

Dr. Sc. Eng. Bartłomiej Sędlak<sup>1)</sup>

ORCID: 0000-0002-4715-6438

M. Sc. Eng. Daniel Izydorczyk<sup>1)</sup>

ORCID: 0000-0002-2687-4297

Dr. Sc. Eng. Paweł Sulik<sup>1)\*</sup>

ORCID: 0000-0001-8050-8194

# Fire resistance of linear joint seals depending on the joint width and the type of mineral wool used

## *Odporność ogniowa uszczelnień złączy liniowych w zależności od szerokości zabezpieczanego złącza oraz rodzaju zastosowanej wełny mineralnej*

DOI: 10.15199/33.2024.07.12

**Abstract.** This paper presents the results of fire tests determining the effect of joint width and type of mineral wool used on the fire resistance of linear joint seals. Ten test pieces made with five different mineral wools, used in 50 and 100 mm wide joints, were tested. The test results showed that higher fire resistance classes were achieved for linear joint seals protected with rock mineral wool. Fire insulation increased with increasing density of the mineral wool used. In the case of fire integrity, no such pattern was confirmed. In addition, it was shown that the fire resistance of the joint decreases with increasing joint width.

**Keywords:** fire resistance; fire insulation; fire integrity; linear joints; mineral wool.

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyniki badań ogniowych, określające wpływ szerokości szczeliny oraz rodzaju zastosowanej wełny mineralnej na odporność ogniową uszczelnień złączy liniowych. Badaniu poddano 10 elementów próbnych wykonanych przy użyciu pięciu różnych wełn mineralnych, zastosowanych w szczelinach o szerokości 50 oraz 100 mm. Uzyskane rezultaty badań wykazały, że wyższe klasy odporności ogniowej zostały osiągnięte w przypadku uszczelnień złączy liniowych zabezpieczonych skalną wełną mineralną. Izolacyjność ogniowa zwiększała się wraz ze zwiększeniem gęstości zastosowanej wełny mineralnej. W przypadku szczelności ogniowej nie potwierdzono takiej prawidłowości. Dodatkowo wykazano, że odporność ogniowa złącza maleje wraz ze zwiększaniem jego szerokości.

**Słowa kluczowe:** odporność ogniowa; izolacyjność ogniowa; szczelność ogniowa; złącza liniowe; wełna mineralna.

A linear joint is a void, gap or discontinuity occurring within a single structural element or between a pair or more structural elements, characterized by a length to width ratio of not less than 10 : 1. They are made for several reasons, e.g. to accommodate dimensional tolerances between building elements, to absorb displacements (assumed at the design stage) caused by temperature differences, static or dynamic loads, assembly inaccuracies, etc. Linear joints are most commonly found in walls, ceilings and between walls and ceilings. It also happens that linear joints are used in less typical situations, such as between a floor slab and a balcony slab. In order to ensure the continuity of the structural element(s) in question, as well as to ensure the appropriate fire resistance class, so-called linear joint seals are made. There are many solutions for this type of seals. The choice of the right solution depends mainly on the desired fire resistance class, the width and length of the gap, the expected displacements, and the type of construction. One of the materials used for elements of this type is rock mineral wool, which has the appropriate elasticity. Most often, it fills the entire thickness of the joint in question and its outer surfaces are painted with a special ablative paint. The fire resistance

Złączeniem liniowym nazywamy pustkę, szczelinę lub nieciągłość, występującą w obrębie jednego elementu konstrukcyjnego lub między parą czy też większą liczbą elementów konstrukcyjnych, charakteryzującą się stosunkiem długości do szerokości nie mniejszym niż 10 : 1. Wykonuje się je z kilku powodów, np. stosowania tolerancji wymiarowych między elementami budynku, przemieszczenia przemieszczeń (zakładanych na etapie projektu) wywołanych różnicami temperatury, obciążeniami statycznymi czy dynamicznymi, niedokładnościami montażowymi itp. Złącza liniowe najczęściej występują w ścianach, stropach oraz pomiędzy ścianami a stropami. Zdarza się również, że złącza liniowe stosuje się w mniej typowych sytuacjach, np. między płytą stropową a płytą balkonową. W celu zapewnienia ciągłości danego elementu lub elementów konstrukcyjnych, jak również zapewnienia odpowiedniej klasy odporności ogniowej, wykonuje się tzw. uszczelnienie złącza liniowego. Istnieje wiele rozwiązań tego typu uszczelnień. Wybór właściwego rozwiązania zależy głównie od oczekiwanej klasy odporności ogniowej, szerokości i długości szczeliny, oczekiwanych przemieszczeń oraz typu konstrukcji. Jednym z materiałów stosowanych w przypadku elementów tego typu jest skalna wełna mineralna, która charakteryzuje się odpowiednią elastycznością. Najczęściej wypełnia ona całą grubość danego złącza, a jej zewnętrzne powierzchnie malowane są specjalną farbą ablacyjną. Klasa odporności

