

dr inż. Ołeksij Kopyłow¹⁾

The influence of temperature on the mechanical properties of ventilated facade consoles with polymer elements

Wpływ temperatury na właściwości mechaniczne konsoli do elewacji wentylowanych z elementami polimerowymi

DOI: 10.15199/33.2024.11.23

Abstract. The article discusses innovative subconstruction elements for ventilated façades that allow for the minimization of the negative impact of thermal bridges on the thermal insulation properties of building partitions. In the context of growing issues related to traditional metal brackets, the effect of high temperatures (+70°C) on the mechanical properties of passive brackets with polymer components has been analyzed. The conducted research provides a basis for stating that high temperatures significantly affect a key feature of brackets for ventilated façades – resistance to vertical load. Considering this relationship during the design process is crucial for ensuring the durability and functionality of ventilated façades.

Keywords: ventilated facade; bracket systems; thermal insulation properties; passive brackets.

Streszczenie. Artykuł dotyczy innowacyjnych elementów podkonstrukcji do elewacji wentylowanych, pozwalających na minimalizację negatywnego wpływu mostków termicznych na właściwości termoizolacyjne przegród. W kontekście rosnących problemów związanych z tradycyjnymi konsolami metalowymi przeanalizowano wpływ wysokiej temperatury (+70°C) na właściwości mechaniczne konsoli pasywnych z elementami polimerowymi. Przeprowadzone badania dają podstawy stwierdzić, że wysoka temperatura ma istotny wpływ na kluczową cechę konsoli do elewacji wentylowanych – odporność na obciążenie siłą pionową. Uwzględnienie tej zależności podczas projektowania ma znaczenie dla zapewnienia trwałości i funkcjonalności elewacji wentylowanych.

Słowa kluczowe: elewacja wentylowana; podkonstrukcja; właściwości termoizolacyjne; konsole pasywne.

Over the past thirty years, ventilated façades have established a prominent position among the most frequently selected solutions in construction. The popularity of this solution is attributed to the extensive possibilities for shaping the building's façade, which arise from the aesthetic qualities of the cladding, excellent thermal energy properties, increasingly competitive costs, ease of installation, and straightforward maintenance tasks during operation.

A ventilated façade is a set of compatible components that form a system for the thermal insulation and finishing of building walls. The primary characteristic of any ventilated façade is to ensure proper thermal insulation parameters for the building envelope. Consequently, special attention is paid to thermal physics and heat transfer processes occurring within the façade system during its design. Mineral wool is commonly used for thermal insulation purposes, while extruded polystyrene is employed in areas exposed to moisture; polyurethane foam is used less frequently. The selection of mineral wool for such façade systems is not accidental – it is a non-combustible material that significantly enhances the parameters of fire safety, and when effectively protected against moisture, it serves as an excellent thermal insulator. The

W ciągu ostatnich trzydziestu lat elewacje wentylowane zdobyły znaczącą pozycję wśród najczęściej wybieranych rozwiązań w budownictwie. Popularność tego rozwiązania wynika z bardzo szerokiej możliwości kształtowania fasady budynku, wynikających z walorów estetycznych okładzin, znakomitych właściwości termoenergetycznych, coraz bardziej konkurencyjnych kosztów, łatwego montażu oraz nieskomplikowanych prac serwisowych podczas eksploatacji.

Elewacja wentylowana to zestaw kompatybilnych komponentów, które tworzą system izolacji i wykończenia ścian budynku. Podstawową cechą każdej elewacji wentylowanej jest zapewnienie właściwych parametrów termoizolacyjnych przegrrody. W związku z tym, podczas projektowania elewacji wentylowanych szczególną uwagę poświęca się fizyce cieplnej i procesom wymiany ciepła zachodzącym w środku systemu elewacyjnego. Na potrzeby termoizolacji powszechnie stosowana jest wełna mineralna, a w miejscach narażonych na wilgoć – styropian ekstrudowany, rzadziej pianka poliuretanowa. Wybór wełny mineralnej do tego typu systemów elewacyjnych nie jest przypadkowy – wełna jest materiałem niepalnym i znacznie poprawia parametry szeroko rozumianego bezpieczeństwa ogniowego, a w przypadku skutecznego zabezpieczenia przed wilgocią stanowi doskonały termoizolator. Szczelina wentylacyjna występująca w środku przestrzeni elewacji

