

SPRAWOZDANIE Z PRACY
nr 18/24/14

BADANIA I OCENA SYSTEMÓW KANALIZACYJNYCH
Z KAMIONKI PRODUKOWANYCH
PRZEZ STEINZEUG KERAMO GmbH

Symbol tematu: 0-5118-24-1-00

Wykonawcy:

mgr inż. Danuta KOWALSKA - Kierownik pracy

inż. Paweł PIETRUSZEWSKI

techn. Wiesław EYCHLER

INSTYTUT TECHNICZNY WOJSK LOTNICZYCH

WARSZAWA 2014

<p style="text-align: center;">ZAKŁAD LOTNISKOWY</p>		<p style="text-align: center;">SPRAWOZDANIE NR 18/24/14 Badania i ocena systemów kanalizacyjnych z kamionki produkowanych przez Steinzeug Keramo GmbH</p>	
<p style="text-align: center;">INSTYTUT TECHNICZNY WOJSK LOTNICZYCH ul. Księcia Bolesława 6 skr.poczt.96 01-494 WARSZAWA</p>	egz. nr	strona Sprawozdania: 2	
tel./fax (22)-6851324, 8364543	ilość załączników: 1	stron Sprawozdania: 31	

SPIS TREŚCI

	Strona
1. ZLECENIODAWCA	3
2. PODSTAWA PRAWNA	3
3. PRZEDMIOT PRACY	3
4. CEL PRACY	3
5. OKRES REALIZACJI PRACY	3
6. PRZEBIEG I WYNIKI PRACY	3
6.1. Próbkki do badań	4
7. WYNIKI BADAŃ	6
7.1. Określenie wymiarów próbek	6
7.2. Określenie nasiąkliwości	6
7.3. Badania odporności na mróz i czynniki chemiczne	7
7.4. Badania wytrzymałościowe	8
7.4.1. Badania wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu	9
7.4.1.1. Badania próbek po badaniach nasiąkliwości	12
7.4.1.2. Badania próbek po starzeniu	14
7.4.1.3. Badania próbek starzonych po badaniach zmęczeniowych	19
7.4.2. Badania wytrzymałości na zmęczenie	20
8. ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ	21
8.1. Zestawienie wyników badań nasiąkliwości	21
8.2. Zestawienie wyników badań wytrzymałościowych po badaniach nasiąkliwości	21
8.3. Zestawienie wyników badań mrozoodporności	22
8.4. Zestawienie wyników badań wytrzymałości na zmęczenie	26
8.5. Tablice zbiorcze wyników badań	26
9. PODSUMOWANIE	30
Załączniki:	
Załącznik nr 1: Sprawozdanie nr 109/10/LBM/2014 „Badanie wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu i wytrzymałości na zmęczenie.	

1. ZLECENIODAWCA

Firma **STEINZEUG-KERAMO Sp. z o.o.** ul. Karola Miarki 20, 41-940 Piekary Śląskie.

2. PODSTAWA PRAWNA

Praca została wykonana na podstawie Umowy nr 60/U/24/14 z dnia 04.04.2014 r. zawartej pomiędzy firmą STEINZEUG-KERAMO Sp. z o.o., zwaną dalej Zleceniodawcą a Instytutem Technicznym Wojsk Lotniczych, zwanym dalej Wykonawcą.

3. PRZEDMIOT PRACY

Przedmiotem pracy były systemy kanalizacyjne z kamionki produkowane przez firmę STEINZEUG KERAMO GmbH

4. CEL PRACY

Celem pracy było wykonanie badań odpornościowych rur kamionkowych produkowanych przez firmę STEINZEUG KERAMO GmbH

5. OKRES REALIZACJI PRACY

Pracę realizowano w okresie od 04.04.2014 r. do 25.08.2014 r.

6. PRZEBIEG I WYNIKI PRACY

Wykonano następujące badania próbek dostarczonych pocztą kurierską w dniu 04.04.2014 r.

- oznaczenie wymiarów próbek,
- oznaczenie nasiąkliwości,
- oznaczenie mrozoodporności w wodzie i w środkach odladzających,
- oznaczenie wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu,
- określenie wytrzymałości na zgniatanie,
- określenie wytrzymałości na zmęczenie.

Badania wykonano w Zakładzie Lotniskowym Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych oraz na Wydziale Nowych Technologii i Chemii Katedry Zaawansowanych Materiałów i Technologii Wojskowej Akademii Technicznej (badania wytrzymałości na zmęczenie oraz badania wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu próbek po badaniach zmęczeniowych). Próbki, których badania wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu wykonano w Wojskowej Akademii Technicznej oznaczono gwiazdką.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 4 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	--	-----------------------------

Poszczególne badania realizowano zgodnie z:

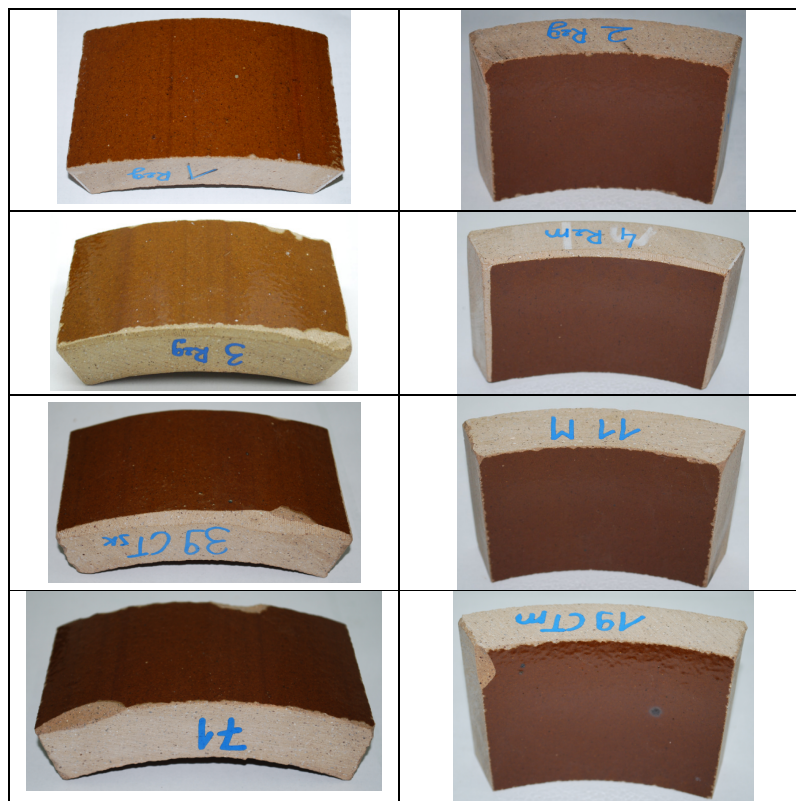
- normą PN-85/B-04500 pkt. 4.7 - oznaczenie nasiąkliwości w wodzie, w paliwie lotniczym JET A1, 2 % roztworze NaCl oraz w 20% roztworze mocznika i w środku odladzającym Clearway F1 na bazie mrówczanu potasu (jeden z nowoczesnych środków stosowanych do odladzania nawierzchni lotniskowych);
- procedurą ITWL nr PB-LL-01 z dnia 1.10.08 r. opracowaną na podstawie normy PN-88/B-06250 pkt. 6.5 - określenie mrozoodporności w wodzie, w paliwie lotniczym, w 2 % roztworze NaCl, w 20% roztworze mocznika i w środku odladzającym Clearway F1;
- normą PN-EN 295-3:2012 pkt. 8 - określenie wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu i wytrzymałości na zgniatanie;
- normą PN-EN 295-3:2012 pkt. 11 - określenie wytrzymałości na zmęczenie.

6.1. Próbkki do badań

Zleceniodawca dostarczył próbki do badań, w liczbie 74 szt., wycięte z rury kamionkowej obustronnie glazurowanej o średnicy 300 mm, klasy 160, wyprodukowanej przez firmę STEINZEUG KERAMO GmbH. Próbkki do badań zostały wycięte zgodnie z normą PN-EN 295-3:2012 *Rury i kształtki kamionkowe i ich połączenia w sieci drenażowej i kanalizacyjnej. Metody badań pkt. 8.2 i 11.3.*

Zgodnie z ww. normą powierzchnie próbek muszą być równoległe, a długość i szerokość próbki muszą stanowić odpowiednio około pięciokrotną i trzykrotną wartość grubości ścianki rury. Długie boki próbek należy wyciąć prostopadle do osi rury. Próbkki do badań zmęczeniowych powinny być zeszlifowane na obu końcach w jednakowy sposób. Ze względu na fakt, że próbki po badaniach zmęczeniowych poddano badaniom wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu, próbek nie szlifowano.

Widok dostarczonych próbek (przykłady) przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Dostarczone przez Zleceniodawcę próbki do badań, wycięte z rury kamionkowej glazurowanej

Na podstawie oględzin zewnętrznych dostarczonych próbek stwierdzono różne wymiary próbek, brak równoległości płaszczyzn przecięcia krótszych boków próbek oraz ubytki przy krawędziach. Widok próbek o różnych wymiarach przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Dostarczone próbki do badań. Widoczne różne wymiary próbek.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 6 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	--	-----------------------------

7. WYNIKI BADAŃ

7.1. Określenie wymiarów próbek

Wymiary próbek (grubość ścianki s_1 , szerokość próbki b_3 oraz odległość osi punktów podparcia L_3) określono za pomocą suwmiarki elektronicznej o zakresie do 300 mm i dokładności 0,01 mm (nr fabr. NC2010/7244). Wyniki pomiarów zamieszczono w tablicach 3- 10.

7.2. Określenie nasiąkliwości

Próbki oczyszczono i wysuszono w temperaturze $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, po czym zważono i określono nasiąkliwość porównując masy próbek po wysuszeniu i w stanie pełnej nasiąkliwości (do uzyskania stałej masy): w wodzie, w paliwie lotniczym JET A1, w 2 % roztworze NaCl oraz w roztworach środków odladzających stosowanych na lotniskach: w 20 % roztworze mocznika oraz w środku odladzającym Clearway F1 na bazie mrówczanu potasu. Wyniki badań przedstawiono w tablicy 1.

Do badań wykorzystano suszarkę z wymuszonym obiegiem powietrza UFE 600 firmy Memmert (nr fabr. G605.0604) oraz wagę elektroniczną typ WPX 200/2000 (nr fabr. 105403).

Próbki po badaniach nasiąkliwości poddano badaniom wytrzymałościowym (pkt. 7.4).

W tablicy 1 zastosowano następujące oznaczenia:

s - odchylenie standardowe [%],

v - współczynnik zmienności [%].

