

**Sylwia KRZEMIŃSKA, Grażyna BARTKOWIAK**

CENTRALNY INSTYTUT OCHRONY PRACY - PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY,  
ZAKŁAD OCHRON OSOBISTYCH, PRACOWNIA ODZIEŻY OCHRONNEJ,  
ul. Wierzbowa 48, 90-133 Łódź

## Opracowanie materiałów odniesienia do sprawdzania stanowiska do badań odporności odzieży ochronnej na promieniowanie ciepłe

Dr inż. Sylwia KRZEMIŃSKA

Adiunkt w Pracowni Odzieży Ochronnej w Zakładzie Ochron Osobistych w Łodzi, Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie. Specjalizuje się w zagadnieniach związanych z opracowywaniem metod i stanowisk do badań odzieży ochronnej stosowanej w warunkach zagrożenia czynnikami szkodliwymi oraz w opracowywaniu nowych rozwiązań materiałowych.



e-mail: sykrz@ciop.lodz.pl

Dr inż. Grażyna BARTKOWIAK

Kierownik Pracowni Odzieży Ochronnej w Zakładzie Ochron Osobistych w Łodzi, Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie. Specjalizuje się w zagadnieniach związanych z opracowywaniem nowych rodzajów odzieży przeznaczonej do stosowania w środowisku pracy oraz badaniach dotyczących wpływu odzieży na organizm użytkownika.



e-mail: grbar@ciop.lodz.pl

### Streszczenie

W publikacji przedstawiono materiały odniesienia do sprawdzania stanowiska do badań odporności odzieży ochronnej na promieniowanie ciepłe. Do badań parametru poziomu przenoszenia ciepła zastosowano materiały w formie trzech wariantów płytek z blachy. Badania wewnątrzlaboratoryjne i międzylaboratoryjne wskazują, że płytki umożliwiają uzyskanie wysokiej powtarzalności wyników podczas badania w różnych laboratoriach, co wskazuje na niski poziom różnicy krytycznej powtarzalności ( $2,7 \div 5,7\%$ ).

**Słowa kluczowe:** materiały odniesienia, materiały do sprawdzania stanowiska, właściwości ochronne przed promieniowaniem ciepłym, odzież ochronna, promieniowanie ciepłe.

### Development of reference materials for calibration of a stand for testing the resistance of protective clothing to radiation heat

#### Abstract

The developed reference materials to be used to check a stand for testing protective clothing resistance to radiant heat according to PN-EN ISO 6942:2005 are presented (Fig. 1) [5]. A protective parameter referred to as the radiant heat transfer index  $RHTI_{24}$  is the result of the study. Acid-resistant steel plates were selected for production of reference materials. The amount of radiant heat penetrating the plate was regulated by using different numbers and diameters of apertures (Fig. 2). The developed materials were subjected to tests to determine the protection classes of the particular plate variants according to the classification of protective clothing materials compliant with PN-EN 11 612:2011 (Tab. 1) [4]. The results of intralaboratory and interlaboratory studies demonstrate that the plates make it possible to obtain high repeatability of the resultant  $RHTI_{24}$  values, which is indicated by a low level of critical repeatability difference ( $2.7 \div 5.7\%$ ) (Tab. 3). The rather high level of critical reproducibility obtained (73% for plate no 3, Tab. 3) indicating differences among the particular laboratories does not exclude the application of the plate in an individual laboratory because the observed differences may have been due to differences in construction of the test stands. The plates can serve as reference materials for checking the stand for testing heat resistance of protective materials, qualified to the most common classes of protection - 2 and 3.

**Keywords:** reference materials, materials for checking the apparatus, protective properties, protective clothing, radiation heat.

