

ZAKŁAD KONSTRUKCJI I ELEMENTÓW BUDOWLANYCH
LABORATORIUM KONSTRUKCJI I ELEMENTÓW BUDOWLANYCH

RAPORT Z BADAŃ NR LK05-6011/11/R01NK

Klient **LS Tech Homes S.A.**

Adres klienta: uL Karola Korna 7/4
43-300 Bielsko - Biała

Informacje dotyczące obiektu badań

Obiekt badań **KSZTAŁTOWNIKI DWUTEOWE I CEOWE**
nazwa, opis, stan i identyfikacja **FORMOWANE METODĄ PRZECIĄGANIA (PULTRUZI)**

Data przyjęcia obiektu badań 21.11.2011

Nr protokołu przyjęcia obiektu badań LK04-6011/11/R01NK/1

Procedura przyjęcia obiektu badań nr 18

Inne informacje dotyczące obiektu badań Kompozytowe kształtowniki tworzywowe, formowane metodą przeciągania, zbrojone włóknem szklanym, o gęstości średniej 1,89 g/cm³ i twardości równej 57 jednostek Barcola. Kształtowniki produkowane są w firmie L.S. Tech Homes S.A.

Informacje dotyczące badań

Data rozpoczęcia badań: 21.01.2012

Data zakończenia badań: 23.06.2012

Inne informacje dotyczące badań:

- metoda badań: PN-EN ISO 527-1:2000 Tworzywa sztuczne. Oznaczenie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu. Warunki badań kompozytów tworzywowych izotropowych i ortotropowych wzmocnionych włóknami.
PN-EN ISO 527-4:2000 Tworzywa sztuczne. Oznaczenie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu. Zasady ogólne.
PN-EN1172:2002 Tworzywa sztuczne wzmocnione włóknem szklanym. Preimprgnaty, tłoczywa i laminaty. Oznaczenie zawartości włókna szklanego i napełniacza mineralnego. Metoda kalcynowania.

LABORATORIUM KONSTRUKCJI I ELEMENTÓW BUDOWLANYCH

Warszawa | ul. Ksawerów 21 | tel. 22 56 64 260 | fax 22 56 64 215 | e-mail: przegrody@itb.pl |

00-611 Warszawa | ul. Filtrowa 1 | tel. 22 825 04 71 | fax 22 825 52 86 | Dyrektor tel. 22 825 28 85 | 22 825 13 03 | fax 22 825 77 30 |
02-656 Warszawa | ul. Ksawerów 21 | tel. 22 843 14 71 | fax 22 843 29 31 | KRS: 0000158785 | Regon: 000063650 | NIP: 525 000 93 58 |
PKO S.A. O/Warszawa | ul. Nowogrodzka 11 | 00-513 Warszawa | nr konta 77124059181111000049134568 | www.itb.pl | instytut@itb.pl

PN-EN13706-2:2004 Wzmocnione kompozyty tworzywowe. Specyfikacje profili formowanych metodą przeciągania Część: 2 metody badań i wymagania ogólne

PN-ENISO14126:2002 Kompozyty tworzywowe wzmocnione włóknem. Oznaczenie właściwości podczas ściskania równoległe do płaszczyzny laminowania.

▪ **zakres badań**

Moduł sprężystości podczas zginania

Zawartość suchej masy (włókna szklanego)

Wytrzymałość na nacisk sworznia

Wytrzymałość i moduł sprężystości przy ściskaniu

Współczynnik Poissona

WYNIKI BADAŃ

1. Badanie modułu sprężystości podczas zginania

Sprawdzenie modułu sprężystości podczas zginania wykonano wg PB-EB 13706-2:2004, zał. D.