Tablica 1. Nasiąkliwość próbek (próbki wysuszone w temperaturze $(105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ w różnych czynnikach chemicznych

Nr próbki	Masa próbki wysuszonej [g]	Masa próbki nasączonej [g]	Nasiąkliwość [%]	Nasiąkliwość średnia [%]
Nasiąkliwość w wodzie				
5	750,48	767,38	2,25	2,27 $s = 0,05\%$ $v = 2,3\%$
6	750,09	766,76	2,22	
7	745,48	762,81	2,32	
Nasiąkliwość w paliwie lotniczym				
58	780,41	791,56	1,43	1,52 $s = 0,15\%$ $v = 10,0\%$
59	748,65	761,38	1,70	
60	767,37	778,45	1,44	

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 7 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	--	-----------------------------

c.d. tablicy 1

Nr próbki	Masa próbki wysuszonej [g]	Masa próbki nasączonej [g]	Nasiąkliwość [%]	Nasiąkliwość średnia [%]
Nasiąkliwość w 2% roztworze NaCl				
61	758,49	777,81	2,4	2,45 <i>s = 0,05 %</i> <i>v = 1,99 %</i>
62	766,34	785,20	2,4	
63	745,81	763,99	2,3	
Nasiąkliwość w 20% roztworze mocznika				
64	758,49	758,49	2,55	2,48 <i>s = 0,06 %</i> <i>v = 2,3 %</i>
65	766,34	766,34	2,46	
66	745,81	745,81	2,44	
Nasiąkliwość w środku odladzającym Clearway F1				
67	752,61	773,28	2,75	2,65 <i>s = 0,08 %</i> <i>v = 3,2 %</i>
68	760,68	780,70	2,63	
69	702,42	720,56	2,58	

7.3. Badania odporności na mróz i czynniki chemiczne

Badania mrozoodporności i odporności na działanie czynników chemicznych wykonano przy użyciu automatycznej komory do zamrażania typ K-015 firmy ToRoPoL Sp. z o.o. (nr fabr. 061001). Badania odporności na środki chemiczne prowadzono na próbkach nasączonych: wodą, paliwem lotniczym, 2 % roztworem NaCl oraz środkami odladzającymi (20 % roztwór mocznika, Clearway F1). Próbki poddano 4-godzinnym cykлом zamrażania (temp. $-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) i odmrażania (temp. $+18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$). Wykonano 200 cykli zamrażania – odmrażania, przy czym próbki zamrażano i odmrażano w mediach, w jakich były nasączone, z wyjątkiem próbek nasączonych wodą, które podczas cykli mrozoodporności zamrażano w powietrzu. W trakcie badań obserwowano stan próbek.

Po wyjściu z komory próbki zważono i określono zmianę masy (tablica 2). W wyniku obserwacji wizualnych nie stwierdzono zmian w wyglądzie próbek.

Odporność na działanie zmiennych temperatur, działanie środków odladzających i paliwa lotniczego oceniono na podstawie badań wytrzymałościowych (pkt. 7.4).

Tablica 2. Zmiana masy próbek po badaniach mrozoodporności

Nr próbki	Masa próbki nasączonej przed badaniami mrozoodporności [g]	Masa próbki nasączonej po wyjęciu z komory zamrażalniczej [g]	Zmiana masy [%]	Zmiana masy wartość średnia [%]
Badania mrozoodporności w wodzie				
12	796,45	797,74	0,16	0,16 (przyrost masy) $s = 0,01 \%$ $v = 7,3\%$
13	729,37	730,52	0,16	
14	828,63	829,87	0,15	
15	747,78	748,92	0,15	
16	743,47	744,75	0,17	
17	762,08	763,14	0,14	
Badania mrozoodporności w paliwie lotniczym				
52	731,12	732,43	0,18	0,15 (przyrost masy) $s = 0,05 \%$ $v = 31,7 \%$
53	745,28	747,00	0,23	
54	762,67	763,55	0,12	
55	775,08	775,97	0,11	
56	755,45	756,67	0,16	
57	775,72	776,57	0,11	
Badania mrozoodporności w NaCl				
42	776,93	778,34	0,18	0,18 (przyrost masy) $s = 0,03 \%$ $v = 19,2 \%$
43	746,44	747,73	0,17	
44	825,20	827,20	0,24	
45	762,96	764,04	0,14	
46	750,64	752,01	0,18	
47	744,29	745,46	0,16	
Badania mrozoodporności w 20% roztworze mocznika				
22	772,94	774,50	0,20	0,22 (przyrost masy) $s = 0,03 \%$ $v = 12,1 \%$
23	777,74	779,28	0,20	
24	752,86	754,75	0,25	
25	795,31	796,90	0,20	
26	738,53	740,41	0,25	
27	745,70	747,25	0,21	
Badania mrozoodporności w środku odladzającym Clearway F1				
32	780,48	782,67	0,28	0,29 (przyrost masy) $s = 0,01 \%$ $v = 5,1\%$
33	786,90	789,24	0,30	
34	753,90	756,11	0,29	
35	719,11	721,10	0,28	
36	808,10	810,58	0,31	
37	796,81	798,94	0,27	

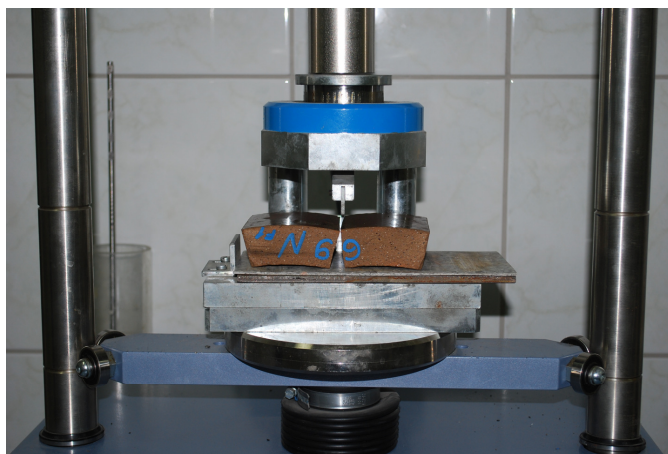
7.4. Badania wytrzymałościowe

Badania wytrzymałościowe dostarczonych próbek wykonano w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych (badania wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu) oraz w Wojskowej Akademii Technicznej (badania wytrzymałości na zmęczenie oraz badania wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu po badaniach zmęczeniowych).

W ITWL badania realizowano przy użyciu uniwersalnej maszyny

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 10 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

wytrzymałościowej 50 kN typ Unitronic S205 (nr fabr. 5205P107/Z1/0001) oraz wykonanego w ITWL przyrządu na podstawie układu badawczego określonego w normie PN-EN 295-3:2012 *Rury i kształtki kamionkowe i ich połączenia w sieci drenażowej i kanalizacyjnej. Metody badań*. Widok przyrządu przedstawiono na rys. 3.



Rys.3. Przyrząd do badań wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu wykonany w ITWL z próbką. Widoczna zastosowana podkładka

W Wojskowej Akademii Technicznej badania wytrzymałościowe realizowano z wykorzystaniem maszyny wytrzymałościowej INSTRON 8501 (obciążenie maksymalne 100 kN). Stanowisko do badań wytrzymałościowych przedstawiono na rys. 2 w Sprawozdaniu nr 109/10/LBM/2014 *Badanie wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu i wytrzymałości na zmęczenie*, które stanowi załącznik do niniejszego sprawozdania. Próbkę, których badania wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu wykonano w WAT, oznaczono gwiazdką.

7.4.1. Badania wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu

Badania wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN 295-3:2012 *Rury i kształtki kamionkowe i ich połączenia w sieci drenażowej i kanalizacyjnej. Metody badań*, pkt.8. Badania przeprowadzono przy stałej prędkości przesuwu trawersy równej 1,5 mm/min.

Badaniom poddano próbki po starzeniu pod wpływem zmiennej temperatury i czynników chemicznych, a także próbki po badaniach zmęczeniowych, jak opisano

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 11 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

w punkcie 7.4.2. Wszystkie próbki badano w stanie „na mokro”. Dla porównania, wykonano również podobne badania dla próbek świadków, przetrzymywanych w poszczególnych czynnikach chemicznych podczas cykli zamrażania-odmrażania.

Oceniono siłę przyłożoną oraz skok trawersy w momencie pęknięcia. Na podstawie uzyskanych wyników badań określono wytrzymałość próbek na rozciąganie przy zginaniu oraz wytrzymałość na zgniatanie.

Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu i wytrzymałość na zgniatanie określono zgodnie z normą PN-EN 295-3:2012 pkt. 8.2, na podstawie siły w momencie pęknięcia próbki, w oparciu o wzory:

$$\sigma_{bz} = \frac{1000F_B L_3}{4 \cdot b_3} \cdot \frac{6}{s_1^2} \cdot \alpha_k \quad (1)$$

w którym:

$$\alpha_k = \frac{3d_1 + 5s_1}{3d_1 + 3s_1} \quad (2)$$

$$F_N = \frac{1000}{0,3} \cdot \frac{2}{d_1 + s_1} \cdot \frac{F_B \cdot L_3}{4 \cdot b_3} \quad (3)$$

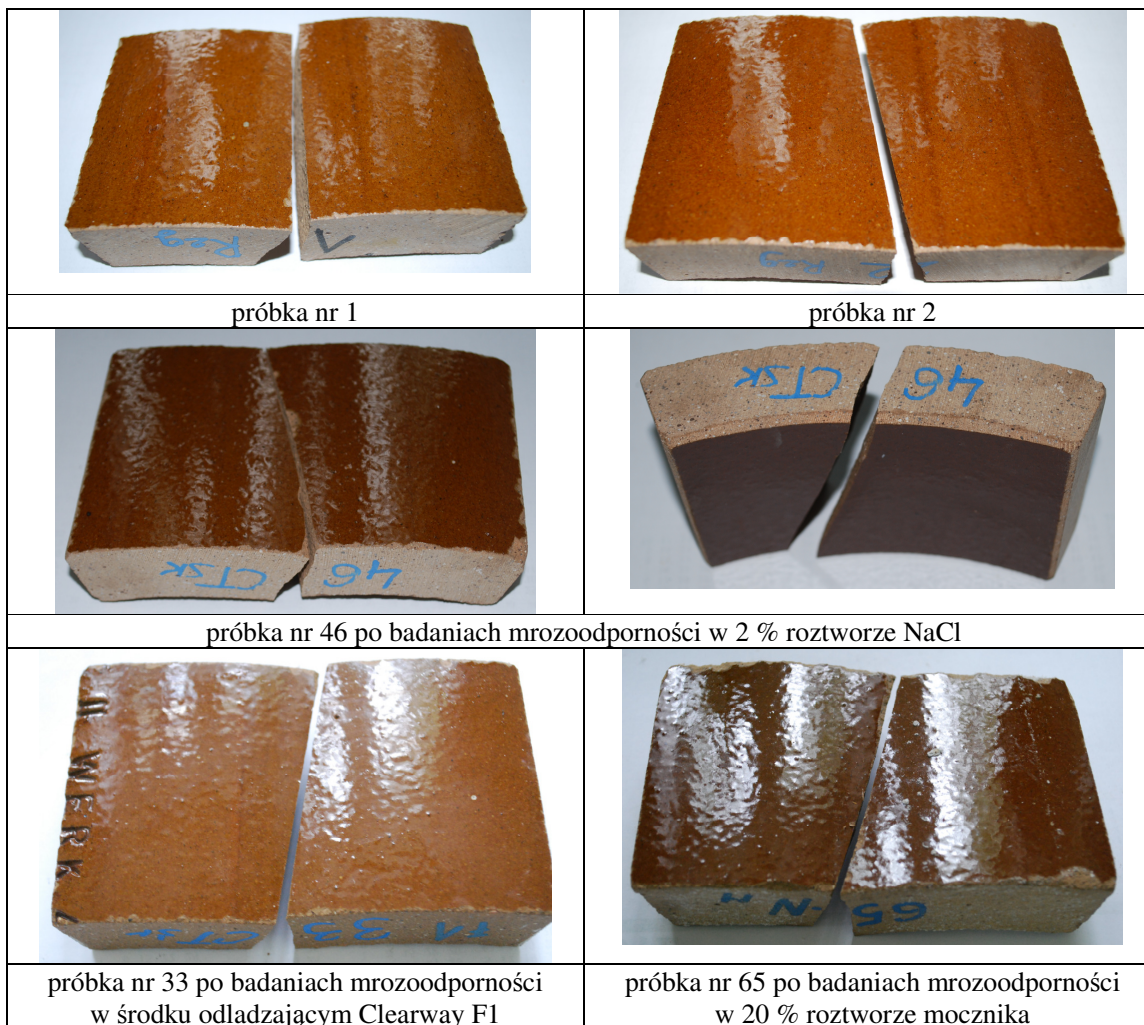
gdzie:

- σ_{bz} - wytrzymałość na rozciąganie, N/mm²;
- F_B - siła przyłożona w momencie pęknięcia, kN;
- L_3 - odległość podpór, mm;
- b_3 - szerokość próbki, mm;
- d_1 - średnica wewnętrzna rury, mm;
- s_1 - grubość ścianki, mm;
- α_k - współczynnik korekcyjny;
- F_N - wytrzymałość na zgniatanie, kN/m;

Na rysunku 4 przedstawiono sposób pęknięcia próbek, poddanych badaniom wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu, m.in. pokazano sposób pęknięcia (pęknięcie niecentryczne) próbki oznaczonej nr 46 (próbka po badaniach mrozoodporności w 2 % roztworze NaCl). Ponadto, przedstawiono widok próbek po złamaniu, dla których wartość siły w momencie pęknięcia była najniższa (10,188 kN – próbka nr 33 po badaniach mrozoodporności w środku odladzającym Clearway F1, 11,171 kN – próbka nr 65 po badaniach mrozoodporności w 20 % roztworze

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 12 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

mocznika). Wymienione próbki pękły w sposób niecentryczny.



Rys.4. Sposób pęknięcia próbek poddanych badaniom wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu

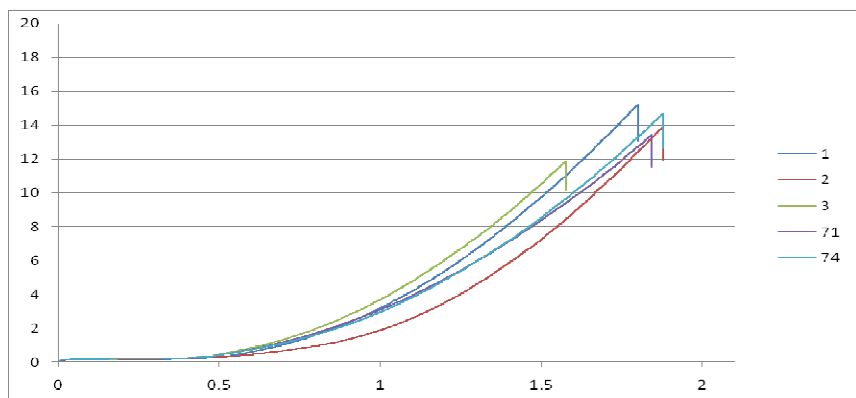
Większość próbek pękła podczas badania wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu w sposób centryczny.

W tabelicy 3 przedstawiono wyniki badań wytrzymałościowych próbek w stanie dostarczenia, badanych w stanie powietrzno-suchym. Wyniki badań próbek w stanie dostarczenia zobrazowano w postaci wykresów rozciągania przy zginaniu tj. zależności przyłożonej siły F (obciążenie) w funkcji skoku trawersy maszyny δ (przemieszczenie) - rys. 5.

Tablica 3. Wyniki badań wytrzymałościowych próbek w stanie dostarczenia

Badania wytrzymałościowe próbek w stanie dostarczenia						
Nr próbki	Grubość ścianki s_1 [mm]	Odległość osi podpór L_3 [mm]	Szerokość [mm]	Siła przyłożona w momencie pęknięcia F_B [kN]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu σ_{bz} [N/mm ²]	Wytrzymałość na zgniatanie F_N [kN/m]
Próbki w stanie dostarczenia						
1	29,3	113,6	88,9	15,177	35,9	98,2
2	29,5	116,1	89,5	13,903	32,9	91,2
3	29,7	117,1	85,5	11,829	29,2	81,9
71	29,9	123,2	85,6	13,414	34,3	97,5
74	29,6	112,0	87,2	14,660	34,2	95,2
70*	29,4	113,4	85,8	13,760	33,5	92,0
72*	29,6	111,8	86,8	12,510	27,1	75,6
73*	29,6	113,8	88,6	13,100	28,3	79,0
średnia	29,6	115,1	87,2	13,315	31,9	88,8
<i>odch. stand</i>	0,2	3,7	1,6	1,3	3,2	8,8
<i>współ. zmienn. [%]</i>	0,63	3,25	1,82	9,94	10,17	9,88

*) badania wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu wykonane w WAT



Rys.5. Krzywe rozciągania przy zginaniu wybranych próbek w stanie dostarczenia

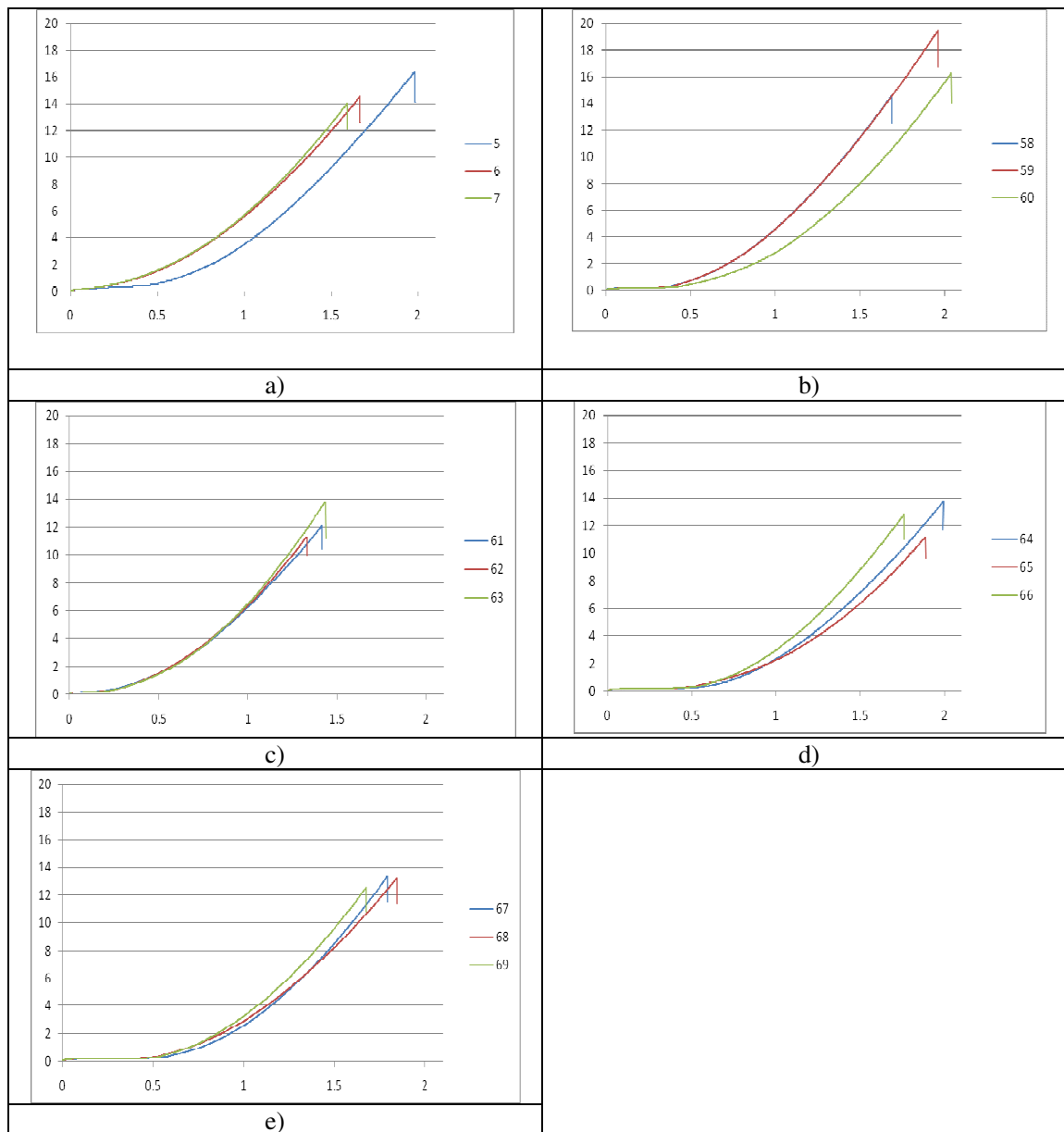
7.4.1.1. Badania próbek po badaniach nasiąkliwości

Wyniki badań próbek po badaniach nasiąkliwości w wodzie, w paliwie lotniczym, 2 % roztworze soli kuchennej oraz w środkach odladzających: 20 % roztworze mocznika i w środku odladzającym Clearway F1 przedstawiono w tablicy 4 oraz zobrazowano w postaci graficznej na rys. 6.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 14 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