## 1. Wprowadzenie

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 [1]. Właściwości ochronne odzieży są badane zgodnie z metodami uwzględniającymi rodzaj ekspozycji na czynniki gorące np. odporność na

ciepło promieniowania, ciepło konwekcyjne, ciepło kontaktowe, małe i duże rozpryski płynnych metali [2, 3]. W celu ułatwienia doboru odzieży, wymagania dla poszczególnych parametrów charakteryzujących właściwości ochronne odzieży wobec czynników gorących przedstawiane są w postaci kilku klas ochrony [4]. Niejednokrotnie ze względu na rozbieżności w wynikach badań tego samego materiału odzieżowego przez różne laboratoria 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 materiał, zbadany w różnych laboratoriach badawczych może zostać zakwalifikowany do różnych klas ochrony.

Celem pracy było opracowanie materiałów odniesienia, które mogłyby być stosowane do sprawdzania stanowiska do badania wytypowanego parametru ochronnego odzieży zabezpieczającej przed czynnikami termicznymi - odporności materiałów na promieniowanie ciepłe. W ten sposób, materiały odniesienia mogłyby stanowić pomocne narzędzie w jednoznacznej klasyfikacji odzieżowych materiałów ochronnych pod względem reprezentowanego poziomu ochrony.

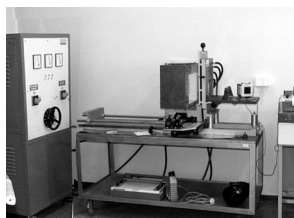
Zakres pracy obejmował określenie wymagań dla proponowanych materiałów odniesienia, ich opracowanie oraz wytworzenie, a także przeprowadzenie wstępnych badań sprawdzających na stanowisku do wyznaczania odporności materiałów odzieżowych na działanie promieniowania ciepłego.

## 2. Metodyka pracy

### Metoda badawcza

Odporność na promieniowanie ciepłe materiałów przeznaczonych na odzież ochronną wyznacza się zgodnie z normą PN-EN ISO 6942:2005 [5], dotyczącą oceny materiałów i zestawów materiałów odzieżowych poddanych działaniu promieniowania ciepłego. Zasada badania polega na poddaniu próbki materiału odzieżowego działaniu promieniowania ciepłego natężenia ( $20 \text{ kW/m}^2$ ). W trakcie badania, rejestrator odnotowuje czas wzrostu temperatury kalorymetru, umieszczonego bezpośrednio za próbką (o  $24^\circ\text{C}$ ). Kalorymetr wykonany jest z miedzi, posiada kształt prostokąta i wygiętego w łuk wzdłuż dłuższego boku, co pozwala na przyleganie próbki materiału do czoła kalorymetru.

Wynikiem badania jest parametr ochronny określany jako poziom przenoszenia promieniowania ciepłego  $RHTI_{24}$ , wyznaczany na podstawie czasu wzrostu temperatury kalorymetru. Fotografii stanowiska do badania odporności materiałów odzieżowych na promieniowanie ciepłe przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Fotografia stanowiska do badania odporności materiałów odzieżowych na promieniowanie ciepłe

Fig. 1. Photo of the stand for testing the resistance of clothing materials to radiation heat

Biorąc pod uwagę wartość uzyskanego w trakcie badania parametru ochronnego - poziomu przenoszenia promieniowania ciepłego  $RHTI_{24}$ , materiały na odzież ochronną są klasyfikowane do odpowiedniej klasy ochrony [4] (tab. 1).

Tab. 1. Klasyfikacja materiałów odzieży ochronnej przeznaczonej dla pracowników przemysłu narażonych na działanie promieniowania ciepłego zgodnie z PN-EN 11 612:2011

Tab. 1 Classification of protective clothing materials for industrial workers exposed to thermal radiation

Klasa ochrony (kod)	Poziom przenoszenia promieniowania ciepłego $RHTI_{24}, s$
C1	$7 \leq RHTI_{24} < 20$
C2	$20 \leq RHTI_{24} < 50$
C3	$50 \leq RHTI_{24} < 95$
C4	$RHTI_{24} \geq 95$

