

---

**PRACE**

**Instytutu Ceramiki  
i Materiałów Budowlanych**

---

***Scientific Works***  
of Institute of Ceramics  
and Building Materials

---

**Nr 16**  
(styczeń–marzec)

Prace są indeksowane w BazTech i Index Copernicus

ISSN 1899-3230

**Rok VII**

**Warszawa–Opole 2014**

---

MAŁGORZATA NIZIURSKA\*  
BARBARA CHRUSCIEL\*\*  
WITOLD CHARYASZ\*\*\*  
KRZYSZTOF SZAFRAN\*\*\*\*

## Korelacja przyczepności wczesnej i normowej zapraw klejących do ociepleń

**Słowa kluczowe:** systemy ociepleń, styropian, zaprawa klejąca, przyczepność, korelacja.

Przyczepność zapraw klejących do styropianu jest jedną z kluczowych wymaganych właściwości, jakie powinny spełniać zaprawy klejowe stosowane w ociepleniach. Odpowiednia przyczepność zapewnia trwałość całemu układowi, a przede wszystkim bezpieczeństwo zamocowania do ściany oraz przyczepność warstw wierzchnich systemu. Z uwagi na technologię wykonywania prac ociepleniowych istotna jest przede wszystkim przyczepność wczesna, która nie jest określana w badaniach normowych.

W dwóch niezależnych laboratoriach podjęto badania w celu wyznaczenia korelacji pomiędzy wartościami przyczepności normowej a przyczepnością wstępną oraz jednocześnie oceny wpływu niejednorodności podłoża (styropianu) na niepewność uzyskiwanych wyników.

W artykule przedstawiono wyniki badań zaprawy klejowej w zakresie przyczepności do styropianu po 2, 7, 14, 21 i 28 dniach dla próbek przechowywanych w warunkach powietrzno-suchych. W toku analiz nie udało się wyznaczyć korelacji pomiędzy wynikami badań przyczepności dla któregośkolwiek z przyjętych terminów badań. Na podstawie przeprowadzonych badań nie wykazano korelacji pomiędzy wynikami przyczepności po różnych okresach sezonowania dla żadnego laboratorium. Oznacza to, że nie można na podstawie wyników przyczepności po normowych 28 dniach sezonowania stwierdzić, jaka jest wytrzymałość wczesna, czyli po 24 h, 48 h czy nawet po 14 dniach. Brak korelacji, a zatem brak możliwości określenia przyczepności wczesnej na podstawie wyników uzyskanych po 28 dniach sezonowania, wskazuje na konieczność określenia przyczepności wczesnej w oparciu

---

\* Mgr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie.

\*\* Mgr inż., BOLIX SA w Żywcu.

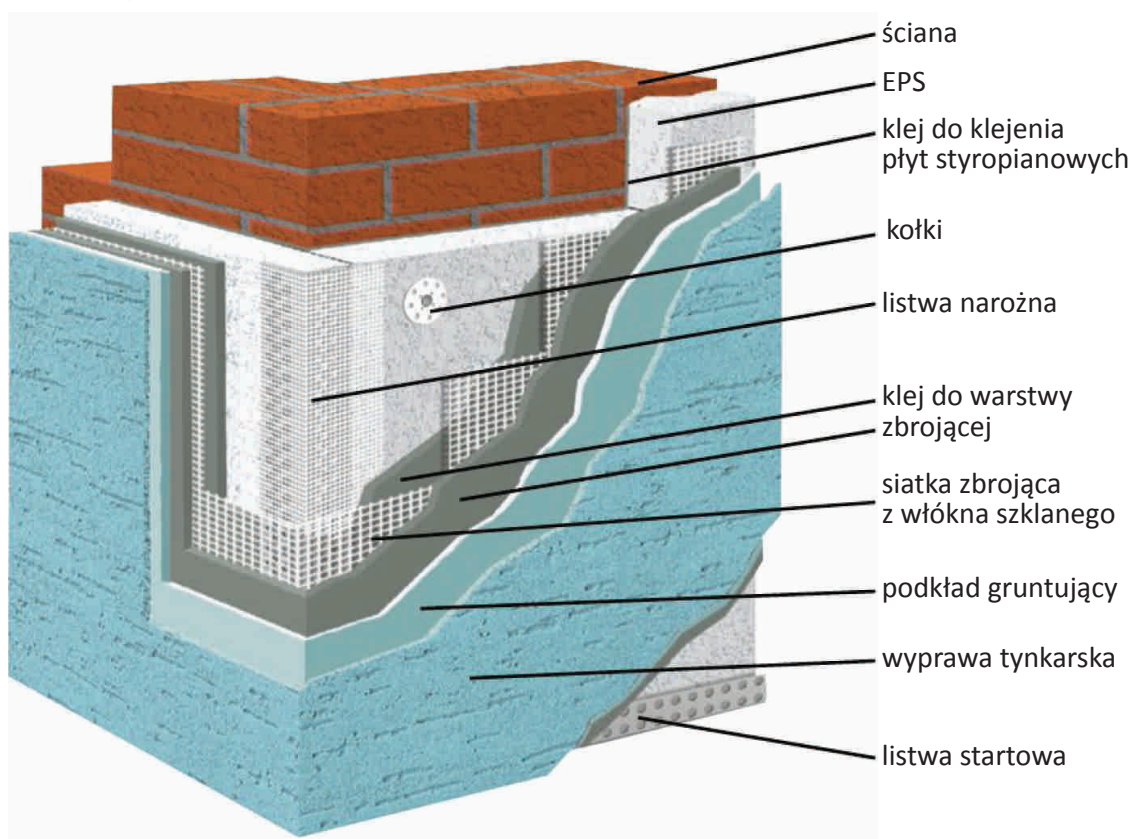
\*\*\* Mgr inż., BOLIX SA w Żywcu.