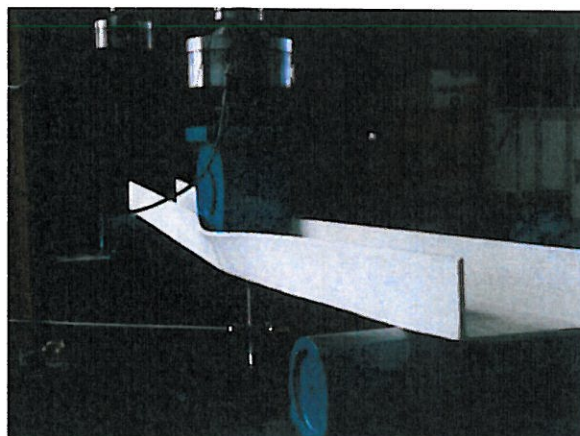
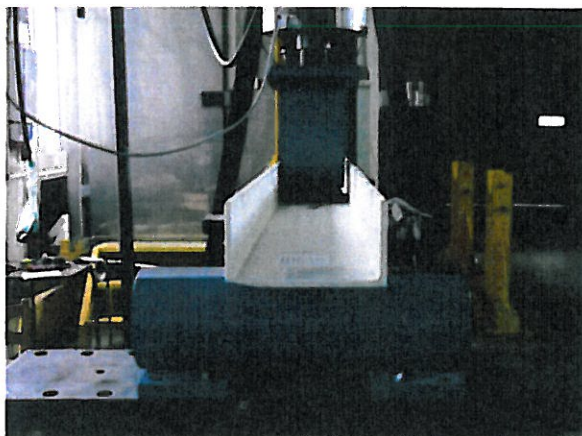
Oznaczono także wartość siły niszczącej, która w większości przypadków pokrywała się z wartością siły wywołującej ugięcie o wartości $l/200$.

Badania przeprowadzono na próbkach (kształtownikach) o wymiarach przekroju poprzecznego w skali 1:1 oraz długości odpowiadającej 20-krotnej głębokości profilu (z tolerancją ± 10 mm).

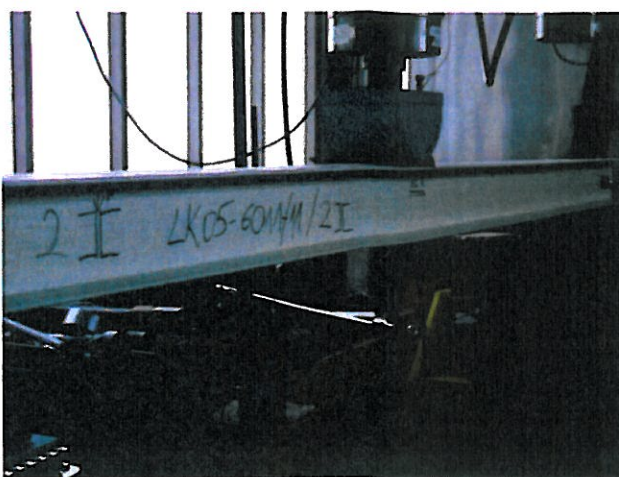
Badania przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych, w temperaturze 21°C i wilgotności 48%.

Próbki do badań poddawano obciążeniom zginającym przy obciążeniu siłą prostopadłą do szerokości i/lub wysokości przekroju poprzecznego. Sposób zamocowania próbek w maszynie wytrzymałościowej – odwzorowujący kierunek oddziaływania siły obciążającej kształtownik wraz z przykładową formą zniszczenia – ilustrują fotografie nr 1, 2, 3 i 4.

Wyniki badania podano w tablicach nr 1 i 2 (kształtowniki ceowe) i nr 3 i 4 (kształtownik dwuteowy).



