

Tomasz Kwiatkowski¹, Marlena Rajczyk¹

KLEJE KONSTRUKCYJNE

Wprowadzenie

Techniki klejenia znane są od bardzo dawna, ale w ostatnich latach zyskują coraz to większą popularność. Początkowo stosowano kleje pochodzenia naturalnego - uzyskiwane z różnych substancji, np. mleka i wapna gaszonego z różnymi domieszkami. Z biegiem lat klej był wykorzystywany do różnego rodzaju łączenia materiałów. Po raz pierwszy kleju jako spoiwa łączącego części metalowe użyto w 1942 r. w przemyśle lotniczym [1, 2]. Przełomowym wydarzeniem dla klejów było wprowadzenie żywic epoksydowych w 1946 roku. Od tego momentu kleje zaczęły prężnie się rozwijać. Jednak dopiero dzisiaj technika klejenia jest coraz bardziej rozpowszechniana, poprzez powstawanie nowych formuł oraz mocniejszych klejów na bazie żywic epoksydowych. Technikę tę można zaobserwować przede wszystkim w metodach wzmacniania konstrukcji cienkościennych [3-6] oraz jako opcjonalna metoda ich łączenia [7-10].

1. Podział klejów

Istnieje wiele kryteriów podziału i klasyfikacji klejów, np. biorąc pod uwagę charakter składnika podstawowego (nieorganiczne, organiczne naturalne i organiczne syntetyczne), wg konsystencji (ciekłe, plastyczne, stałe) czy sposobu ich utwardzania, który jest z punktu ekonomicznego ważnym czynnikiem. W tabeli 1 przedstawiono podział klejów ze względu na sposób utwardzania.

Kleje twardniejące są to kleje, które głęboko wnikają w materiał, powodując jego pęcznienie i częściowe rozpuszczenie. W przeciwieństwie do klejów twardniejących kleje chemoutwardzalne nie wnikają głęboko w materiał, ale mają silne powinowactwo chemiczne z klejonym materiałem, dzięki czemu umożliwiają osiągnięcie dużych wytrzymałości złączy klejonych. Na polskim rynku oferowana jest szeroka gama tych klejów, nazywanych często klejami konstrukcyjnymi.

¹ Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa, ul. Akademicka 3, 42-200 Częstochowa, e-mail: tkwiatkowski@bud.pcz.czest.pl, mrajczyk@bud.pcz.czest.pl

Przykładowe firmy prosperujące na naszym rynku to: Emporia z Leszna, która oferuje m.in. klej o wszechstronnym zastosowaniu budowlanym Ecool 8001 [11], dystrybutorzy klejów Loctite Henkel (kleje Loctite czy Teroson) oferujący różne odmiany tych klejów [12], firma Den Braven East Sp. z o.o. mająca 21 odmian klejów do zastosowań budowlanych - reklamująca je jako „ZŁOTE GWOŹDZIE”.

TABELA 1

Klasyfikacja klejów wg sposobu utwardzania

KLEJE	
kleje twardniejące	do tego rodzaju zaliczają się kleje: rozpuszczalnikowe, dyspresyjne, plastizole, wiążące przez przyczepność lub kontakt
kleje chemoutwardzalne	utwardzanie na zimno: poprzez polikondensację, polimeryzację i poliaddycję
	termoutwardzalne: poprzez polikondensację, polimeryzację i poliaddycję
kleje hybrydowe	bezzpuszczalnikowe, szybko utwardzalne i szybkoschnące

Informacja internetowa w tym zakresie jest bardzo bogata i prawie każdy może znaleźć dziś klej, który będzie mógł wykorzystać do swoich potrzeb. Tabela 2 prezentuje kleje konstrukcyjne wykorzystywane w konstrukcjach metalowych, kompozytowych i tworzywach sztucznych, natomiast tabela 3 przedstawia kleje używane do wzmacniania konstrukcji, oferowane przez firmę Megachemie z Krakowa.

