

Enkolit

badanie wytrzymałościowe spoiny

Richard Grün Instytut
Laboratorium Badawcze
Budownictwa

Preußenstr. 31-35
40883 Ratingen

Inżynierzy fizyki budowlanej

Tel.: +49 2102 9689-0

Architekci renowacji budynków

Fax: +49 2102 9689 - 16

Opinia : 134/01

Data : 20.12.2001

Temat : Enkolit
Badanie wytrzymałości spoiny

Zleceniodawca : Enke-Werk
Johannes Enke KG
Hamburger Str 16

Data zlecenia: 24.10.2001

Rzeczoznawca : Prof. Dr. Inż Ingo Grün

Współpracownicy: Werner Tromopeter
Berthold Sieberg

Spis treści :

1. Uwagi wstępne.....	4
2. Badania laboratoryjne.....	5
2.1 wytrzymałość na odrywanie.....	7
2.2 wytrzymałość na ścinanie.....	10
2.3 wytrzymałość na oddzieranie.....	22
2.4 zestawienie wyników.....	34
3. odporność (stateczność) na oddziaływaniu wiatru.....	36
3.1 obróbki blacharskie z wypustkami poza obrzeże muru.....	36
3.2 zabezpieczenie przed oddziaływaniem ssącym.....	39
3.3 zabezpieczenie przed obsuwaniem.....	40
4. Opinia (ocena).....	41

1. Uwagi wstępne

Klej do blach na zimno Enkolit jest produkowany przez wnioskodawcę. Enkolit jest plastyczną masą szpachlowo – klejącą na bazie bitumów służącą między innymi do uszczelniania i klejenia profili metalowych i blach (np.: tytancynkowych, miedzianych i aluminiowych) na inne podłoża budowlane.

Przedłożona opinia jest potrzebna (wymagana) w celu zbadania i zopiniowania (stwierdzenia) odporności spoiny klejowej Enkolit i blachami przeciw działaniom sił wiatru przede wszystkim (szczególnie) przeciw siłom wiatru.

* * *

2. Badania Laboratoryjne

Wnioskodawca dostarczył oryginalny pojemnik Enkolit, podkład Enke – Voranstrich 933 i trzy rodzaje blachy.

Zostały przyklejone następujące blachy:

Tytanocynk	TiZn, o grubości 1 mm
Aluminium	AlMgSi, o grubości 1 mm
Miedź	SF-CU, półtwarda F 25, o grubości 1 mm

Jako podłoża do klejenia użyto :

Próbki betonowych	klasy B 25
Cegła silikatowa	3 DF profil pełny, o klasie gęstości 1,6
Cegła murarska	pełna, o klasie gęstości 1,4
Sklejka drewniana	Rhenapan C 100 G, o grubości 16 mm

Próbki miały następujące wymiary:

Próba rozciągania	5 x 5 cm
Próba ścinania	10x 5 cm
Próba oddzierania	10 x 5 cm

Blachy zostały na odpowiednie wymiary docięte. W każdym przypadku połowa przygotowanych próbek była sucha odnośnie praktyki budowlanej. Drugą połowę próbek przechowywano w wodzie do ich nasiąknięcia (ok. 6 % wagowych wilgotności w przypadku betonu, ok. 15 % wagowych wilgotności w przypadku sklejki, ok. 12 % wagowych wilgotności w przypadku cegły i ok. 9 % wagowych w przypadku cegły silikatowej).

Przed przystąpieniem do nakładania Enkolit-u osuszono powierzchnię w przypadku próbek zawilgoconych.

Enkolit został nałożony na powierzchnię próbek zgodnie z założeniami producenta przeliczając ilość 2-3 kg/m².

Blachy zostały lekko dociśnięte.

Zbadane zostały poszczególne kombinacje pomiędzy blachą i podłożem:

Cynk	beton wilgotny
Cynk	beton suchy
Cynk	sklejka wilgotna
Cynk	sklejka sucha
Cynk	cegła silikatowa wilgotna
Cynk	cegła silikatowa sucha
Cynk	cegła murarska wilgotna
Cynk	cegła murarska wilgotna
Aluminium	beton wilgotny
Aluminium	beton suchy
Miedź	beton wilgotny
Miedź	beton suchy.

Do wykonania pomiarów posłużono się uniwersalną maszyną do badań UPM 2, klasy 1 o dokładności wskazań 1 N. Posów próbny jest podany do każdej próby oddzielnie.