<sup>1)</sup> Institute of Building Technology (ITB)

<sup>\*</sup>) Correspondence address: p.sulik@itb.pl

class of a joint seal made as described above depends mainly on the type of paint used, the density of the mineral wool and the width of the joint. The type of mineral wool is selected for the joint intuitively, assuming, among other things, that a product with a higher density will provide better fire insulation of the seal. However, there is a lack of available guidance and literature data to determine the type of mineral wool to be used in a linear joint of a given width in order to achieve the required fire resistance class. Publications on the fire behavior of linear joint seals can be found in the available literature, but there are not many of such publications. They relate to both theoretical-numerical considerations and physical research. A significant proportion of these publications relate to tunnels, where the issue of sealing linear joints is particularly relevant. In [1], the results of fire resistance tests on structures with a fire barrier based on very thin basalt fibers are presented. The fibers were used to seal joints in reinforced concrete structures, under alternating deformation and standard temperature effects, with results confirming that fire integrity was maintained when the gap between reinforced concrete elements was increased by 25%. In [2], dedicated to the joints of prefabricated tunnel structures, a three-dimensional model of four joint types was generated in ABAQUS and, taking into account the HC curve, the heat transfer characteristics of the joint model were analyzed, the temperature distributions in the joint under fire were determined, and selected issues concerning the bending resistance and deformation characteristics of the joint before and after fire were discussed. In contrast, [3] refers to the results of fire resistance tests on linear joint seals with mechanically induced displacement of the joint faces. For the fire behavior of mineral wool, see [4 ÷ 7] and for a similar topic on sealing of service penetrations, see [8 – 9]. However, there is a lack of correlation in the literature between mineral wool density, linear joint width, and fire resistance classes, which is why a fire resistance test of ten linear joint seals protected with five different types of mineral wool was carried out at the Institute of Building Technology. The influence of the joint width and the type and density of mineral wool used on the fire resistance of the joint was also verified.

### Tests

Ten linear joint seals protected with five different types of mineral wool were tested for fire resistance, of which two were glass mineral wool and the remaining three were rock mineral wool (Table 1). A 50- and 100-mm wide joint was tested for each type of mineral wool. All joints were in a vertical orientation, in a wall made of 600 kg/m<sup>3</sup> cellular concrete blocks, 120 mm thick. A view of the test pieces before testing is shown in the photograph.

The test pieces were heated in a test furnace according to the standard temperature-time curve defined by equation (1), reflecting a fully developed fire inside the building. The heating diagram is shown in Figure 1.

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

where:

T – average temperature in the furnace [°C];

t – time [min.].

