dr inż. Bartłomiej Sędłak[1)]
ORCID: 0000-0002-4715-6438
dr inż. Paweł Sulik[1)*)]
ORCID: 0000-0001-8050-8194

Wpływ wymiarów izolacji z wełny mineralnej na odporność ogniową uszczelnień przejść stalowych rur przez pionowe przegrody przeciwpożarowe

The influence of the mineral wool insulation dimensions on the fire resistance of steel pipe penetration seals in vertical fire partitions

DOI: 10.15199/33.2024.01.03

Streszczenie. W artykule zaprezentowano badanie dotyczące odporności ogniowej uszczelnień przejść instalacyjnych stalowych rur o trzech różnych średnicach (od 60,3 do 168,3 mm), zabezpieczonych jednym rodzajem wełny mineralnej w różnych konfiguracjach grubości oraz długości izolacji. Wszystkie z przebadanych próbek zachowały szczelność ogniową przez 240 min. Izolacyjność ogniowa zmieniała się w zależności od średnicy rury oraz wymiarów zastosowanej izolacji. Analiza uzyskanych wyników badań wykazała, że długość zastosowanej izolacji wpływa przede wszystkim na przyrost temperatury mierzonej na rurze, natomiast grubość izolacji jest kluczowym czynnikiem wpływającym na przyrost temperatury rejestrowany na powierzchni wełny mineralnej.
Słowa kluczowe: uszczelnienia przejść instalacyjnych; odporność ogniowa; izolacyjność ogniowa; szczelność ogniowa; rury stalowe; wełna mineralna.

Abstract. In this article presented fire resistance test of penetrations of steel pipes with three different diameters (ranging from 60.3 mm to 168.3 mm) protected by a single type of mineral wool in various configurations of insulation thickness and length was conducted. The tested samples maintained their fire integrity for 240 minutes. The fire insulation varied depending on the pipe diameter and the dimensions of the insulation used. An analysis of the results showed that the length of the insulation primarily affected the temperature rise measured on the pipe, while the thickness of the insulation was a key factor influencing the temperature rise recorded on the surface of the mineral wool.

Keywords: penetration seals; fire resistance; fire insulation; fire integrity; steel pipes; mineral wool.

Każda nawet niewielka szczelina czy otwór w przegrodzie przeciwpożarowej mogą stanowić potencjalnie słabe miejsce, przez które ogień przeniesie się do sąsiedniego pomieszczenia. Z tego powodu istotne jest odpowiednie zabezpieczenie obszarów, w których przegrody przeciwpożarowe przecinane są przez wszelkiego rodzaju instalacje. W miejscach tych, w celu zachowania klasy odporności ogniowej przegrody, stosowane są specjalne rozwiązania konstrukcyjne nazywane uszczelnieniami przejść instalacyjnych. Przez pojęcie instalacji rozumiemy takie elementy, jak kable, rury kablowe, rury do instalacji ogólnobudowlanych (z izolacją lub bez) oraz szynoprzewody. W przypadku, gdy przechodzą one przez przegrodę, o danej klasie odporności ogniowej, należy uszczelnić to przejście w taki sposób, aby uzyskało przynajmniej taką samą klasę odporności ogniowej jak przegroda.

Wymienione instalacje ogólnobudowlane wykonywane są często w postaci stalowych rurociągów o określonej średnicy i grubości ścianki. Elementy tego typu często przecinają w danym obiekcie budowlanym przegrody przeciwpożarowe o danej klasie odporności ogniowej. Klasa ta dotyczy zarówno szczelności (E), jak i izolacyjności ogniowej (I). Ze względu na to, że zarówno rurociąg, jak i przegroda wykonane są z materiałów niepalnych, klasy reakcji na ogień A1, w celu zachowania odpowiedniej klasy szczelności ogniowej wystarczające jest dokładne uszczelnienie przestrzeni pomiędzy rurą a przegrodą za pomocą np. zaprawy mineralnej. Rozwiązanie tego typu nie zapewni jednak zachowania odpowiedniej klasy izolacyjności ogniowej. W tym celu na stalowych rurociągach stosowane jest dodatkowe zabezpieczenie. Najczęściej wykonane jest ono w postaci izolacji z wełny mineralnej o danej gęstości i wymiarach. Długość oraz grubość wełny mineralnej dobierana jest do rury o danej średnicy w sposób intuicyjny. Brakuje dostępnych wytycznych oraz danych literaturowych pozwalających na określenie wymiarów izolacji w zależności od wymiarów zabezpieczanej rury. W dostępnej literaturze znaleźć można jedynie publikacje dotyczące zachowania przejść instalacyjnych w warunkach pożaru uszczelnień lub dotyczące właściwości ogniowych wełny mineralnej, np. w [1] poruszono problemy związane z wymaganiami bezpieczeństwa pożarowego stawianymi przejściom instalacyjnym w budownictwie. Zwrócono uwagę na nieścisłości zapisów w Warunkach Technicznych oraz możliwe zagrożenia wynikające z braku zabezpieczenia ogniowego przejść instalacyjnych. W artykule [2] opisano przede wszystkim zagadnienia związane z bezpieczeństwem pożarowym uszczelnień przejść rur zabezpieczonych przy użyciu opasek i kołnierzy ogniochronnych. Omówiono w nim metodę badań odporności