2.1 wytrzymałość na odrywanie podczas rozciągania

Próbki	Patrz załącznik 2 strona 1
Powierzchnia sklejana (spoina)	50 x 50 mm = 2.500 mm ²
Posuw maszyny	60 mm/min
Ilość próbek w każdej kombinacji	3 sztuki

Stwierdzono następującą przyczepność przy czym rozerwanie nastąpiło w każdym przypadku wewnątrz warstwy Enkolit-u.

Numer próbki	Kombinacja materiałów	siła rozciągająca (N)	Wytrzymałość (N/mm ²)	Wartość średnia (N/mm ²)
1a	cynk / beton wilgotny	90	0,036	0,033
1b	cynk / beton wilgotny	75	0,030	
1c	cynk / beton wilgotny	84	0,034	
2a	cynk / beton suchy	109	0,044	0,045
2b	cynk / beton suchy	118	0,047	
2c	cynk / beton suchy	107	0,043	
3a	aluminium / beton wilgotny	84	0,034	0,036
3b	aluminium / beton wilgotny	101	0,040	
3c	aluminium / beton wilgotny	86	0,034	
4a	aluminium / beton suchy	120	0,048	0,047
4b	aluminium / beton suchy	118	0,047	
4c	aluminium / beton suchy	116	0,046	

Numer próbki	Kombinacja materiałów	siła rozciągająca (N)	Wytrzymałość (N/mm ²)	Wartość średnia (N/mm ²)
5a	miedź / beton wilgotny	95	0,038	0,037
5b	miedź / beton wilgotny	87	0,035	
5c	miedź / beton wilgotny	94	0,038	
6a	miedź / beton suchy	131	0,052	0,050
6c	miedź / beton suchy	121	0,048	
7a	aluminium / beton wilgotny	80	0,032	0,033
7b	aluminium / beton wilgotny	82	0,033	
7c	aluminium / beton wilgotny	87	0,035	
8a	aluminium / beton suchy	98	0,039	0,042
8b	aluminium / beton suchy	114	0,046	
8c	aluminium / beton suchy	103	0,041	
25a	Cynk / cegła murarska wilgotna	84	0,034	0,035
25b	Cynk / cegła murarska wilgotna	83	0,033	
25c	Cynk / cegła murarska wilgotna	92	0,037	
26a	Cynk / cegła murarska sucha	105	0,042	0,044
26b	Cynk / cegła murarska sucha	109	0,044	
26c	Cynk / cegła murarska sucha	113	0,045	

Numer próbki	Kombinacja materiałów	siła rozciągająca (N)	Wytrzymałość (N/mm ²)	Wartość średnia (N/mm ²)
27a	Cynk / cegła silikatowa wilgotna	128	0,051	0,053
27b	Cynk / cegła silikatowa wilgotna	137	0,055	
27c	Cynk / cegła silikatowa wilgotna	134	0,054	
28a	Cynk / cegła silikatowa sucha	134	0,054	0,062
28b	Cynk / cegła silikatowa sucha	187	0,075	
28c	Cynk / cegła silikatowa sucha	143	0,057	

Z uzyskanych wyników wynika, że przyczepność podczas odrywania na podłożach suchych jest nieznacznie większa od przyczepności do podłoża wilgotnych.

Czas pomiędzy nałożeniem Enkolit-u i wykonaniem prób wynosił we wszystkich przypadkach około 6 godzin.

Najmniejszy uzyskany wniosek we wszystkich próbach wynosił $0,0033 \text{ N/mm}^2 = 33 \text{ kN/m}^2$.

2.2 Przyczepność podczas prób na ścinanie

Próbki patrz dodatek 2 strona 1
Powierzchnia spoiny 50 x 100 mm = 5.000 mm²
Posuw 50 mm/min
Ilość próbek w kombinacjach 3 sztuki

Uzyskano następujące wyniki zależne od przesuwu:

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła ścinająca (N)	Wytrzymałość (N/mm ²)	przesuw (mm)
9a	Cynk / beton wilgotny	5.000	11	0,0022	10
			11	0,0022	20
			9	0,0018	30
			5	0,0010	40
			2	0,0004	50
9b	Cynk / beton wilgotny	5.000	13	0,0026	10
			11	0,0022	20
			11	0,0022	30
			8	0,0016	40
			6	0,0012	50
9c	Cynk / beton wilgotny	5.000	16	0,0032	10
			9	0,0018	20
			5	0,0010	30
			5	0,0010	40
			2	0,0004	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła ścinająca (N)	Wytrzymałość (N/mm ²)	przesuw (mm)
10a	Cynk / beton suchy	5.000	14	0,0028	10
			14	0,028	20
			10	0,0020	30
			5	0,0010	40
			4	0,0008	50
10b	Cynk / beton suchy	5.000	13	0,0026	10
			11	0,0022	20
			11	0,0022	30
			8	0,0016	40
			6	0,0012	50
10c	Cynk / beton suchy	5.000	14	0,0028	10
			14	0,0028	20
			10	0,0020	30
			6	0,0012	40
			4	0,0008	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła ścinająca (N)	Wytrzymałość (N/mm ²)	przesuw (mm)
11a	Aluminium / beton wilgotny	5.000	12	0.0024	10
			11	0,0022	20
			9	0,0018	30
			5	0,0010	40
			4	0,0008	50
11b	Aluminium / beton wilgotny	5.000	15	0,0030	10
			13	0,0026	20
			11	0,0022	30
			8	0,0016	40
			5	0,0010	50
11c	Aluminium / beton wilgotny	5.000	11	0,0022	10
			11	0,0022	20
			8	0,0016	30
			6	0,0012	40
			2	0,0004	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła ścinająca (N)	Wytrzymałość (N/mm ²)	przesuw (mm)
12a	aluminium / beton suchy	5.000	18	0,0036	10
			14	0,0028	20
			9	0,0018	30
			5	0,0010	40
			5	0,0010	50
12b	aluminium / beton suchy	5.000	16	0,0032	10
			16	0,0032	20
			11	0,0022	30
			9	0,0018	40
			7	0,0014	50
12c	aluminium / beton suchy	5.000	16	0,0032	10
			9	0,0018	20
			8	0,0016	30
			6	0,0012	40
			3	0,0006	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła ścinająca (N)	Wytrzymałość (N/mm ²)	przesuw (mm)
13a	Miedź / beton wilgotny	5.000	12	0,0024	10
			10	0,0020	20
			4	0,0008	30
			3	0,0006	40
			1	0,0002	50
13b	Miedź / beton wilgotny	5.000	12	0,0024	10
			12	0,0024	20
			11	0,0022	30
			4	0,0008	40
			4	0,0008	50
13c	Miedź / beton wilgotny	5.000	10	0,0020	10
			9	0,0018	20
			9	0,0018	30
			3	0,0006	40
			2	0,0004	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła ścinająca (N)	Wytrzymałość (N/mm ²)	przesuw (mm)
14a	Miedź / beton suchy	5.000	30	0,0060	10
			21	0,0042	20
			15	0,0030	30
			6	0,0012	40
			6	0,0012	50
14b	Miedź / beton suchy	5.000	22	0,0044	10
			22	0,0044	20
			17	0,0034	30
			8	0,0016	40
			3	0,006	50
14c	Miedź / beton suchy	5.000	24	0,0048	10
			21	0,0042	20
			13	0,0026	30
			9	0,0018	40