ogniowej uszczelnienia złącza wykonanego w opisany sposób zależy w głównej mierze od rodzaju zastosowanej farby, gęstości wełny mineralnej oraz szerokości szczeliny. Rodzaj wełny mineralnej dobierany jest dla danego złącza w sposób intuicyjny, zakładając m.in., że produkt o większej gęstości zapewni lepszą izolacyjność ogniową uszczelnienia. Brakuje jednak dostępnych wytycznych oraz danych literaturowych pozwalających na określenie rodzaju wełny mineralnej, który należy zastosować w złączu liniowym o danej szerokości, w celu uzyskania wymaganej klasy odporności ogniowej. W dostępnej literaturze odnaleźć można publikacje dotyczące zachowania w warunkach pożaru uszczelnień złączy liniowych, jednak nie ma tych pozycji zbyt wiele. Odnoszą się one zarówno do teoretyczno-numerycznych rozważań, jak i badań fizycznych. Znaczna część tych publikacji dotyczy tuneli, gdzie problematyka uszczelnień złączy liniowych jest szczególnie istotna. W [1] przedstawiono wyniki badań odporności ogniowej konstrukcji z barierą ogniową bazującą na bardzo cienkich włóknach bazaltowych. Włókna te wykorzystano do uszczelnienia połączeń w konstrukcjach żelbetowych, w warunkach naprzemiennego odkształcania i standardowego oddziaływania temperatury, uzyskując wyniki potwierdzające zachowanie szczelności ogniowej w przypadku zwiększenia się o 25% szczeliny pomiędzy żelbetowymi elementami. W [2], poświęconej połączeniom prefabrykowanych konstrukcji tuneli, wygenerowano trójwymiarowy model czterech typów połączeń w programie ABAQUS, a następnie uwzględniając krzywą HC, przeanalizowano charakterystykę wymiany ciepła modelu złącza, wyznaczono rozkłady temperatury w złączu pod wpływem pożaru, a także omówiono wybrane zagadnienia dotyczące nośności na zginanie i charakterystykę deformacji złącza przed i po pożarze. Natomiast w [3] odniesiono się do wyników badań odporności ogniowej uszczelnień złączy liniowych z mechanicznie wywołanym przemieszczeniem powierzchni czołowych złącza. Zagadnienia dotyczące zachowania się wełny mineralnej w temperaturze pożarowej można znaleźć w [4 ÷ 7], a poświęcone podobnej tematyce, jaką są uszczelnienia przejść instalacyjnych w [8 – 9]. Brak jest jednak w literaturze powiązania gęstości wełny mineralnej, szerokości złącza liniowego z klasami odporności ogniowej i dlatego w Instytucie Techniki Budowlanej przeprowadzone zostało badanie odporności ogniowej dziesięciu uszczelnień złączy liniowych zabezpieczonych pięcioma różnymi rodzajami wełny mineralnej. Zweryfikowano też wpływ szerokości szczeliny oraz rodzaju i gęstości zastosowanej wełny mineralnej na odporność ogniową złącza.

### Badania

Badaniu odporności ogniowej poddano dziesięć uszczelnień złączy liniowych zabezpieczonych pięcioma różnymi rodzajami wełny mineralnej, spośród których dwa stanowiły szklaną wełnę mineralną, natomiast pozostałe trzy skalną wełnę mineralną (tabela 1). W przypadku każdego rodzaju wełny mineralnej przebadane zostało złącze o szerokości 50 oraz 100 mm. Wszystkie złącza były w pionowej orientacji, w ścianie wykonanej z bloczków z betonu komórkowego o gęstości 600 kg/m<sup>3</sup> i grubości 120 mm. Widok elementów próbnych przed badaniem przedstawiono na fotografii.

**Table 1. Mineral wool types used in tests**

*Tabela 1. Rodzaje wełny mineralnej zastosowanej w badaniach*

Designation/ Oznaczenie	Type of mineral wool and its parameters/ Rodzaj wełny mineralnej i jej parametry	Density [kg/m <sup>3</sup> ]/ Gęstość [kg/m <sup>3</sup> ]
MW1	rock mineral wool, $\lambda_D = 0,035$ W/(m•K), Euroclass A1, CS(10)20 kPa/ skalna wełna mineralna, $\lambda_D = 0,035$ W/(m•K), euroklasa A1, CS(10)20 kPa	108,3
MW2	rock mineral wool, $\lambda_D = 0,035$ W/(m•K), Euroclass A1, CS NPd/ skalna wełna mineralna, $\lambda_D = 0,035$ W/(m•K), euroklasa A1, CS NPd	53,4
MW3	rock mineral wool, $\lambda_D = 0,037$ W/(m•K), Euroclass A1, CS NPd/ skalna wełna mineralna, $\lambda_D = 0,037$ W/(m•K), euroklasa A1, CS NPd	32,9
MW4	rock mineral wool, $\lambda_D = 0,033$ W/(m•K), Euroclass A1, CS NPd/ skalna wełna mineralna, $\lambda_D = 0,033$ W/(m•K), euroklasa A1, CS NPd	28,2
MW5	rock mineral wool, $\lambda_D = 0,038$ W/(m•K), Euroclass A1, CS NPd/ skalna wełna mineralna, $\lambda_D = 0,038$ W/(m•K), euroklasa A1, CS NPd	12,5

During the test, the fire integrity and insulation of the linear joint seals were checked. Fire integrity was verified:

- with a cotton swab – loss of fire integrity occurs when a cotton swab applied to the surface of the test piece ignites within 30 seconds of being applied;

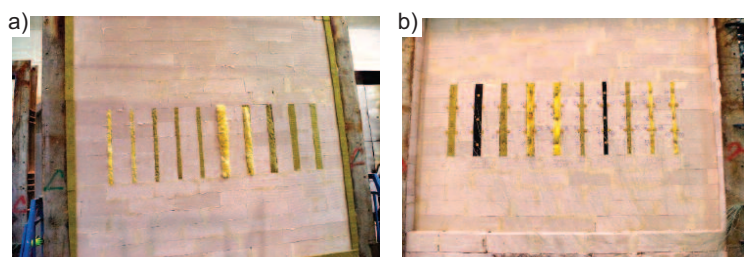
- using gap gauges – loss of fire integrity occurs when it is possible to penetrate a test piece over 100 mm with a 6 mm diameter gap gauge or spot penetration with a 25 mm diameter gap gauge;

- visually – the loss of fire integrity occurs when a flame appears on the unheated surface for more than 10 seconds.