[1)] Instytut Techniki Budowlanej, Zakład Badań Ogniowych
[*)] Adres do korespondencji: p.sulik@itb.pl

ogniowej oraz ogólne zasady klasyfikacji. Ponadto przedstawiono porównanie skuteczności działania opasek oraz kołnierzy. W publikacji [3] opisana została metoda badań mieszanych uszczelnień przejść instalacyjnych wraz z przykładowymi wynikami. W przypadku wełny mineralnej na szczególną uwagę zasługuje praca [4], przygotowana na podstawie badań statutowych NZP-136, przeprowadzonych w Instytucie Techniki Budowlanej. W publikacji przedstawiona została ocena skuteczności izolowania wełną mineralną w przypadku wysokiej temperatury na podstawie jej gęstości oraz grubości izolacji. Na potrzeby badań w warunkach pożarowych przeprowadzono eksperymenty, w których badaniu poddano łącznie 27, a opisano 9 rodzajów skalnej wełny mineralnej o różnej deklarowanej gęstości. Podobny charakter ma praca [5], w której autor przypisał różne parametry wełny mineralnej do izolowania fasad wentylowanych w wysokiej temperaturze. Na uwagę zasługują również prace [6 – 16], w których w szeroki sposób oceniono zachowanie wełny mineralnej na podstawie wielu badań, uwzględniając przewodność termiczną materiału oraz parametry związane z gęstością, ilością składników dodatkowych czy chociażby orientacją włókien. Wszystkie te elementy, w kontakcie ze stalowym przewodnikiem, jakim jest rura w przejściu instalacyjnym, mają duży wpływ na uzyskane wyniki badań. Sposób przeprowadzenia tych badań, chociaż przydatny do wykorzystania w praktyce eksperckiej, nie pozwala jednak na zastosowanie uzyskanych wyników do oceny zagadnienia przedstawionego w artykule.

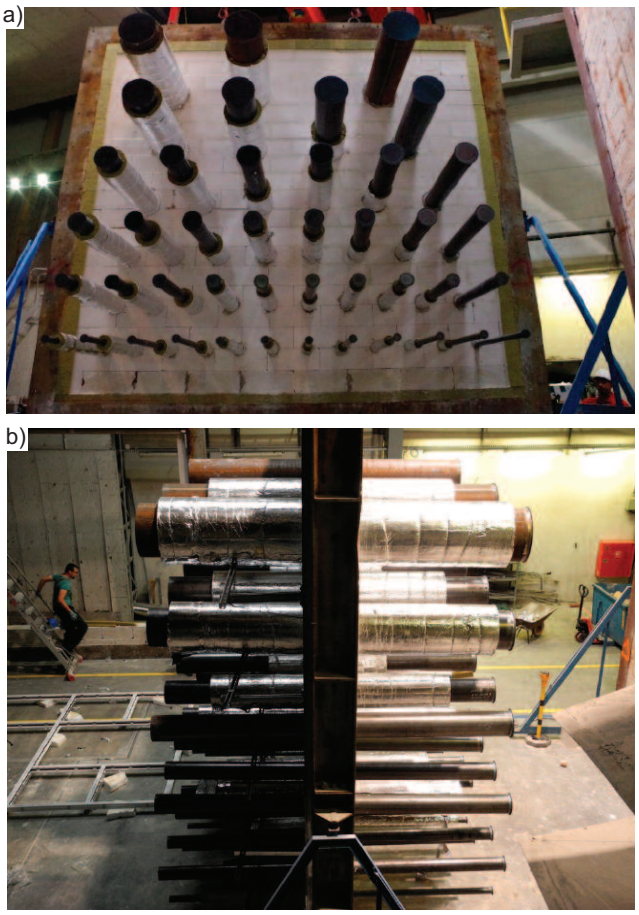
W związku z brakiem dostatecznych informacji w dostępnej literaturze, w ramach pracy ITB-NZP-149 przeprowadzone zostało badanie odporności ogniowej uszczelnień przejść stalowych rur o trzech różnych średnicach (od 60,3 do 168,3 mm) zabezpieczonych jednym rodzajem wełny mineralnej, ale o różnej grubości oraz długości izolacji. Analiza uzyskanych wyników badań pozwoliła na opracowanie wstępnego modelu umożliwiającego dobór odpowiedniej grubości i długości izolacji w przypadku rur o danej średnicy.

Materiały i metody badań

Przeprowadzono badanie odporności ogniowej, w którym w ścianie wykonanej z betonu komórkowego o grubości 180 mm i gęstości 600 kg/m^3, murowanej na cementowej zaprawie klejącej, zastosowano 30 uszczelnień przejść instalacyjnych rur o trzech różnych średnicach i jednakowej grubości ścianki, zabezpieczonych jednym rodzajem wełny mineralnej o różnych wymiarach (fotografia). W badaniu zastosowane zostały stalowe rury o następujących wymiarach (średnica × grubość ścianki):

- ø60,3 × 3,6 mm – 12 szt.;
- ø114,3 × 3,6 mm – 10 szt.;
- ø168,3 × 3,6 mm – 8 szt.