¹⁾ Instytut Techniki Budowlanej; o.kopylow@itb.pl

ventilation gap present within the façade space (Figure 1) between the cladding and the thermal insulation allows for air circulation and the removal of excess moisture from the mineral wool. One of the most critical components of any ventilated façade is the subframe, to which the cladding is attached. The subframe, aided by brackets, enables the creation of a ventilated air gap between the thermal insulation and the cladding. In previous ventilated façade solutions, the subframe was made of metal (aluminum or steel), and less frequently, wood. Metallic elements exhibit excellent mechanical properties allowing them to bear significant loads (e.g., from stone or concrete cladding) and can endure this weight for a relatively long time during a fire without substantial deformation leading to damage or detachment of the cladding. However, metals also possess high thermal conductivity, which adversely affects the thermal insulation properties of the entire envelope. The need to ensure optimal thermal insulation parameters for ventilated façades while simultaneously maintaining mechanical properties and user safety has resulted in the exploration of new material and structural solutions for subframe components.

The purpose of the subframe (Photo 1) is to transfer loads from the cladding mass, wind pressure and suction, anthropogenic loads (e.g., impact or pressure during facade cleaning), as well as loads associated with exposure to high temperatures and fire. Additionally, it should accommodate the compensation for dimensional changes in both the cladding and itself caused by temperature fluctuations. The subframe significantly influences the thermal insulation properties of the building. A poorly designed bracket can create a so-called thermal bridge, which drastically deteriorates the thermal insulation performance of the facade system. Consequently, manufacturers of subframe components are increasingly moving away from traditional solutions involving solid metal brackets (Photo 1) in favor of passive systems (Photo 1, Figure 2). These brackets are typically constructed from several interconnected materials: metals and polymer, which serve as thermal insulators, interrupting the heat transfer pathway between the "wall

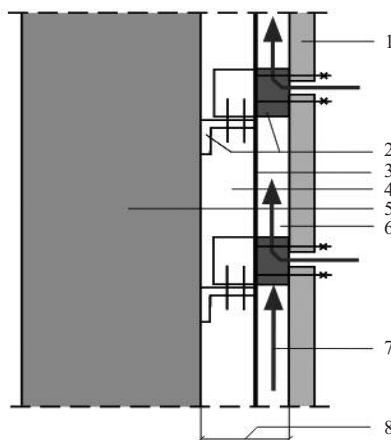


Fig. 1. Schematic diagram of a ventilated façade: 1 – cladding; 2 – bracket system; 3 – vapor-permeable membrane (optional); 4 – thermal insulation; 5 – external wall of the building; 6 – ventilation gap; 7 – flowing air; 8 – extending of bracket system

Fig. autor

Rys. 1. Schemat ideowy elewacji wentylowanej: 1 – okładzina elewacyjna; 2 – ruszt; 3 – folia paroprzepuszczalna (opcjonalnie); 4 – termoizolacja; 5 – ściana zewnętrzna budynku; 6 – szczelina wentylacyjna; 7 – przepływające powietrze; 8 – wysięg rusztu

Rys. autor

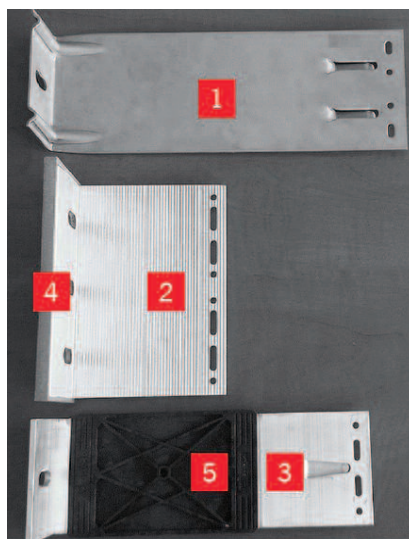


Photo 1. Brackets for ventilated facades: 1 – solid steel bracket; 2 – solid aluminum bracket with thermal insulation spacer; 3 – bracket with polymer element (so-called „passive”); 4 – thermal spacer attached to the base; 5 – polymer element located between two aluminum elements