Fire insulation was verified using thermocouples fixed to the unheated surface of the samples (mineral wool) and the unheated surface of the partition at a distance of 15 mm from the edge of the joint. The temperature measurement locations are shown in Figure 2.

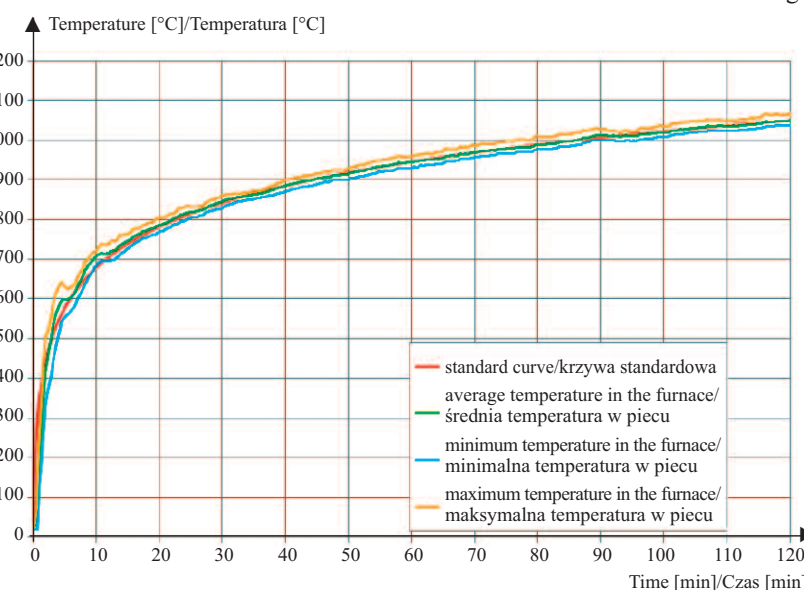
## Results

The results of the airtightness and fire insulation test, together with the maximum temperature rises at the specified classification times, are summarized in Table 2. Figure 3 shows a comparison of the average temperature rise on the surface of the mineral wool used in a given linear joint seal (thermoco-



**The view of tested specimen prior to the test: a) exposed surface; b) unexposed surface**

*Widok elementu próbnego przed badaniem: a) strona nagrzewana; b) strona nienagrzewana*



**Fig. 1. Temperature/time curves of furnace heating conditions**

*Rys. 1. Wykres nagrzewania elementów próbnych*

*Fig.: authors  
Rys.: autorzy*

Elementy próbne nagrzewano w piecu badawczym zgodnie z standardową krzywą temperatura-czas określoną wzorem (1), odzwierciedlającą 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].

Podczas badania sprawdzana była szczelność oraz izolacyjność ogniowa uszczelnień złączy liniowych. Szczelność ogniową weryfikowano:

- za pomocą tamponu bawełnianego – utrata szczelności ogniowej następuje w momencie, gdy przyłożony do powierzchni elementu próbnego tampon bawełniany ulegnie zapłonowi w ciągu 30 s od jego przyłożenia;

- używając szczelino-  
mierzy – utrata szczelności  
ogniowej następuje, gdy  
możliwa jest penetra-  
cja elementu próbnego  
na długości powyżej  
100 mm szczelino-  
mierzem o średnicy  
6 mm lub punktowa  
penetracja szczelino-  
mierzem o średnicy  
25 mm;

- wizualnie –  
utrata szczelności  
ogniowej następuje  
po pojawieniu się  
na nienagrzewanej  
powierzchni płomie-  
nia trwającego dłu-  
żej niż 10 s.

**Izolacyjność ogniowa** weryfikowana była przy użyciu termoelementów zamocowanych na nienagrzewanej powierzchni próbek (wełny mineralnej) oraz nienagrzewanej powierzchni przegrody w odległości 15 mm od krawędzi złącza. Miejsca pomiaru temperatury przedstawione zostały na rysunku 2.