			7	0,0014	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła ścinająca (N)	Wytrzymałość (N/mm ²)	przesuw (mm)
15a	Cynk / wilgotna skejka	5.000	11	0,0022	10
			10	0,0020	20
			4	0,0008	30
			3	0,0006	40
			3	0,0006	50
15b	Cynk / wilgotna skejka	5.000	12	0,0024	10
			11	0,0022	20
			11	0,0022	30
			7	0,0014	40
			4	0,0008	50
15c	Cynk / wilgotna skejka	5.000	11	0,0022	10
			9	0,0018	20
			7	0,0014	30
			5	0,0010	40
			4	0,0008	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła ścinająca (N)	Wytrzymałość (N/mm ²)	przesuw (mm)
16a	Cynk / sucha skejka	5.000	18	0,0036	10
			13	0,0026	20
			9	0,0018	30
			8	0,0016	40
			7	0,0014	50
16b	Cynk / sucha skejka	5.000	17	0,0034	10
			17	0,0034	20
			15	0,0030	30
			11	0,0022	40
			9	0,0018	50
16c	Cynk / sucha skejka	5.000	19	0,0038	10
			10	0,0020	20
			7	0,0014	30
			6	0,0012	40
			4	0,0008	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła ścinająca (N)	Wytrzymałość (N/mm ²)	przesuw (mm)
29a	Cynk / Wilgotna cegła	5.000	19	0,0038	10
			17	0,0034	20
			10	0,0020	30
			8	0,0016	40
			7	0,0014	50
29b	Cynk / Wilgotna cegła	5.000	20	0,0040	10
			19	0,0038	20
			15	0,0030	30
			13	0,0026	40
			9	0,0018	50
29c	Cynk / Wilgotna cegła	5.000	19	0,0038	10
			18	0,0036	20
			15	0,0030	30
			10	0,0020	40
			9	0,0018	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła ścinająca (N)	Wytrzymałość (N/mm ²)	przesuw (mm)
30a	Cynk / sucha cegła	5.000	17	0,0034	10
			17	0,0034	20
			14	0,0028	30
			9	0,0018	40
			4	0,0008	50
30b	Cynk / sucha cegła	5.000	20	0,0040	10
			18	0,0036	20
			16	0,0032	30
			9	0,0018	40
			5	0,0010	50
30c	Cynk / sucha cegła	5.000	19	0,0038	10
			18	0,0036	20
			11	0,0022	30
			9	0,0018	40
			5	0,0010	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła ścinająca (N)	Wytrzymałość (N/mm ²)	przesuw (mm)
31a	Cynk / wilgotna cegła silikatowa	5.000	21	0,0042	10
			19	0,0038	20
			19	0,0038	30
			11	0,0022	40
			8	0,0016	50
31b	Cynk / wilgotna cegła silikatowa	5.000	20	0,0040	10
			16	0,0032	20
			16	0,0032	30
			12	0,0024	40
			8	0,0016	50
31c	Cynk / wilgotna cegła silikatowa	5.000	19	0,0038	10
			19	0,0038	20
			13	0,0026	30
			9	0,0018	40
			4	0,0008	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła ścinająca (N)	Wytrzymałość (N/mm ²)	przesuw (mm)
32a	Cynk / sucha cegła silikatowa	5.000	18	0,0036	10
			16	0,0032	20
			12	0,0024	30
			9	0,0018	40
			5	0,0010	50
32b	Cynk / sucha cegła silikatowa	5.000	20	0,0040	10
			17	0,0034	20
			13	0,0026	30
			9	0,0018	40
			6	0,0012	50
32c	Cynk / sucha cegła silikatowa	5.000	23	0,0046	10
			20	0,0040	20
			17	0,0034	30
			11	0,0022	40
			7	0,0014	50