Każda z wymienionych rur została przebadana bez izolacji oraz z izolacją z wełny mineralnej o deklarowanej gęstości 37 kg/m^3 (oznaczona jako MW Typ A), zmiennej grubości i/lub długości. Izolacja zamontowana była symetrycznie, po obu stronach przegrody. Dokładne wymiary izolacji w przypadku danej rury przedstawione zostały w tabeli. Wszystkie rury były zamknięte po stronie pieca przez dospawaną blachę stalową. Widok elementów próbnych przed badaniem przedstawiono na fotografii.

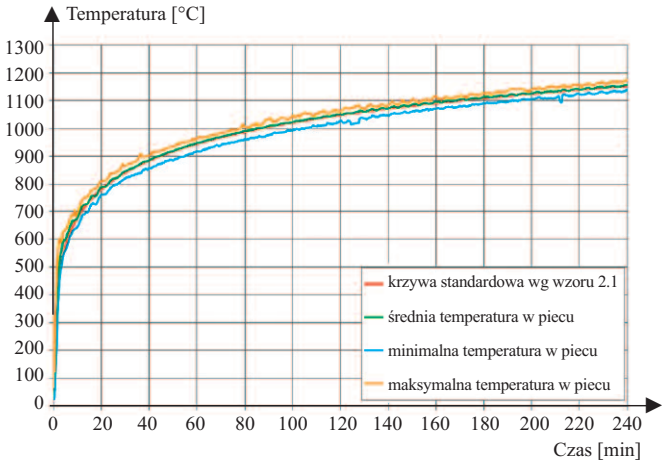


Element próbny przed badaniem odporności ogniowej: a) powierzchnia nagrzewana; b) widok z boku
Tested specimen prior to the fire resistance test: a) exposed surface; b) side view

Elementy próbne nagrzewano w piecu badawczym wg standardowej krzywej temperatura – czas określonej wzorem (1), odzwierciedlającej w pełni rozwinięty pożar wewnątrz budynku. Wykres nagrzewania przedstawiono na rysunku 1.

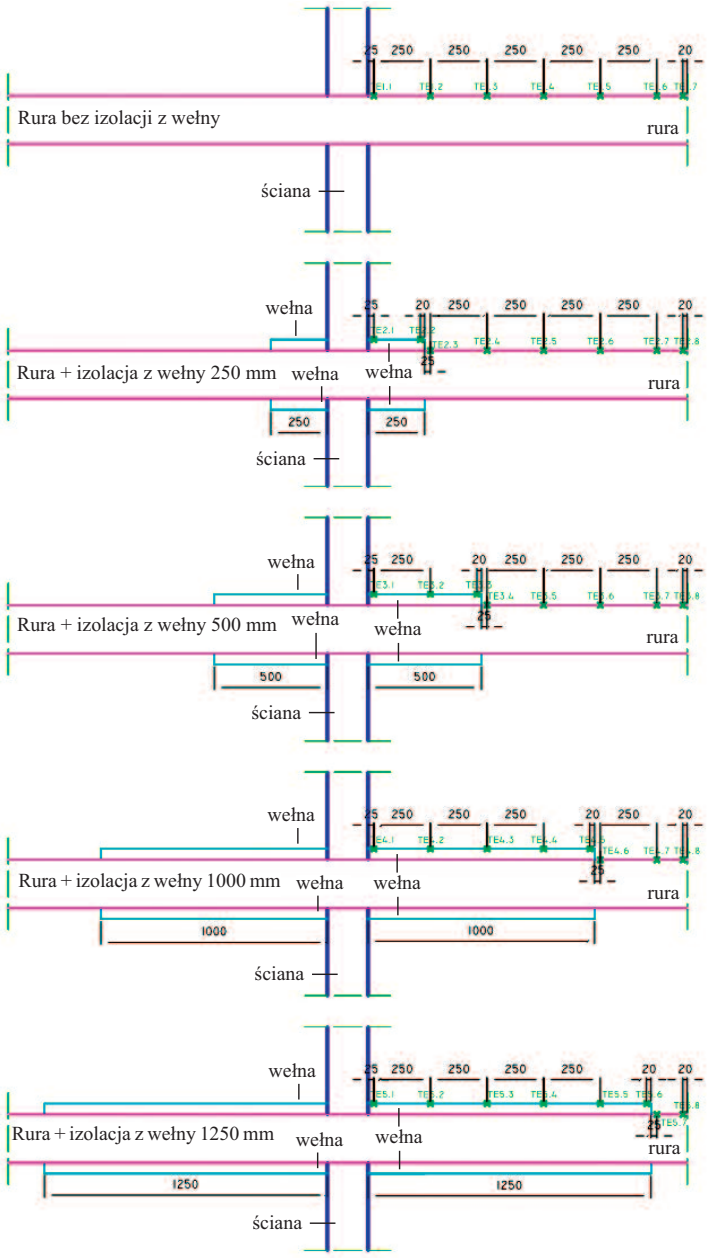
$$T = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20 \quad (1)$$

gdzie:
T – średnia temperatura w piecu [°C]; t – czas [min].