\*\*\*\* Mgr inż., BOLIX SA w Żywcu.

o przeprowadzone badania. Jednocześnie wykazano, że niepewność wyników związana z niejednorodnością podłoża jest większa niż różnice w wynikach badań po różnym czasie sezonowania próbek.

## 1. Wprowadzenie

Spośród różnych metod ocieplenia ścian zewnętrznych budynków w Polsce największą popularnością cieszy się metoda bezspoinowego ocieplania ścian – bezspoinowy system ociepleń (BSO). Polega ona na przymocowaniu za pomocą zaprawy klejowej płyt termoizolacyjnych, szpachlowaniu powierzchni płyt zaprawą z zatopioną w niej siatką z włókna szklanego i pokryciu ocieplenia tynkiem cienkowarstwowym. Poszczególne składniki BSO przedstawiono na rycinie 1. Wykonanie ocieplenia opisaną metodą ma kilka ważnych zalet, a mianowicie zwiększenie izolacyjności, małe obciążenie ściany, maskowanie niedoskonałości ścian budynku, a także łatwość montażu [1].



Źródło: Opracowanie własne BOLIX SA.

Ryc. 1. Układ warstw typowego bezspoinowego systemu ociepleń

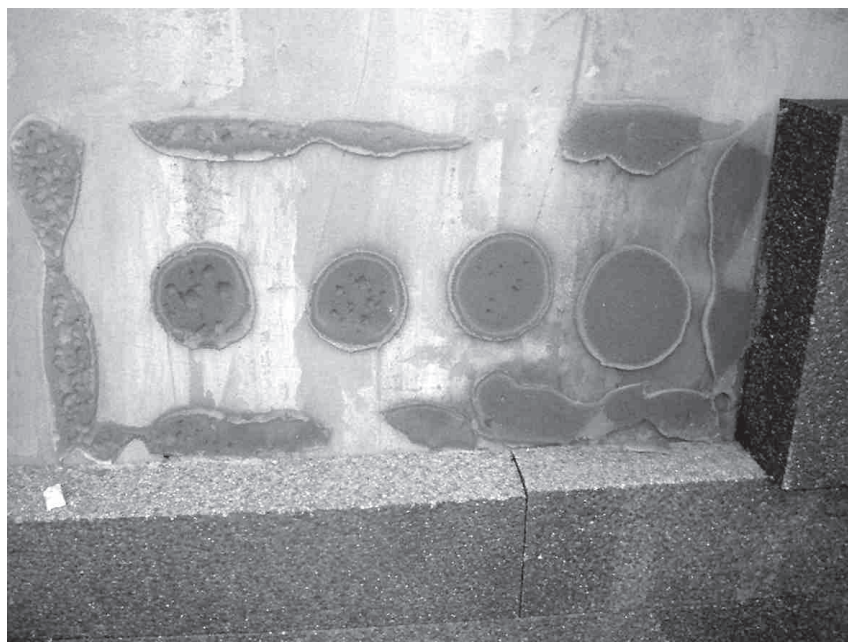
Spośród etapów wykonania BSO bardzo ważne jest mocowanie termoizolacji do ściany za pomocą zaprawy klejowej. Duże znaczenie ma szczególnie zachowanie zaleceń technologicznych oraz zastosowanie zaprawy dobrej jakości.

Jedną z kluczowych wymaganych właściwości, jakie powinny spełniać zaprawy klejowe stosowane w ociepleniach jest ich przyczepność, zarówno do podłoża

za, jak i do materiału termoizolacyjnego. Odpowiednia przyczepność zapewnia trwałość całemu układowi, a przede wszystkim bezpieczeństwo zamocowania do ściany oraz przyczepność warstw wierzchnich systemu. Zgodnie z wymaganiami określonymi dla zestawów wyrobów do wykonywania ociepleń, producenci zapraw klejowych do styropianu wprowadzają do obrotu wszystkie składniki systemu stanowiące integralną całość, co oznacza, że instalując izolację cieplną na ścianie należy zastosować składniki dobrze wzajemnie współpracujące. Powinny one być objęte aprobatą techniczną wydaną dla tego zestawu wyrobów.

W Polsce największy udział w pracach związanych z ocieplaniem budynków ma metoda BSO z zastosowaniem styropianu jako warstwy termoizolacyjnej. Do przyklejania styropianu najczęściej stosowane są kleje cementowe, dlatego z uwagi na wysokie powinowactwo tych materiałów spełnienie wymagań przyczepności do podłoża betonowego nie jest problemem. Istotą jest zapewnienie dobrej przyczepności do styropianu, gdyż wymaga to zastosowania w recepturze zaprawy składników modyfikujących, które wpływają znacząco na wzrost kosztów receptury.

Wytyczne do udzielania aprobat technicznych [2–3] na dzień dzisiejszy nie nakładają na producentów konieczności badania przyczepności wczesnej, która, jak wynika z technologii wykonywania ociepleń systemami BSO, jest szczególnie ważna dla ich trwałości. Odpowiednia przyczepność kleju do styropianu w pierwszym okresie po aplikacji, tzn. po 24 lub 48 h, zapobiega uszkodzeniu połączenia kleju ze styropianem na etapie mocowania mechanicznego (kołkowania) lub szlifowania płyt styropianowych. Jest to szczególnie ważne z uwagi na powstające w tym czasie naprężenia na skutek oddziaływań mechanicznych na płyty styropianowe, co może powodować ich odpajanie (ryc. 2).



Ryc. 2. Przykład braku odpowiedniej przyczepności kleju do styropianu, skutkującej odpadaniem płyt styropianowych pod wpływem naprężeń [4]

W konsekwencji słabej przyczepności zaprawy klejowej do styropianu i podłoża w trakcie użytkowania mogą powstawać na elewacji rysy i pęknięcia, prowadzące nawet do odpadania całego systemu (ryc. 3).