Z uzyskanych wyników wynika, że przyczepność podczas odrywania na podłożach suchych jest porównywalna od przyczepności do podłoży wilgotnych.

Czas pomiędzy nałożeniem Enkolit-u i wykonaniem prób wynosił we wszystkich przypadkach około 6 godzin.

Najmniejszy uzyskany wnio we wszystkich próbach wynosił $0,0002 \text{ N/mm}^2 = 0,2 \text{ kN/m}^2$.

2.3 Przyczepność podczas prób na oddzieranie

Próbki patrz dodatek 2 strona 1
Powierzchnia spoiny 50 x 50 mm = 2.500 mm²
Posuw 60 mm/min
Ilość próbek w kombinacjach 3 sztuki

Uzyskano następujące wartości przyczepności, dodatkowo trzeba stwierdzić, że każdorazowo rozerwanie nastąpiło w Enkoli-cie :

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła oddzierająca (N)	Wytrzymałość na oddzieranie (N/cm)	Przesuw (mm)
17a	Cynk / beton wilgotny	2.500	18	3,6	10
			16	3,2	20
			12	2,4	30
			12	2,4	40
			9	1,8	50
17b	Cynk / beton wilgotny	2.500	16	3,2	10
			15	3,0	20
			14	2,8	30
			10	2,0	40
			10	2,0	50
17c	Cynk / beton wilgotny	2.500	16	3,2	10
			14	2,8	20
			11	2,2	30
			9	1,8	40
			9	1,8	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła oddzierająca (N)	Wytrzymałość na oddzieranie (N/cm)	Przesuw (mm)
18a	Cynk / suchy beton	2.500	24	4,8	10
			22	4,4	20
			21	4,2	30
			21	4,2	40
			17	3,4	50
18b	Cynk / suchy beton	2.500	24	4,8	10
			24	4,8	20
			20	4,0	30
			19	3,8	40
			19	3,8	50
18c	Cynk / suchy beton	2.500	23	4,6	10
			20	4,0	20
			20	4,0	30
			18	3,6	40
			17	3,4	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła oddzierająca (N)	Wytrzymałość na oddzieranie (N/cm)	Przesuw (mm)
19a	Aluminium / wilgotny beton	2.500	16	3,2	10
			16	3,2	20
			14	2,8	30
			14	2,8	40
			11	2,2	50
19b	Aluminium / wilgotny beton	2.500	20	4,0	10
			20	4,0	20
			18	3,6	30
			16	3,2	40
			13	2,6	50
19c	Aluminium / wilgotny beton	2.500	22	4,4	10
			21	4,2	20
			20	4,0	30
			20	4,0	40
			18	3,6	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła oddzierająca (N)	Wytrzymałość na oddzieranie (N/cm)	Przesuw (mm)
20a	Aluminium / suchy beton	2.500	26	5,2	10
			25	5,0	20
			24	4,8	30
			22	4,4	40
			22	4,4	50
20b	Aluminium / suchy beton	2.500	27	5,4	10
			24	4,8	20
			24	4,8	30
			20	4,0	40
			18	3,6	50
20c	Aluminium / suchy beton	2.500	29	5,8	10
			29	5,8	20
			27	5,4	30
			26	5,2	40
			24	4,8	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła oddzierająca (N)	Wytrzymałość na oddzieranie (N/cm)	Przesuw (mm)
21a	miedź / wilgotny beton	2.500	18	3,6	10
			17	3,4	20
			15	3,0	30
			14	2,8	40
			13	2,6	50
21b	miedź / wilgotny beton	2.500	20	4,0	10
			20	4,0	20
			18	3,6	30
			18	3,6	40
			15	3,0	50
21c	miedź / wilgotny beton	2.500	16	3,2	10
			16	3,2	20
			14	2,8	30
			13	2,6	40
			11	2,2	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła oddzierająca (N)	Wytrzymałość na oddzieranie (N/cm)	Przesuw (mm)
22a	miedź / suchy beton	2.500	29	5,8	10
			29	5,8	20
			28	5,6	30
			26	5,2	40
			25	5,0	50
22b	miedź / suchy beton	2.500	30	6,0	10
			27	5,4	20
			26	5,2	30
			24	4,8	40
			24	4,8	50
22c	miedź / suchy beton	2.500	24	4,8	10
			24	4,8	20
			21	4,2	30
			20	4,0	40
			17	3,4	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła oddzierająca (N)	Wytrzymałość na oddzieranie (N/cm)	Przesuw (mm)
23a	cynk / wilgotna sklejka	2.500	19	3,8	10
			18	3,6	20
			17	3,4	30
			15	3,0	40
			13	2,6	50
23b	cynk / wilgotna sklejka	2.500	19	3,8	10
			19	3,8	20
			17	3,4	30
			16	3,2	40
			14	2,8	50
23c	cynk / wilgotna sklejka	2.500	21	4,2	10
			20	4,0	20
			18	3,6	30
			17	3,4	40
			16	3,2	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła oddzierająca (N)	Wytrzymałość na oddziernie (N/cm)	Przesuw (mm)
24a	cynk / sucha klejka	2.500	22	4,4	10
			22	4,4	20
			19	3,8	30
			18	3,6	40
			15	3,0	50
24b	cynk / sucha klejka	2.500	26	5,2	10
			25	5,0	20
			23	4,6	30
			18	3,6	40
			16	3,2	50
24c	cynk / sucha klejka	2.500	26	5,2	10
			26	5,2	20
			21	4,2	30
			18	3,6	40
			17	3,4	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła oddzierająca (N)	Wytrzymałość na oddzieranie (N/cm)	Przesuw (mm)
33a	cynk / wilgotna cegła	2.500	24	4,8	10
			23	4,6	20
			20	4,0	30
			19	3,8	40
			17	3,4	50
33b	cynk / wilgotna cegła	2.500	25	5,0	10
			24	4,8	20
			22	4,4	30
			19	3,8	40
			18	3,6	50
33c	cynk / wilgotna cegła	2.500	23	4,6	10
			23	4,6	20
			21	4,2	30
			17	3,4	40
			14	2,8	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła oddzierająca (N)	Wytrzymałość na oddzieranie (N/cm)	Przesuw (mm)
34a	cynk / sucha cegła	2.500	30	6,0	10
			29	5,8	20
			27	5,4	30
			26	5,2	40
			23	3,6	50
34b	cynk / sucha cegła	2.500	26	5,2	10
			26	5,2	20
			23	4,6	30
			20	4,0	40
			19	3,8	50
34c	cynk / sucha cegła	2.500	27	5,4	10
			26	5,2	20
			24	4,8	30
			20	4,0	40
			20	4,0	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła oddzierająca (N)	Wytrzymałość na oddzieranie (N/cm)	Przesuw (mm)
35a	cynk / wilgotna cegła silikatowa	2.500	23	4,6	10
			23	4,6	20
			20	4,0	30
			17	3,4	40
			14	2,8	50
35b	cynk / wilgotna cegła silikatowa	2.500	24	4,8	10
			23	4,6	20
			21	4,2	30
			20	4,0	40
			16	3,2	50
35c	cynk / wilgotna cegła silikatowa	2.500	25	5,0	10
			23	4,6	20
			21	4,2	30
			18	3,6	40
			15	3,0	50