Rys. 1. Krzywa temperatura – czas nagrzewania elementu w piecu
Fig. 1. Temperature/time curve of furnace heating conditions

Podczas badania weryfikowana była szczelność ogniowa oraz temperatura w różnych miejscach instalacji (zarówno na wełnie mineralnej, jak i na rurze). Szczelność ogniową weryfikowano wizualnie oraz przy użyciu tamponu bawełnianego i szczelinomierzy. Utrata szczelności ogniowej następuje po pojawieniu się na nienagrzewanej powierzchni płomienia trwającego dłużej niż 10 s w momencie, gdy przyłożony do powierzchni elementu próbnego tampon bawełniany ulegnie zapłonowi oraz gdy możliwa jest punktowa penetracja elementu próbnego szczelinomierzem o średnicy 25 mm lub penetracja szczelinomierzem o średnicy 6 mm na długości większej od 100 mm. Miejsca pomiaru temperatury przedstawione zostały na rysunku 2.



Rys. 2. Rozmieszczenie punktów pomiarowych w zależności od długości zastosowanej izolacji
Fig. 2. Location of measurement points depending on the length of the insulation used

Wyniki badań i ich analiza

Wszystkie elementy próbne zachowały szczelność ogniową przez 240 min. Wyniki izolacyjności ogniowej, określone na podstawie termoelementów umieszczonych na wełnie mineralnej w odległości 25 mm od przegrody oraz na rurze w odległości 25 mm od izolacji zestawiono w tabeli.

Na rysunku 3 przedstawiono wykresy temperatury na rurach o średnicy od 60,3 do 168,3 mm, które charakteryzowały się taką samą grubością ścianki (3,6 mm) oraz zaizolowane zostały wełną mineralną o trzech grubościach. Umożliwiło to dokładną analizę wpływu grubości oraz długości izolacji na właściwości ogniowe uszczelnienia przejścia.

Na podstawie wyników badań zestawionych w tabeli stwierdzono, że w przypadku uszczelnień przejść rur o średnicy do 60,3 mm i grubości ścianki nie mniejszej niż 3,6 mm, wykonanych w ścianie z betonu komórkowego o grubości nie mniejszej niż 180 mm i gęstości nie mniejszej niż 600 kg/m^3, możliwe jest osiągnięcie klasy odporności ogniowej EI 90/E 240 bez konieczności stosowania jakiejkolwiek izolacji na rurze. W przypadku rury o średnicy do 114,3 mm i grubości ścianki jak wyżej, bez zastosowanej izolacji z wełny mineralnej, uszczelnienie przejścia może być sklasyfikowane jako EI 30/E 240. W przypadku rur o większej średnicy, w celu osiągnięcia izolacyjności ogniowej przynajmniej 30 min konieczne jest zastosowanie izolacji. Najwyższą, z występujących w polskich przepisach budowlanych, klasę odporności ogniowej w przypadku uszczelnień przejść instalacyjnych (EI 240) udało się osiągnąć przez odpowiednie zaizolowanie wełną mineralną rur o średnicy do 114,3 mm. W przypadku rur o średnicy 60,3 mm wystarczające okazało się zastosowanie wełny o grubości 20 mm i długości 250 mm, natomiast w przypadku rury o średnicy 114,3 mm konieczne było zastosowanie wełny o grubości 50 mm i długości 1250 mm. Maksymalna klasa odporności ogniowej osiągnięta w przypadku rur o średnicy 168,3 mm wynosiła EI 180/E 240 z zastosowaniem izolacji o grubości 50 mm i długości 1250 mm. Należy jednak zwrócić uwagę, że przyrost temperatury kryterialnej w 240 minucie badania przekroczony został tylko na termoelemencie zamontowanym na wełnie mineralnej, a różnica pomiędzy kryterialnym a zmierzonym przyrostem temperatury była nieznaczna (2,3 K).

Na rysunku 3 przedstawiono przyrost temperatury zarejestrowany przez termoelementy umieszczone na rurze oraz na izolacji w przypadku uszczelnień przejść rur o średnicy 60,3, 114,3 mm oraz 168,3 mm. Analizując uzyskane zależności, stwierdzono, że na wielkość temperatury zarejestrowanej na rurze wpływa przede wszystkim długość wełny mineralnej, natomiast w przypadku temperatury mierzonej na izolacji decydujący wpływ ma jej grubość. Mając to na uwadze, opracowano wykresy maksymalnej temperatury zarejestrowanej do 240 minuty badania na danej rurze oraz jej izolacji w zależności od długości oraz grubości zastosowanej wełny mineralnej (rysunek 4).