### Wymagania dla materiałów odniesienia

Materiały odniesienia powinny charakteryzować się stabilnymi właściwościami, nie zmieniającymi się w trakcie ich przechowywania i użytkowania. Stąd też za niezwykle ważny uznano dobór odpowiedniego surowca do wytworzenia materiałów odniesienia. Jednocześnie, w przypadku stosowania tego rodzaju materiałów do sprawdzania stanowisk do badań właściwości ochronnych odzieży, materiały odniesienia powinny być dostosowane do różnych klas ochrony, odzwierciedlających zróżnicowany poziom narażenia na dany czynnik szkodliwy w środowisku pracy. Biorąc to pod uwagę, podczas opracowywania wymagań dla materiałów odniesienia uwzględniono specyfikę oddziaływania promieniowania ciepłego oraz klasyfikację materiałów odzieżowych względem parametru charakteryzującego właściwości ochronne. Przyjęto również, że powszechnie stosowane w odzieży ochronnej materiały włókiennicze nie są odpowiednie jako materiał odniesienia ze względu na niejednorodność.

Wymagania dotyczące materiałów odniesienia do wzorcowania stanowiska do badań odporności odzieży ochronnej na promieniowanie ciepłe usystematyzowano w dwóch grupach jako:

#### Wymagania ogólne:

- trwałość podczas przechowywania i użytkowania,
- niezmienność właściwości w czasie,
- odporność na działanie wysokiej temperatury,
- powtarzalność wykonania,
- dostępność.

#### Wymagania specyficzne, wynikające z metodyki badania:

- odporność na natężenie strumienia promieniowania ciepłego kierowanego na materiał ( $20 \text{ KW/m}^2$ ),
- możliwość prawidłowego umieszczenia na stanowisku pomiarowym, pozwalająca na bezpośredni kontakt materiału odniesienia z powierzchnią kalorymetru,
- reprezentowanie przez dany materiał odniesienia określonej klasy ochrony.

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

Biorąc pod uwagę klasyfikację materiałów odzieży ochronnej pod względem odporności na działanie promieniowania ciepłego, podaną w normie [4] (tab. 1) stwierdzono, że dany materiał odniesienia powinien przynależać do określonej klasy. Najczęściej odzieżowe materiały ochronne zaliczane są do pierwszej (C1) lub drugiej (C2) klasy ochrony. Stąd też założono, że materiały odniesienia do wzorcowania stanowiska powinny charakteryzować się wartościami zbliżonymi do granic tych klas ochrony lub mieścić się pośrodku zakresu danej klasy ochrony.

### Materiały do badań

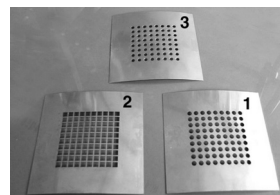
Do wytworzenia materiałów odniesienia do sprawdzania stanowiska do badań odporności na działanie promieniowania ciepłego rozważano zastosowanie specjalistycznych tkanin z włókien bazaltowych, płytek ceramicznych ze spieku tlenku glinu oraz płytek ze stali. Badania wstępne wykazały, że tkaniny charakteryzują się małą stabilnością właściwości w czasie, a płytki ceramiczne ze względów technologicznych (wyginanie płytek) nie mogły być wykonane w zróżnicowanej grubości, co uniemożliwiło opracowanie materiałów do różnych klas ochrony. Stąd też wytypowano blachę stalową kwasoodporną o symbolu OH18N9 i grubości 0,5 mm. Z blachy wycięto płytki o wymiarach 9,0 x 9,0 cm. Ilość promieniowania ciepłego przenikającego przez płytkę regulowano poprzez zastosowanie zróżnicowanej liczby i średnicy otworów. Otwory rozmieszczone zostały na powierzchni kwadratu o wymiarach 4,2 x 4,2 cm, odpowiadający kształtowi kalorymetru. W ten sposób starano się uzyskać zróżnicowanie badanego wskaźnika - poziomu przenoszenia promieniowania ciepłego  $RHTI_{24}$ . Ilość otworów w płytkach była na początku dobierana metodą prób i błędów tak by osiągnąć wartości parametru przenikania ciepła zbliżone do założonych. Wówczas zmieniając średnicę określonej liczby otworów doprecyzowywano zakładane wartości.