Tablica 4. Wyniki badań wytrzymałościowych próbek po badaniach nasiąkliwości

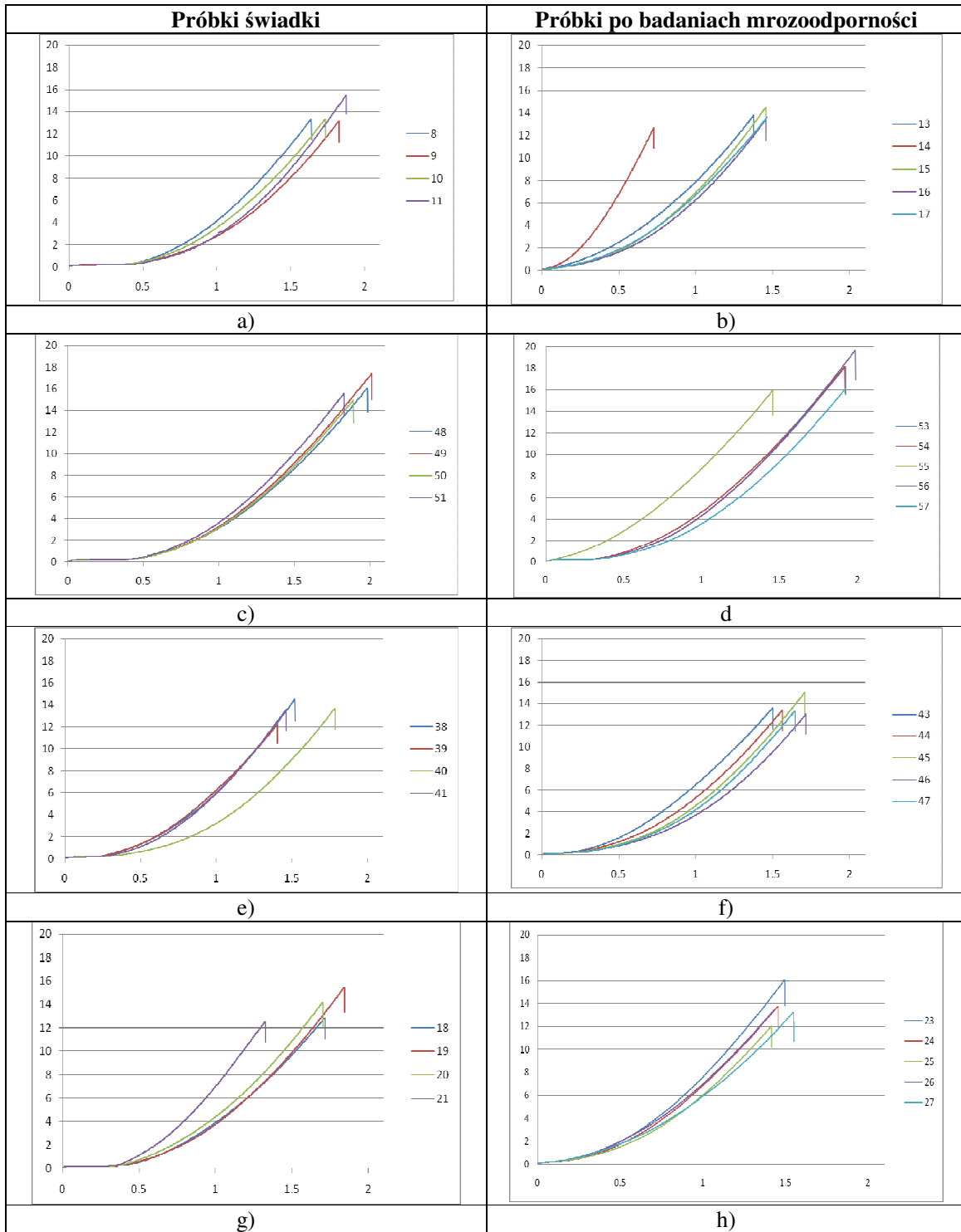
Badania wytrzymałościowe próbek po badaniach nasiąkliwości						
Nr próbki	Grubość ścianki s_1 [mm]	Odległość osi podpór L_3 [mm]	Szerokość [mm]	Siła przyłożona w momencie pęknięcia F_B [kN]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu σ_{bz} [N/mm ²]	Wytrzymałość na zgniatanie F_N [kN/m]
Próbki po badaniach nasiąkliwości w wodzie						
5	29,8	110,3	89,7	16,385	37,3	102,0
6	29,6	112,0	87,7	14,536	33,2	93,8
7	29,5	113,0	87,8	13,998	32,5	91,1
średnia	29,6	111,8	88,4	14,973	34,3	95,6
<i>odch. stand</i>	0,3	1,4	1,1	1,25	2,6	5,7
<i>współ. zmienn. [%]</i>	0,89	1,22	1,27	8,36	7,53	5,93
Próbki po badaniach nasiąkliwości w paliwie lotniczym						
58	29,8	115,8	89,0	14,610	34,0	96,1
59	29,6	112,2	88,2	19,460	44,9	125,2
60	29,6	115,5	86,7	16,287	39,4	109,7
średnia	29,7	114,5	88,0	16,786	39,4	110,3
<i>odch. stand</i>	0,1	2,0	1,2	2,46	5,4	14,6
<i>współ. zmienn. [%]</i>	0,39	1,74	1,33	14,67	13,79	13,20
Próbki po badaniach nasiąkliwości w 2 % roztworze NaCl						
61	29,6	117,1	86,6	12,103	29,7	82,8
62	29,6	118,1	90,0	11,309	27,0	75,0
63	29,7	109,6	87,2	13,829	31,4	87,9
średnia	29,6	115,0	87,9	12,414	29,4	81,9
<i>odch. stand</i>	0,1	4,6	1,8	1,29	2,2	6,5
<i>współ. zmienn. [%]</i>	0,17	4,03	2,05	10,38	7,58	7,88
Próbki po badaniach nasiąkliwości w 20% roztworze mocznika						
64	29,43	113,20	89,03	13,761	32,1	88,5
65	30,00	117,13	86,60	11,171	26,7	76,3
66	29,53	113,63	87,40	12,761	30,2	83,9
średnia	29,7	114,7	87,7	12,564	29,7	82,9
<i>odch. stand</i>	0,3	2,2	1,2	1,31	2,7	6,2
<i>współ. zmienn. [%]</i>	1,02	1,88	1,41	10,40	9,22	7,43
Próbki po badaniach nasiąkliwości w Clearway F1						
67	29,87	113,43	88,10	13,377	30,7	87,0
68	29,60	114,53	88,00	13,220	31,2	87,0
69	29,63	110,80	84,03	12,546	30,0	83,6
średnia	29,7	112,9	86,7	13,048	30,6	85,9
<i>odch. stand</i>	0,1	1,9	2,3	0,44	0,6	1,9
<i>współ. zmienn. [%]</i>	0,49	1,70	2,68	3,38	2,09	2,27

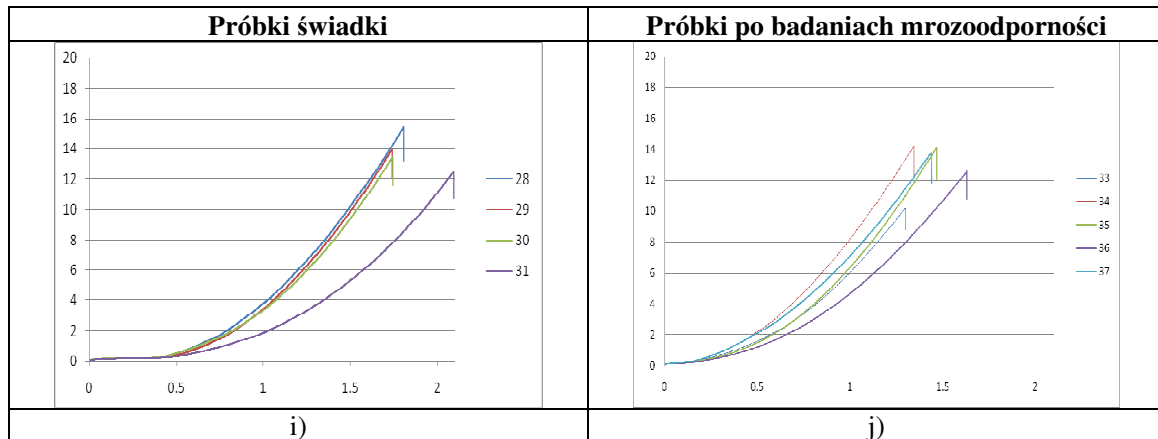


Rys. 6. Krzywe rozciągania przy zginaniu [zależność przyłożonej siły F (obciążenie) w funkcji skoku trawersy maszyny δ (przemieszczenie)] próbek po badaniach nasiąkliwości a) w wodzie, b) w paliwie lotniczym, c) w 2 % roztworze NaCl, d) w 20 % roztworze mocznika, e) w środku odladzającym Clearway F1

7.4.1.2. Badania próbek po starzeniu

Wyniki badań próbek świadków oraz próbek po badaniach mrozoodporności w wodzie, w paliwie lotniczym, w 2 % roztworze NaCl i w środkach odladzających: 20% roztworze mocznika i w środku odladzającym Clearway F1 na bazie mrówczanu potasu, przedstawiono w tablicach nr 5 ÷ 9. Wyniki badań próbek świadków oraz próbek po badaniach mrozoodporności zobrazowano w postaci wykresów rozciągania przy zginaniu tj. zależności przyłożonej siły F w funkcji skoku trawersy maszyny δ (rys. 7).





Rys. 6. Krzywe rozciągania przy zginaniu [zależność przyłożonej siły F (obciążenie) w funkcji skoku trawersy maszyny δ (przemieszczenie)] próbek po badaniach mrozoodporności i próbek świadków a, b) w wodzie, c, d) w paliwie lotniczym, e, f) w 2 % roztworze NaCl, g, h) w 20 % roztworze mocznika, i, j) w środku odladającym Clearway F1

Tablica 5. Wyniki badań wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu próbek nasączonych wodą po badaniach mrozoodporności (200 cykli) i próbek świadków

Badania mrozoodporności w wodzie						
Nr próbki	Grubość ścianki s_1 [mm]	Odległość osi podpór L_3 [mm]	Szerokość [mm]	Siła przyłożona w momencie pęknięcia F_B [kN]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu σ_{bz} [N/mm ²]	Wytrzymałość na zgniatanie F_N [kN/m]
Badania próbek świadków przetrzymywanych w wodzie						
8	29,3	113,5	87,2	13,321	32,1	87,8
9	29,8	112,2	84,3	13,164	31,4	88,5
10	29,3	119,2	86,1	13,312	34,1	93,3
11	29,7	111,0	87,6	15,475	35,3	99,1
średnia	29,5	114,0	86,3	13,818	33,2	92,2
<i>odch. stand</i>	0,2	3,6	1,5	1,11	1,8	5,2
<i>współ. zmienn. [%]</i>	0,82	3,20	1,70	8,01	5,37	5,70
Badania próbek po badaniach mrozoodporności w wodzie						
13	29,67	114,83	84,03	13,780	34,0	95,2
14	29,57	126,07	86,20	12,654	33,7	93,6
15	29,50	110,83	88,13	14,524	33,4	92,4
16	29,77	110,63	85,77	13,355	30,9	87,1
17	29,70	113,73	86,87	13,623	32,2	90,2
średnia	29,6	115,2	86,2	13,587	32,8	91,7
<i>odch. stand</i>	0,1	6,3	1,5	0,68	1,3	3,2
<i>współ. zmienn. [%]</i>	0,36	5,49	1,75	4,99	3,88	3,45

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 18 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

Tablica 6. Wyniki badań wytrzymałościowych próbek nasączonych paliwem lotniczym po badaniach mrozoodporności (200 cykli) i próbek świadków