TABELA 2

Kleje konstrukcyjne wykorzystywane w konstrukcjach inżynierskich [2, 13, 14]

Lp	Nazwa handlowa	Zastosowanie	Czas klejenia	Czas uzyskania wytrzymałości wstępnej funkcjonalnej	Lepkość [cp]	Szczelina maks. [mm]	Wytrzymałość [N/mm ²] po 24 h	Temperatura pracy [°C]
1	MC-2602	Wzmocniony akrylowy klej strukturalny o małej lepkości do Metali, Ceramiki, Szkła, Kompozytów, Plastików, Tworzywa, Drewna / Uniwersalny Klejenie metal-szkło	2 + 3 min.	4 + 8 min.	4500	0.1 + 2	< 30	-55 + 150 (200)°C
2	MC-2670	Przezroczysty klej metakrylowy o małej lepkości do tworzyw sztucznych, Plexi PMMA, kompozytów, metali, szkła, itp.	3 + 4 min.	6 + 10 min.	6000	0.1 + 2	< 12	-55 + 150°C
3	MC-2671	Przezroczysty klej metakrylowy o małej lepkości do tworzyw sztucznych, Plexi PMMA, kompozytów, metali, szkła, itp. Wolniejsze wiązanie, wyższa lepkość	4 + 5 min.	15 + 20 min.	150000	< 5	< 12	-55 + 125°C
4	MC-2661	Klej strukturalny o wysokiej lepkości do wszystkich metali, aluminium, stali ocynkowanej, tworzyw sztucznych, kompozytów termoplastycznych. Nie wymaga stosowania primerów i aktywatorów.	4 + 8 min.	10 + 20 min.	450000	0.1+10	do 35	-55 + 180 (230)°C
5	MC-2662	Wolnowiązący klej strukturalny o wysokiej lepkości do metali, aluminium, tworzyw sztucznych, kompozytów termoplastycznych	14 + 16 min.	25 + 30 min.	150000 / 120000	0.1 + 5	< 35	-55 + 180 (230)°C

TABELA 3

Kleje do wzmacniania konstrukcji firmy Megachemie [15]

Nazwa kleju	NEOPOXE 30	NEOPOXE 330
Typ kleju	Modyfikowana żywica epoksydowa, dwuskładnikowa	Modyfikowana żywica epoksydowa, dwuskładnikowa
Zastosowanie	<ul style="list-style-type: none"> – do przyklejania taśm kompozytowych do różnych podłoży, – przyklejanie płaskowników stalowych do konstrukcji betonowych, – łączenie elementów budowlanych, – naprawa ubytku betonu oraz jego wyrównanie 	<ul style="list-style-type: none"> – impregnacja i klejenie mat z włókien węglowych do podłoża betonowych, kamiennych, ceramicznych, stalowych i drewnianych, – impregnacja i mocowanie mat z włókien szklanych, aramidowych, bazaltowych itp. – szpachlowanie podłoża mające na celu jego wyrównanie i wygładzenie, - uszczelnianie (zamykanie) rys i pęknięć, – łączenie elementów budowlanych (np. betonowych, kamiennych, stalowych)
Właściwości	<ul style="list-style-type: none"> – produkt łatwy w przygotowaniu i stosowaniu – nie wymaga gruntowania – wysoka odporność na pękanie oraz wysoka odporność udarowa – wysoka odporność na działanie wilgoci i alkaliów, – bardzo dobra przyczepność do podłoża betonowych, kamiennych, ceramicznych, stalowych i drewnianych, – bardzo dobre właściwości mechaniczne (wysokie wczesne i końcowe wytrzymałości) 	<ul style="list-style-type: none"> – łatwe przygotowanie materiału do aplikacji – nie wymaga dodatkowego gruntowania podłoża – bardzo dobra przyczepność do większości podłoży budowlanych – produkt tiksotropowy - możliwość nakładania na powierzchnie pionowe i w pozycji sufitowej – materiał bezrozpuszczalnikowy
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	≥ 30	≥ 30
Moduł sprężystości E [GPa]	<ul style="list-style-type: none"> – rozciąganie od 9,9 do 13,3 – ściskanie od 5,5 do 7,0 – zginanie od 7,8 do 10,5 	<ul style="list-style-type: none"> – ściskanie 2,64 – zginanie 3,00
Temperatura przejścia w szklivo [°C]	54,1	53,3

Kleje NEOPOXE stosowane są przede wszystkim do wzmacniania konstrukcji inżynierskich oraz wykorzystywane są w systemie sprężania taśm CFRP.

2. Zasady i technologia wykonywania połączeń klejowych

Odpowiednie dobranie kleju jest kluczem do zaprojektowania dobrego połączenia klejowego, dlatego przed zastosowaniem kleju do połączenia materiałów

należy wykorzystać informacje, jakie producent udostępnia o danym produkcie, a w szczególnych przypadkach przeprowadzić odpowiednie badania właściwości materiałowych kleju. Po uwzględnieniu powyższych czynników kolejnym etapem projektowania złącza klejowego jest odpowiednie przygotowanie materiałów klejonych. Przygotowanie, czyli technologia złącza, obejmuje [2, 13, 16]:

- przygotowanie powierzchni oraz kleju,
- gruntowanie powierzchni sklejaných,
- nanoszenie i ewentualne suszenie kleju,
- scalanie powierzchni klejonych np. przez zastosowanie nacisku,
- utwardzanie kleju i kondycjonowanie skleiny,
- wykończenie połączenia,
- zabezpieczenie połączenia powłokami malarskimi itp.,
- kontrola połączenia.