Ź r ó d ł o: Ryciny 3–11 opracowanie własne.

Ryc. 3. Przykład awarii budowlanej spowodowanej między innymi niedostateczną przyczepnością kleju

## 2. Badania przyczepności do styropianu

### 2.1. Zakres i metody badań

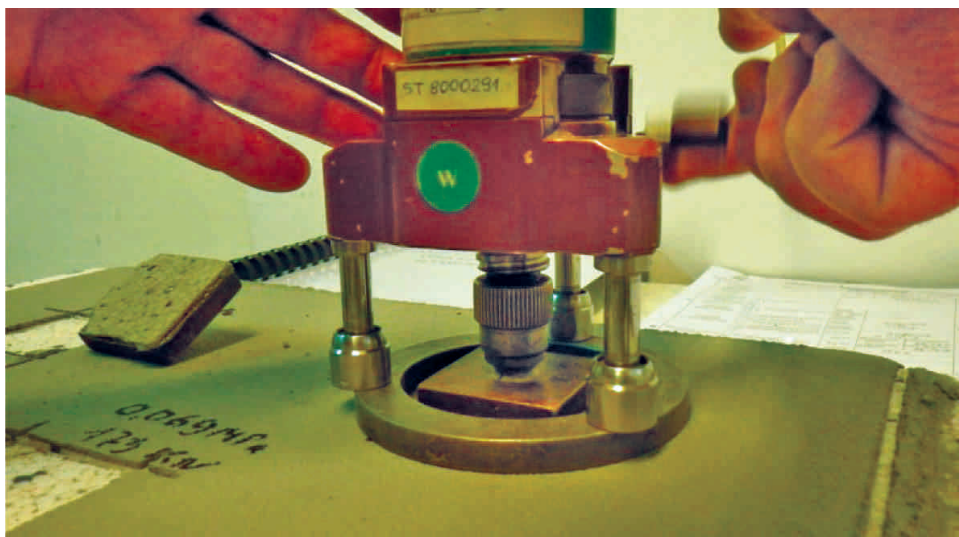
By ocenić przyczepność wczesnej zaprawy klejowej do styropianu i określić korelację wyników po różnym okresie sezonowania przeprowadzono serię badań zgodnie z metodą opisaną w ETAG 004 [2]. Badania zrealizowano po wymaganym specyfikacją okresie sezonowania, to znaczy po 28 dniach oraz dodatkowo po 24 h, 48 h, 14 dniach sezonowania w warunkach laboratoryjnych.

W celu sprawdzenia powtarzalności wyników, badania wykonano tą samą metodą jednocześnie w dwóch laboratoriach:

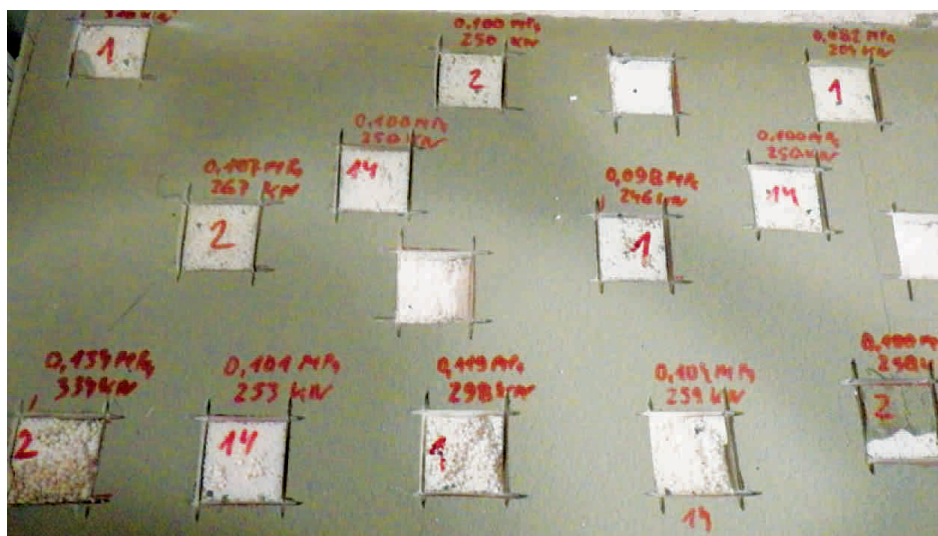
- laboratorium 1 – laboratorium akredytowane,
- laboratorium 2 – laboratorium zakładowe jednego z producentów zapraw klejowych stosowanych w systemach ociepleń.

## 2.2. Przygotowanie próbek do badań

Klej z tej samej partii produkcyjnej podzielono najpierw na dwie równe części przeznaczone dla obu laboratoriów, a następnie w każdym laboratorium podzielono na 20 równych części. Każdą próbkę kleju wymieszano z jednakową ilością wody demineralizowanej (202 ml/kg kleju), a następnie po wymieszaniu z wodą i odczekaniu 15 minut klej nałożono na 20 płyt styropianowych, w warstwie o grubości ok. 4 mm. Płyty styropianowe z nałożoną zaprawą przechowywano w laboratorium w temperaturze  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  i wilgotności  $50 \pm 5\%$  do wyznaczonego terminu badania. Badania przyczepności do styropianu wykonano w warunkach suchych metodą odrywania (ryc. 4). Próbkę po badaniu przedstawia rycina 5. W badaniach zastosowano styropian z jednej partii produkcyjnej o następującym oznakowaniu normowym (według normy PN-EN 13163:2009 [5]): EPS EN 13163 T2-L2-W2-S1-P4-BS115-DS(N)2-DS(70,-)2-TR100.



Ryc. 4. Urządzenie do badania przyczepności metodą odrywania – badanie odrywania stwardniałej zaprawy klejowej od styropianu



Ryc. 5. Próbka po badaniach przyczepności klejów do styropianu

## 2.3. Wyniki badań

W tabelach 1 i 2 przedstawiono wyniki badań jednostkowych przyczepności zaprawy klejowej do styropianu po różnych okresach sezonowania.

Tabela 1

Wyniki badań przyczepności klejów po 24 h sezonowania

Numer próbki	Wyniki odrywania [MPa] Laboratorium 1						Średnia	Numer próbki	Wyniki odrywania [MPa] Laboratorium 2						Średnia
1	0,111	0,107	0,110	0,109	0,114	0,110	1	0,091	0,111	0,081	0,084	0,091	0,092		
2	0,121	0,108	0,089	0,100	0,103	0,104	2	0,095	0,079	0,099	0,078	0,081	0,086		
3	0,126	0,100	0,105	0,131	0,130	0,118	3	0,083	0,091	0,081	0,088	0,102	0,089		
4	0,094	0,094	0,111	0,103	0,117	0,104	4	0,091	0,081	0,093	0,091	0,092	0,090		
5	0,096	0,094	0,105	0,115	0,100	0,102	5	0,096	0,094	0,100	0,100	0,103	0,099		
6	0,096	0,105	0,102	0,107	0,118	0,106	6	0,110	0,116	0,100	0,067	0,115	0,102		
7	0,092	0,108	0,092	0,104	0,092	0,098	7	0,082	0,092	0,079	0,093	0,069	0,083		
8	0,109	0,104	0,100	0,116	0,086	0,103	8	0,096	0,112	0,087	0,076	0,091	0,092		
9	0,088	0,107	0,094	0,122	0,104	0,103	9	0,097	0,079	0,066	0,074	0,091	0,081		
10	0,117	0,125	0,111	0,111	0,103	0,113	10	0,108	0,093	0,074	0,108	0,105	0,098		
11	0,134	0,112	0,092	0,118	0,118	0,115	11	0,063	0,083	0,081	0,071	0,063	0,072		
12	0,139	0,130	0,134	0,100	0,136	0,128	12	0,098	0,070	0,119	0,090	0,105	0,096		
13	0,099	0,082	0,098	0,119	0,124	0,104	13	0,105	0,083	0,101	0,123	0,093	0,101		
14	0,118	0,117	0,129	0,129	0,100	0,119	14	0,093	0,109	0,079	0,084	0,113	0,096		
15	0,118	0,117	0,104	0,100	0,118	0,111	15	0,090	0,079	0,078	0,091	0,076	0,083		
16	0,122	0,140	0,116	0,089	0,089	0,111	16	0,108	0,076	0,059	0,082	0,106	0,086		
17	0,120	0,138	0,107	0,106	0,110	0,116	17	0,143	0,089	0,117	0,102	0,094	0,109		
18	0,105	0,124	0,102	0,137	0,137	0,121	18	0,101	0,107	0,091	0,087	0,104	0,098		
19	0,136	0,086	0,081	0,092	0,136	0,106	19	0,084	0,089	0,085	0,113	0,073	0,089		
20	0,100	0,112	0,108	0,116	0,112	0,110	20	0,097	0,100	0,082	0,087	0,077	0,089		
	Średnia :						0,110		Średnia:						0,092
	Odchylenie standardowe:						0,008		Odchylenie standardowe:						0,009

Źródło: Opracowanie własne.

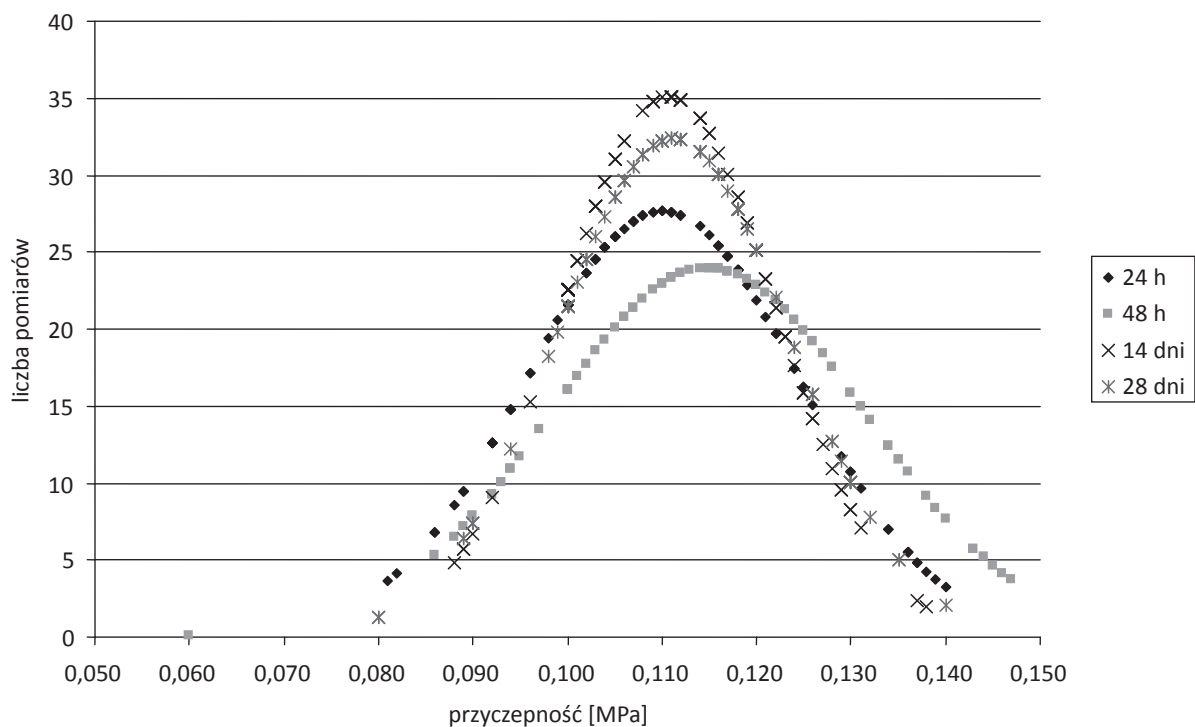
Tabela 2

Wyniki badań przyczepności klejów po 28 dniach sezonowania

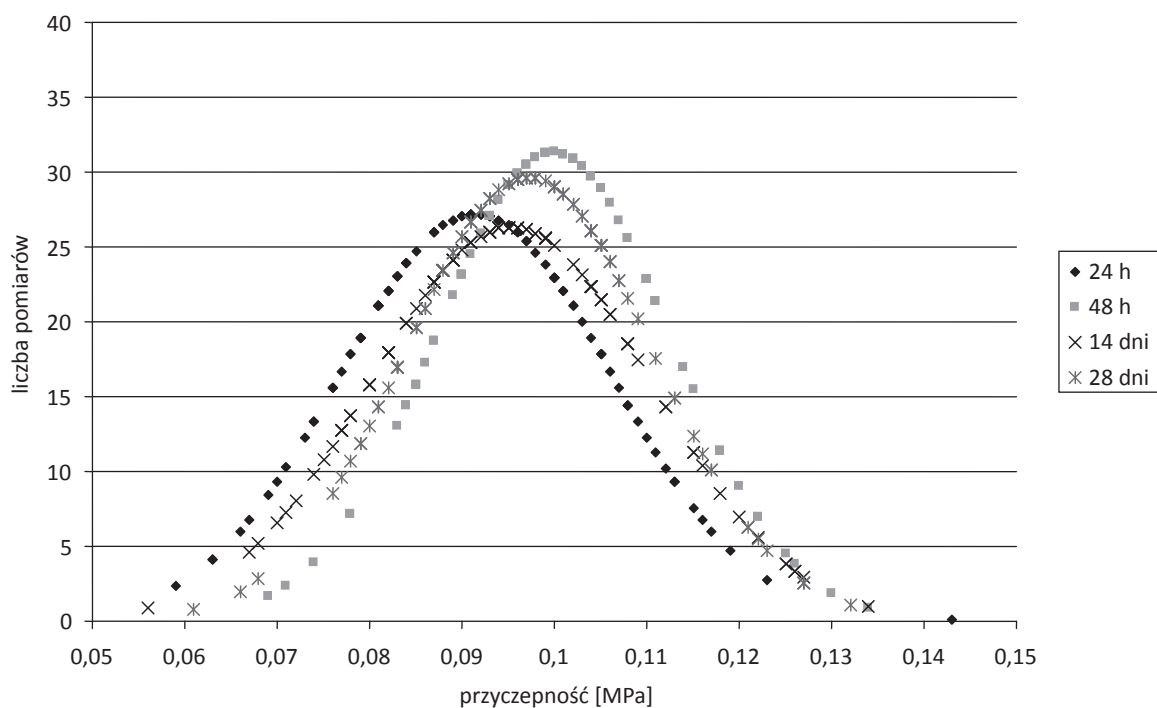
Numer próbki	Wyniki odrywania [MP a] Laboratorium 1						Średnia	Numer próbki	Wyniki odrywania [MPa] Laboratorium 2						Średnia
1	0,103	0,106	0,109	0,107	0,118	0,109	1	0,076	0,100	0,096	0,105	0,061	0,088		
2	0,118	0,100	0,112	0,100	0,102	0,106	2	0,079	0,100	0,096	0,099	0,086	0,092		
3	0,116	0,090	0,112	0,114	0,106	0,108	3	0,083	0,101	0,105	0,106	0,117	0,102		
4	0,105	0,105	0,102	0,100	0,106	0,104	4	0,082	0,081	0,122	0,085	0,092	0,092		
5	0,114	0,100	0,080	0,080	0,094	0,094	5	0,103	0,085	0,085	0,113	0,101	0,097		
6	0,100	0,119	0,118	0,110	0,116	0,113	6	0,081	0,091	0,089	0,092	0,098	0,090		
7	0,108	0,100	0,118	0,105	0,100	0,106	7	0,106	0,093	0,104	0,102	0,107	0,102		
8	0,114	0,089	0,102	0,089	0,090	0,097	8	0,083	0,094	0,105	0,083	0,113	0,096		
9	0,108	0,100	0,098	0,100	0,111	0,103	9	0,091	0,086	0,127	0,097	0,115	0,103		
10	0,132	0,118	0,118	0,126	0,126	0,124	10	0,117	0,083	0,132	0,078	0,104	0,103		
11	0,110	0,112	0,100	0,118	0,116	0,111	11	0,090	0,077	0,097	0,097	0,100	0,092		
12	0,120	0,118	0,130	0,124	0,101	0,119	12	0,098	0,098	0,096	0,095	0,104	0,098		
13	0,100	0,099	0,111	0,100	0,107	0,103	13	0,080	0,088	0,105	0,093	0,105	0,094		
14	0,117	0,115	0,106	0,110	0,120	0,114	14	0,091	0,096	0,107	0,121	0,104	0,104		
15	0,122	0,090	0,129	0,118	0,126	0,117	15	0,089	0,100	0,105	0,116	0,123	0,107		
16	0,109	0,130	0,130	0,110	0,118	0,119	16	0,066	0,097	0,079	0,103	0,089	0,087		
17	0,119	0,100	0,112	0,118	0,108	0,111	17	0,090	0,101	0,111	0,109	0,096	0,101		
18	0,116	0,104	0,102	0,130	0,130	0,116	18	0,108	0,095	0,104	0,083	0,098	0,098		
19	0,128	0,135	0,100	0,140	0,130	0,127	19	0,102	0,093	0,068	0,092	0,096	0,090		
20	0,135	0,116	0,114	0,124	0,128	0,123	20	0,091	0,087	0,127	0,127	0,106	0,108		
	Średnia:						0,111		Średnia:						0,097
	Odchylenie standardowe:						0,009		Odchylenie standardowe:						0,006

Źródło: Opracowanie własne.

Na rycinach 6 i 7 zobrazowano rozkład wyników uzyskanych w obu laboratoriach we wszystkich terminach badania.



Ryc. 6. Rozkład pomiarów przyczepności zaprawy klejowej do styropianu po różnym okresie sezonowania (laboratorium 1)



Ryc. 7. Rozkład pomiarów przyczepności zaprawy klejowej do styropianu po różnym okresie sezonowania (laboratorium 2)

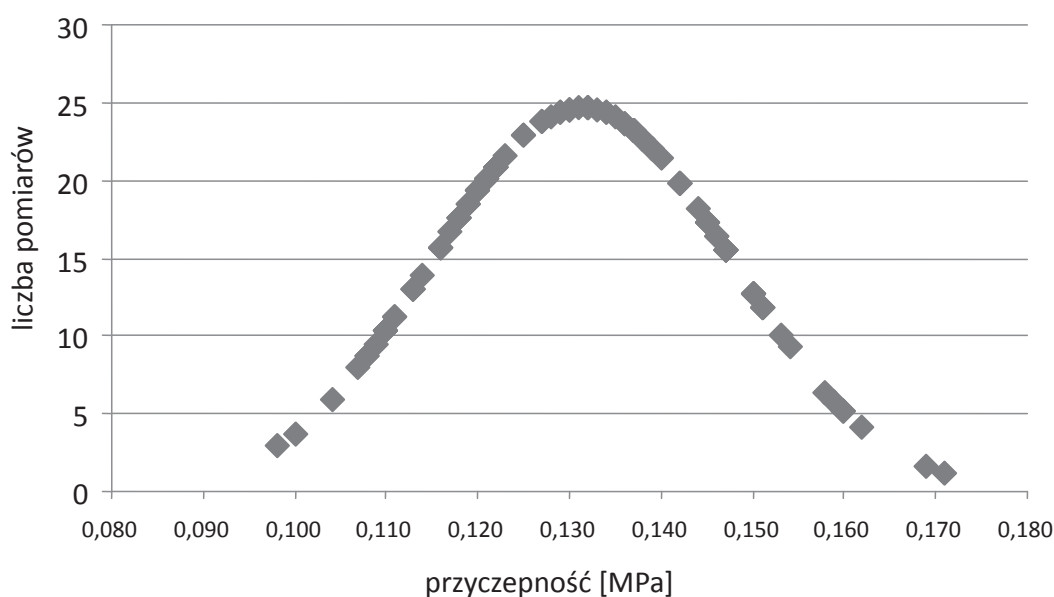
W przypadku laboratorium 1 uzyskano większe zróżnicowanie rozkładów wyników w poszczególnych terminach badania niż w laboratorium 2, przy czym



w laboratorium 1 w tym terminie wystąpił największy rozrzut wyników (ryc. 6), natomiast w laboratorium 2 największy rozrzut wyników miał miejsce po 24 h sezonowania próbek, o czym świadczą szerokości poszczególnych krzywych. Zarówno w laboratorium 1, jak i w laboratorium 2 najwyższy wynik średni uzyskany został po 48 h sezonowania (ostatnia krzywa na ryc. 6 i 7).

Z uwagi na występowanie najczęściej zniszczenia w materiale termoizolacyjnym na podstawie przedstawionych wyników nie można wnioskować o rzeczywistej przyczepności zaprawy do styropianu i zależnościach pomiędzy przyczepnością w różnych terminach badania. Należy zwrócić również uwagę, że różnice pomiędzy wartościami średnimi przyczepności w różnych okresach sezonowania (średnio ok. 0,005 MPa) są znacznie mniejsze niż rozrzuty wyników w obrębie jednej badanej płyty (do ok. 0,040 MPa).

W celu sprawdzenia jakości płyt styropianowych, na których przeprowadzono badania przyczepności klejów, wykonano badanie wytrzymałości na rozciąganie samego styropianu. Miało ono też na celu sprawdzenie rozrzutu wyników z wykluczeniem wpływu nałożonej zaprawy klejowej. Na podstawie przeprowadzonych badań 20 płyt styropianowych uzyskano średnią wytrzymałość na rozciąganie 0,131 MPa. Odchylenie standardowe dla przeprowadzonych pomiarów wyniosło 0,007 MPa.



Ryc. 8. Rozkład pomiarów wytrzymałości styropianu na rozciąganie

Wyniki rozrywania samego styropianu charakteryzują się, podobnie jak w badaniach przyczepności, dużym rozrzutem. Różnice pomiędzy wartościami średnimi wytrzymałości na rozciąganie dla poszczególnych płyt wynoszą 0,022 MPa, natomiast w obrębie jednej płyty 0,055 MPa. Dowodzi to, że niejednorodność podłoża styropianowego jest podstawowym czynnikiem decydującym o dużych rozrzutach wyników otrzymywanych w badaniach przyczepności klejów.