Po wstępnych badaniach do dalszych prób przygotowano następujące płytki:

- płytka nr 1 - 81 otworów, średnica otworu 3,8 mm,
- płytka nr 2 - 100 otworów, wymiar otworu 4x4 mm,
- płytka nr 3 - 64 otwory, średnica otworu 2,6 mm,

W trakcie badania, płytki traktowano jako próbki materiałów odzieżowych stosowane podczas standardowego badania odporności na działanie promieniowania ciepłego, prowadzonego zgodnie z normą PN-EN ISO 6942:2005 [5].

Na rysunku 2 przedstawiono fotografię płytek zaproponowanych na materiały odniesienia.



Rys. 2. Fotografia płytek zaproponowanych na materiały odniesienia do badania odporności materiałów odzieżowych na promieniowanie ciepłe: płytka nr 1; płytka nr 2; płytka nr 3

Fig. 2. Photo of the plates proposed as reference materials for testing the clothing material resistance to thermal radiation: plate No. 1; plate No. 2; plate No. 3

Opracowane materiały odniesienia charakteryzowały się stabilnością termiczną i możliwością dopasowania do powierzchni kalorymetru. W dalszej części pracy zostały one poddane badaniom w celu potwierdzenia wymagania specyficznego, stawianego wzorcom do określenia przez płytkę danej klasy ochrony na działanie promieniowania ciepłego.

### Metodyka oceny materiałów odniesienia

Materiały odniesienia oceniano na podstawie przeprowadzonych badań wewnątrzlaboratoryjnych i międzylaboratoryjnych, w ramach których wyznaczano odporność na przenikanie promieniowania ciepłego zgodnie z normą PN-EN ISO 6942:2005,

stosując natężenia strumienia promieniowania cieplnego  $20 \text{ kW/m}^2$ . Wynikiem badania był poziom przenoszenia promieniowania cieplnego  $\text{RHTI}_{24}$ , wyznaczany z pięciu pomiarów.

Do badań wewnątrzlaboratoryjnych, ukierunkowanych na określenie zakresu przynależności do określonej klasy zaproponowanych płytek w zakresie ich przynależności do określonej klasy ochrony i określenia powtarzalności wyników badań. Zastosowano po jednej płytce z każdego rodzaju materiałów odniesienia. Dla każdej płytki wykonano dwie serie pomiarowe. Serie pomiarowe obejmowały po 5 pomiarów dla każdej płytki. Badania wykonywane były na ochłodzonych płytkach, w odstępie czasowym 24 lub 48 h. Temperatura w laboratorium wynosiła  $21\text{--}23 \text{ }^\circ\text{C}$ . W celu sprawdzenia, czy występuje istotna różnica statystyczna między wartościami średnimi i wariancjami obliczonymi z dwóch serii pomiarów dla dwóch płytek przeprowadzono analizę statystyczną z zastosowaniem testu F-Fishera i t-Studenta.

W celu sprawdzenia odtwarzalności wyników badań odporności na przenikanie ciepła podczas działania promieniowania z wykorzystaniem przygotowanych materiałów odniesienia przeprowadzono międzylaboratoryjne badania porównawcze. W badaniach uczestniczyły cztery laboratoria badawcze z europejskich jednostek notyfikowanych w zakresie Dyrektywy 89/686/EWG dotyczącej środków ochrony indywidualnej:

- EMPA Abteilung Schutz und Physiologie – Szwajcaria,
- FIOH (Finish Institute of Occupational Health) - Finlandia
- IIMW (Instytut Inżynierii materiałów Włókienniczych – Polska
- CIOP-PIB (Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy) – Polska.

Organizatorem i koordynatorem badań było laboratorium CIOP-PIB. Do każdego laboratorium przesłano zestaw trzech par płytek (po dwie płytki nr 1, nr 2, nr 3). Każde laboratorium wykonało dwie serie pomiarowe z wykorzystaniem otrzymanych płytek. W celu zachowania poufności badań przy przedstawianiu wyników badań posługiwano się kodami (laboratorium nr I, II, III, IV).