## Wyniki

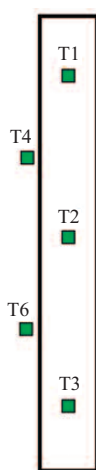
Wyniki badania szczelności oraz izolacyjności ogniowej wraz z maksymalnymi przyrostami temperatury w określonych czasach klasyfikacyjnych zostały zestawione w tabeli 2. Na rysunku 3 przedstawiono porównanie średnich przyrostów temperatury na powierzchni wełny mineralnej zastosowanej



uples No. T1 – T3 in Figure 2), and Figure 4 shows a comparison of the average temperature rise on the partition surface in the vicinity of a given joint (thermocouples No. T4 – T7 in Figure 2).

### Discussion

Analyzing the test results, it can be seen that in the case of 100 mm wide linear joint seals, it is only possible to classify only rock mineral wool solutions in terms of fire resistance. In the case of glass mineral wool, the fire integrity was lost before the end of the 15-minute test and therefore it is not possible to assign even the lowest fire resistance class of the classification standard EN 13501-2. The wool labelled MW5 was 10 seconds short of this, while the MW4 wool was just over 2 minutes. The fire resistance class associated with the insulation performance of linear joint seals protected with rock mineral wool increased with increasing density of the filler material used. In the case of the fire integrity of the 100 mm wide seal with stone wool, the highest class was achieved for the material with the highest density, 108.3 kg/m<sup>3</sup> MW1, and the lowest for the material with a density of 53.4 kg/m<sup>3</sup> MW2, respectively. In the case of 50 mm wide joints protected with glass mineral wool, the results allow the fire resistance class EI 15/E 20 to be given to the wool designated MW5 and EI 20 to the wool designated MW4. Greater fire insulation was achieved when a higher density wool was used. A similar situation applied to the fire integrity, which was exceeded in the 22nd minute of the test for MW5 wool and in the 27th minute for MW4 wool. Such a result made it possible to assign fire integrity class E 20. All of the 50 mm wide linear joints protected with rock mineral wool achieved class



T1 – thermocouple placed on the mineral wool surface in the middle of the joint width, 1/6th of the height from the top edge;  
 T1 – termoelement umieszczony na powierzchni wełny mineralnej w środku szerokości złącza, w odległości 1/6 wysokości od krawędzi górnej;  
 T2 – thermocouple placed on the surface of the wool at the center of the width and height of the joint;  
 T2 – termoelement umieszczony na powierzchni wełny w środku szerokości i wysokości złącza;  
 T3 – thermocouple placed on the mineral wool surface in the middle of the joint width, 1/6th of the height from the bottom edge;  
 T3 – termoelement umieszczony na powierzchni wełny mineralnej w środku szerokości złącza, w odległości 1/6 wysokości od krawędzi dolnej;  
 T4 – thermocouple placed on the surface of the mounting structure at a distance of 15 mm from the lateral edge of the joint and 1/3 of the height from the top edge of the joint  
 T4 – termoelement umieszczony na powierzchni konstrukcji mocującej w odległości 15 mm od krawędzi bocznej złącza i 1/3 wysokości od krawędzi górnej złącza;  
 T5 – as above; T5 – jw.;  
 T6 - thermocouple placed on the surface of the mounting structure at a distance of 15 mm from the lateral edge of the joint and 1/3 of the height from the lower edge of the joint;  
 T6 – termoelement umieszczony na powierzchni konstrukcji mocującej w odległości 15 mm od krawędzi bocznej złącza i 1/3 wysokości od krawędzi dolnej złącza;  
 T7 – as above; T7 – jw.

Fig. 2. Thermocouples arrangement on the unexposed surface of each of the tested linear joint seals

Rys. 2. Rozmieszczenie termoelementów na nienagrzewanej powierzchni każdego z badanych uszczelnień złączy liniowych