Badania mrozoodporności w paliwie lotniczym						
Nr próbki	Grubość ścianki s_1 [mm]	Odległość osi podpór L_3 [mm]	Szerokość [mm]	Siła przyłożona w momencie pęknięcia F_B [kN]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu σ_{bz} [N/mm ²]	Wytrzymałość na zgniatanie F_N [kN/m]
Badania próbek świadków przetrzymywanych w paliwie lotniczym						
48	29,80	112,17	84,97	16,066	38,0	107,2
49	29,57	118,23	87,00	17,372	42,9	119,4
50	29,87	118,33	85,70	14,925	36,7	104,1
51	29,77	115,90	86,73	15,564	37,3	105,1
średnia	29,8	116,2	86,1	15,982	38,7	109,0
<i>odch. stand</i>	<i>0,1</i>	<i>2,9</i>	<i>0,9</i>	<i>1,04</i>	<i>2,8</i>	<i>7,1</i>
<i>współ. zmienn. [%]</i>	<i>0,43</i>	<i>2,49</i>	<i>1,09</i>	<i>6,49</i>	<i>7,32</i>	<i>6,49</i>
Badania próbek po badaniach mrozoodporności w paliwie lotniczym						
53	29,70	113,53	86,07	18,138	43,1	121,0
54	29,47	112,97	89,50	16,157	37,3	103,2
55	29,30	117,23	87,53	15,930	39,5	108,0
56	29,47	113,67	86,93	19,642	47,0	129,9
57	29,47	117,00	87,87	16,105	39,3	108,5
średnia	29,5	114,9	87,6	17,194	41,2	114,1
<i>odch. stand</i>	<i>0,1</i>	<i>2,1</i>	<i>1,3</i>	<i>1,64</i>	<i>3,8</i>	<i>11,0</i>
<i>współ. zmienn. [%]</i>	<i>0,48</i>	<i>1,79</i>	<i>1,45</i>	<i>9,53</i>	<i>9,33</i>	<i>9,66</i>

Tablica 7. Wyniki badań wytrzymałościowych próbek nasączonych 2% roztworem NaCl po badaniach mrozoodporności (200 cykli) i próbek świadków

Badania mrozoodporności w 2% roztworze NaCl						
Nr próbki	Grubość ścianki s_1 [mm]	Odległość osi podpór L_3 [mm]	Szerokość [mm]	Siła przyłożona w momencie pęknięcia F_B [kN]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu σ_{bz} [N/mm ²]	Wytrzymałość na zgniatanie F_N [kN/m]
Badania próbek świadków przetrzymywanych w 2% roztworze NaCl						
38	29,77	113,37	90,60	14,552	32,7	92,0
39	29,73	115,73	85,00	12,189	29,9	83,9
40	29,67	114,77	86,50	13,663	32,7	91,6
41	29,57	112,83	84,13	13,586	33,1	92,1
średnia	29,7	114,2	86,6	13,498	32,1	89,9
<i>odch. stand</i>	<i>0,1</i>	<i>1,3</i>	<i>2,9</i>	<i>0,98</i>	<i>1,5</i>	<i>4,0</i>
<i>współ. zmienn. [%]</i>	<i>0,30</i>	<i>1,16</i>	<i>3,31</i>	<i>7,23</i>	<i>4,72</i>	<i>4,48</i>

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 19 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

c.d. tablicy 7

Badania mrozoodporności w 2% roztworze NaCl						
Nr próbki	Grubość ścianki s_1 [mm]	Odległość osi podpór L_3 [mm]	Szerokość [mm]	Siła przyłożona w momencie pęknięcia F_B [kN]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu σ_{bz} [N/mm ²]	Wytrzymałość na zgniatanie F_N [kN/m]
Badania próbek po badaniach mrozoodporności w 2% roztworze NaCl						
43	29,37	116,07	84,17	13,610	34,6	95,0
44	29,37	119,97	90,70	13,392	32,6	89,6
45	29,77	114,27	85,90	15,044	35,9	101,1
46	29,67	114,60	85,30	13,029	31,6	88,5
47	29,50	111,63	86,27	13,346	31,5	87,4
średnia	29,5	115,3	86,5	13,684	33,3	92,3
<i>odch. stand</i>	0,2	3,1	2,5	0,79	1,9	5,7
<i>współ. zmienn. [%]</i>	0,61	2,65	2,89	5,76	5,79	6,21

Tablica 8. Wyniki badań wytrzymałościowych próbek nasączonych 20% roztworem mocznika po badaniach mrozoodporności (200 cykli) i próbek świadków

Badania mrozoodporności w 20% roztworze mocznika						
Nr próbki	Grubość ścianki s_1 [mm]	Odległość osi podpór L_3 [mm]	Szerokość [mm]	Siła przyłożona w momencie pęknięcia F_B [kN]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu σ_{bz} [N/mm ²]	Wytrzymałość na zgniatanie F_N [kN/m]
Badania próbek świadków przetrzymywanych w 20% roztworze mocznika						
18	29,27	113,90	85,30	12,857	31,8	86,9
19	29,63	107,87	85,03	15,462	35,5	99,2
20	29,30	114,53	88,63	14,195	34,0	92,8
21	29,80	117,07	86,53	12,546	30,4	85,8
średnia	29,5	113,3	86,4	13,765	32,9	91,2
<i>odch. stand</i>	0,3	3,9	1,6	1,34	2,3	6,2
<i>współ. zmienn. [%]</i>	0,88	3,44	1,90	9,72	6,86	6,77
Badania próbek po badaniach mrozoodporności w 20% roztworze mocznika						
23	29,50	110,23	91,87	16,056	35,2	97,5
24	29,43	116,07	85,17	13,770	34,4	94,9
25	29,77	117,70	88,13	12,007	28,8	81,0
26	29,37	112,97	86,17	13,453	32,5	89,2
27	29,70	115,00	83,57	13,260	32,9	92,2
średnia	29,6	114,4	87,0	13,709	32,8	91,0
<i>odch. stand</i>	0,2	2,9	3,2	1,47	2,5	6,3
<i>współ. zmienn. [%]</i>	0,58	2,53	3,67	10,74	7,57	6,97

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 20 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

Tablica 9. Wyniki badań wytrzymałościowych próbek nasączonych środkiem odladzającym Clearway F1 po badaniach mrozoodporności (200 cykli) i próbek świadków

Badania mrozoodporności w środku odladzającym Clearway F1						
Nr próbki	Grubość ścianki s_1 [mm]	Odległość osi podpór L_3 [mm]	Szerokość [mm]	Siła przyłożona w momencie pęknięcia F_B [kN]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu σ_{bz} [N/mm ²]	Wytrzymałość na zgniatanie F_N [kN/m]
Badania próbek świadków przetrzymywanych w środku odladzającym Clearway F1						
28	29,30	112,00	88,40	15,389	36,1	98,7
29	29,30	113,70	91,10	13,952	32,2	88,1
30	29,53	112,27	87,53	13,460	31,5	87,3
31	29,63	118,77	84,90	12,481	31,6	88,3
średnia	29,4	114,2	88,0	13,821	32,8	90,6
<i>odch. stand</i>	<i>0,2</i>	<i>3,1</i>	<i>2,6</i>	<i>1,21</i>	<i>2,2</i>	<i>5,4</i>
<i>współ. zmienn. [%]</i>	<i>0,57</i>	<i>2,75</i>	<i>2,90</i>	<i>8,76</i>	<i>6,65</i>	<i>5,96</i>
Badania próbek po badaniach mrozoodporności w środku odladzającym Clearway F1						
33	29,80	117,17	87,70	10,188	24,4	68,8
34	29,30	112,20	88,37	14,176	33,3	91,1
35	29,47	111,20	84,50	14,063	33,9	93,6
36	29,70	118,57	86,80	12,558	30,9	86,7
37	29,60	119,93	88,20	13,780	34,0	94,8
średnia	29,6	115,8	87,1	12,953	31,3	87,0
<i>odch. stand</i>	<i>0,2</i>	<i>3,9</i>	<i>1,6</i>	<i>1,67</i>	<i>4,1</i>	<i>10,6</i>
<i>współ. zmienn. [%]</i>	<i>0,66</i>	<i>3,36</i>	<i>1,82</i>	<i>12,93</i>	<i>12,99</i>	<i>12,23</i>

7.4.1.3. Badania próbek starzonych i po badaniach zmęczeniowych

Analogiczne badanie rozciągania przy zginaniu wykonano na próbkach (po jednej próbce) w stanie dostarczenia i po badaniach mrozoodporności, poddanych serii testów zmęczeniowych, o których mowa w pkt. 7.4.2.

Wyniki badań wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu i wytrzymałości na zgniatanie próbek w stanie dostarczenia oraz próbek po badaniach mrozoodporności w wodzie, paliwie lotniczym JET A1, 2 % roztworze soli kuchennej, 20% roztworze mocznika i w środku odladzającym Clearway F1 poddanych następnie badaniom wytrzymałości na zmęczenie, zestawiono w tablicy nr 10.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 21 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

Tablica 10. Wyniki badań wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu próbek: w stanie dostarczenia oraz po badaniach mrozoodporności poddanych następnie badaniom zmęczeniowym

Badania wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu próbek po badaniach zmęczeniowych							
Nr próbki	Narażenie próbki	Grubość ścianki s_1 [mm]	Odległość osi podpór L_3 [mm]	Szerokość [mm]	Siła przyłożona w momencie pęknięcia F_B [kN]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu σ_{bz} [N/mm ²]	Wytrzymałość na zgniatanie F_N [kN/m]
4*	w stanie dostarczenia	29,95	115,9	87,5	13,828	32,5	92,5
12*	mrozoodporność w wodzie	29,35	112,1	92,1	12,774	28,7	78,7
52*	mrozoodporność w paliwie lotn.	29,20	110,9	86,0	14,080	33,8	91,9
42*	mrozoodporność w 2 % roztworze NaCl	29,30	113,4	88,8	13,962	33,0	90,2
22*	mrozoodporność w 20 % roztworze mocznika	29,50	115,0	88,9	12,825	30,3	83,9
32*	mrozoodporność w roztworze Clearway F1	29,60	117,5	86,3	13,159	32,5	90,6

*) badania wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu wykonane w WAT

7.4.2. Badania wytrzymałości na zmęczenie

Badania zmęczeniowe przeprowadzono w Wojskowej Akademii Technicznej, zgodnie z normą PN-EN 295-3:2012 *Rury i kształtki kamionkowe i ich połączenia w sieci drenażowej i kanalizacyjnej. Część 3. Metody badań*, pkt.11, z wykorzystaniem maszyny wytrzymałościowej INSTRON 8501. Badaniom poddano próbki w stanie „na mokro” - po jednej próbce w stanie dostarczenia i po badaniach mrozoodporności w różnych mediach (woda, paliwo lotnicze, 2 % roztwór NaCl, 20 % roztwór mocznika, środek odladzający Clearway F1).