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej wg PN-ISO 5725-2:2002 [6] i PN-P/04600:1991 [7]. Korzystano z testu Dixona i Cochra na celu ustalenia, czy występuje istotna rozbieżność między wariancjami i wartościami średnimi wyników dla badanych płytek w I i II serii pomiarowej. Korzystając z Przewodnika ISO/IEC 43:1997 (Załącznik A) [8] wyznaczono tzw. wartości wskaźnika Z-score, stanowiącego kryterium oceny wyników badań uzyskanych w porównaniach międzylaboratoryjnych wg wzoru:

$$Z\text{-score} = \frac{x - X}{S}, \quad (1)$$

gdzie:  $x$  – wartość średnia w danym laboratorium,  $X$  – wartość umownie prawdziwa (przypisana), przyjęto medianę ogólną,  $S$  – odchylenie standardowe międzylaboratoryjne.

Kryterium dotyczące bezwzględnej wartości wskaźnika Z-score przyjęto:  $Z \leq 2$  – wynik zadowalający,  $2 < Z < 3$  – wynik wątpliwy,  $Z \geq 3$  – wynik niezadowalający.

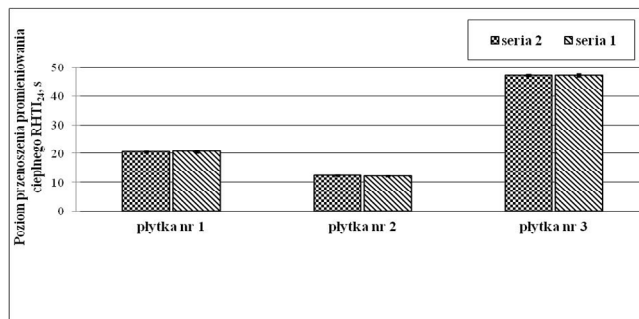
### 3. Wyniki badań i ich omówienie

#### Badania wewnątrzlaboratoryjne

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że wartości poziomów przenoszenia ciepła  $\text{RHTI}_{24}$  dla badanych rodzajów płytek były zróżnicowane i wynosiły: 20,5; 12,2 i 47,2 s odpowiednio dla płytki nr 1, płytki nr 2 i płytki nr 3 (rys. 3). Wyniki badań wskazują, że  $\text{RHTI}_{24}$  dla płytki nr 1 znajduje się blisko dolnej granicy 2. klasy ochronnej (C2), zgodnie z klasyfikacją podaną w normie z PN-EN 11 612:2011. Natomiast płytka nr 2 uzyskała wartość parametru ochronnego w środkowym zakresie 1. klasy ochrony (C1). Dla płytki nr 3 odnotowano wartość poziomu przenoszenia ciepła zbliżoną do górnej granicy 2. klasy ochrony (C2).

Stwierdzono, że zastosowane płytki stanowią odpowiednie materiały odniesienia do sprawdzania stanowiska badawczego do badania odporności materiałów ochronnych, gdyż odpowiadają 2

i 3 klasie ochrony zgodnie z PN-EN 11 612:2011. Uzyskane wyniki uznano za korzystne, gdyż powyższe klasy ochrony najczęściej charakteryzują materiały stosowane na odzież chroniąca przed promieniowaniem cieplnym.



Rys. 3. Wyniki badań poziomu przenoszenia promieniowania cieplnego  $\text{RHTI}_{24}$  dla materiałów odniesienia uzyskanych w ramach badań wewnątrzlaboratoryjnych  
Fig. 3. Test results of the radiant heat transfer index  $\text{RHTI}_{24}$  for reference materials obtained from intralaboratory investigations

Wyniki analizy statystycznej badań odporności materiałów odniesienia na promieniowanie cieplne wykonanych w ramach badań wewnątrzlaboratoryjnych dla zestawu płytek (2 serie pomiarowe dla każdej płytki) z zastosowaniem testu F-Fishera i t-Studenta wykazały, że nie występuje istotna różnica statystyczna między wartościami średnimi i wariancjami poziomów przenikania ciepła na poziomie ufności 0,05 (tab. 2). Stąd też zaproponowane płytki uznano za odpowiednie na materiały odniesienia, gdyż charakteryzowały się właściwościami, pozwalającymi na otrzymanie powtarzalnych wyników.