Table 2. Results of fire integrity and insulation tests

Tabela 2. Wyniki badań szczelności i izolacyjności ogniowej

Type of wool/ Typ wełny	Joint thickness [mm] Grubość złącza [mm]	T (15 min) [°C]	T (30 min) [°C]	T (60 min) [°C]	T (90 min) [°C]	T (120 min) [°C]	Fire integrity [min]/ Szczelność ogniowa [min]	Fire insulation [min]/ Izolacyjność ogniowa [min]	Fire resistance class/ Klasa odporności ogniowej
MW1	50	18,2	37,4	49,2	47,3	47,9	120	120	EI 120
	100	24,6	39,2	58,4	75,9	89,9	120	120	EI 120
MW2	50	37,6	54,9	59,7	60,5	89,5	120	120	EI 120
	100	58,9	80,2	107,0	×	×	60	60	EI 60
MW3	50	56,0	66,7	94,0	141,3	177,8	120	120	EI 120
	100	172,3	224,4	294,6	356,3	×	90	15	EI 15/E 90
MW4	50	52,6	×	×	×	×	20	20	EI 20
	100	×	×	×	×	×	n.d. <sup>1)</sup>	n.d. <sup>1)</sup>	n.d. <sup>1)</sup>
MW5	50	128,4	×	×	×	×	20	15	EI 15/E 20
	100	×	×	×	×	×	n.d. <sup>2)</sup>	n.d. <sup>2)</sup>	n.d. <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> the fire integrity of the linear joint seal was lost in 12'50" of testing; /szczelność ogniowa uszczelnienia złącza liniowego została utracona w 12'50" badania;

<sup>2)</sup> the fire integrity of the linear joint seal was lost in 14'50" of testing; /szczelność ogniowa uszczelnienia złącza liniowego została utracona w 14'50" badania

w danym uszczelnieniu złącza liniowego (termoelementy nr T1 – T3 jak na rysunku 2), a na rysunku 4 porównanie średnich przyrostów temperatury na powierzchni przegrody w okolicy danego złącza (termoelementy nr T4 – T7 na rysunku 2).

### Dyskusja

Analizując wyniki badań, można zauważyć, że w przypadku uszczelnień złączy liniowych o szerokości 100 mm możliwe jest sklasyfikowanie w zakresie odporności ogniowej wyłącznie rozwiązań ze skalną wełną mineralną. W przypadku szklanej wełny mineralnej szczelność ogniowa została utracona przed zakończeniem 15 min badania, a co za tymi idzie nie jest możliwe nadanie nawet najniższej klasy odporności ogniowej z określonych w normie klasyfikacyjnej PN-EN 13501-2. W przypadku wełny oznaczonej jako

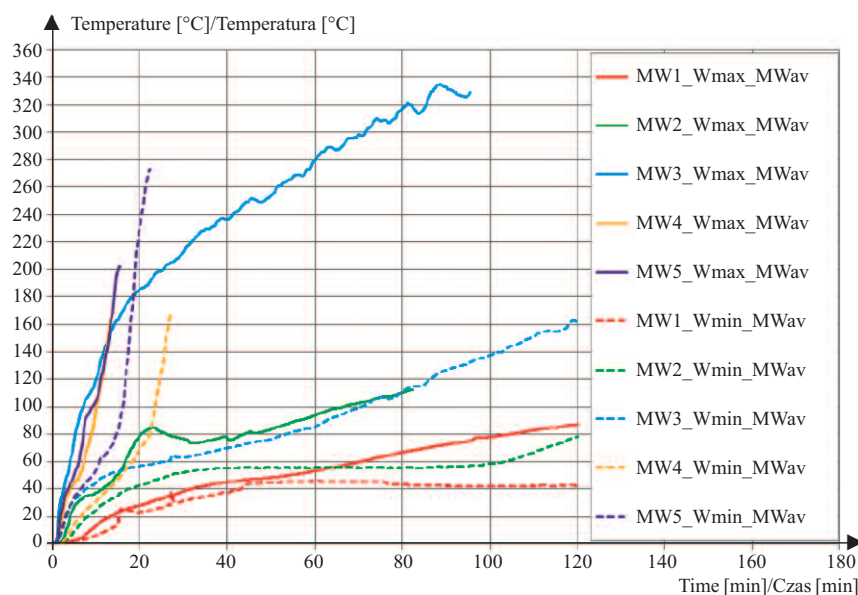
MW5 zabrakło do tego 10 s, natomiast w przypadku wełny MW4 niewiele ponad 2 min. Klasa odporności ogniowej związana z izolacyjnością uszczelnień złączy liniowych zabezpieczonych skalną wełną mineralną zwiększała się wraz ze zwiększaniem gęstości zastosowanego materiału wypełniającego. W przypadku szczelności ogniowej uszczelnień o szerokości 100 mm z wełną skalną najwyższa klasa osiągnięta została w przypadku materiału o największej gęstości, odpowiednio 108,3 kg/m<sup>3</sup> MW1, a najniższa materiału o gęstości 53,4 kg/m<sup>3</sup> MW2. W przypadku złączy o szerokości 50 mm zabezpieczonych szklaną wełną mineralną wyniki pozwalają na nadanie klasy odporności ogniowej EI 15/E 20 – wełny oznaczonej jako MW5 oraz EI 20 – wełny oznaczonej jako MW4. Większą izolacyjność ogniową osiągnięto, gdy zastosowano wełnę o większej gęstości. Podobna sytuacja dotyczyła szczelności ogniowej, która przekroczona została w 22 min badania

EI 120. However, when analyzing the temperature rise, it can be seen that, as in the other cases discussed; the fire insulation increases with increasing density of the mineral wool used.