Photo autor [1]

Fot. 1. Konsole do elewacji wentylowanych: 1 – konsola stalowa pełna; 2 – konsola aluminiowa pełna z przekładką termoizolacyjną; 3 – konsola z elementem polimerowym (tak zwana „pasywna”); 4 – przekładka termiczna mocowana do stopki; 5 – element polimerowy występujący pomiędzy dwoma elementami aluminiowymi

Fot. autor [1]

(rysunek 1) pomiędzy okładziną a termoizolacją pozwala na cyrkulację powietrza i odprowadzenia nadmiaru wilgoci z wełny mineralnej. Jednym z najważniejszych elementów każdej elewacji wentylowanej jest podkonstrukcja, do której mocowane są okładziny. Podkonstrukcja dzięki konsolom wynoszącym pozwala stworzyć szczelinę wentylowaną pomiędzy termoizolacją a okładzinami. We wcześniejszych rozwiązaniach elewacji wentylowanych ruszt był wykonany z metalu (aluminium lub stali), rzadziej drewna. Elementy metalowe charakteryzują się bardzo dobrymi parametrami mechanicznymi, pozwalającymi na przenoszenie dużych obciążeń (np. od okładzin z kamienia, betonu), a w przypadku pożaru – przez relatywnie długi czas przenoszą ten ciężar bez istotnych odkształceń powodujących uszkodzenie i odpadanie okładzin. Niestety, metale charakteryzują się dużą przewodnością cieplną, co w sposób istotny pogarsza właściwości termoizolacyjne całej przegrody. Konieczność zapewnienia najlepszych parametrów termoizolacyjnych elewacji wentylowanej z jednoczesnym zachowaniem parametrów mechanicznych oraz bezpieczeństwa użytkownika spowodowała poszukiwanie nowych rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych elementów podkonstrukcji.

Zadaniem podkonstrukcji (fotografia 1) jest przeniesienie obciążeń od masy okładziny, parcia i ssania wiatru, obciążeń o charakterze antropologicznym (np. uderzenia lub nacisku podczas mycia elewacji) lub związanych z oddziaływaniem wysokiej temperatury i ognia. Ponadto powinna umożliwiać rekompensatę zmiany wymiarów liniowych okładzin i samej siebie spowodowanych zmianą temperatury. Podkonstrukcja ma duży wpływ na właściwości termoizolacyjne budynku. Niewłaściwie zaprojektowana konsola może stworzyć tzw. mostek termiczny drastycznie pogarszający właściwości termoizolacyjne systemu elewacyjnego. W związku z tym, producenci elementów podkonstrukcji coraz częściej rezygnują z tradycyjnych rozwiązań w postaci pełnych konsoli z metalu (fotografia 1) na rzecz pasywnych (fotografia 1, rysunek 2). Konsolle te zazwyczaj są wykonane z kilku wzajemnie powiązanych materiałów: metali i tworzyw sztucznych, które pełnią funkcję termoizolatora, przerywającego

and cladding". a) The polymer components should exhibit low thermal conductivity, mechanical strength, high temperature resistance, and durability.

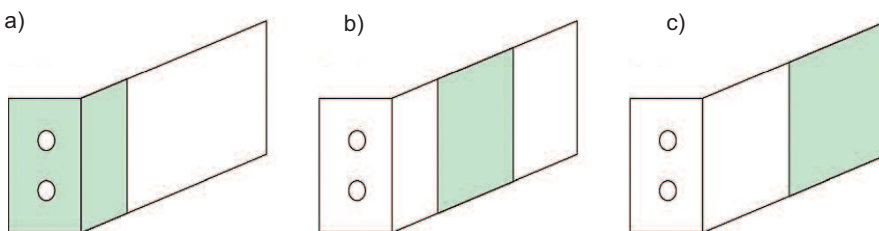


Fig. 2. Brackets with polymer components (the polymer part highlighted in color) – description

Fig. author [1]

Rys. 2. Konsola z elementami polimerowymi (część polimerowa oznaczona kolorem) – opis w tekście

Rys. autor [1]

wymianę ciepła na drodze „ściana – okładzina”. Elementy tworzywowe powinny charakteryzować się niewielkim współczynnikiem przewodzenia ciepła, wytrzymałością mechaniczną, odpornością na oddziaływa-

Among passive brackets that utilize plastics, three primary solutions can be distinguished:

- brackets with a polymer foot (Figure 2a);
- brackets with a polymer central spacer (Figure 2b);
- brackets with a polymer cantilever (Figure 2c).