Numer próbki	Kombinacja materiałów	Powierzchnia próbek (mm ²)	Siła oddzierająca (N)	Wytrzymałość na oddzieranie (N/cm)	Przesuw (mm)
36a	cynk / sucha cegła silikatowa	2.500	27	5,4	10
			27	5,4	20
			25	5,0	30
			24	4,8	40
			24	4,8	50
36b	cynk / sucha cegła silikatowa	2.500	28	5,6	10
			27	5,4	20
			25	5,0	30
			25	5,0	40
			23	4,6	50
36c	cynk / sucha cegła silikatowa	2.500	25	5,0	10
			25	5,0	20
			24	4,8	30
			22	4,4	40
			20	4,0	50

Z uzyskanych wyników wynika, że przyczepność podczas oddzierania na podłożach suchych jest porównywalna od przyczepności do podłoży wilgotnych.

Czas pomiędzy nałożeniem Enkolit-u i wykonaniem prób wynosił we wszystkich przypadkach około 24 godzin.

Najmniejszy uzyskany wnio we wszystkich próbach wynosił 3,2 N/cm = 0,32 KN/m.

2.4 Zestawienie wyników laoratoryjnych

W laboratorium Instytutu Richard Grün uzyskano następujące wartości średnie względnie najmniejsze wartości średnie.

Wytrzymałość na odrywanie:

Materiał	Przyczepność (N/ mm ²)		
	Cynk	Aluminium	Miedź
beton:			
suchy	0,045	0,047	0,050
wilgotny	0,033	0,036	0,037
cegła silikatowa			
sucha	0,062		
wilgotna	0,053		
cegła murarska			
sucha	0,044		
wilgotna	0,035		
sklejka:			
sucha	0,042		
wilgotna	0,033		

Wytrzymałość na ścinanie:

Materiał	Przyczepność (N/ mm ²)		
	Cynk	Aluminium	Miedź
beton:			
suchy	0,0026	0,032	0,0044
wilgotny	0,0022	0,022	0,0020
cegła silikatowa			
sucha	0,0036		
wilgotna	0,0038		
cegła murarska			
sucha	0,0034		
wilgotna	0,0038		
sklejka:			
sucha	0,0034		
wilgotna	0,0022		

Wytrzymałość na oddzieranie:

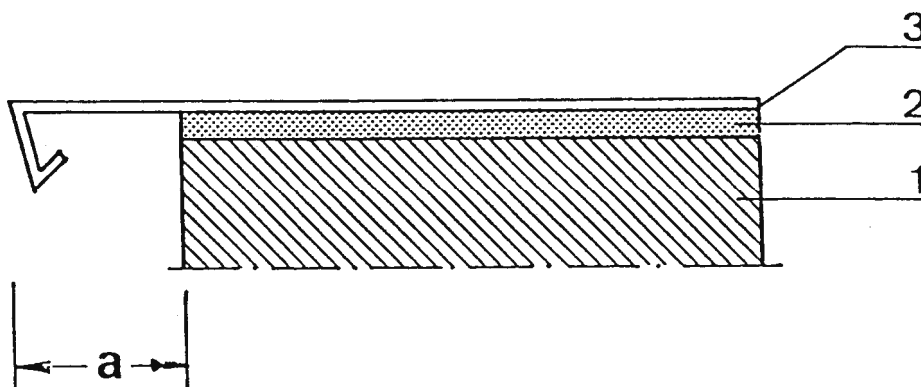
Materiał	Przyczepność (N/ mm ²)		
	Cynk	Aluminium	Miedź
beton:			
suchy	4,6	5,2	4,8
wilgotny	3,2	3,2	3,2
cegła silikatowa			
sucha	5,0		
wilgotna	4,6		
cegła murarska			
sucha	5,2		
wilgotna	4,6		
sklejka:			
sucha	4,4		
wilgotna	3,8		

* * *

3. odporność na oddziaływanie wiatrów

3.1 Obróbki blacharskie z wypustką poza obręb muru

Zakres zastosowania Enkolit jako kleju do blach na podłoża betonowe, cegłę murarską, cegłę silikatową albo drewno do stosowania na zewnątrz pomieszczeń. Spoina musi zapewnić wystarczającą wytrzymałość na oddziaływanie sił wiatru. Obróbki blacharskie wykonywane są z wypustkami poza obręb muru. Na szkicu zobrazowano przekrój takiego rozwiązania.