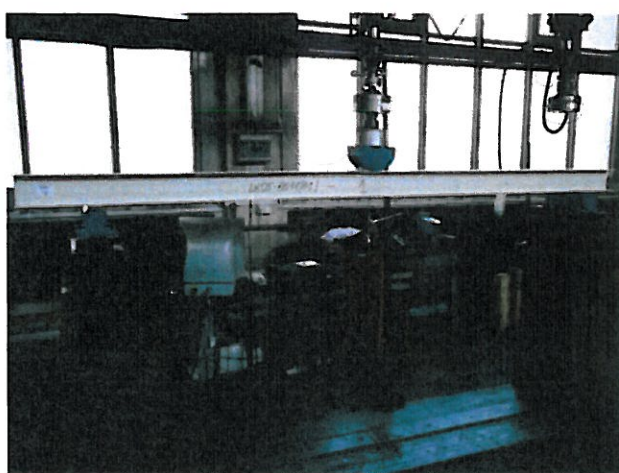
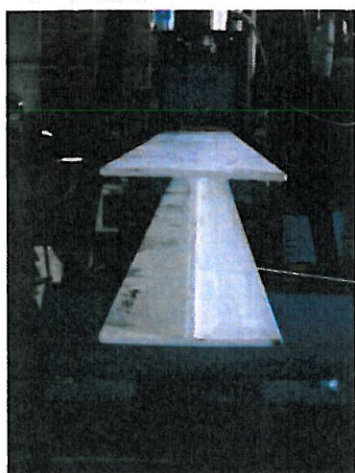
Fot. nr 1 Schemat obciążania próbek. Kształtownik ceowy– schemat A



Fot. nr 2 Schemat obciążania próbek. Kształtownik ceowy (badany w zestawie)– schemat B



Fot. nr 3 Schemat obciążania próbek. Kształtownik dwuteowy – schemat A



Fot. nr 4 Schemat obciążania próbek. Kształtownik dwuteowy– schemat B

Tablica 1

Wyniki badania modułu sprężystości podczas zginania – kształtownik ceowy, schemat obciążania A

L.p.	Oznaczenie Profilu	Wymiary, średnie, mm						F przy L/200 kN	F przy L/500 kN	Siła niszcząca, Fmax kN	Moduł sprężystości podczas zginania E GPa
		h1	h2	B	t1	t2	T				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	C1	74,52	75,11	135,04	6,29	6,04	6,44	8,60	2,90	1,10	27,5
		73,78	74,16	136,02	6,31	5,97	6,63				
		75,42	74,92	135,24	6,29	6,01	6,46				
2	C2	73,82	75,59	135,10	6,29	6,06	6,65	7,70	2,80	1,20	24,6
		73,57	74,91	134,94	6,40	6,06	6,55				
		73,26	75,16	134,94	6,35	6,06	6,59				
3	C3	74,17	73,05	134,80	6,30	6,04	6,58	7,60	2,80	1,10	26,4
		73,04	73,49	134,87	6,30	6,07	6,70				
		74,24	74,22	134,73	6,31	6,06	6,61				
Średnio		73,98	74,51	135,08	6,32	6,04	6,58	7,97	2,82	1,13	26,2
Odchylenie standardowe		0,6753	0,7927	0,3644	0,0347	0,0303	0,0801	0,4497	0,0471	0,0471	1,1954
Współczynnik zmienności		0,0091	0,0106	0,0027	0,0055	0,0050	0,0122	0,0564	0,0166	0,0416	0,0457
1	1CH	101,54	101,94	148,87	6,27	6,18	6,45	5,70	3,00	1,20	25,6
		101,43	101,42	148,62	6,34	6,35	6,33				
		101,49	101,39	149,00	6,31	6,32	6,38				
2	2CH	101,59	101,60	148,87	6,30	6,31	6,53	6,60	3,80	2,20	24,9
		101,38	101,56	148,53	6,34	6,27	6,46				
		101,27	101,32	148,62	6,33	6,31	6,39				
3	3CH	101,67	101,57	148,86	6,34	6,27	6,40	6,50	2,80	1,00	27
		101,52	101,80	148,66	6,32	6,28	6,39				
		101,60	101,46	148,76	6,41	6,28	6,33				
Średnio		101,50	101,56	148,75	6,33	6,29	6,41	6,27	3,20	1,47	25,8
Odchylenie standardowe		0,2262	0,1885	0,1467	0,0360	0,0450	0,0606	0,4028	0,4320	0,5249	0,8731
Współczynnik zmienności		0,0011	0,0019	0,0010	0,0057	0,0072	0,0095	0,0643	0,1350	0,3579	0,0338