Ventilated facade brackets with polymer spacers have been the subject of scientific analyses primarily in the context of utilizing numerical research for determining their strength as an alternative to standardized laboratory tests [2, 3]. Previous analyses [4 to 6] of the mechanical properties of brackets were conducted without considering the temperature influence on polymer components. Laboratory tests were performed at approximately 20°C, and the determination of polymer parameters for numerical studies did not take into account variations at high or low temperatures. Such research approaches may stem from the documents EAD 090062-00-0404 [2] and EAD 090034-00-0404 [3], which do not address brackets with polymers and stipulate that mechanical testing should be conducted at around 20°C. However, in practice, façade brackets operate at significantly higher temperatures. The standard PN-EN 14024:2024-01 [7] concerning metal profiles with thermal spacers (used in façade joinery and window-door constructions) recommends climatic testing at +85°C. It is undeniable that these profiles share a very similar structure to façade brackets and are utilized at comparable temperatures.

Observations of façades utilizing brackets with polymer components indicate that the width of the gaps between cladding installed on the southern façade may vary during periods of intense solar exposure. This variation is likely associated with thermal deformations occurring within the polymers. It is important to note, however, that these phenomena were observed in façade systems without National Technical Assessments and that have not been tested under laboratory conditions. The objective of this article is to determine the effect of elevated temperatures on the mechanical properties of brackets with polymer components.

Brackets testing with polymer components under elevated temperature conditions

To assess the potential impact of high temperatures on the performance of brackets for ventilated façades with thermal spacers, tests were conducted to evaluate their resistance to vertical force at a temperature of +70°C. A slightly lower temperature was selected compared to that used for profiles for

nie wysokiej temperatury i trwałością.

Wśród konsoli pasywnych, w których zastosowano tworzywa sztuczne, wyróżnia się trzy podstawowe rozwiązania:

- konsole ze stopką polimerową (rysunek 2a);
- konsole z polimerową przekładką środkową (rysunek 2b);
- konsole z wysięgnikiem polimerowym (rysunek 2c).

Konsole do elewacji wentylowanych z przekładkami polimerowymi były przedmiotem analiz naukowych głównie w kontekście możliwości stosowania do określenia ich wytrzymałości badań numerycznych, jako alternatywy dla normowych badań laboratoryjnych [2, 3]. Wcześniejsze analizy [4 ÷ 6] cech mechanicznych konsoli wykonywano bez uwzględnienia wpływu temperatury na elementy polimerowe. Badania laboratoryjne prowadzono w temperaturze ok. 20°C, a przy określaniu parametrów polimerów do badań numerycznych nie uwzględniano zmian w wysokiej lub niskiej temperaturze. Takie podejścia badaczy wynikać może z dokumentów EAD 090062-00-0404 [2] oraz EAD 090034-00-0404 [3], które nie uwzględniają konsoli z polimerami i przewidują wykonanie badań mechanicznych w temperaturze ok. 20°C. W rzeczywistości konsole elewacyjne eksploatowane są w znacznie wyższej temperaturze. Norma PN-EN 14024:2024-01 [7] dotycząca kształtowników metalowych z przekładkami termicznymi (stosowanymi w stolarce elewacyjnej i okiwno-drzwiowej) zaleca badania klimatyczne w temperaturze +85°C. Bezsporny jest fakt, że kształtowniki te mają bardzo podobną budowę do konsoli elewacyjnych i eksploatowane są w podobnej temperaturze.