Powyższe procesy są czynnikami podstawowymi, które powinny być wykonane podczas łączenia materiałów klejonych.

Podsumowanie

Kleje konstrukcyjne cały czas ulegają rozwojowi, do czego głównie przyczynia się zapotrzebowanie na rynku, a także szeroka gama składników wykorzystywanych do ich produkcji. Coraz większą wagę przywiązuje się do wykorzystywania tych produktów w różnych obszarach przemysłu budowlanego, na przykład do wzmocnienia konstrukcji już istniejących poprzez doklejanie różnego rodzaju elementów wzmocniających (np. taśmy FRP) oraz używania ich jako elementu stabilizującego konstrukcję, np. stosowanie kotew chemicznych.

Praca ma na celu przybliżenie informacji na temat właściwości, rodzajów klejów i ich klasyfikacji oraz obszarów ich zastosowania.

Literatura

- [1] Dillard D., *Advances in Structural Adhesive Bonding*, Woodhead Publishing Limited, New Delhi 2010.
- [2] Piekarczyk M., Zastosowanie połączeń klejonych w konstrukcjach metalowych, *Czas. Tech.* 2012, 109, 1-B, 99-137.
- [3] Kwiatkowski T., Charakterystyka i wykorzystanie stopów aluminium oraz taśm węglowych w budownictwie, *Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej* 2011, 167, *Budownictwo* 17, 112-118.
- [4] Kubieniec G., *Nośność blachownic stalowych wzmocnianych z zastosowaniem klejenia - praca doktorska*, Kraków 2008.
- [5] Pasternak H., Schwarzlos A., Schimmack N., The application of adhesives to connect steel members, *J. Constr. Steel Res.* 2004, 60, 3-5, 649-658.
- [6] Pasternak H., Maetz J., *Versuche zu geklebten Verstärkungen im Stahlhochbau*, Bauingenieur, Mai 2006, 212-217.

- [7] Król P.A., Analiza nośności i odkształcalności zakładkowych połączeń klejowych, śrubowych i klejowo-śrubowych w konstrukcjach z blach cienkich, praca doktorska, PW Wydział Inżynierii Lądowej, Warszawa 2007.
- [8] Kühn B., Helmerich R., Nussbaumer A., Günther H.P., Herion S., Neue Konstruktionen durch Einsatz von Klebverbindungen im Stahlbau (P 654), Stahlbau 2008, 77, 8, 607.
- [9] Meinz J., Kleben im Stahlbau. Betrachtungen zum Trag- und Verformungsverhalten und zum Nachweis geklebter Trapezprofilanschlüsse und verstärkter Hohlprofile in Pfosten-Riegel-Fassaden, Weißensee Verlag, Berlin 2010.
- [10] Jasiulek P., Łączenie tworzyw sztucznych metodami spawania, zgrzewania, klejenia i laminowania, Wyd. KaBe, Krosno 2006.
- [11] Emporia, Wybrane kleje dyspersyjne Ecoll, online [odczyt 19.11.2015 r.].
- [12] Loctite kleje, online [odczyt 19.11.2015 r.].
- [13] Piekarczyk M., Zastosowanie technologii klejenia w metalowych konstrukcjach budowlanych, Politechnika Krakowska, Kraków 2013.
- [14] MCPOLSKA.PL, Kleje konstrukcyjne, metakrylowe do dużych elementów metalowych, z tworzyw sztucznych, plastiku, ABS, online [odczyt 19.11.2015 r.].
- [15] Megachemie, Kleje strukturalne.
- [16] Hop T., Konstrukcje warstwowe, Arkady, Warszawa 1980.

Streszczenie

W pracy przedstawiono historię zastosowania klejów w zarysie. Zaprezentowano podział klejów i ich wykorzystanie w budownictwie. Zwrócono również uwagę na zasady i technologię wykonywania połączeń klejowych.

Słowa kluczowe: kleje epoksydowe, epoksydy, żywice

Structural adhesives

Abstract

The paper presents a historical overview of applicability of adhesives and classification of adhesives and their use in construction. It also presents the principles and technology of making glue joints.

Keywords: epoxy adhesives, epoxies, resin