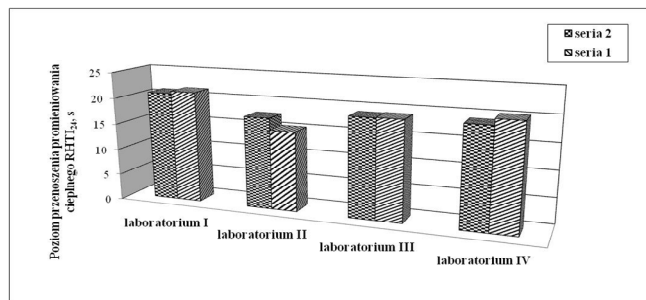
Tab. 2. Wyniki analizy statystycznej badań poziomu przenoszenia ciepła dla materiałów odniesienia przeprowadzonych w ramach badań wewnątrzlaboratoryjnych  
Tab. 2. Statistical analysis results of interlaboratory investigations of the radiant heat transfer index for reference materials

Wariant płytki	Wartość zmiennej F (test F-Fishera)	Wartość t (test t-Studenta)	Uwagi odnośnie wartości średnich i wariancji
płytki nr 1	$F_{obl} = 6,20$ $F_{0,95} = 6,39$ $F_{obl} < F_{0,95}$	$t_{obl} = 1,09$ $t_{0,95} = 2,31$ $t_{obl} < t_{0,95}$	nie występuje istotna różnica statystyczna między wartościami średnimi i wariancjami obliczonymi z dwóch serii pomiarów dla dwóch płytek
płytki nr 2	$F_{obl} = 2,14$ $F_{0,95} = 6,39$ $F_{obl} < F_{0,95}$	$t_{obl} = 1,81$ $t_{0,95} = 2,31$ $t_{obl} < t_{0,95}$	nie występuje istotna różnica statystyczna między wartościami średnimi i wariancjami obliczonymi z dwóch serii pomiarów dla dwóch płytek
płytki nr 3	$F_{obl} = 5,87$ $F_{0,95} = 6,39$ $F_{obl} < F_{0,95}$	$t_{obl} = 0,29$ $t_{0,95} = 2,31$ $t_{obl} < t_{0,95}$	nie występuje istotna różnica statystyczna między wartościami średnimi i wariancjami obliczonymi z dwóch serii pomiarów dla dwóch płytek

#### Badania międzylaboratoryjne

Wyniki badań poziomu przenoszenia ciepła  $\text{RHTI}_{24}$  badanych materiałów odniesienia uzyskane w ramach międzylaboratoryjnych badań porównawczych przedstawiono w formie wykresów. Na rysunku 4 zaprezentowano przykładowy wykres dla płytki nr 1, uwzględniający wyniki badań dla dwóch serii pomiarowych.

Na podstawie wyników analizy statystycznej z zastosowaniem testu Dixona i Cochra stwierdzono, że dla płytki nr 1 (I i II seria pomiarowa) oraz płytki nr 2 (I seria pomiarowa) występuje istotna rozbieżność między wariancjami poziomu przenoszenia ciepła (tab. 3). Dla pozostałych płytek nie stwierdzono różnic pomiędzy wariancjami uzyskanych wyników. Analiza statystyczna wykazała, że dla płytki nr 2 (II seria pomiarowa) odnotowano istotną rozbieżność między wartościami średnimi poziomu przenoszenia ciepła. Dla pozostałych badanych płytek, nie zaobserwowano istotnej różnicy między wartościami średnimi.