Obserwacje użytkowanych elewacji z konsolami z elementami polimerowymi wykazują, że szerokość szczelin pomiędzy okładzinami zamontowanymi na elewacji południowej może się zmieniać w okresie intensywnego nasłonecznienia, co prawdopodobnie ma związek z odkształceniami termicznymi zachodzącymi w polimerach. Należy jednak zaznaczyć, że opisywane zjawiska występowały w przypadku systemów elewacyjnych nieposiadających Krajowych Ocen Technicznych i nieprzebadanych w warunkach laboratoryjnych. Celem artykułu jest określenie wpływu podwyższonej temperatury na właściwości mechaniczne konsoli z elementami polimerowymi.

Badania konsoli z elementami polimerowymi w podwyższonej temperaturze

W celu wyjaśnienia możliwego wpływu wysokiej temperatury na zachowanie konsoli do elewacji wentylowanych z przekładkami termicznymi przeprowadzono badania ich odporno-

curtain walls (+85°C) due to the longer brackets for ventilated facades, as well as the fact that the polymer components (from a fire safety perspective) are typically encased in mineral wool, which may result in lower temperatures being experienced.

The study focused on commercially available brackets with polymer spacer that are approved for building market circulation. According to the feedback from building management, there have been no observations of any degradation or deformation of joints between the facade cladding during the usage of these brackets. The testing was conducted using a universal testing machine equipped with a thermal chamber, allowing for the application of force to the specimen at a specified temperature (see Photograph 2). The model utilized consisted of a bracket with an polymer insert connected to a T-profile.

The base and handle of the brackets were manufactured as a single unit from stainless steel 304/316, while the central portion is composed of a composite material consisting of polyamide and glass fibre PA66 H2 G/50-V0KB1 (see Figure 3). The brackets was attached to a T-profile made from aluminium alloy EN AW 6060 T66, with dimensions of 75 x 55 x 2 mm, using four self-tapping screws 4.8 x 19 A4, resulting in what is termed a rigid connection. It was secured to the test setup, specifically a steel wall with a thickness of 30 mm, using two M8 screws with oversized washers.

During the testing, a static force was applied (force increase rate – 5 mm/min) to the T-profile, and the resulting displacement was measured. To avoid measurement errors related to initial deformation due to the fixing of the bolted elements, a preliminary load of 100 N was applied to the specimen. The head of the testing machine allowed for the measurement of forces and displacements. The testing machine met the requirements for

first-class accuracy in accordance with the Regulation of the Minister of Economy, Labor, and Social Policy of February 4, 2004, regarding metrological requirements for testing machines used for static tests. The expanded uncertainty of measurements

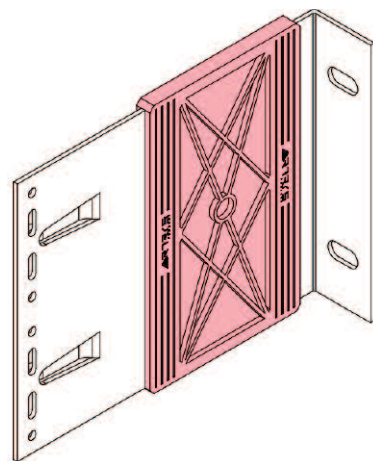


Fig. 3. Bracket structure
Rys. 3. Konstrukcja konsoli



Photo 2. A endurance testing machine integrated with a temperature chamber

Photo author

Fot. 2. Maszyna wytrzymałościowa zintegrowana z komorą temperaturową

Fot. autor

ści na działanie siły pionowej w temperaturze +70°C. W badaniu przyjęto nieco niższą temperaturę niż w przypadku kształtowników do ścian osłonowych (+85°C) z uwagi na fakt, że konsolle do elewacji wentylowanych mają większy wysięg, a części polimerowe (z punktu widzenia bezpieczeństwa ogniowego) zazwyczaj są umieszczone w wełnie mineralnej, co może powodować obniżenie temperatury.