Wyniki izolacyjności ogniowej
Results of fire insulation

L.p.	Średnica x grubość ścianki rury/(typ/grubość x długość izolacji MW)	Przyrost temperatury zarejestrowany podczas badania (Tp – maksymalna temperatura na rurze (w danym czasie), Tmw – maksymalna temperatura na wełnie mineralnej (w danym czasie)) [K]												Klasa
		Tp (30)	Tmw (30)	Tp (60)	Tmw (60)	Tp (90)	Tmw (90)	Tp (120)	Tmw (120)	Tp (180)	Tmw (180)	Tp (240)	Tmw (240)	
1	ø60,3 x 3,6/(n/a)	70,2	n/a	119,2	n/a	161,8	n/a	197,5	n/a	238,2	n/a	263,4	n/a	EI 90
2	ø60,3 x 3,6/(MW Typ A/20 x 250)	11,0	15,5	34,8	54,6	52,1	63	70,8	72,4	99,1	124,8	116,4	156,7	EI 240
3	ø60,3 x 3,6/(MW Typ A/20 x 500)	2,5	12,7	11,8	55,4	22,5	62	32,6	78,4	49,3	142,6	60,7	179,1	EI 240
4	ø60,3 x 3,6/(MW Typ A/20 x 1000)	1,3	13,4	3,6	34,9	6,4	51,5	9,4	76,5	14,8	118,9	18,7	147,2	EI 240
5	ø60,3 x 3,6/(MW Typ A/30 x 250)	11,9	14,0	35,0	61,0	52,9	61,9	71,9	63,3	101,4	112,4	120,6	147,9	EI 240
6	ø60,3 x 3,6/(MW Typ A/30 x 500)	2,4	8,9	11,7	56,1	23,1	59,2	33,7	58,5	51,4	103,9	63,8	138,4	EI 240
7	ø60,3 x 3,6/(MW Typ A/30 x 1000)	1,0	14,9	3,3	48,9	6,1	50,6	9,2	54,7	15,9	101,9	21,4	132,7	EI 240
8	ø60,3 x 3,6/(MW Typ A/30 x 1250)	0,8	13,2	2,5	50,3	4,4	52,2	5,9	54,5	10,0	104,8	13,5	138,4	EI 240
9	ø60,3 x 3,6/(MW Typ A/50 x 250)	9,0	7,2	31,1	59,7	49,1	59,7	66,6	55,4	99,5	58,6	123,6	83,4	EI 240
10	ø60,3 x 3,6/(MW Typ A/50 x 500)	1,7	6,6	9,4	64,2	20,1	67,4	30,3	63,8	50,4	76,4	65,5	124,7	EI 240
11	ø60,3 x 3,6/(MW Typ A/50 x 1000)	1,0	3,4	2,7	68,5	5,0	66,7	7,8	63,4	14,5	64,9	20,6	108,9	EI 240
12	ø60,3 x 3,6/(MW Typ A/50 x 1250)	0,8	3,8	1,9	68,1	3,6	69,4	4,9	65,4	8,5	63,4	12,3	109,5	EI 240
13	ø114,3 x 3,6/(n/a)	150,4	n/a	252,5	n/a	309,8	n/a	347,3	n/a	393,2	n/a	426,1	n/a	EI 30
14	ø114,3 x 3,6/(MW Typ A/20 x 500)	58,7	32,9	101,4	73,8	127,7	124,5	148,1	167,9	170,3	218,5	185,8	255,7	EI 120
15	ø114,3 x 3,6/(MW Typ A/20 x 1000)	21,3	51,2	49,5	68,5	66,5	146,1	80,8	206,2	94	273,4	102,4	317,8	EI 90
16	ø114,3 x 3,6/(MW Typ A/20 x 1250)	15,8	52,3	38,1	80,3	51,2	157,2	62,6	211,0	72,2	273,8	78,1	311,0	EI 90
17	ø114,3 x 3,6/(MW Typ A/30 x 500)	64,3	46,2	105,3	56,7	130,3	74,9	150,3	109,3	173,6	157,7	192,2	188,4	EI 180
18	ø114,3 x 3,6/(MW Typ A/30 x 1000)	20,2	52,1	47,6	66,6	65,8	82	79,8	153,4	93,7	216,5	103,6	254,3	EI 120
19	ø114,3 x 3,6/(MW Typ A/30 x 1250)	10,4	24,4	29,9	57,7	44,7	69,0	56,9	140,2	68,4	211,7	76,6	255,8	EI 120
20	ø114,3 x 3,6/(MW Typ A/50 x 500)	47,5	10,8	87,7	33,4	116,9	55,8	139,1	87,1	171,4	137,9	193,1	182,4	EI 180
21	ø114,3 x 3,6/(MW Typ A/50 x 1000)	14,0	6,3	40,6	36,2	61,0	48,7	76,4	94,9	95,2	149,7	107,0	186,3	EI 180
22	ø114,3 x 3,6/(MW Typ A/50 x 1250)	5,9	6,6	22,2	38,1	37,1	47,0	49,1	75,8	66,0	139,3	76,8	176,7	EI 240
23	ø168,3 x 3,6/(n/a)	202,6	n/a	313,2	n/a	366,9	n/a	400,0	n/a	435,0	n/a	456,2	n/a	n/a
24	ø168,3 x 3,6/(MW Typ A/20 x 500)	127,0	59,4	183,0	115,8	213,2	199,3	238,1	246,8	260,8	296,6	274,8	322,7	EI 30
25	ø168,3 x 3,6/(MW Typ A/30 x 500)	128,6	69,6	183,9	73,2	213,9	157,1	239,2	212,9	262,9	262,9	277,5	289,3	EI 30
26	ø168,3 x 3,6/(MW Typ A/30 x 1000)	97,6	71,6	145,1	82	163,9	184,9	182,8	235,1	195,2	279,9	203,9	306,7	EI 60
27	ø168,3 x 3,6/(MW Typ A/30 x 1250)	78,5	62,2	118,9	69,9	132,4	180,2	148,8	233,4	158,8	277,8	166,2	304,5	EI 60
28	ø168,3 x 3,6/(MW Typ A/50 x 500)	123,8	19,9	176,1	50,8	206,5	89,1	232,5	140,0	259,2	183,3	276,7	209,1	EI 60
29	ø168,3 x 3,6/(MW Typ A/50 x 1000)	71,8	14,2	120,8	40,1	146,8	52,1	169,6	102,7	190,1	152,7	202,4	183,1	EI 120
30	ø168,3 x 3,6/(MW Typ A/50 x 1250)	46,7	31,6	94,0	47,5	118,4	53,8	141,2	100,4	160,6	152,2	173,4	182,3	EI 180