Tablica 2

**Wyniki badania modułu sprężystości podczas zginania
zestaw dwu kształtowników ceowych, schemat obciążania B**

L.p.	Oznaczenie Profilu	Wymiary, średnie, mm								F przy L/200 kN	F przy L/500 kN	Siła niszcząca, F _{max} kN	Moduł sprężystości podczas zginania, <u>zestawu</u>
		h1	h2	b1	b2	t1	t2	T	T2				kształtowników E
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	C1-1	135,22	-	73,86	73,65	6,10	6,27	73,86	73,65	10,4	10,2	4,5	300,1
		134,8	-	73,97	74,95	6,07	6,27	73,97	74,95				
		135,53	-	74,74	76,16	6,06	6,29	74,74	76,16				
	C1-2	-	134,89	74,55	73,73	6,13	6,35	74,55	73,73				
			135,01	74,44	73,68	5,99	6,23	74,44	73,68				
		-	134,85	74,74	74,00	6,13	6,42	74,74	74,00				
2	C2-1	134,81	-	74,77	73,53	6,04	6,24	74,77	73,53	9,2	Nie osiągnięto ugięcia l/200	4,1	344,3
		134,77	-	73,84	73,89	6,28	6,05	73,84	73,89				
		134,55	-	73,51	74,33	6,30	6,02	73,51	74,33				
	C2-2	-	135,35	74,39	72,67	6,30	6,09	74,39	72,67				
		-	135,09	74,38	74,48	6,26	6,05	74,38	74,48				
		-	135,58	74,45	73,63	6,28	6,13	74,45	73,63				
Średnio		134,98	135,13	74,30	74,06	6,16	6,20	6,55	6,59	9,8	10,2	4,30	322,2
Odchylenie standardowe		0,3028	0,2591	0,3943	0,8318	0,1098	0,1244	0,1213	0,0909	0,6000	0,0000	0,2000	22,1295
Współczynnik zmienności		0,0022	0,0019	0,0053	0,0112	0,0178	0,0201	0,0185	0,0138	0,0612	0,000	0,0465	0,0688
1	CH1-1	149,30	-	101,48	101,59	6,34	6,38	6,44	-	14,6	14,0	5,20	465,8
		148,68	-	101,44	101,43	6,30	6,31	6,45	-				
		149,31	-	101,85	101,45	6,29	6,35	6,45	-				
	CH1-2	-	149,83	101,73	101,50	6,37	6,29	-	6,48				
		-	148,66	101,63	101,65	6,44	6,32	-	6,39				
		-	148,74	101,71	101,63	6,30	6,35	-	6,47				
2 ^{*)}	CH2-1	-	149,30	101,73	101,50	6,37	6,29	-	6,44	14,4	13,9	5,4	445,16
		-	148,68	101,63	101,65	6,44	6,32	-	6,45				
		-	149,31	101,71	101,63	6,30	6,35	-	6,45				

CH2-2	149,83	-	101,48	101,59	6,34	6,38	6,48	-				
	148,66	-	101,44	101,43	6,30	6,31	6,39	-				
	148,74	-	101,85	101,45	6,29	6,35	6,47	-				
Średnio	149,10	149,08	101,64	101,54	6,34	6,33	6,45	6,45	14,5	13,9	5,30	455,5
<i>Odchylenie standardowe</i>	0,2947	0,5327	0,1431	0,0861	0,0526	0,0298	0,0047	0,0403	0,1000	0,0500	0,10000	10,3200
<i>Współczynnik zmienności</i>	0,0020	0,0036	0,0014	0,0008	0,0083	0,0047	0,0007	0,0062	0,0069	0,0036	0,0189	0,0277
*) sprawdzenie przeprowadzone na parze kształtowników z badania CH1-1/CH1-2, odwróconych o 180°												