Do badań wytypowano konsolle z przekładkami z tworzywa sztucznego dostępne na rynku, dopuszczone do obrotu. Z opinii zarządców budynków, na których zamocowano konsolle, wynika, że w trakcie ich użytkowania nie stwierdzono zmian w postaci zaniku szczelin pomiędzy okładzinami elewacyjnymi. Badanie przeprowadzono w maszynie wytrzymałościowej z komorą termiczną, pozwalającą na przyłożenie siły do próbki w zadanej temperaturze (fotografia 2). Zastosowano model składający się z konsoli z wkładką termoizolacyjną połączony z profilem T. Stopę i uchwyt konsoli wykonano jako jednolitą całość ze stali nierdzewnej 304/316, natomiast środkową jej część stanowi kompozyt składający się z poliamidu i włókna szklanego PA66 H2 G/50-V0KB1 (rysunek 3). Konsolę połączono z profilem T ze stopu aluminium EN AW 6060 T66, o wymiarach 75 x 55 x 2 mm za pomocą czterech wkrętów samowiercących 4,8 x 19 A4, uzyskując tzw. połączenie sztywne, i przymocowano do stanowiska badawczego, tj. stalowej ścianki o grubości 30 mm za pomocą dwóch śrub M8 z poszerzonymi podkładkami.

Podczas badań przykładano siłę statyczną (prędkość wzrostu siły – 5 mm/min) do profilu T i mierzono przemieszczenie nią spowodowane. W celu uniknięcia błędów pomiaru wynikających z deformacji początkowej związanej z dopasowaniem się elementów połączonych śrubowo, przykładano do próbki obciążenie wstępne o wartości 100 N. Głowica maszyny wytrzymałościowej pozwalała na pomiar sił i przemieszczeń.

Maszyna wytrzymałościowa spełniała wymagania pierwszej klasy dokładności zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z 4 lutego 2004 r. w sprawie wymagań metrologicznych, którym powinny odpowiadać maszyny wytrzymałościowe do prób statycznych. Niepewność rozszerzona


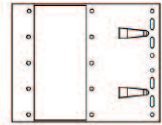
material/materiał	
polymer/tworzywo:  PA66 H2 G/50-V0KB1	insert:  stainless steel/ stal nierdzewna 304/316

Fig. ITB archive
Rys. archiwum ITB

(associated with the accuracy of the instruments used), at a confidence level of 95% and with an expansion factor $k = 2$, was:

- 1% for force measurements;
- 0,1 mm for displacement measurements;
- 1°C for temperature measurements.

The view of the experimental model is presented in Photograph 3. To understand the effect of temperature on the load-bearing capacity of the facade brackets, experiments were conducted under elevated temperature conditions (+70°C) and in laboratory conditions (+20°C). For the elevated

temperature tests, the samples were preheated in a chamber for at least 30 minutes before the application of force. The investigations were carried out under the specified temperature conditions on 10 samples. The results indicate that the consoles under a load of 0 to 500 N exhibited very similar behavior at both elevated and laboratory temperatures: the resulting displacements and deformation patterns were nearly identical. Significant differences were observed when a vertical force exceeding 500 N was applied. As the force increased, the discrepancy between the displacements also increased. The difference between the forces causing a displacement of 4 mm was approximately 18%. The graphical relationship between the applied force and the displacements of the samples under laboratory and elevated temperature conditions is presented in the table and Figure 4.

Samples tested under elevated temperature and laboratory conditions when subjected to a force of 500 N exhibited different damage characteristics. At the point of failure, the samples tested at elevated temperatures exhibited greater deformations compared to those tested under laboratory conditions (Photo 4). These differences were attributed to the plasticization of the material.



Photo 3. Test concept
Fot. 3. Schemat badania

Photo author
Fot. autor

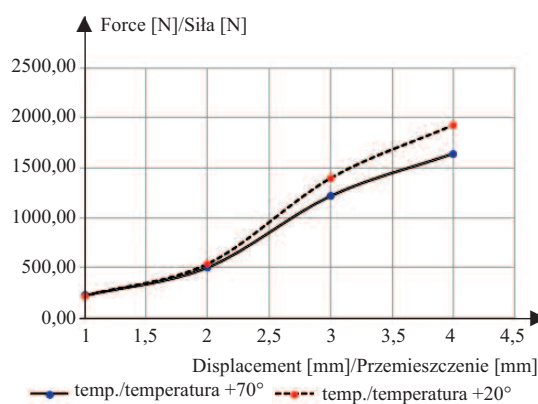


Fig. 4. Dependence between force and displacement of samples under laboratory conditions and elevated temperature

Rys. 4. Zależność pomiędzy siłą a przemieszczeniem próbek badanych w warunkach laboratoryjnych i podwyższonej temperatury

pomiarów (związana z dokładnością zastosowanych urządzeń), na poziomie ufności 95% i przy współczynniku rozszerzenia $k = 2$ wynosiła:

- 1% w przypadku siły;
- 0,1 mm w przypadku przemieszczeń;
- 1°C w przypadku temperatury.