Opis:

- 1. podłoże np.: beton
- 2. Enkolit
- 3. obróbka blacharska np.: tytan-cynk
- a wypustka

Miarodajnością dla wytrzymałości spoiny jest wytrzymałość na oddzieranie w obrębie wypustek, wytworzonych przez ciśnienie wiatru od spodu i ssanie wiatru od góry. Siły oddziaływania wiatru są obliczane na podstawie ciśnienia prędkości q według normy DIN 1055 i sił potocznych.

Ciśnienie prędkości q uzależniona jest od wysokości kalenicy ponad poziom i wynosi

Wysokość ponad poziom (m)	Ciśnienie prędkości kN/m^2
0 - 8	0,50
8 - 20	0,80
20 - 100	1,10
ponad 100	1,30

Współczynnik dla sił wiatru na dachach płaskich bez atyki są zróżnicowane i uzależnione od tego, czy są to obszary przybrzeżne czy narożniki.

Wynoszą:

Współczynnik sił ciśnienia $C_{p(\text{ciśnienie})}$ dla wypustek	0,8
Współczynnik sił ssania $C_{p(\text{ssanie})}$ dla powierzchni brzegowych	1,8
Współczynnik sił ssania $C_{p(\text{ssanie})}$ dla narożników	3,2

Siłę oddzierającą można w przybliżeniu wyliczyć na podstawie sił ssących i parcia według wzoru

$$S = (C_{p(\text{ssanie})} + C_{p(\text{parcie})}) * q * a \text{ (k/m)}$$

W poniższej tabeli wyliczono wartości sił oddzierających uzależniając obszary przybrzeżne oraz narożniki jak i różnorodne wysokości budowli (dla wypustek od 2 do 5 cm)

Wysokość kalenicy (m)	Siły oddzierające (kN / m)					
	srefa brzegowa $C_{p(\text{ssanie})} + C_{p(\text{ciśnienie})} = 2,6$			srefa narożnikowa $C_{p(\text{ssanie})} + C_{p(\text{ciśnienie})} = 4,0$		
	wpustka a (cm)			wpustka a (cm)		
	2,0	3,0	5,0	2,0	3,0	5,0
0 - 8	0,026	0,039	0,065	0,040	0,060	0,100
8 - 20	0,042	0,062	0,104	0,064	0,096	0,160
20 - 100	0,057	0,086	0,143	0,088	0,132	0,220
pnad 100	0,068	0,101	0,169	0,104	0,156	0,260

Najmniejsza wartość określająca wytrzymałość spoiny Enkolit na oddzieranie w zależności od rodzajów zastosowanej blachy i od rodzaju podłoża wyniosła 0,32 kN/m.

Z zestawienia uzyskanych wytrzymałości na oddzieranie do wartości jak wyżej obliczono następujące wartości bezpieczeństwa.

Wysokość kalenicy (m)	Zabezpieczenie przeciw siłom oddzierania					
	srefa brzegowa			srefa narożnikowa		
	wpustka a (cm)			wpustka a (cm)		
	2,0	3,0	5,0	2,0	3,0	5,0
0 - 8	12,31	8,21	4,92	8,0	5,33	3,2
8 - 20	7,62	5,16	3,08	5,0	3,33	2,0
20 - 100	5,61	3,72	2,24	3,64	2,42	1,45
pnad 100	4,71	3,17	1,89	3,08	2,05	1,23

Wyliczone wartości bezpieczeństwa obowiązują dla świeżej i całopowierzchniowej spoiny po 24 godz. Z odparowaniem rozpuszczalników następuje umocnienie Enkolit-u z tego powodu zwiększają się wartości odporności na odrywanie i oddzieranie.

Na podstawie wcześniejszych prób przeprowadzonych w Instytucie Richard Grün wiadomo, że po 2 dniach w podwyższonej temperaturze, umocnienie prób podnosi się o 33 %. Odpowiednio podnoszą się wyliczone wartości bezpieczeństwa.

3.2 Zabezpieczenie przeciw siłom odrywającym

Na całości powierzchni przklejone przy pomocy Enkolit blachy oddziałują siły ssące wiatrów. Dla granicy bezpieczeństwa miarodajna jest siła odrywająca spowodowana przez ssące siły wiatrów.

