowane, odpowiedzialne za prawidłową klasyfikację materiałów przeznaczonych na odzież ochronną. Materiały odniesienia dostosowane do poszczególnych klas ochrony będą umożliwiły jednakową klasyfikację materiałów ochronnych o podobnych właściwościach przez laboratoria wykonujące ich badania. Użytkownicy odzieży ochronnej będą otrzymywali odzież prawidłowo zakwalifikowaną do klas ochrony, na podstawie których jest ona dobierana do poziomu



Rys. 1. Wyniki odporności na przenikanie ciepła przy działaniu promieniowania (strumień ciepły $Q_0 = 20\ kW/m^2$)
 Fig. 1. Results of resistance to heat radiant penetration (heat flux $Q_0 = 20\ kW/m^2$)



Rys. 2. Wyniki odporności na przenikanie ciepła przy działaniu promieniowania (strumień ciepły $Q_0 = 40\ kW/m^2$)
 Fig. 2. Results of resistance to heat radiant penetration (heat flux $Q_0 = 40\ kW/m^2$)

zagrożenia na stanowisku pracy. Powinno to przyczynić się do zwiększenia ich bezpieczeństwa podczas narażenia na działanie promieniowania ciepłego.

PIŚMIENNICTWO

[1] Bartkowiak G., Krzemińska S. Sprawozdanie z realizacji zad. 03.8 Opracowanie wzorców odniesienia do badań materiałów chroniących przed czynnikami gorącym. Etap nr 1 Opracowanie wymagań dla materiałów odniesienia o zróżnicowanych poziomach właściwości ochronnych oraz wyselekcjonowanie materiałów na wzorce. CIOP-PIB, Warszawa 2005
 [2] PN-EN ISO 6942:2005 Odzież ochronna. Ochrona przed gorącym i ogniem. Metoda badania: Ocena ma-

teriałów i zestawów materiałów poddanych działaniu promieniowania ciepłego
 [3] PN EN 366: 1995 Odzież ochronna. Ochrona przed gorącym i ogniem. Metoda badania: Ocena materiałów i zestawów materiałów poddanych działaniu promieniowania ciepłego
 [4] pr EN ISO 11612:2004 Protective clothing – Clothing to protect against heat and flame
 [5] EN 469:2005 Protective clothing for firefighters – Performance requirements for protective clothing for firefighting
 [6] pr EN 1486:2003 Protective clothing for fire-fighters – Test methods and requirements for reflective clothing for specialised fire-fighting
 [7] Materiały informacyjne firmy PABIANTEX

Publikacja opracowana na podstawie wyników zadania realizowanego w ramach II etapu programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej” dofinansowywanego w latach 2005-2007 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy