

techn. Łukasz Kampa<sup>1)\*</sup>

ORCID: 0000-0003-0884-8076

dr hab. inż. Łukasz Sadowski, prof. uczelni<sup>1)</sup>

ORCID: 0000-0001-9382-7709

# Wpływ dodatku włókien polipropylenowych do środka gruntującego na wytrzymałość na odrywanie powłoki z żywicy epoksydowej

## *Effect of the addition of polypropylene fibers to the bonding agent on pull-off strength of coating made of epoxy resin*

DOI: 10.15199/33.2020.11.04

**Streszczenie.** W artykule przeanalizowano wpływ dodatku włókien polipropylenowych do środka gruntującego na wytrzymałość na odrywanie powłoki z żywicy epoksydowej. Włókna dodawano do środka gruntującego w ilości 0,5; 1; 1,5 i 2% w stosunku do masy żywicy epoksydowej z utwardzaczem. Zmodyfikowany środek gruntujący naniesiono na podkład z zaprawy cementowej, a następnie nałożono powłokę. Uzyskane wyniki badań porównano z powłoką referencyjną na podkładzie zagruntowanym środkiem bez dodatku włókien. Na podstawie badań zaobserwowano wzrost wytrzymałości na odrywanie powłoki na podkładzie pokrytym środkiem gruntującym z dodatkiem 0,5 oraz 1% włókien polipropylenowych, w stosunku do powłoki referencyjnej.

**Słowa kluczowe:** powłoka; środek gruntujący; żywica epoksydowa; włókna polipropylenowe.

**Abstract.** The article presents an analysis of the addition of polypropylene fibers to the bonding agent on the pull-off strength of coating made of epoxy resin. The fibers were added to the bonding agent in an amount of 0.5%, 1%, 1.5% and 2% in relation to mass of the epoxy resin. The modified bonding agent was laid on substrate made of cement mortar and then the coating was laid. The obtained results were confirmed with the reference coating – without the addition of polypropylene fibers to the bonding agent. Based on the obtained results the increase of the pull-off strength of coating made with the addition of 0.5 and 1% of polypropylene fibers to the bonding agent in relation to the reference coating.

**Keywords:** coating; bonding agent; epoxy resin; polypropylene fibers.

Obecnie coraz bardziej popularnym sposobem wykończenia podłóg w obiektach przemysłowych oraz magazynowych są posadzki z żywicy epoksydowej. W przypadku podkładu betonowego wymagają one zastosowania środka gruntującego, co pozwala na uzyskanie wytrzymałości powłoki na odrywanie co najmniej 1,5 MPa [6]. Przed jego nałożeniem powierzchnię podkładu należy poddać obróbce mechanicznej metodą szlifowania [10, 11].

W literaturze zaprezentowano kilka metod poprawy wytrzymałości powłok na odrywanie. W [8] opisano teksturowanie podłoża i wykazano, że teksturowanie krzyżkowe jest optymalnym rozwiązaniem, a w [9] – zastosowanie SiO<sub>2</sub>, który poprawił właściwości antykorozyjne powłoki oraz jej przyczepność [9]. Włókna szklane wpływają pozytywnie na właściwości mechaniczne (w tym twardość i przyczepność) oraz antykorozyjne po-

włoki [5]. Uzyskanie odpowiedniej wytrzymałości powłoki na odrywanie często jest zasługą dodania do żywicy proszku ze szkła odpadowego [2], polimerów [3] czy monomerów [1]. Należy podkreślić, że wymienione metody bazują głównie na modyfikacji podkładu betonowego lub powłoki. Dotychczas nie zastosowano włókien polipropylenowych w warstwie gruntującej, mimo że ich połączenie z żywicą jest znane [4].

W artykule przeanalizowano wpływ dodatku włókien polipropylenowych do środka gruntującego na wytrzymałość na odrywanie powłoki z żywicy epoksydowej. Włókna dodawano do środka gruntującego w ilości 0,5; 1; 1,5 i 2% w stosunku do masy żywicy epoksydowej wraz z utwardzaczem. Zmodyfikowany środek gruntujący nałożono na podkład z zaprawy cementowej, a następnie naniesiono finalną powłokę z żywicy epoksydowej. Uzyskane wyniki badań wytrzymałości powłoki na odrywanie porównano z powłoką referencyjną na podłożu zagruntowanym środkiem bez dodatku włókien.

### Metoda badań

Do wykonania podkładu użyto cementu portlandzkiego klasy 42,5R (skład: 95 – 100% klinkier portlandzki, 0 – 5% elementy wtórne), suszonego piasku kwarcowego oraz wody w proporcjach 1: 3: 0,5 (w/c = 0,5). Połączono składniki suche i dodano wodę, mieszając ręcznie przez 90 s, a potem mechanicznie. Z zaprawy wykonano podkład grubości 40 mm, zagęszczono go i przykryto folią na 24 h. Po 28 dniach dojrzewania w temperaturze 20 – 23°C i wilgotności 60 – 65% powierzchnię podkładu zeszlifowano i oczyszczono z zanieczyszczeń.

Zastosowanie środka gruntującego pozwala zwiększyć wytrzymałość powłoki na odrywanie, natomiast odpowiedniej ilości włókien – na kompromis pomiędzy odpowiednią lepkością środka gruntującego a zbyt dużą jego gęstością podczas aplikacji. Wybrane właściwości włókien polipropylenowych przedstawiono w tabeli 1, żywicy do wykonania środka gruntującego w tabeli 2, a żywicy zastosowanej na powłokę w tabeli 3.

<sup>1)</sup> Politechnika Wrocławska; Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

<sup>\*</sup> Adres do korespondencji: lukasz.kampa@pwr.edu.pl

**Tabela 1. Właściwości włókien polipropylenowych (na podstawie danych producenta)**  
*Table 1. Properties of polypropylene fibers (based on the manufacturer's data)*

Średnica [mm]	Wytrzymałość na rozciąganie [N/mm <sup>2</sup> ]	Gęstość liniowa [tex]	Ciężar właściwy [kg/m <sup>3</sup> ]	Moduł Younga [MPa]	Punkt zmiękczenia [°C]
0,02 ± 10%	360 ± 7,5%	0,3 ± 0,5	0,91	3500	120

**Tabela 2. Właściwości żywicy epoksydowej wykorzystanej do wykonania środka gruntującego (na podstawie danych producenta)**  
*Table 2. Properties of epoxy resin used to make the bonding agent (based on the manufacturer's data)*

Proporcje mieszania (wagowo) składnik A : składnik B	Gęstość [g/cm <sup>3</sup> ]	Lepkość [MPa·s]	Czas przydatności do użycia w temperaturze 20°C [min]	Czas utwardzania [h]
100:40	1 – 1,2	400 – 600	20 – 30	24

**Tabela 3. Właściwości żywicy epoksydowej wykorzystanej do wykonania powłoki nawierzchniowej (na podstawie danych producenta)**  
*Table 3. Properties of epoxy resin used to make the coating (based on the manufacturer's data)*

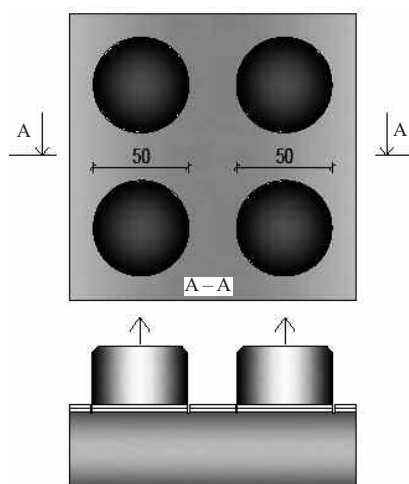
Proporcje mieszania (wagowo) składnik A : składnik B	Gęstość [g/cm <sup>3</sup> ]	Lepkość [MPa·s]	Czas przydatności do użycia w temperaturze 20°C [min]	Czas utwardzania [h]
100:50	1,15 – 1,25	750 – 1000	20 – 25	24

Włókna polipropylenowe dodawano w ilości 0,5; 1; 1,5 oraz 2% do składnika A i mieszano do uzyskania jednolitej konsystencji, która w przypadku większej ilości włókien wyraźnie gęstniała. Później dodawano składnik B i mieszano ok. 1,5 min. Środek gruntujący наносzono na powierzchnię próbki, równomiernie rozprowadzając włókna, do uzyskania warstwy grubości ok. 2 mm. Po jego stwardnieniu wykonano warstwę nawierzchniową z żywicy epoksydowej. W przypadku próbki referencyjnej nie dodano włókien polipropylenowych do środka gruntującego.

Po ok. 10 dniach rozpoczęto przygotowania do prób wytrzymałościowych. Obszar roboczy podzielono tak, aby możliwe było wykonanie czterech próbek przez nawiercenie na głębokość ok. 5 mm, otwornicą diamentową o średnicy 50 mm (rysunek 1). Ich powierzchnię przemyto acetonem, a następnie przytwierdzono krążki stalowe za pomocą żywicy epoksydowej z utwardzaczem (proporcje 100 : 12), rozprowadzając ją na powierzchni obu elementów i starannie usuwając jej nadmiar. W krążek stalowy wkręcono śrubę z przegubem, którą zamontowano w szczegach urządzenia badawczego Proceq DY-216. Pomiar trwał do 100 s, a prędkość przyrostu obciążenia wyniosła 0,05 MPa/s.

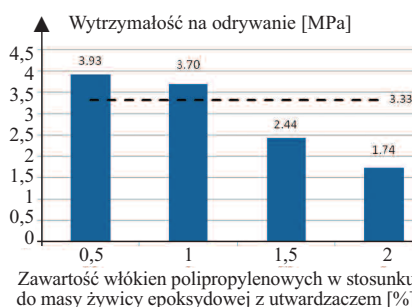
### Wyniki badań i ich analiza

Na rysunku 2 przedstawiono zależność wytrzymałości powłoki na odrywaniu od ilości włókien dodanych do środka



**Rys. 1. Badanie wytrzymałości na odrywaniu powłok: a) rozmieszczenie punktów badawczych; b) przekrój przez próbkę**

*Fig. 1. Testing of pull-off strength of coatings: a) distribution of testing points; b) cross-section through the sample*



**Rys. 2. Zależność wytrzymałości powłoki na odrywaniu od zawartości włókien polipropylenowych w środku gruntującym**

*Fig. 2. The relation between the pull-off strength of investigated coatings and the content of polypropylene fibers*

ka gruntującego. W przypadku dodania 0,5% włókien polipropylenowych wytrzymałość powłoki na odrywaniu wyniosła 3,93 MPa, a w przypadku 1% włókien polipropylenowych 3,7 MPa. Wytrzymałość na odrywaniu powłoki próbki referencyjnej to 3,3 MPa. Wynika z tego, że zastosowanie odpowiedniej ilości włókien pozytywnie wpływa na wytrzymałość powłoki na odrywaniu.

Opisany w artykule środek gruntujący został zgłoszony do Urzędu Patentowego jako „Środek gruntujący do wykonywania posadzek epoksydowych oraz sposób jego otrzymywania” (nr P. 435371) [7].

### Literatura

[1] Ahn N. 2003. „Effects of diacrylate monomers on the bond strength of polymer concrete to wet substrates”. *J. Appl. Polym. Sci.* 90, 991–1000.  
 [2] Chowaniec A., Łukasz Sadowski, A. Żak. 2020. „The chemical and microstructural analysis of the adhesive properties of epoxy resin coatings modified using waste glass powder”. *Appl. Surf. Sci.* 504, 144373.  
 [3] Do J., Y. Soh. 2003. „Performance of polymer-modified self-leveling mortars with high polymer–cement ratio for floor finishing”. *Cem. Concr. Res.* 33, 1497 – 1505.  
 [4] Dutra R. C., B. G. Soares, E. A. Campos, J. D. De Melo, J. L. Silva. 1999. „Composite materials constituted by a modified polypropylene fiber and epoxy resin”. *J. Appl. Polym. Sci.* 73, 69 –73.  
 [5] Hao Y., F. Liu, H. Shi, E. Han, Z. Wang. 2011. „The influence of ultra-fine glass fibers on the mechanical and anticorrosion properties of epoxy coatings”. *Prog. Org. Coat.* 71, 188 – 197.  
 [6] Horgnies M.; P. Willieme, O. Gabet. 2011. „Influence of the surface properties of concrete on the adhesion of coating: Characterization of the interface by peel test and FT-IR spectroscopy”. *Prog. Org. Coat.* 72, 360 – 379.  
 [7] Kampa Łukasz, Łukasz Sadowski. *Środek gruntujący do wykonywania posadzek epoksydowych oraz sposób jego otrzymywania*. Zgłoszenie patentowe nr P. 435371.  
 [8] Krzywiński K., Łukasz Sadowski. 2019. „The effect of texturing of the surface of concrete substrate on the pull-off strength of epoxy resin coating”. *Coatings* 9, 143.  
 [9] Pourhashema S., M. Vaezia, A. Rashidib. 2017. „Investigating the effect of SiO<sub>2</sub> – graphene oxide hybrid as inorganic nanofiller on corrosion protection properties of epoxy coatings”. *Surf. Coat. Technol.* 311, 282 – 294.  
 [10] Sadowski Łukasz; S. Czarniecki, J. Hoła. 2016. „Evaluation of the height 3D roughness parameters of concrete substrate and the adhesion to epoxy resin”. *Inter. J. Adhes. Adhes* 67, 3 – 4.  
 [11] Szymanowski J. 2019. „Evaluation of the adhesion between overlays and substrates in concrete floors: Literature survey, recent non-destructive and semi-destructive testing methods, and research gaps”. *Buildings* 9, 203.

Przyjęto do druku: 29.10 2020 r.