Rys. 4. Wyniki badań poziomu przenoszenia promieniowania ciepłego RHTI<sub>24</sub> dla dwóch serii pomiarowych z wykorzystaniem płytki nr 1 (81 otworów, średnica 3,8 mm) uzyskanych w ramach międzylaboratoryjnych badań porównawczych

Fig. 4. Test results of the radiant heat transfer index RHTI<sub>24</sub> for two measurement series with plate No. 1 (81 holes, diameter 3,8 mm) obtained from interlaboratory tests

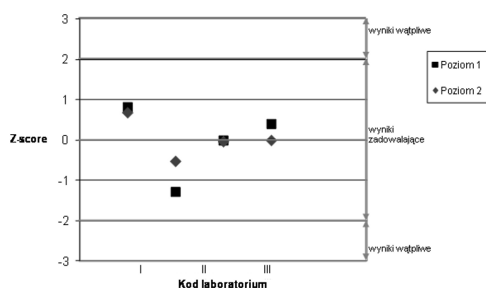
Tab. 3. Wyniki analizy statystycznej badań poziomu przenoszenia ciepła dla materiałów odniesienia przeprowadzonych w ramach międzylaboratoryjnych badań porównawczych

Tab. 3. Statistical analysis results of interlaboratory investigations of the radiant heat transfer index for reference materials

Wariant płytki	płytki nr 1	płytki nr 2	płytki nr 3
Wartość średnia, s	18,9	11,4	40,1
Odchylenie standardowe powtarzalności (S <sub>r</sub> ), s	0,86	0,50	0,85
Odchylenie standardowe odtwarzalności (S <sub>R</sub> ), s	9,64	0,97	10,50
Różnica krytyczna powtarzalności (D <sub>r</sub> ), - bezwzględna - względna, %	1,1 5,7	0,6 5,4	1,1 2,7
Różnica krytyczna odtwarzalności (D <sub>R</sub> ), - bezwzględna - względna, %	8,5 44,9	2,4 21,5	29,5 73,7
Iloraz precyzji,	3,6	1,9	12,3

Analizując wyniki badań międzylaboratoryjnych, należy zwrócić uwagę na niski poziom różnicy krytycznej powtarzalności (2,7 ÷ 5,7 %), świadczący o wysokiej powtarzalności wyników pomiarów w poszczególnych laboratoriach. Wynika stąd, że opracowane materiały odniesienia pozwalają osiągnąć powtarzalne wyniki badań. Jednocześnie uzyskano bardzo wysoki poziom różnicy krytycznej odtwarzalności (21 ÷ 73%), co wskazuje na różnice w wynikach pomiędzy laboratoriami.

Na podstawie uzyskanych wartości wskaźnika Z-score stwierdzono, że wszystkie laboratoria biorące udział w międzylaboratoryjnych badaniach uzyskały zadowalające wyniki dla płytki nr 1 (rys. 5) i płytki nr 2, zarówno dla poziomu pierwszego (wartość graniczna poziomu istotności  $p \leq 0,01$ ), jak i poziomu drugiego (wartość graniczna poziomu istotności  $p \leq 0,05$ ). W przypadku płytki nr 3, trzy laboratoria z czterech biorących udział w badaniu uzyskały wynik zadowalający. Natomiast, laboratorium II uzyskało wynik wątpliwy dla płytki nr 3 jedynie dla poziomu pierwszego.



Rys. 5. Wartości wskaźnika Z-score wyliczonego na podstawie międzylaboratoryjnych badań poziomu przenoszenia ciepła RHTI<sub>24</sub> z wykorzystaniem płytki nr 1 (81 otworów, średnica 3,8 mm)

Fig. 5. Values of Z-score index calculated on a basis of interlaboratory tests of the radiant heat transfer index RHTI<sub>24</sub> with use of plate No. 1 (81 holes, diameter 3,8 mm)

Przypuszcza się, że zaobserwowane różnice mogą być spowodowane różnicami w budowie stanowisk badawczych dostępnych w różnych laboratoriach, co jednakże nie wyklucza zastosowania badanych materiałów odniesienia do sprawdzania stanowiska w konkretnym laboratorium.