Tablica 3

**Wyniki badania modułu sprężystości podczas zginania
kształtownik dwuteowy schemat obciążania A**

L.p.	Oznaczenie Profilu	Wymiary, średnie, mm						F przy L/200 kN	F przy L/500 kN	Siła niszcząca, F _{max} kN	Moduł sprężystości podczas zginania E GPa
		a1	a2	b1	b2	t	H				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	T1	142,23	140,33	6,26	6,01	6,70	134,70	9,50	3,50	1,40	110,95
		141,83	140,46	6,30	6,05	6,58	135,26				
		141,80	140,50	6,26	5,96	6,55	134,98				
2	T2	140,65	140,84	6,03	6,05	6,54	135,12	9,60	3,40	1,40	103,84
		140,16	141,53	6,29	6,05	6,63	134,35				
		140,20	141,77	6,30	6,02	6,49	135,05				
3	T3	140,29	141,29	6,27	6,10	6,53	135,29	9,20	3,20	1,30	96,39
		140,33	140,92	6,37	6,13	6,49	134,83				
		140,28	141,04	6,26	6,10	6,50	135,82				
Średnio		140,86	140,96	6,26	6,05	6,56	135,04	9,43	3,37	1,37	103,73
<i>Odchylenie standardowe</i>		0,7897	0,4679	0,0877	0,0494	0,0663	0,3894	0,1700	0,1247	0,0471	5,9446
<i>Współczynnik zmienności</i>		0,0056	0,0033	0,0140	0,0082	0,0101	0,0029	0,0180	0,0370	0,0345	0,0573

Tablica 4

**Wyniki badania modułu sprężystości podczas zginania
kształtownik dwuteowy schemat obciążania B**

L.p.	Oznaczenie Profilu	Wymiary, średnie, mm						F przy L/200 kN	F przy L/500 kN	Siła niszcząca, Fmax kN	Moduł sprężystości podczas zginania E GPa
		a1	a2	b1	b2	t	H				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	T1	142,41	139,63	6,36	5,98	6,56	135,43	9,80	nie osiągnięto ugięcia L/200	5,10	269,5
		141,97	140,17	6,34	6,09	6,51	134,86				
		141,97	140,06	6,32	6,09	6,57	134,77				
2	T2	141,69	140,34	6,27	6,11	6,59	135,03	14,10	10,90	5,42	252,35
		141,73	140,48	6,34	6,10	6,54	134,78				
		141,72	140,30	6,32	6,09	6,52	134,97				
3	T3	141,66	140,19	6,33	6,10	6,54	135,32	10,10	9,30	4,50	244,9
		141,75	140,01	6,31	6,02	6,60	134,43				
		141,68	140,20	6,23	6,00	6,53	135,52				
Średnio		141,84	140,15	6,34	3,06	3,55	135,01	11,33	10,10	5,01	255,6
Odchylenie standardowe		0,2294	0,2285	0,0377	0,0469	0,0292	0,3340	1,9602	0,8000	0,3813	10,2999
Współczynnik zmienności		0,0016	0,0016	0,0060	0,0077	0,0045	0,0025	0,1730	0,0792	0,0762	0,0403

2. Badanie zawartości włókna szklanego

Badanie zawartości włókna szklanego („suchej masy”) wykonano wg PN-EN ISO 1172:2002, metoda A. Podczas badania na próbki oddziaływano temperaturą $+(625 \pm 25)^{\circ}\text{C}$. Przykład wyglądu włókna szklanego wyekstrahowanego z kształtownika ilustruje fotografia nr 5.