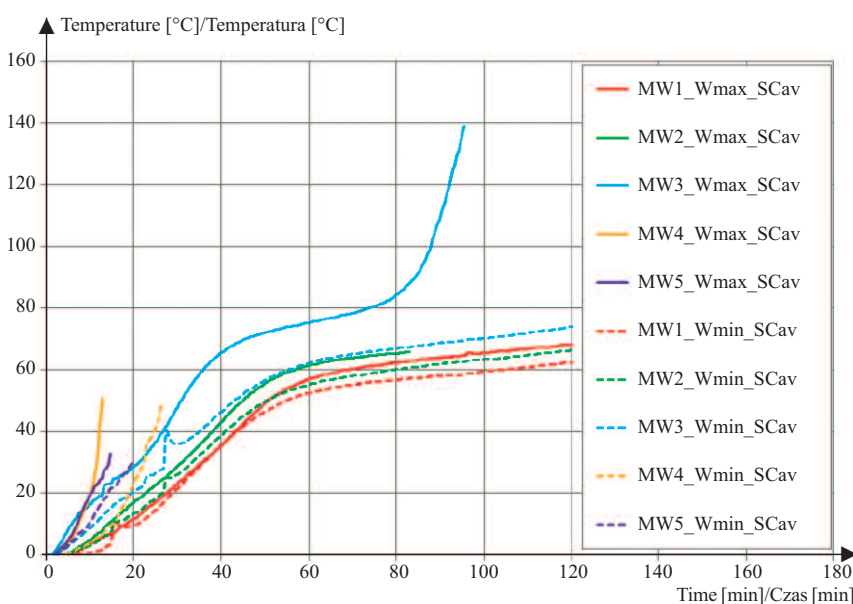
For all of the components tested, smaller temperature rises were obtained when the sealing of the linear joints had a smaller width. In addition, in the case of wools labelled MW2 – MW4, fire integrity was also maintained for longer when the joint was 50 mm wide. In the case of mineral wool designated MW1 and both joint widths, the fire integrity was maintained throughout the test. However, given the results obtained for the other joints, in this case too, an earlier exceedance of fire integrity by the wider joint can be expected. Confirmation of this assumption, however, requires additional studies lasting longer than the 120 minutes assumed in this program.

### Conclusions

The test carried out showed that higher fire resistance classes were achieved for linear joint seals protected with rock mineral wool. In addition, it was observed that for each type of wool, fire insulation increases with increasing density of the material used. The rule does not, however, apply to fire integrity, as indicated by the higher result obtained for rock mineral wool MW3, with a density of 32.9 kg/m<sup>3</sup>, allowing it to be given class E 90, than for wool



**Fig. 3. Comparison of temperature rise on the mineral wool surface (MW1 – MW5 – in accordance with table 1: Wmax – joint width of 100 mm; Wmin – joint width of 50 mm)**  
 Rys. 3. Porównanie przyrostu temperatury na powierzchni wełny mineralnej (MW1 – MW5 – oznaczenie zgodnie z tabelą 1: Wmax – złącze o szerokości 100 mm; Wmin – złącze o szerokości 50 mm)



**Fig. 4. Comparison of temperature rise on supporting construction surface (MW1 – MW5 – in accordance with table 1: Wmax – joint width of 100 mm, Wmin – joint width of 50 mm)**  
 Rys. 4. Porównanie przyrostu temperatury na powierzchni konstrukcji mocującej (MW1 – MW5 – oznaczenie zgodnie z tabelą 1: Wmax – złącze o szerokości 100 mm; Wmin – złącze o szerokości 50 mm)

w przypadku wełny MW5 i w 27 min – wełny MW4. Taki wynik umożliwił nadanie klasy szczelności ogniowej E 20. Wszystkie ze złączy liniowych o szerokości 50 mm zabezpieczone skalną wełną mineralną osiągnęły klasę EI 120. Jednak analizując przyrosty temperatury, zauważyć można, że izolacyjność ogniowa podobnie jak w pozostałych omawianych przypadkach zwiększa się wraz ze zwiększeniem gęstości zastosowanej wełny mineralnej.