Oznaczenia: kolor zielony – wyniki poniżej temperatury kryterialnej; kolor czerwony – wyniki powyżej temperatury kryterialnej; Tp – przyrost temperatury na powierzchni rury w czasie podanym w nawiasie; Tmw – przyrost temperatury na powierzchni wełny mineralnej w czasie podanym w nawiasie

Krzywe na rysunku 4a opisane są wzorami (2), (3) i (4), natomiast krzywe na rysunku 4b wzorami (5), (6) i (7). W obu przypadkach wzory dotyczą kolejno rur o średnicy 60,3, 114,3 oraz 168,3 mm.

$$L = -422{,}20 \ln(T) + 2309{,}00 \quad (2)$$

$$L = -741{,}00 \ln(T) + 4457{,}20 \quad (3)$$

$$L = -1293{,}00 \ln(T) + 7870{,}00 \quad (4)$$

$$g = -63{,}50 \ln(T) + 351{,}78 \quad (5)$$

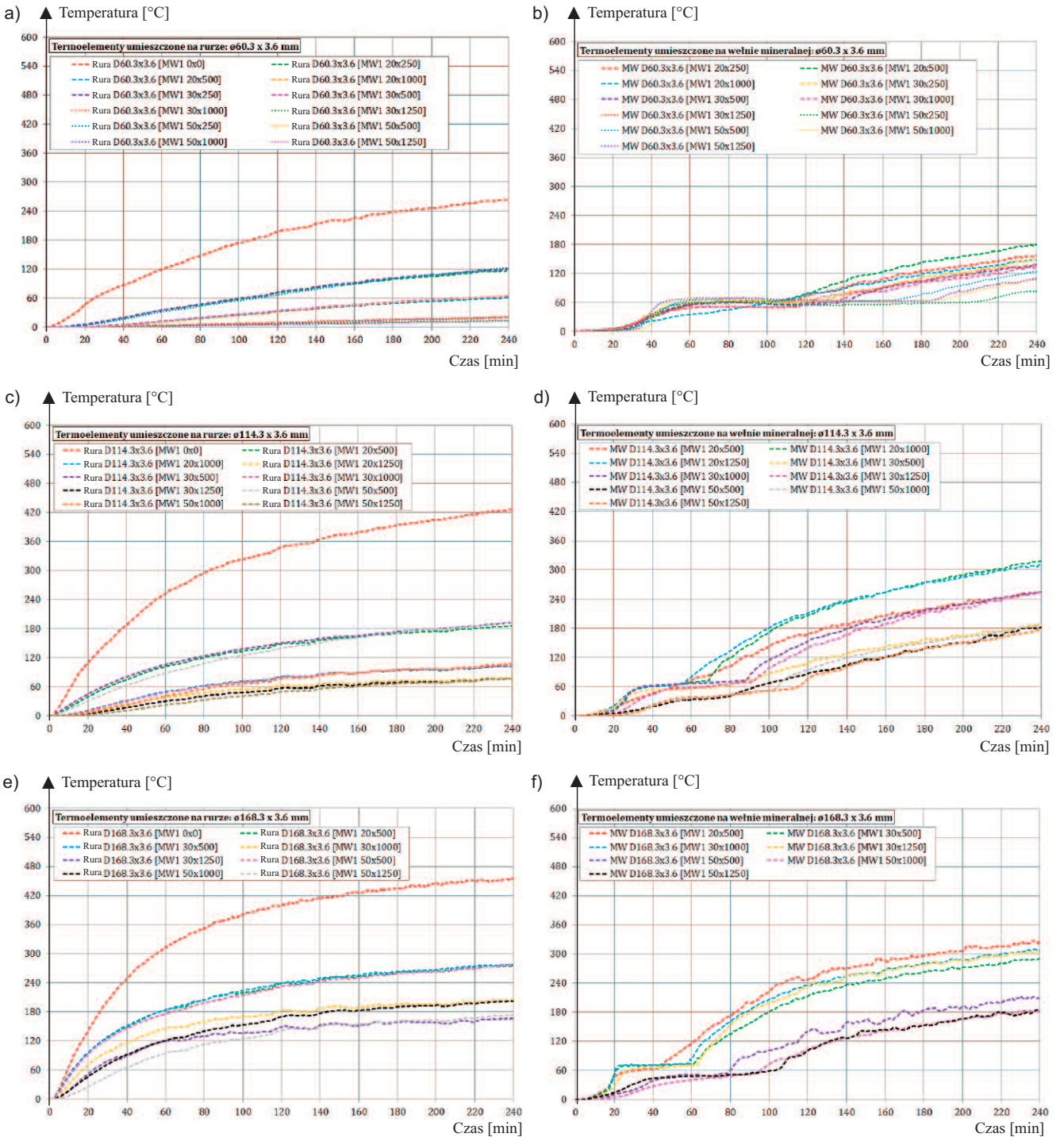
$$g = -59{,}49 \ln(T) + 360{,}93 \quad (6)$$

$$g = -64{,}58 \ln(T) + 395{,}83 \quad (7)$$

gdzie:
T – maksymalny przyrost temperatury w danym miejscu pomiarowym;
L – długość izolacji; g – grubość izolacji.