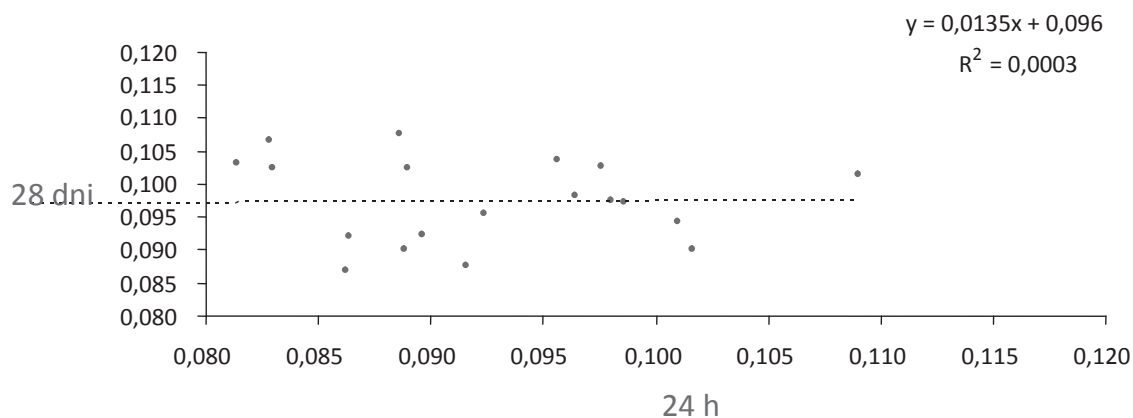
Na rycinach 9 i 10 oraz w tabeli 3 przedstawiono współczynniki korelacji obliczone na podstawie badań przyczepności kleju do styropianu w odniesieniu do różnych terminów badania.

Tabela 3

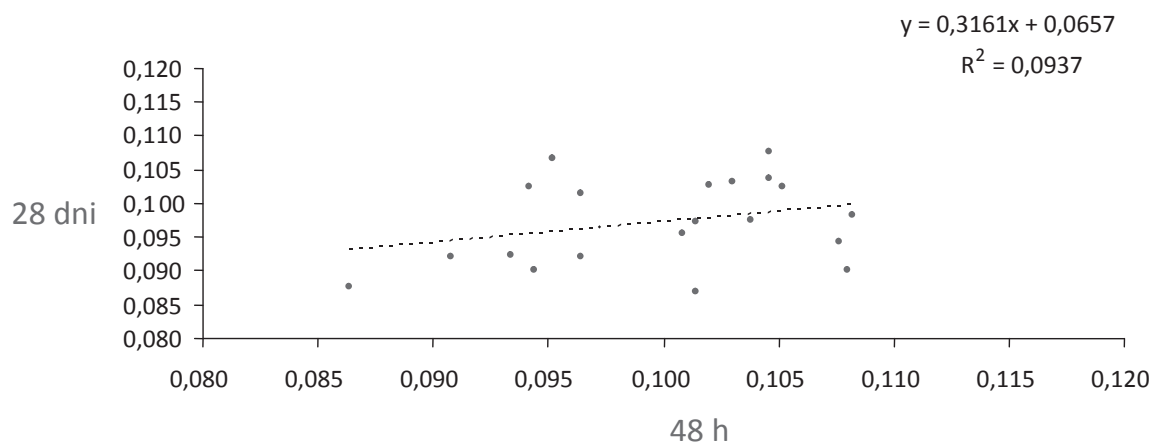
Współzależność pomiędzy wynikami przyczepności kleju po różnym okresie sezonowania

Współczynnik korelacji ( $R^2$ )					
Laboratorium 1			Laboratorium 2		
24 h	48 h	0,194	24 h	48 h	0,016
24 h	14 dni	0,105	24 h	14 dni	0,012
24 h	28 dni	0,252	24 h	28 dni	0,000
48 h	14 dni	0,001	48 h	14 dni	0,006
48 h	28 dni	0,180	48 h	28 dni	0,094
14 dni	28 dni	0,278	14 dni	28 dni	0,011

Źródło: Opracowanie własne.



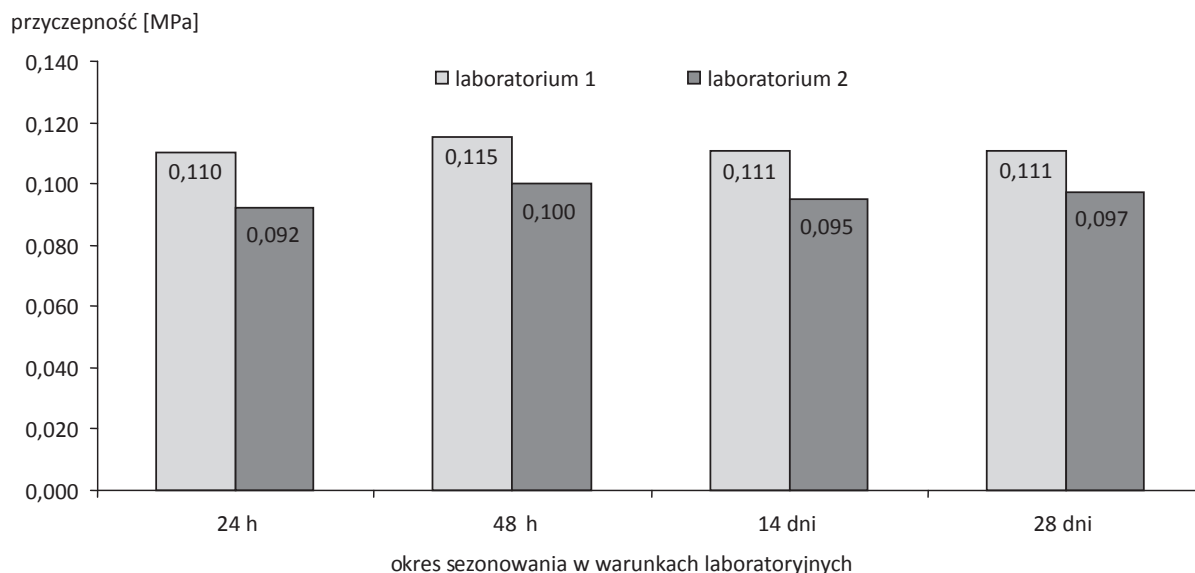
Ryc. 9. Korelacja wyników badań przyczepności do styropianu w różnych terminach badania: 24 h i 28 dni



Ryc. 10. Korelacja wyników badań przyczepności do styropianu w różnych terminach badania: 48 h i 28 dni

Na podstawie przeprowadzonej serii analiz nie wykazano korelacji pomiędzy wynikami przy badaniach kleju a wytrzymałością styropianu na rozrywanie. Nie występuje również korelacji pomiędzy wynikami przyczepności po różnych okresach sezonowania dla żadnego laboratorium.

Na rycinie 11 zaprezentowano zestawienie średnich wyników badań w obu laboratoriach we wszystkich terminach analiz.



Ryc. 11. Porównanie średnich wyników pomiaru przyczepności klejów do styropianu po różnym okresie sezonowania dla dwóch laboratoriów badawczych

Na podstawie przedstawionych wyników można stwierdzić, że próbka badanego kleju jest zgodna z wymaganiami ETAG 004 [2], tzn. wyniki średnie na wszystkich płytach styropianowych (1–20) po 28 dniach sezonowania w obu laboratoriach badawczych są większe niż 0,08 MPa.

Uzyskane wyniki zostały wykorzystane również do wyznaczenia niepewności rozszerzonej. Odchylenie standardowe wyników po 28 dniach sezonowania zostało uwzględnione jako składowa niepewności związana z powtarzalnością. Obliczona dla poszczególnych laboratoriów niepewność rozszerzona, przy współczynniku rozszerzenia  $k = 2$  i poziomie ufności 95%, wynosi odpowiednio dla laboratorium 1 – 0,013 MPa, a dla laboratorium 2 – 0,014 MPa.

Jak wykazały obliczenia, w budżecie niepewności najistotniejszym czynnikiem jest składowa powtarzalności (udział w niepewności ok. 70%), o wielkości której, w tym przypadku, decyduje przede wszystkim rzeczywista wytrzymałość styropianu na rozciąganie.

Wyniki średnie uzyskane w obu laboratoriach charakteryzują się mniejszym rozrzutem niż wyznaczona przez laboratoria niepewność pomiaru.

### 3. Podsumowanie

Przeprowadzone badania pokazały, że na podstawie wyników przyczepności wczesnej nie można prognozować przyczepności kleju po 28 dniach. Odwrotnie, na podstawie wyników po normowych 28 dniach sezonowania nie da się stwierdzić, jaka jest wytrzymałość wczesna, czyli po 24 h, 48 h czy nawet po 14 dniach. Brak korelacji, a zatem brak możliwości określenia przyczepności wczesnej na podstawie wyników uzyskanych po 28 dniach sezonowania, wskazuje na konieczność określenia przyczepności wczesnej w oparciu o przeprowadzone badania.

W przyjętej w ETAG 004 metodyce badania podstawowym czynnikiem decydującym o rozrzucie uzyskiwanych wyników jest niejednorodność podłoża stosowanego do badań, co może uniemożliwiać poprawną ocenę wyników, szczególnie przy ograniczonej do pięciu liczbie pomiarów zgodnie z procedurą badania.

### Literatura

- [1] „Ocieplenia od A do Z” 2011, nr 1. [Periodyk Stowarzyszenia na rzecz Systemów Ociepleń].
- [2] ETAG 004 – Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering, 2011.
- [3] ZUAT-15/V.03/2010 – Zestawy wyrobów do wykonywania ociepleń ścian zewnętrznych z zastosowaniem styropianu jako materiału termoizolacyjnego i pocienionej wyprawy elewacyjnej (ETICS). Wyd. 3, Warszawa 2010.
- [4] Niziurska M., Nosal K., Chruściel B., Charyasz W., Szafrań K., *Przyczepność klejów cementowych stosowanych w systemach ociepleń ETICS do przyklejania styropianu. Niepewność metody i korelacja wyników*, „Izolacje” 2013, nr 4, s. 30–32.
- [5] PN-EN 13163:2009 – Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Wyroby ze styropianu (EPS) produkowane fabrycznie – specyfikacja.

MAŁGORZATA NIZIURSKA  
BARBARA CHRUŚCIEL  
WITOLD CHARYASZ  
KRZYSZTOF SZAFRAN

EARLY AND STANDARD ADHESIVE STRENGTH – THE CORRELATION  
OF TEST RESULTS ADHESIVES FOR INSULATION

**Keywords:** thermal insulation composite system, expanded polystyrene, adhesive mortar, adhesive strength, correlation.

Adhesion strength of adhesives to polystyrene is one of the key properties required in external thermal insulation composite system. Sufficient adhesion gives durability of the system and safety of fixing to the wall. Given the technology of performance of thermal insulation work very important is

mainly early adhesion, which is not described in any standards to thermal insulation composite system.

In order to determine correlation between declared standard adhesion and early adhesion strength in two independent laboratories studies were undertaken. Simultaneously the influence of the heterogeneity of the substrate (expanded polystyrene) on uncertainty of the results was observed.

The article presents the results of adhesion strength of adhesive mortar to EPS after 2, 7, 14, 21 and 28 days for samples conditioned in laboratory conditions. In both laboratories correlation between any terms of seasoning of adhesive strength to polystyrene board was not obtained. It means that adhesion to polystyrene after 2, 7, 14 or 21 days couldn't be determined based on results after 28 days of seasoning and conversely. No correlation between early adhesion and adhesion after 28 days of seasoning indicates the necessary to determine the early adhesion based on carried out studies. Moreover, it has been proven that effect of non-uniformity of the substrate is higher than differences between results after different time of seasoning.