Warunki przeprowadzonych testów zmęczeniowych były następujące:

- liczba cykli 2×10^6 ,
- częstotliwość 12 Hz,
- obciążenie zmieniające się od 10 do 40 % wytrzymałości rury na zgniatanie określonej na podstawie prób rozciągania przy zginaniu (przyjęto zakres obciążeń dla próbek od 1,3 kN do 5,2 kN).

Wyniki badań przedstawiono w Sprawozdaniu nr 109/10/LBM/2014, które stanowi załącznik nr 1 do niniejszego sprawozdania.

Podczas badań cyklicznych żadna z badanych próbek nie uległa pęknięciu,

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 22 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

wykruszeniu lub złamaniu.

Próbki po badaniach zmęczeniowych poddano badaniom wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu. Wyniki badań przedstawiono w tabelicy 10 (pkt. 7.4.1.3).

8. ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

8.1. Zestawienie wyników badań nasiąkliwości

W tabelicy 11 zestawiono wyniki badań nasiąkliwości w wodzie, w paliwie lotniczym JET A1, w 2 % roztworze NaCl, w 20 % roztworze mocznika oraz w środku odladzającym na bazie mrówczanu potasu Clearway F1.

Tabela 11. Zestawienie wyników badań nasiąkliwości badanych próbek

Badanie	Nasiąkliwość wartość średnia [%]
Nasiąkliwość w wodzie	2,27 <i>s</i> = 0,05 % <i>v</i> = 2,3 %
Nasiąkliwość w paliwie lotniczym	1,52 <i>s</i> = 0,15 % <i>v</i> = 10,0 %
Nasiąkliwość w 2% roztworze NaCl	2,45 <i>s</i> = 0,05 % <i>v</i> = 1,99%
Nasiąkliwość w 20% roztworze mocznika	2,48 <i>s</i> = 0,06 % <i>v</i> = 2,3 %
Nasiąkliwość w środku odladzającym Clearway F1	2,65 <i>s</i> = 0,08 % <i>v</i> = 3,2

8.2. Zestawienie wyników badań wytrzymałościowych w stanie dostarczenia oraz próbek po badaniach nasiąkliwości

W tabelicy 12 zestawiono wyniki badań siły przyłożonej w momencie pęknięcia, wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu oraz wytrzymałości na zgniatanie próbek w stanie dostarczenia i próbki nr 4 w stanie dostarczenia poddanej badaniom wytrzymałości na zmęczenie. W tabelicy 13 przedstawiono wyniki badań wytrzymałościowych próbek po badaniach nasiąkliwości w wodzie, w paliwie lotniczym JET A1, w 2 % roztworze NaCl, w 20 % roztworze mocznika oraz w środku odladzającym na bazie mrówczanu potasu Clearway F1.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 23 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

Tablica 12. Zestawienie wyników badań wytrzymałościowych próbek w stanie dostarczenia

Badania wytrzymałościowe próbek w stanie dostarczenia (wartości średnie)						
Próbki	Siła przyłożona w momencie pęknięcia F_B [kN]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu σ_{bz} [N/mm ²]	Wytrzymałość na zgniatanie F_N [kN/m]	Siła przyłożona w momencie pęknięcia F_B [N]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu σ_{bz} [N/mm ²]	Wytrzymałość na zgniatanie F_N [kN/m]
	Próbki w stanie dostarczenia			Próbka nr 4 w stanie dostarczenia i badaniach wytrzymałości na zmęczenie		
Próbki w stanie dostarczenia	13,315 $s = 1,3$ $v = 9,94 \%$	31,9 $s = 3,2$ $v = 10,2$	88,8 $s = 8,8$ $v = 9,88$	13,828	32,5	92,5

Tablica 13. Zestawienie wyników badań wytrzymałościowych próbek po badaniach nasiąkliwości

Badania wytrzymałościowe próbek po badaniach nasiąkliwości (wartość średnia)			
Próbki	Siła przyłożona w momencie pęknięcia F_B [kN]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu σ_{bz} [N/mm ²]	Wytrzymałość na zgniatanie F_N [kN/m]
Po badaniach nasiąkliwości w wodzie	14,973 $s = 1,25$ $v = 8,36 \%$	34,3 $s = 2,6$ $v = 7,53 \%$	95,6 $s = 5,7$ $v = 5,93 \%$
Po badaniach nasiąkliwości w paliwie lotniczym	16,786 $s = 2,46$ $v = 14,67 \%$	39,4 $s = 5,4$ $v = 13,79 \%$	110,3 $s = 14,6$ $v = 13,20 \%$
Po badaniach nasiąkliwości w 2% roztworze NaCl	12,414 $s = 1,29$ $v = 10,38 \%$	29,4 $s = 2,2$ $v = 7,58 \%$	81,9 $s = 6,5$ $v = 7,88 \%$
Po badaniach nasiąkliwości w 20% roztworze mocznika	12,564 $s = 1,31$ $v = 10,40 \%$	29,7 $s = 2,7$ $v = 9,22 \%$	82,9 $s = 6,2$ $v = 7,43 \%$
Po badaniach nasiąkliwości w środku odladzającym Clearway F1	13,048 $s = 0,44$ $v = 3,38 \%$	30,6 $s = 0,6$ $v = 2,09 \%$	85,9 $s = 1,9$ $v = 2,27 \%$

8.3. Zestawienie wyników badań mrozoodporności

W tablicy 14 zestawiono wyniki badań zmiany masy próbek po badaniach mrozoodporności w wodzie, w paliwie lotniczym JET A1, w 2 % roztworze NaCl, w 20 % roztworze mocznika oraz w środku odladzającym na bazie mrówczanu potasu Clearway F1. W tablicy 15 zestawiono wyniki badań wytrzymałościowych próbek po badaniach mrozoodporności w różnych mediach i próbek świadków, w tym próbek starzonych poddanych następnie badaniom wytrzymałości na zmęczenie. Ubytki wytrzymałości próbek po badaniach mrozoodporności (tablica 16) i badaniach

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 24 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

mrozoodporności a następnie badaniom zmęczeniowym (tablica 17), podano w stosunku do próbek świadków przetrzymywanych w mediach, w których poddano próbki 200 cyklom mrozoodporności oraz w stosunku do próbek świadków przetrzymywanych w wodzie.

Tablica 14. Zmiana masy próbek po badaniach mrozoodporności

Badanie	Zmiana masy próbek po 200 cyklach mrozoodporności
	wartość średnia [%]
próbki po badaniach mrozoodporności w wodzie	0,16 (przyrost masy) $s = 0,01 \%$ $v = 7,3 \%$
próbki po badaniach mrozoodporności w paliwie lotniczym	0,15 (przyrost masy) $s = 0,05 \%$ $v = 31,7 \%$
próbki po badaniach mrozoodporności w 2% roztworze NaCl	0,18 (przyrost masy) $s = 0,03 \%$ $v = 19,2 \%$
próbki po badaniach mrozoodporności w 20% roztworze mocznika	0,22 (przyrost masy) $s = 0,03 \%$ $v = 12,1 \%$
próbki po badaniach mrozoodporności w środku odladzającym Clearway F1	0,29 (przyrost masy) $s = 0,01 \%$ $v = 5,1 \%$

Tablica 15. Zestawienie wyników badań wytrzymałościowych próbek po badaniach mrozoodporności i próbek świadków

Badania wytrzymałościowe próbek po badaniach mrozoodporności (wartości średnie)						
Próbki	Siła przyłożona w momencie pęknięcia F_B [kN]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu σ_{bz} [N/mm ²]	Wytrzymałość na zgniatanie F_N [kN/m]	Siła przyłożona w momencie pęknięcia F_B [kN]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu σ_{bz} [N/mm ²]	Wytrzymałość na zgniatanie F_N [kN/m]
	Próbki po badaniach mrozoodporności			Próbki po badaniach mrozoodporności i badaniach wytrzymałości na zmęczenie		
Mrozoodporność w wodzie						
Próbki świadki	13,818 $s = 1,11$ $v = 8,01 \%$	33,2 $s = 1,8$ $v = 5,37$	92,2 $s = 5,2$ $v = 5,70$	-	-	-
Próbki poddane cykлом zamrażania-odmrażania	13,587 $s = 0,68$ $v = 4,99 \%$	32,8 $s = 1,3$ $v = 3,88 \%$	91,7 $s = 3,2$ $v = 3,45 \%$	12,774	28,7	78,7

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 25 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

c.d. tablicy 15

Badania wytrzymałościowe próbek po badaniach mrozoodporności (wartości średnie)						
Próbki	Siła przyłożona w momencie pęknięcia F_B [kN]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu σ_{bz} [N/mm ²]	Wytrzymałość na zgniatanie F_N [kN/m]	Siła przyłożona w momencie pęknięcia F_B [kN]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu σ_{bz} [N/mm ²]	Wytrzymałość na zgniatanie F_N [kN/m]
	Próbki po badaniach mrozoodporności			Próbki po badaniach mrozoodporności i badaniach wytrzymałości na zmęczenie		
Mrozoodporność w paliwie lotniczym						
Próbki świadki	15,982 <i>s = 1,04</i> <i>v = 6,49 %</i>	38,7 <i>s = 2,8</i> <i>v = 7,32 %</i>	109,0 <i>s = 7,1</i> <i>v = 6,49 %</i>	-	-	-
Próbki poddane cyklem zamrażania-odmrażania	17,194 <i>s = 1,64</i> <i>v = 9,53 %</i>	41,2 <i>s = 3,8</i> <i>v = 9,33 %</i>	114,1 <i>s = 11,0</i> <i>v = 9,66 %</i>	14,080	33,8	91,9
Mrozoodporność w 2% roztworze NaCl						
Próbki świadki	13,498 <i>s = 0,98</i> <i>v = 7,23 %</i>	32,1 <i>s = 1,5</i> <i>v = 4,72 %</i>	89,9 <i>s = 4,0</i> <i>v = 4,48 %</i>	-	-	-
Próbki poddane cyklem zamrażania-odmrażania	13,684 <i>s = 0,79</i> <i>v = 5,76 %</i>	33,3 <i>s = 1,9</i> <i>v = 5,79 %</i>	92,3 <i>s = 5,7</i> <i>v = 6,21 %</i>	13,962	33,0	90,2
Mrozoodporność w 20% roztworze mocznika						
Próbki świadki	13,765 <i>s = 1,34</i> <i>v = 9,72 %</i>	32,9 <i>s = 2,3</i> <i>v = 6,86 %</i>	91,2 <i>s = 6,2</i> <i>v = 6,77 %</i>	-	-	-
Próbki poddane cyklem zamrażania-odmrażania	13,709 <i>s = 1,47</i> <i>v = 10,74 %</i>	32,8 <i>s = 2,5</i> <i>v = 7,57 %</i>	91,0 <i>s = 6,3</i> <i>v = 6,97 %</i>	12,825	30,3	83,9
Mrozoodporność w środku odladzającym Clearway F1						
Próbki świadki	13,821 <i>s = 1,21</i> <i>v = 8,76 %</i>	32,8 <i>s = 2,2</i> <i>v = 6,65 %</i>	90,6 <i>s = 5,4</i> <i>v = 5,96 %</i>	-	-	-
Próbki poddane cyklem zamrażania-odmrażania	12,953 <i>s = 1,67</i> <i>v = 12,93%</i>	31,3 <i>s = 4,1</i> <i>v = 12,99 %</i>	87,0 <i>s = 10,6</i> <i>v = 12,23 %</i>	13,159	32,5	90,6