Widok modelu badawczego przedstawiono na fotografii 3. W celu zrozumienia wpływu temperatury na nośność konsoli elewacyjnej badania prowadzono w warunkach podwyższonej temperatury (+70°C) oraz w warunkach laboratoryjnych (+20°C). W przypadku podwyższonej temperatury próbki by-
ły wygrzewane w komorze przed przy-
łożeniem siły przez co najmniej 30 min.

Badania w analizowanych warunkach temperaturowych przeprowadzono na 10 próbkach. Wynika z nich, że konsole pod obciążeniem 0 ÷ 500 N w temperaturze podwyższonej i warunkach laboratoryjnych zachowują się bardzo podobnie: wywołane przemieszczenia oraz sposób deformacji wyglądały niemal identycznie. Istotne różnice odnotowano podczas oddziaływania siły pionowej > 500 N. Wraz ze wzrostem siły zwiększała się różnica pomiędzy przemieszczeniami. Różnica pomiędzy siłami powodującymi przemieszczenie 4 mm stanowiła ok. 18%.

Zależność graficzną pomiędzy siłą a przemieszczeniem próbek w warunkach laboratoryjnych i podwyższonej temperatury przedstawiono w tabeli i na rysunku 4.

Próbki przebadane w warunkach podwyższonej temperatury i laboratoryjnych podczas oddziaływania siły 500 N wykazały inny charakter uszkodzeń. W momencie uszkodzenia próbek badanych w podwyższonej temperaturze odnotowano większe deformacje niż w przypadku próbek przebadanych w warunkach laboratoryjnych (fotografia 4). Różnice te wynikały z uplastycznienia tworzywa.

The 'force-displacement' relationship during the interaction with the console under vertical force at different temperatures. Average values obtained from 10 samples

Zależność „siła – przemieszczenie” podczas oddziaływania na konsolę siły pionowej w różnej temperaturze. Wartości średnie uzyskano na 10 próbkach

Temperature at which the brackets were tested/ Temperatura, w której badano konsolę	Forces [N] causing displacements [mm]/Siła [N] powodująca przemieszczenie [mm]:				
	0	0,42	1,0	3,0	5,0
+70°C	0	221,43	502,82	1218,16	1642,31
+20°C	0	218,73	537,25	1394,64	1927,01

Conclusions

The conducted tests provides a basis for concluding that elevated temperatures affect the behaviour of brackets with polymer spacers. Under elevated temperature conditions ($T = +70^{\circ}\text{C}$) and with the application of the same load, the brackets exhibit greater displacements and deformations (approximately 18% in this specific case) compared to those tested under laboratory conditions ($T = +20^{\circ}\text{C}$).

In the case of brackets without metallic reinforcements (in this study, the brackets had steel strips connecting the base to the arm embedded in the polymer), these differences may be even more pronounced.

To avoid excessive displacements of brackets when designing ventilated facades, it is essential to consider the behavior of the brackets under elevated temperature conditions.

The findings of this study confirm the validity of assessing the mechanical properties of brackets under elevated temperature conditions in the process of issuing National and European Technical Assessments. The identified relationship may prove useful in assessing the technical condition of ventilated facades with brackets featuring polymer spacers, particularly when deformations of gaps between the cladding materials have been observed under elevated temperature conditions.

Received: 14.08.2024
Revised: 03.09. 2024
Published: 25.11.2024

Literature

- [1] Kopyłow O. Właściwości mechaniczne podkonstrukcji elewacji wentylowanych z elementami polimerowymi – propozycje zakresu oceny. *Izolacje*. 2021; 5: 62 – 66.
- [2] EAD 090062-00-0404 Kits for external wall claddings mechanically fixed.
- [3] EAD 090034-00-0404 Kit composed by subframe and fixings for fastening cladding and external wall elements.
- [4] Cwyl M, Prochera M, Wojda J, Wilga K, Radzimirski P. Badanie nośności wybranych poliamidowo-aluminiowych konsoli nośnych dla okładzin fasad budynków. *Builder*. 2023; 9: 28 – 33.