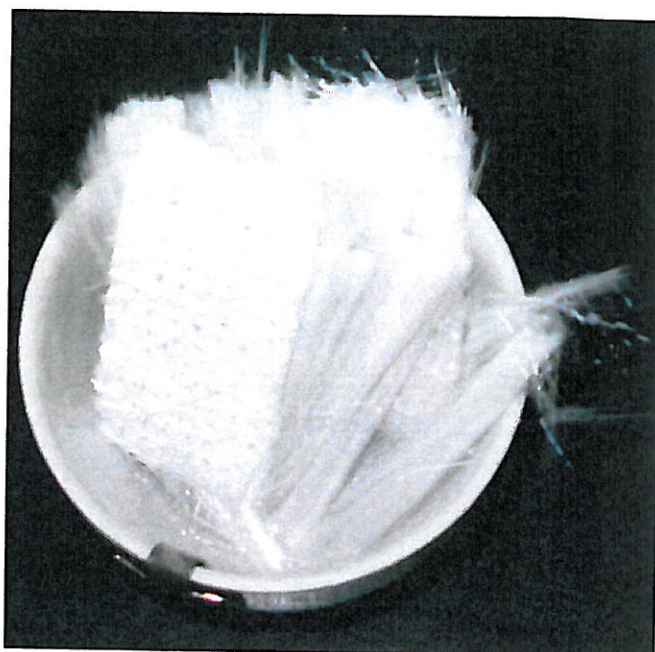
Wyniki badania podano w tablicy nr 5.

Tablica 5

Wyniki badania zawartości włókna szklanego

Nr próbki	Masa próbki g	Zawartość włókna szklanego, %
1	2	3
1	126,110	66,34
2	125,595	66,25
3	129,835	65,61
4	102,079	65,94
5	122,863	65,42

Nr próbki	Masa próbki g	Zawartość włókna szklanego, %
1	2	3
6	133,753	65,62
Średnia	123,373	65,86
Odchylenie standardowe	10,13	0,34
Współczynnik zmienności	0,082	0,005



Fot nr 5. Pojemnik z wyekstrahowanym włóknem szklanym,
widoczne zbrojenie kształtownika (włókna i maty)

3. Badanie wytrzymałości na nacisk sworznia

Badanie wytrzymałości na nacisk sworznia wykonano wg PN-EN 13706-2:2004, zał. E.