Tablica 16. Ubytek wytrzymałości próbek po badaniach mrozoodporności w stosunku do próbek świadków przetrzymywanych w mediach, w których poddano próbki 200 cyklom mrozoodporności oraz w stosunku do próbek świadków przetrzymywanych w wodzie

Próbki	Ubytek wytrzymałości po badaniach mrozoodporności w stosunku do próbek świadków przetrzymywanych w <u>medium</u> , w którym badano mrozoodporność		Ubytek wytrzymałości po badaniach mrozoodporności w stosunku do próbek świadków przetrzymywanych w <u>wodzie</u>	
	[%]		[%]	
	na rozciąganie przy zginaniu	na zgniatanie	na rozciąganie przy zginaniu	na zgniatanie
Po badaniach mrozoodporności w wodzie	1,2	0,54	1,2	0,54
Po badaniach mrozoodporności w paliwie lotniczym	- 6,5 wzrost	- 4,7 wzrost	- 24,1 wzrost	- 23,8 wzrost
Po badaniach mrozoodporności w 2 % roztworze NaCl	- 3,7 wzrost	- 2,7 wzrost	- 0,30 wzrost	- 0,11 wzrost
Po badaniach mrozoodporności w 20 % roztworze mocznika	0,30	0,22	1,2	1,3
Po badaniach mrozoodporności w środku odladzającym Clearway F1	4,6	4,0	5,7	5,6

Tablica 17. Ubytek wytrzymałości próbek po badaniach mrozoodporności i badaniach zmęczeniowych, w stosunku do próbek świadków przetrzymywanych w wodzie

Próbki	Ubytek wytrzymałości po badaniach mrozoodporności i badaniach zmęczeniowych w stosunku do próbek świadków przetrzymywanych w <u>wodzie</u>	
	[%]	
	na rozciąganie przy zginaniu	na zgniatanie
Po badaniach mrozoodporności w wodzie	15,7	14,6
Po badaniach mrozoodporności w paliwie lotniczym	- 1,8 wzrost	0,33
Po badaniach mrozoodporności w 2 % roztworze NaCl	0,6	2,2
Po badaniach mrozoodporności w 20 % roztworze mocznika	8,7	9,0
Po badaniach mrozoodporności w środku odladzającym Clearway F1	2,1	1,7

8.4. Zestawienie wyników badań wytrzymałości na zmęczenie

W tablicy 18 zestawiono wyniki badań wytrzymałości próbek na zmęczenie.

Tablica 18. Zestawienie wyników badań wytrzymałości na zmęczenie

Badania wytrzymałości na zmęczenie 2×10^6 cykli	
Próbki	Próbki przy obciążeniu w zakresie 1,3÷5,2 kN
Próbka w stanie dostarczenia	odporna
Próbka po badaniach mrozoodporności w wodzie (200 cykli)	odporna
Próbka po badaniach mrozoodporności w paliwie lotniczym (200 cykli)	odporna
Próbka po badaniach mrozoodporności w 2 % roztworze NaCl (200 cykli)	odporna
Próbka po badaniach mrozoodporności w 20 % roztworze mocznika (200 cykli)	odporna
Próbka po badaniach mrozoodporności w środku odladzającym Clearway F1 (200 cykli)	odporna

8.5. Tablice zbiorcze wyników badań próbek wyciętych z rury kamionkowej

Zestawienie zbiorcze wyników badań próbek wyciętych z rury kamionkowej glazurowanej wyprodukowanej przez firmę Steinzeug Keramo GmbH przedstawiono w tablicach 19 ÷ 24.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 28 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

Tablica 19. Zestawienie zbiorcze wyników badań próbek wyciętych z rury kamionkowej glazurowanej wyprodukowanej przez firmę Steinzeug Keramo GmbH – próbki w stanie dostarczenia i po badaniach nasiąkliwości

Próbki	zmiana masy [%]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu, wartość średnia σ_{bz} [N/mm ²]		Wytrzymałość na zgniatanie, wartość średnia F_N [kN/m]	
		Próbki	Próbki po badaniach zmęczeniowych	Próbki	Próbki po badaniach zmęczeniowych
Próbki w stanie dostarczenia	-	31,9	32,5	88,8	92,5
<i>odchylenie standardowe</i>	-	3,2	<i>pojedynczy wynik</i>	8,8	<i>pojedynczy wynik</i>
<i>współczynnik zmienności [%]</i>	-	10,2		9,88	
<i>Ubytek wytrzymałości próbek po badaniach zmęczeniowych w stosunku do próbek nie poddanych badaniom zmęczeniowym [%]</i>	-	-	-1,8 (wzrost)	-	-4,2 (wzrost)
Próbki po badaniach nasiąkliwości w wodzie	nasiąkliwość 2,27	34,3	-	95,6	-
<i>odchylenie standardowe</i>	0,05	2,6	-	5,7	-
<i>współczynnik zmienności [%]</i>	2,3	7,5	-	5,9	-
<i>Ubytek wytrzymałości w stosunku do próbek w stanie dostarczenia [%]</i>	-	-7,5 (wzrost)	-	-7,7 (wzrost)	-
Próbki po badaniach nasiąkliwości w paliwie lotniczym	nasiąkliwość 1,52	39,4	-	110,3	-
<i>odchylenie standardowe</i>	0,15	5,4	-	14,6	-
<i>współczynnik zmienności [%]</i>	10,0	13,8	-	13,2	-
<i>Ubytek wytrzymałości w stosunku do próbek w stanie dostarczenia [%]</i>	-	-23,5 (wzrost)	-	-24,2 (wzrost)	-
Próbki po badaniach nasiąkliwości w 2 % roztworze NaCl	nasiąkliwość 2,45	29,4	-	81,9	-
<i>odchylenie standardowe</i>	0,05	2,2	-	6,5	-
<i>współczynnik zmienności [%]</i>	1,99	7,6	-	7,9	-
<i>Ubytek wytrzymałości w stosunku do próbek w stanie dostarczenia [%]</i>	-	14,3	-	14,3	-
Próbki po badaniach nasiąkliwości w 20 % roztworze mocznika	nasiąkliwość 2,48	29,7	-	82,9	-
<i>odchylenie standardowe</i>	0,06	2,7	-	6,2	-
<i>współczynnik zmienności [%]</i>	2,3	9,2	-	7,4	-
<i>Ubytek wytrzymałości w stosunku do próbek w stanie dostarczenia [%]</i>	-	13,4	-	13,3	-
Próbki po badaniach nasiąkliwości w środku odladzającym Clearway F1	nasiąkliwość 2,65	30,6	-	85,9	-
<i>odchylenie standardowe</i>	0,08	0,6	-	1,9	-
<i>współczynnik zmienności [%]</i>	3,2	2,1	-	2,3	-
<i>Ubytek wytrzymałości w stosunku do próbek w stanie dostarczenia [%]</i>	-	10,8	-	10,1	-

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 29 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

Tablica 20. Zestawienie zbiorcze wyników badań próbek wyciętych z rury kamionkowej glazurowanej wyprodukowanej przez firmę Steinzeug Keramo GmbH – próbki po badaniach mrozoodporności w wodzie i próbki świadki

Próbki	zmiana masy [%]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu, wartość średnia σ_{pz} [N/mm ²]		Wytrzymałość na zgniatanie, wartość średnia F_N [kN/m]	
		Próbki	Próbki po badaniach zmęczeniowych	Próbki	Próbki po badaniach zmęczeniowych
Próbki przetrzymywane w wodzie (świadki do badań mrozoodporności w wodzie)	-	33,2	-	92,2	-
<i>odchylenie standardowe</i>	-	1,8	-	5,2	-
<i>współczynnik zmienności [%]</i>	-	5,4	-	5,7	-
Ubytek wytrzymałości w stosunku do próbek w stanie dostarczenia [%]	-	-4,1 (wzrost)	-	-3,8 (wzrost)	-
Próbki po badaniach mrozoodporności w wodzie (200 cykli)	ubytek masy -0,16 (wzrost)	32,8	28,7	91,7	78,7
<i>odchylenie standardowe</i>	0,01	1,3	<i>pojedynczy wynik</i>	3,2	<i>pojedynczy wynik</i>
<i>współczynnik zmienności [%]</i>	-7,3	3,9		3,5	
Ubytek wytrzymałości w stosunku do próbek w stanie dostarczenia [%]	-	-2,8 (wzrost)	11,7	-3,3 (wzrost)	14,9
<i>Ubytek wytrzymałości próbek po badaniach zmęczeniowych w stosunku do próbek nie poddanych badaniom zmęczeniowym [%]</i>	-	-	12,5	-	14,2
Ubytek wytrzymałości po badaniach mrozoodporności w stosunku do próbek świadków przetrzymywanych w wodzie [%]	-	1,2	-	0,54	-

Tablica 21. Zestawienie zbiorcze wyników badań próbek wyciętych z rury kamionkowej glazurowanej wyprodukowanej przez firmę Steinzeug Keramo GmbH – próbki po badaniach mrozoodporności w paliwie lotniczym i próbki świadki

Próbki	zmiana masy [%]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu, wartość średnia σ_{pz} [N/mm ²]		Wytrzymałość na zgniatanie, wartość średnia F_N [kN/m]	
		Próbki	Próbki po badaniach zmęczeniowych	Próbki	Próbki po badaniach zmęczeniowych
Próbki przetrzymywane w paliwie lotniczym (świadki do badań mrozoodporności w paliwie lotniczym)	-	38,7	-	109,0	-
<i>odchylenie standardowe</i>	-	2,8	-	7,1	-
<i>współczynnik zmienności [%]</i>	-	7,3	-	6,5	-
Ubytek wytrzymałości w stosunku do próbek w stanie dostarczenia [%]	-	-21,3 (wzrost)	-	-22,7 (wzrost)	-
Próbki po badaniach mrozoodporności w paliwie lotniczym (200 cykli)	ubytek masy -0,15 (wzrost)	41,2	33,8	114,1	91,9
<i>odchylenie standardowe</i>	0,05	3,8	<i>pojedynczy wynik</i>	11,0	<i>pojedynczy wynik</i>
<i>współczynnik zmienności [%]</i>	-31,7	9,3		9,7	
Ubytek wytrzymałości w stosunku do próbek w stanie dostarczenia [%]	-	-29,2 (wzrost)	-4,0 (wzrost)	-28,5 (wzrost)	0,65
<i>Ubytek wytrzymałości próbek po badaniach zmęczeniowych w stosunku do próbek nie poddanych badaniom zmęczeniowym [%]</i>	-	-	18,0	-	19,5
Ubytek wytrzymałości po badaniach mrozoodporności w paliwie w stosunku do próbek świadków przetrzymywanych w paliwie lotn. [%]	-	-6,5 (wzrost)	-	-4,7 (wzrost)	-
Ubytek wytrzymałości po badaniach mrozoodporności w stosunku do próbek świadków przetrzymywanych w wodzie [%]	-	-24,1 (wzrost)	-	-23,8 (wzrost)	-