Podstawiając kryterialną wartość przyrostu temperatury (180 K) do podanych wzorów, można wyznaczyć minimalne wymiary izolacji wymagane do osiągnięcia klasy odporności ogniowej EI 240 danego uszczelnienia przejścia, zabezpieczonego wełną mineralną poddaną badaniu, wynoszące (grubość × długość):

- 116,5 × 22,0 mm w przypadku rur o średnicy 60,3 mm i grubości ścianki 3,6 mm;
- 609,2 × 52,0 mm w przypadku rur o średnicy 114,3 mm i grubości ścianki 3,6 mm;
- 1155,5 × 60,5 mm w przypadku rur o średnicy 168,3 mm i grubości ścianki 3,6 mm.

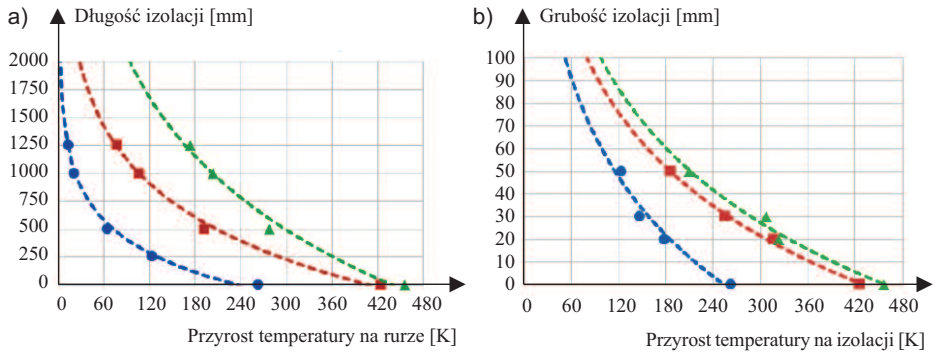


Rys. 3. Przyrost temperatury zarejestrowanej na rurze oraz na wełnie mineralnej w przypadku rur o średnicy 60,3, 114,3 oraz 168,3 mm: a) przyrost temperatury na rurach o średnicy 60,3 mm; b) przyrost temperatury na izolacji rur o średnicy 60,3 mm; c) przyrost temperatury na rurach o średnicy 114,3 mm; d) przyrost temperatury na izolacji rur o średnicy 114,3 mm; e) przyrost temperatury na rurach o średnicy 168,3 mm; f) przyrost temperatury na izolacji rur o średnicy 168,3 mm

Fig. 3. Temperature rises on the pipe and mineral wool in case of pipes diameter of ø60,3 mm, ø114,3 mm and ø168,3 mm: a) temperature rise on the pipe diameter of ø60,3 mm; b) temperature rise on the insulation of the pipe diameter of ø60,3 mm; c) temperature rise on the pipe diameter of ø114,3 mm; d) temperature rise on the insulation of the pipe diameter of ø114,3 mm; e) temperature rise on the pipe diameter of ø168,3 mm, f) temperature rise on the insulation of the pipe diameter of ø168,3 mm

Wnioski

Przeprowadzono badanie 30 uszczelnień przejść stalowych rur o trzech różnych średnicach od 60,3 mm do 168,3 mm i takiej samej grubości ścianki (3,6 mm) zabezpieczonych jednym rodzajem wełny mineralnej o różnych wymiarach. Wszystkie badane elementy zamontowane zostały w ścianie z betonu komórkowego o grubości 180 mm. W przypadku każdej średnicy przebadane zostało również



Rys. 4. Maksymalny przyrost temperatury w 240 minucie badania w zależności od wymiarów izolacji: a) temperatura na rurze w zależności od długości izolacji; b) temperatura na wełnie mineralnej w zależności od grubości izolacji; kolor niebieski – rura o średnicy 60,3 mm, kolor czerwony – rura o średnicy 114,3 mm, kolor zielony – rura o średnicy 168,3 mm

Fig. 4. The maximum temperature rise in the 240th minute of the test depending on the dimensions of the insulation: a) temperature on the pipe depending on the length of the insulation; b) temperature on the mineral wool depending on the thickness of the insulation; blue color – pipe with a diameter of 60.3 mm, red color – pipe with a diameter of 114.3 mm, green color – pipe with a diameter of 168.3 mm

uszczelnienie przejścia bez zastosowanej izolacji termicznej. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że w przypadku przegrody i rur o średnicy do 60,3 mm i grubości ścianki nie mniejszej niż 3,6 mm, w celu uzyskania klasy odporności ogniowej EI 90/E 240, nie ma konieczności stosowania izolacji z wełny mineralnej. Uszczelnienia przejść rur o średnicy 114,3 mm oraz takiej samej grubości ścianki, bez izolacji z wełny mineralnej, mogą być sklasyfikowane jako EI 30/E 240. W przypadku rur o większej średnicy konieczne jest zastosowanie izolacji w celu osiągnięcia przynajmniej 30-minutowej izolacyjności ogniowej.