#### 4. Podsumowanie

Zaprojektowane materiały odniesienia w postaci trzech wariantów płytek z blachy ze stali kwasoodpornej mogą znaleźć zastosowanie do sprawdzania stanowiska do badania odporności na działanie promieniowania ciepłego w laboratoriach badawczych. Zaproponowane płytki są odporne na działanie ciepła, trwałe, a ich konstrukcja umożliwia łatwe umieszczenie na stanowisku badawczym. Płytki mogą stanowić materiały odniesienia do sprawdzania stanowiska badawczego do badania odporności materiałów ochronnych kwalifikujących się do najczęściej spotykanej 2. i 3. klasy ochrony zgodnie z klasyfikacją podaną w normie PN-EN 11 612:2011.

Uwzględniając wyniki badań wewnątrzlaboratoryjnych i międzylaboratoryjnych stwierdzono, że płytki umożliwiają uzyskanie wysokiej powtarzalności wyników wartości poziomu przenoszenia ciepła RHTI<sub>24</sub> podczas badań odporności na działanie ciepła, na co wskazuje niski poziom różnicy krytycznej powtarzalności (2,7 ÷ 5,7 %). Potwierdza to przydatność opracowanych materiałów odniesienia do sprawdzania stanowisk badawczych w laboratoriach. Wyznaczony dość wysoki poziom różnicy krytycznej odtwarzalności (73 % dla płytki nr 3) wskazujący na różnice w wynikach pomiędzy poszczególnymi laboratoriami nie wyklucza zastosowania płytek w danym laboratorium, gdyż zaobserwowane różnice mogą być spowodowane różnicami w budowie stanowisk badawczych. Należy podkreślić, że stanowiska do badań odporności na działanie promieniowania ciepłego nie są produkowane seryjnie, lecz na indywidualne zamówienie. Stąd też przypuszcza się, że pomimo, iż stanowiska spełniają wymagania podane w normie przedmiotowej dotyczącej metody badania (PN-EN ISO 6942:2005), to jednak mogą występować pewne różnice pomiędzy aparaturą. W celu wyeliminowania różnic pomiędzy poszczególnymi laboratoriami celowe byłoby przeprowadzenie powtórnych badań międzylaboratoryjnych uwzględniających dokładniejsze zapoznanie się ze stanowiskami będącymi na wyposażeniu laboratoriów biorących udział w badaniach.

Publikacja opracowana na podstawie wyników badań w ramach programu wieloletniego „Dostosowanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej II” dofinansowanego przez Ministerstwo Gospodarki i Pracy w latach 2005-2007 r. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy-Państwowy Instytut Badawczy.

#### 5. Literatura

- [1] Bartkowiak G., Krzezińska S.: Materiały odniesienia do metody badania odporności odzieży ochronnej na promieniowanie ciepłe. Bezpieczeństwo Pracy, Nr 7/8, 2007, 31-35.
- [2] Andrzejewska A., Bartkowiak G., Makinen H.: Odzież, rękawice i obuwie chroniące przed czynnikami gorącymi – dobór i stosowanie. Warszawa, CIOP-PIB, 2005.
- [3] Rossi R.M., Bolli W., Stämpfli R.: Performance of firefighters' protective clothing after heat exposure. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE), No. 1, Vol. 14, 2008, 55-60.
- [4] PN-EN 11612:2011. Odzież ochronna. Odzież do ochrony przed czynnikami gorącymi i płomieniem.
- [5] PN-EN ISO 6942:2005. Odzież ochronna. Ochrona przed gorącym i ogniem. Metoda badania: Ocena materiałów i zestawów materiałów poddanych działaniu promieniowania ciepłego.
- [6] PN-ISO 5725-2:2002. Dokładność (poprawność i precyzja) metod pomiarowych i wyników pomiarów. Część 2: Podstawowa metoda określania powtarzalności i odtwarzalności standardowej metody pomiarowej.
- [7] PN 1991/P-04600 Tekstyli. Wyznaczanie precyzji metod badań na podstawie badań międzylaboratoryjnych.
- [8] Przewodnik ISO/IEC 43:1997. Badanie biegłości poprzez porównania międzylaboratoryjne.

otrzymano / received: 15.03.2012

przyjęto do druku / accepted: 02.07.2012

artykuł recenzowany / revised paper