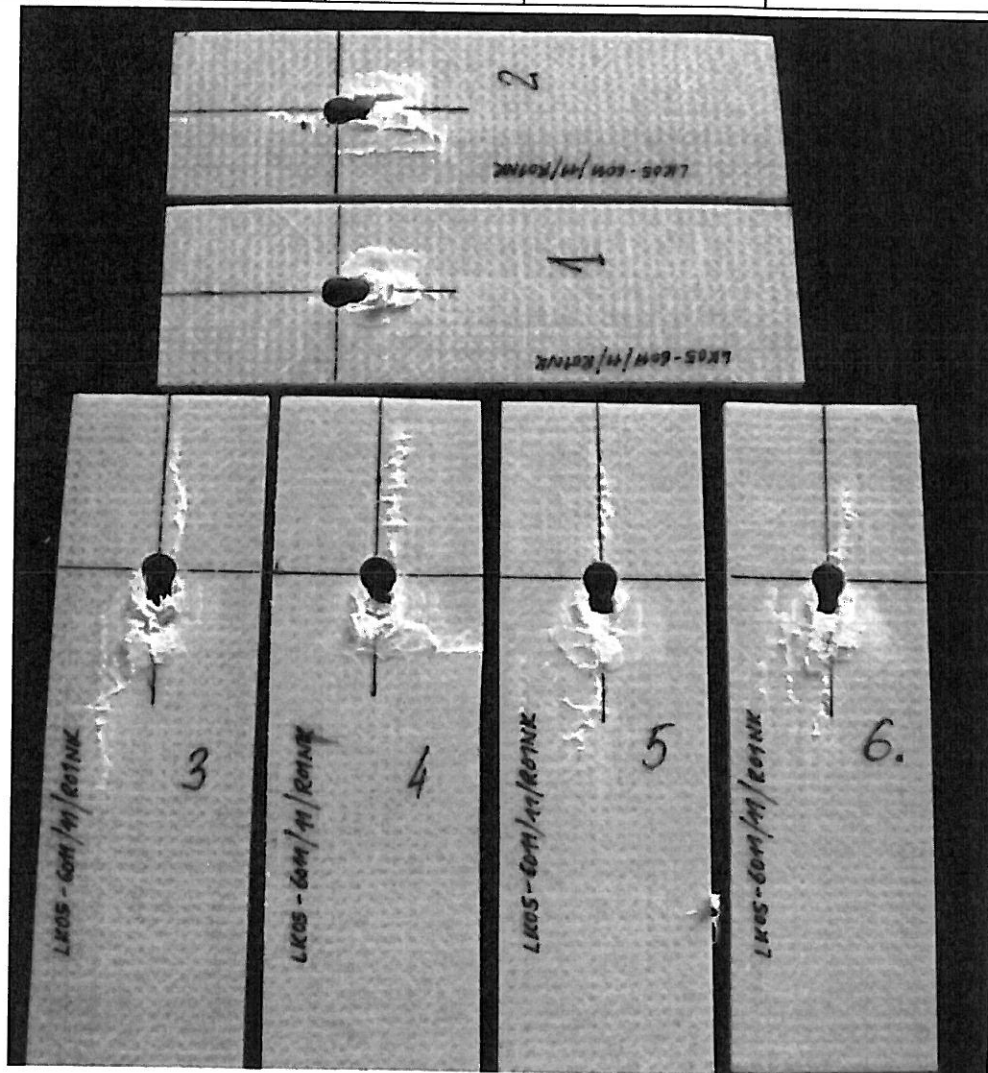
Podczas badania zastosowano sworzeń o średnicy około 9 mm (około 1,5 x grubość próbki do badań). Próbki wycięto ze średnika kształtownika – wzdłuż kierunku kształtowania profilu. Badania prowadzono w warunkach laboratoryjnych w temperaturze +23°C, na próbkach klimatyzowanych w tej samej temperaturze. Charakter zniszczenia próbek ilustruje fotografia nr: 6

Wyniki badania podano w tablicy nr 6.

Tablica 6

Wyniki badania wytrzymałości na nacisk sworznia

Nr próbki	Grubość próbki mm	Siła niszcząca kN	Wytrzymałość na ściananie, MPa	Charakter zniszczenia %
1	2	3	4	5
1	6,74	23,032	380,76	Zniszczenie przekroju pod sworzniem i w promieniu około 25 mm wokół sworznia
2	6,66	21,105	354,64	Zniszczenie przekroju pod sworzniem i w promieniu około 25 mm wokół sworznia
3	6,64	20,646	346,64	Zniszczenie przekroju pod sworzniem i wzdłuż osi nacisku sworznia
4	6,74	21,717	359,04	Zniszczenie przekroju pod sworzniem i wzdłuż osi nacisku sworznia
5	6,75	21,161	349,50	Zniszczenie przekroju pod sworzniem i wzdłuż osi nacisku sworznia
6	6,74	22,174	367,09	Zniszczenie przekroju pod sworzniem i wzdłuż osi nacisku sworznia
Średnia	6,71	21,639	359,61	-
Odchylenie standardowe	0,044	0,789	11,538	-
Współczynnik zmienności	0,007	0,0364	0,032	-



Fot nr: 6 Charakter zniszczenia próbek

4. Badanie wytrzymałości na ściskanie i modułu wytrzymałości przy ściskaniu

Badanie wytrzymałości na ściskanie i modułu sprężystości przy ściskaniu wykonano wg PN-EN ISO 14126:2002.