Izolacyjność ogniowa uszczelnień przejść rur stalowych zabezpieczonych wełną mineralną danego typu zależy od grubości oraz długości zastosowanej izolacji. Do ustalenia przywołanego kryterium brany jest pod uwagę przyrost temperatury zarejestrowany zarówno na rurze, jak i na izolacji. Temperatura zarejestrowana na rurze zależy przede wszystkim od długości zastosowanej izolacji. Natomiast w przypadku temperatury na powierzchni izolacji decydujący wpływ na jej wartość ma grubość wełny mineralnej.

Uwzględniając uzyskane wyniki badań, wyprowadzono wzory umożliwiające oszacowanie minimalnych wymaganych wymiarów izolacji w celu osiągnięcia klasy odporności ogniowej EI 240 przez uszczelnienia przejść rur o średnicy do 168,3 mm i grubości ścianki nie mniejszej niż 3,6 mm. Podane wzory mają zastosowanie wyłącznie do uszczelnień przejść w sztywnych pionowych przegrodach wykonanych z materiału o gęstości nie mniejszej niż 600 kg/m^3 i grubości nie mniejszej niż 180 mm, w których stalowe rury zostały zabezpieczone przy użyciu konkretnego typu skalnej wełny mineralnej. Hipotetycznie wyprowadzone wzory powinny być bezpieczne również w przypadku innych rodzajów skalnej wełny mineralnej i większej gęstości. Zastosowanie wełny o większej gęstości powinno spowodować ograniczenie przyrostu temperatury na izolacji, ale nie powinno mieć większego wpływu na temperaturę zarejestrowaną na rurze. Potwierdzenie postawionej hipotezy wymaga jednak przeprowadzenia dodatkowych badań z zastosowaniem innego rodzaju wełny mineralnej.

Literatura

[1] Fejfer Ł, Sulik P. Wymagania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego przejść instalacyjnych. Materiały Budowlane. 2018; DOI: 10.15199/33.2018.06.15.

[2] Sędłak B, Sulik P, Izydorczyk D, Łukomski M. Fire-stop Wraps and Collars with Intumescent Materials-Performance Comparison, in Procedia Engineering. 2017; DOI: 10.1016/j.proeng.2017.02.113.

[3] Sędłak B, Sulik P. Badania odporności ogniowej dużych mieszanych uszczelnień przejść instalacyjnych. Matereriały Budowlane. 2014; no. 7: 20 – 22.

[4] Sulik P, Śmigielski N. Zdolność izolowania temperatur pożarowych w zależności od gęstości i grubości wełny mineralnej. Izolacje. 2021; vol. 11/12.

[5] Sulik P. Wpływ wybranych parametrów wełny mineralnej na bezpieczeństwo pożarowe elewacji wentylowanych. Materiały Budowlane. 2021; nr 7: 20 – 22.

[6] Andersen FMB, Dyrboel S. Modelling radiative heat transfer in fibrous materials: the use of Planck mean properties compared to spectral and flux-weighted properties. J Quant Spectrosc Radiat Transf. 1998; 60 (4): 593 – 603.

[7] Andres B, Livkiss K, Hidalgo JP, van Hees P, Bisby L, Johansson N, Bhargava A. Response of stone wool–insulated building barriers under severe heating exposures. J Fire Sci. 2018; 36 (4): 315 – 341.

[8] Karamanos A, Papadopoulos A, Anastasellos D (2004) Heat transfer phenomena in fibrous insulating materials. Proc IASME/WSEAS Int Conf Heat Mass Transf 2004: 7.

[9] Krasnovskih MP, Maksimovich NG, Vaisman YI, Ketov AA (2014) Thermal stability of mineral-wool heat-insulating materials. Russ J Appl Chem 87 (10): 1430–1434.

[10] Veiseh S, Hakkaki-Fard A (2009) Numerical modeling of combined radiation and conduction heat transfer in mineral wool insulations. Heat Transf Eng 30 (6): 477–486.

[11] Andres B, Livkiss K, Hidalgo JP, van Hees P, Bisby L, Johansson N, Bhargava A (2018) Response of stone wool–insulated building barriers under severe heating exposures. J Fire Sci 36 (4): 315–341.

[12] Grinchuk PS. Contact heat conductivity under conditions of high-temperature heat transfer in fibrous heat-insulating materials. J Eng Phys Thermophys. 2014; 87 (2): 481–488.

[13] Krasnovskih MP, Maksimovich NG, Vaisman YI, Ketov AA (2014) Thermal stability of mineral-wool heat-insulating materials. Russ J Appl Chem. 2014; 87 (10): 1430 – 1434.

[14] Livkiss K, Andres B, Bhargava A, van Hees P. Characterization of stone wool properties for fire safety engineering calculations. J Fire Sci. 2018; 36 (3): 202 – 223.

[15] Livkiss K, Andres B, Johansson N, van Hees P. Uncertainties in modelling heat transfer in fire resistance tests: a case study of stone wool sandwich panels. Fire Mater. 2017; 41 (7): 799 – 807.

[16] Paudel D, Rinta-Paavola A, Mattila HP, Hostikka S. (2020) Multiphysics Modelling of Stone Wool Fire Resistance, Fire Technology. 2020; https://doi. org/10.1007/s10694-020-01050-5.

Przyjęto do druku: 02.01.2024 r.