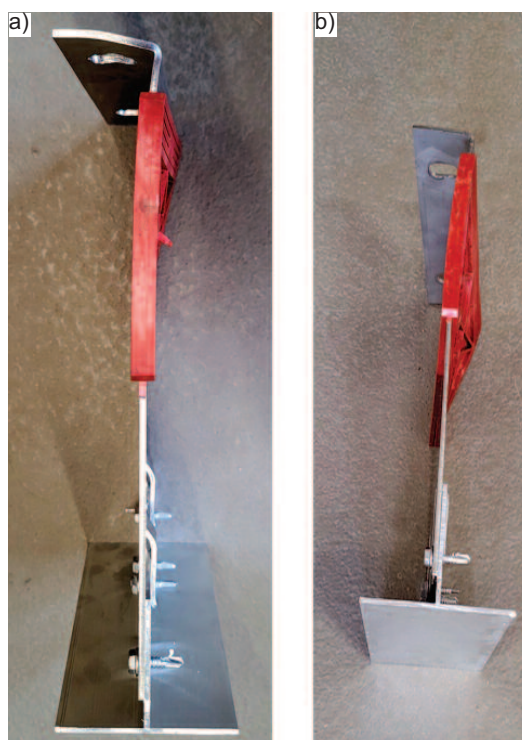


Photo 4. Damage of samples tested at laboratory (a) and elevated temperatures (b)

*Photo: author
Fot. 4. Uszkodzenia próbek przebadanych w temperaturze laboratoryjnej (a) oraz podwyższonej (b) Fot. autor*

Wnioski

Przeprowadzone badania dają podstawy do stwierdzenia, że podwyższona temperatura ma wpływ na zachowanie się konsoli z przekładkami z tworzywa sztucznego. W warunkach podwyższonej temperatury ($T = +70^{\circ}\text{C}$) i przy oddziaływaniu tego samego obciążenia konsole charakteryzują się większymi przemieszczeniami i odkształceniami (w konkretnym przypadku – ok. 18%) niż konsole przebadane w warunkach laboratoryjnych ($T = +20^{\circ}\text{C}$). W przypadku konsoli bez wzmocnień metalowych (w badanym przypadku konsole miały stalowe paski łączące stopę z wysięgnikiem zatopione w tworzywie sztucznym) te różnice mogą być jeszcze większe.

W celu uniknięcia nadmiernych przemieszczeń konsoli podczas konstruowania elewacji wentylowanych należy brać pod uwagę zachowanie się konsoli w warunkach podwyższonej temperatury.

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają słuszność oceny właściwości mechanicznych konsoli w warunkach podwyższonej temperatury w procesie wydawania Krajowych i Europejskich Ocen Technicznych. Rozpoznana zależność może być przydatna przy określaniu stanu technicznego elewacji wentylowanych z konsolami z przekładkami z tworzywa sztucznego, gdy stwierdzono deformacje spoin pomiędzy okładzinami w warunkach podwyższonej temperatury.

Artykuł wpłynął do redakcji: 14.08.2024 r.
Otrzymał poprawiony po recenzjach: 03.09. 2024 r.
Opublikowano: 25.11.2024 r.

- [5] Cwyl M, Dmowska-Michalak I, Michalczyk R, Kaczmarczyk A. Laboratory tests and numerical analysis of aluminum helping hand brackets with polyamide thermal break. *Archives of Civil Engineering*. 2022; 2: 409 – 426.
- [6] Kopyłow O, Chełkowski F. Stosowanie narzędzi obliczeniowych do określenia właściwości mechanicznych konsoli do elewacji wentylowanych. *Materiały Budowlane*. 2023; 9: 58 – 61.
- [7] PN-EN 14024:2024-01 Kształtowniki metalowe z przekładką termiczną – Właściwości mechaniczne – Wymagania, sprawdzenia i badania do oceny.