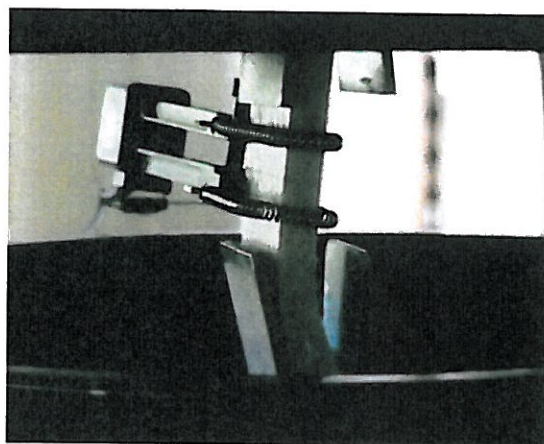
Badania przeprowadzono na próbkach o strefie ściskanej o wymiarach (25x25)mm. Sposób zamocowania próbki, oraz zachowanie podczas badań ilustruje fot. 7 i 8. Próbkę wycięto wzdłuż kierunku kształtowania profilu ze skrajnej części środników kształtowników ceowych i dwuteowych, na których wykonano badania omówione powyżej.

Wyniki badania podano w tablicy nr 7.

Tablica 7

Wyniki badania wytrzymałości na ściskanie i modułu sprężystości przy ściskaniu

Nr próbki	Wytrzymałość na ściskanie MPa	Moduł sprężystości MPa
1	2	3
1	117	50861
2	248	42731
3	225	34168
4	221	42598
5	226	36355
6	226	34617
Średnia	210,5	40222
<i>Odchylenie standardowe</i>	<i>42,72</i>	<i>5890</i>
<i>Współczynnik zmienności</i>	<i>0,203</i>	<i>0,146</i>



Fot nr: 7 Sposób mocowania próbki w uchwycie maszyny wytrzymałościowej wraz z przykładem typowego zniszczenia

5. Współczynnik Poissona

Współczynnik Poissona wyznaczono wg PN-EN ISO 524-1:2000 i PN-EN ISO 524-7-4:2000, podczas badania wytrzymałości na rozciąganie, próbek wyciętych z profili (dodatkowa dostawa) – z dwu wzajemnie prostopadłych kierunków kształtowania profilu (wzdłużnego i poprzecznego). Wyniki oznaczeń wytrzymałości na rozciąganie w raporcie z badań LK04-6011/11/R01NK.

Wyniki podano w tablicy nr 8.

Tablica 8

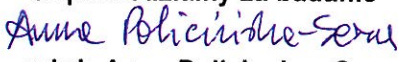
Wyniki oznaczeń współczynnika Poissona przy rozciąganiu

Nr próbki	Współczynnik Poissona, ν
1	2
1	0,273
2	0,314
3	0,271
4	0,319
5	0,315
6	0,390
Średnia	0,314
Odchylenie standardowe	0,0394
Współczynnik zmienności	0,126
Próbki 1,2 i 3 – wycięte z kierunku wzdłużnego („1”)	
Próbki 3,4 i 5 – wycięte z kierunku poprzecznego („2”)	

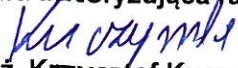
5. Podsumowanie

Wyniki badań są aktualne, jeśli nie nastąpi jakakolwiek zmiana w technologii produkcji bądź w zastosowanych materiałach składowych. Raport z badań nie zastępuje bieżącej Zakładowej Kontroli Produkcji.

Odpowiedzialny za badanie

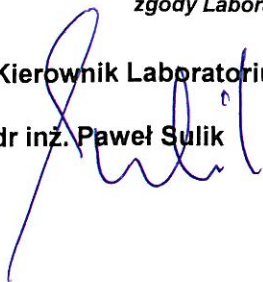

mgr inż. Anna Policinska - Serwa

Osoba autoryzująca raport


dr inż. Krzysztof KuczyńskiWarszawa, dnia 27.06.2012

*Laboratorium Badawcze oświadcza, że wyniki badania odnoszą się wyłącznie do badanego obiektu. Bez pisemnej zgody Laboratorium Badawczego Raport nie może być powielany inaczej, jak tylko w całości.
Raport z badań nie jest dokumentem dopuszczającym do obrotu.*

Kierownik Laboratorium LK


dr inż. Paweł Sulik