W przypadku wszystkich z przebadanych elementów mniejsze przyrosty temperatury uzyskano, gdy uszczelnienie złączy liniowych miało mniejszą szerokość. Dodatkowo w przypadku wełen oznaczonych jako MW2 – MW4 również szczelność ogniowa zachowana została dłużej, gdy złącze było o szerokości 50 mm. W przypadku wełny mineralnej oznaczonej jako MW1 i obu szerokości złącza szczelność ogniowa zachowana została przez całe badanie.

Jednak biorąc pod uwagę wyniki uzyskane dla pozostałych złączy, w tym przypadku również można spodziewać się wcześniejszego przekroczenia szczelności ogniowej przez złącze o większej szerokości. Potwierdzenie tego założenia wymaga jednak przeprowadzenia dodatkowych badań, trwających dłużej niż 120 min, założone w ramach tego programu.

### Wnioski

Przeprowadzone badania wykazały, że wyższe klasy odporności ogniowej zostały osiągnięte w przypadku uszczelnień złączy liniowych zabezpieczonych skalną wełną mineralną. Dodat-

MW2, with a density of  $53.4 \text{ kg/m}^3$ , allowing it to be classified as class E 60.

From the tests carried out, it can also be concluded that the fire resistance of a joint decreases as its width increases, and therefore it seems reasonable to be able to transfer the test results from joints with a larger width to those with a smaller width.

*Received: 25.03.2024*

*Revised: 06.06.2024*

kowo zaobserwowano, że dla każdego rodzaju wełny izolacyjno-ści ognio- wa zwiększa się wraz ze zwiększaniem gęstości zastosowanego materiału. Reguła ta nie ma jednak zastosowania do szczelności ogniowej, na co wskazuje większy wynik uzyskany dla skalnej wełny mineralnej MW3, o gęstości  $32,9 \text{ kg/m}^3$ , umożliwiający nadanie klasy E 90, niż wełny MW2 o gęstości  $53,4 \text{ kg/m}^3$ , co pozwala na klasyfikację jako klasa E 60.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzić można również, że odporność ogniowa złącza maleje wraz ze wzrostem jego szerokości, a co za tym idzie zasadne wydaje się umożliwienie przenoszenia wyników badań ze złączy o większej szerokości na te o szerokości mniejszej.

*Wpłynął do redakcji: 25.03.2024 r.*

*Otrzymano poprawiony po recenzjach: 06.06.2024 r.*

### Literature

- [1] Prusakov VA, Gravit MV, Simonenko YB. Superthin. Basalt Fiber as the Base of a Matrix of the Fire-Resistant Filling of Deformation Joints in Building Structures. *Glass Phys Chem.* 2023; <https://doi.org/10.1134/S1087659622600879>.
- [2] Huang Z, Jiawei Z, Zimao P, Hongbo H, Huiping A, Xulong Y, Tianxiang X. Simulation of Thermomechanical Coupling and Evaluation of the Fire Resistance for the Joints of Fabricated Frame Tunnel. *Fire.* 2023; <https://doi.org/10.3390/fire6010003>.
- [3] Sędlak B, Kinowski J, Roszkowski P, Sulik P. Uszczelnienia złączy liniowych z mechanicznie wywołanym przemieszczeniem powierzchni czołowych złączy. *Materiały Budowlane.* 2017; 7: 20 – 23.
- [4] 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.* 2017; 36 (4): 315–341.
- [5] Paudel D, Rinta-Paavola A, Mattila HP, Hostikka S. Multiphysics Modelling of Stone Wool Fire Resistance, *Fire Technology.* 2020; <https://doi.org/10.1007/s10694-020-01050-5>.
- [6] Frangi A, Schleifer V, Hugi E. A New Fire Resistant Light Mineral Wool. *Fire Technology.* 2012; <https://doi.org/10.1007/s10694-010-0209-2>.
- [7] Nagy N. Determination Of Thermal Properties Of Mineral Wool Insulation Materials For Use In Full-Scale Fire Modelling. *UW Space.* 2020; <http://hdl.handle.net/10012/15705>
- [8] Fejfer Ł, Sulik P. Wymagania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego przejść instalacyjnych, *Materiały Budowlane.* 2018; 6: 53 – 55.
- [9] Ye Z, Abu AK, Fleischmann CM, Dhakal RP. Chapter: Modelling the thermal response of firestop sealant exposed to standard fire; *Book: Life-Cycle of Structures and Infrastructure Systems*; CRC Press. 2023; ISBN 9781003323020.