Podniesiony współczynnik dla sił odrywających wynosi w przypadku dachów pochyłych o kącie nachylenia od 0 – 25° wynosząc:

$C_{p(ssanie)}$ dla powierzchni przybrzeżnych 1,8

$C_{p(ssanie)}$ dla narożników 3,2

Siłę ssącą można wyliczyć na podstawie sił ssących wiatru

$$W = C_{p(ssanie)} * q \quad (\text{w kN})$$

W odniesieniu do powierzchni budowlanych 1 m².

W poniższej tabeli zebrano wartości sił ssących wiatru oddzielnie dla stref brzegowych i narożników i wysokości kalenicy budynku od podłoża.

Wysokość położenia kalenicy ponad terenem	Siły ssące (kN)	
	przy krawędziach	w narożnikach
0 - 8	0,9	1,6
8 – 20	1,44	2,56
20 – 100	1,98	3,52
Ponad 100	2,34	4,16

W laboratorium stwierdzono wartość wytrzymałości spoiny na odrywanie przynajmniej **33 kN/m²**.

Na podstawie, której wyliczone zostały następujące wartości bezpieczeństwa:

Wysokość położenia kalenicy ponad terenem	Wartość bezpieczeństwa	
	przy krawędziach	w narożnikach
0 - 8	36,67	20,63
8 – 20	22,92	12,89
20 – 100	16,67	9,38
Ponad 100	14,10	7,93

W przypadku całościowej spoiny klejowej Enkolit wymagane 1,5 krotna wartość bezpieczeństwa została we wszystkich przypadkach wielokrotnie przekroczona.

3.3 Zabezpieczenie przeciw obsunięciom blach

W przypadku klejenia blach Enkolit-em na powierzchniach pochyłych konieczne jest zabezpieczenie tychże przed obsunięciem, ponieważ ze świeżo nałożonej spoiny nie zdążyła jeszcze odparować wystarczająca ilość rozpuszczalnika, aby zapewnić odpowiednią odporność na obsunięcia.

Jako zabezpieczenia wystarczają mechaniczne punkty mocujące np.: dyble lub odpowiednie uchwyty blaszane.

* * *

4. Ocena

Części budynku narażone na oddziaływanie sił wiatrów, muszą zostać zgodnie z Normą DIN 1055 zamocowane z przynajmniej 1,5-krotną granicą bezpieczeństwa przed poderwaniem. Te wymagania dotyczą także obróbek blacharskich przyklejonych przy pomocy Enkolit. Wartość bezpieczeństwa można w przypadku takiej konstrukcji udowodnić przy pomocy przeciwstawienia wytrzymałości spoiny przeciw siłą odrywającą wiatru skierowaną pionowo do powierzchni blachy.

W przypadku obciążeń spowodowanych tylko siłami odrywającymi („Obciążenia odrywające”) wymagana 1,5-krotna granica bezpieczeństwa została we wszystkich przypadkach wielokrotnie przekroczona.

W przypadku świeżo wykonanego klejenia na powierzchniach pochyłych zostać odpowiednio zabezpieczone przed obsunięciem, ponieważ w tym przypadku nie jest jeszcze zapewniona odpowiednia odporność na obsuwanie.

Z zestawienia odporności spoiny Enkolit na działanie sił oddzierających i odrywających (ssanie i ciśnienie – parcie wiatru) w przypadkach zróżnicowanych wypustek poza obrzeże wyliczone zostały poszczególne wartości granic bezpieczeństwa przed oderwanien. Wymagania Normy DIN 1055 dotyczące wytrzymałości spoiny odpowiadają wypustką 2 i 3 centymetrową dla wszystkich wysokości budynków. W przypadku wypustek 5-cio centymetrowych w budynkach o wysokości kalenicy do 20 m.

W przypadkach, kiedy zastosowanie mniejszych wypustek niż 3 cm jest niemożliwe, trzeba zastosować oprócz klejenia Enkolitem, mocowanie mechaniczne w narożnikach. Świeża spoina klejowa zapewnia odpowiednią wartość bezpieczeństwa w przypadku zastosowania wypustek do 3 cm, jednak z powodów dodatkowego bezpieczeństwa od wysokości kalenicy 20 m nad podłożem zaleca się oprócz klejenia zastosowanie dodatkowego punktu mocowania mechanicznego.

Ekspert

Podpisano: prof. dr inż. Ingo Grün, / - / podpis nieczytelny
Odcisk okrągłej pieczętki z napisem : Richard Grün Institut.