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 30 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

Tablica 22. Zestawienie zbiorcze wyników badań próbek wyciętych z rury kamionkowej glazurowanej wyprodukowanej przez firmę Steinzeug Keramo GmbH – próbki po badaniach mrozoodporności w 2 % roztworze NaCl i próbki świadki

Próbki	zmiana masy [%]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu, wartość średnia σ_{bz} [N/mm ²]		Wytrzymałość na zgniatanie, wartość średnia F_N [kN/m]	
		Próbki	Próbki po badaniach zmęczeniowych	Próbki	Próbki po badaniach zmęczeniowych
Próbki przetrzymywane w 2 % roztworze NaCl (świadki do badania mrozoodporności w 2 % roztworze NaCl)	-	32,1	-	89,9	-
<i>odchylenie standardowe</i>	-	1,5	-	4,0	-
<i>współczynnik zmienności [%]</i>	-	4,7	-	4,5	-
Ubytek wytrzymałości w stosunku do próbek w stanie dostarczenia [%]	-	-0,63 (wzrost)	-	-1,2 (wzrost)	-
Próbki po badaniach mrozoodporności w 2 % roztworze NaCl (200 cykli)	ubytek masy -0,18 (wzrost)	33,3	33,0	92,3	90,2
<i>odchylenie standardowe</i>	0,03	1,9	<i>pojedynczy wynik</i>	5,7	<i>pojedynczy wynik</i>
<i>współczynnik zmienności [%]</i>	-19,2	5,8		6,2	
Ubytek wytrzymałości w stosunku do próbek w stanie dostarczenia [%]	-	-4,4 (wzrost)	-1,5 (wzrost)	-3,9 (wzrost)	2,5
<i>Ubytek wytrzymałości próbek po badaniach zmęczeniowych w stosunku do próbek nie poddanych badaniom zmęczeniowym [%]</i>	-	-	0,90	-	2,3
Ubytek wytrzymałości po badaniach mrozoodporności w 2 % roztworze NaCl w stosunku do próbek świadków przetrzymywanych w 2 % roztworze NaCl [%]	-	-3,7 (wzrost)	-	-2,7 (wzrost)	-
Ubytek wytrzymałości po badaniach mrozoodporności w stosunku do próbek świadków przetrzymywanych w wodzie [%]	-	-0,30 (wzrost)	-	-0,11 (wzrost)	-

Tablica 23. Zestawienie zbiorcze wyników badań próbek wyciętych z rury kamionkowej glazurowanej wyprodukowanej przez firmę Steinzeug Keramo GmbH – próbki po badaniach mrozoodporności w 20 % roztworze mocznika i próbki świadki

Próbki	zmiana masy [%]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu, wartość średnia σ_{bz} [N/mm ²]		Wytrzymałość na zgniatanie, wartość średnia F_N [kN/m]	
		Próbki	Próbki po badaniach zmęczeniowych	Próbki	Próbki po badaniach zmęczeniowych
Próbki przetrzymywane w 20 % roztworze mocznika (świadki do badania mrozoodporności w roztworze mocznika)	-	32,9	-	91,2	-
<i>odchylenie standardowe</i>	-	2,3	-	6,2	-
<i>współczynnik zmienności [%]</i>	-	6,9	-	6,8	-
Ubytek wytrzymałości w stosunku do próbek w stanie dostarczenia [%]	-	-3,1 (wzrost)	-	-2,7 (wzrost)	-
Próbki po badaniach mrozoodporności w 20 % roztworze mocznika (200 cykli)	ubytek masy -0,22 (wzrost)	32,8	30,3	91,0	83,9
<i>odchylenie standardowe</i>	0,03	2,5	<i>pojedynczy wynik</i>	6,3	<i>pojedynczy wynik</i>
<i>współczynnik zmienności [%]</i>	-12,1	7,6		7,0	
Ubytek wytrzymałości w stosunku do próbek w stanie dostarczenia [%]	-	-2,8 (wzrost)	6,8	-2,5 (wzrost)	9,3
<i>Ubytek wytrzymałości próbek po badaniach zmęczeniowych w stosunku do próbek nie poddanych badaniom zmęczeniowym [%]</i>	-	-	7,6	-	7,8
Ubytek wytrzymałości po badaniach mrozoodporności w stosunku do próbek świadków przetrzymywanych w roztworze mocznika [%]	-	0,30	-	0,22	-

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 31 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

Ubytek wytrzymałości po badaniach mrozoodporności w stosunku do próbek świadków przetrzymywanych w wodzie [%]	-	1,2	-	1,3	-
---	---	-----	---	-----	---

Tablica 24. Zestawienie zbiorcze wyników badań próbek wyciętych z rury kamionkowej glazurowanej wyprodukowanej przez firmę Steinzeug Keramo GmbH – próbki po badaniach mrozoodporności w środku odladzającym Clearway F1 i próbki świadki

Próbki	zmiana masy [%]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu, wartość średnia σ_{bz} [N/mm ²]		Wytrzymałość na zgniatanie, wartość średnia F_N [kN/m]	
		Próbki	Próbki po badaniach zmęczeniowych	Próbki	Próbki po badaniach zmęczeniowych
Próbki przetrzymywane w środku odladzającym Clearway F1 (świadki do badania mrozoodporności w roztworze Clearway F1)	-	32,8	-	90,6	-
<i>odchylenie standardowe</i>	-	2,2	-	5,4	-
<i>współczynnik zmienności [%]</i>	-	6,7	-	6,0	-
Ubytek wytrzymałości w stosunku do próbek w stanie dostarczenia [%]	-	-3,1 (wzrost)	-	-2,7 (wzrost)	-
Próbki po badaniach mrozoodporności w środku odladzającym Clearway F1 (200 cykli)	ubytek masy -0,29 (wzrost)	31,3	32,5	87,0	90,6
<i>odchylenie standardowe</i>	0,01	4,1	<i>pojedynczy wynik</i>	10,6	<i>pojedynczy wynik</i>
<i>współczynnik zmienności [%]</i>	-5,1	13,0		12,2	
Ubytek wytrzymałości w stosunku do próbek w stanie dostarczenia [%]	-	1,9	0,0	2,0	2,1
<i>Ubytek wytrzymałości próbek po badaniach zmęczeniowych w stosunku do próbek nie poddanych badaniom zmęczeniowym [%]</i>	-	-	-3,8 (wzrost)	-	-4,1 (wzrost)
Ubytek wytrzymałości po badaniach mrozoodporności w stosunku do próbek świadków przetrzymywanych w Clearway F1 [%]	-	4,6	-	4,0	-
Ubytek wytrzymałości po badaniach mrozoodporności w stosunku do próbek świadków przetrzymywanych w wodzie [%]	-	5,7	-	5,6	-

9. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań dostarczonych przez Zleceniodawcę próbek wyciętych z rury kamionkowej glazurowanej produkowanej przez firmę Steinzeug Keramo GmbH stwierdza się, co następuje:

- Średnia nasiąkliwość w wodzie, w paliwie lotniczym, w 2 % roztworze NaCl oraz w środkach odladzających: 20 % roztworze mocznika i środka Clearway F1 na bazie mrówczanu potasu, próbek wyciętych z rury glazurowanej zawiera się w zakresie 1,5 % - 2,7 %.
- Próbki poddane badaniom mrozoodporności w wodzie, w paliwie lotniczym, w 2 % roztworze NaCl, w 20 % roztworze mocznika i w środku odladzającym Clearway F1 wykazują niewielki przyrost masy, wynoszący maksymalnie (próbki po badaniach mrozoodporności w środku odladzającym Clearway F1) ok. 0,3 %, (wartość średnia). W żadnym przypadku nie stwierdzono zmian w wyglądzie zewnętrznym próbek.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 32 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

3. Średnia wartość siły wywołującej pęknięcie próbek w stanie dostarczenia oraz próbek starzonych, podczas badań wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu mieści się w zakresie od ok. 12 kN do 17 kN.
4. Wartości średnie wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu próbek w stanie dostarczenia, po badaniach nasiąkliwości oraz badaniach mrozoodporności i próbek świadków mieszczą się w zakresie od 29,4 MPa (próbki po badaniach nasiąkliwości w 2 % roztworze NaCl) do 34,3 MPa (próbki po badaniach nasiąkliwości w wodzie), za wyjątkiem próbek narażonych na działanie paliwa lotniczego, których wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu jest wyższa i zawiera się w zakresie od 38,7 MPa do 41,2 MPa.
5. Wartości średnie wytrzymałości na zgniatanie próbek w stanie dostarczenia, po badaniach nasiąkliwości oraz badaniach mrozoodporności i próbek świadków mieszczą się w zakresie od 81,9 kN/m (próbki po badaniach nasiąkliwości w 2 % roztworze NaCl) do 95,6 kN/m (próbki po badaniach nasiąkliwości w wodzie), za wyjątkiem próbek narażonych na działanie paliwa lotniczego, których wytrzymałość na zgniatanie jest wyższa i zawiera się w zakresie od 109,0 kN/m do 114,1 kN/m.
6. Największy ubytek wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu i wytrzymałości na zgniatanie w stosunku do wytrzymałości próbek świadków przetrzymywanych w wodzie stwierdzono w przypadku próbek po 200 cyklach mrozoodporności w środku odladzającym Clearway F1, wynoszący odpowiednio 5,7 % i 5,6 %. Natomiast próbki po badaniach mrozoodporności w środku Clearway F1, poddane następnie badaniom zmęczeniowym wykazały przyrost wytrzymałości w stosunku do próbek po badaniach mrozoodporności w Clearway F1 (bez badań zmęczeniowych), wynoszący odpowiednio 3,8 % i 4,1 %.
7. Wszystkie próbki przeszły testy zmęczeniowe przy obciążeniu zmiennym w zakresie 1,3- 5,2 kN, 2×10^6 cykli bez pęknięć lub wykruszeń.

Rozdzielnik Sprawozdania:

egz. nr 1 – biblioteka ITWL
egz. nr 2, 3, 4, 5 - Zleceniodawca
egz. nr 6 – Zakład Lotniskowy ITWL

Załączniki:

Załącznik 1 – Sprawozdanie nr 109/10/LBM/14 z badań wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu i wytrzymałości na zmęczenie

Podpisy Wykonawców:

mgr inż. Danuta KOWALSKA – kierownik pracy
inż. Paweł PIETRUSZEWSKI
techn. Wiesław EYCHLER

**KIEROWNIK
ZAKŁADU LOTNISKOWEGO**

**Z-CA DYREKTORA
DS. NAUKOWYCH**

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	strona Sprawozdania: 33 stron Sprawozdania: 31	SPRAWOZDANIE nr 18/24/14
---------------------------	---	-----------------------------

.....

.....