

SYSTEMY WODOCIĄGOWE Z POLIETYLENU I ŻELIWA SFEROIDALNEGO

WYBRANE ASPEKTY PROJEKTOWANIA I EKSPLOATACJI

Bogdan Majka

Ciśnienia w sieci

PN – ciśnienie nominalne

PEA – dopuszczalne ciśnienie próbne (maksymalne ciśnienie, które może wytrzymać nowo zamontowany element sieci, przez względnie krótki czas, w celu zapewnienia spójności i szczelności rurociągu)

PFA – dopuszczalne ciśnienie robocze (maksymalne ciśnienie występujące długookresowo, które element sieci może wytrzymać podczas ciągłej eksploatacji)

PMA – maksymalne dopuszczalne ciśnienie robocze (maksymalne ciśnienie występujące chwilowo, także wywołane uderzeniem hydraulicznym, które element sieci może wytrzymać podczas eksploatacji)

Ciśnienia w sieci

POLIETYLEN

Zgodnie z PKN-CEN/TS 15223: 2011

PFA = PN

PMA = 2 x PN

PEA = 1,5 x PN

ŻELIWO SFEROIDALNE

Zgodnie z PN-EN 545: 2010

PFA = PN

PMA = 1,2 x PN

PEA = 1,2 x PN + 5

Ciśnienia w sieci

Największy przyrost lub spadek ciśnienia dla prostego uderzenia hydraulicznego można obliczyć ze wzoru Żukowskiego:

$$\Delta P = \rho \cdot c \cdot \Delta w$$

gdzie:

ρ - gęstość wody (1000 kg/m³)

c - prędkość fali ciśnienia (m/s)

Δw - zmiana prędkości przepływu (m/s)

Do obliczeń przyjęto następujące prędkości fali ciśnienia:

rury PE100 SDR17 – 290 m/s,

rury PE100 SDR11 – 360 m/s

rury z żeliwa sferoidalnego – 1200 m/s

Ciśnienia w sieci

Przyrosty / spadki ciśnienia wywołane uderzeniem hydraulicznym

Materiał	Przyrost / spadek ciśnienia [bar]		
	v = 1 m/s	v = 2 m/s	v = 3 m/s
PE100 SDR17	2,9	5,8	8,7
PE100 SDR11	3,6	7,2	10,8
Żeliwo sferoidalne	12,0	24,0	36,0

Maksymalne ciśnienia w sieci wodociągowej wywołane uderzeniem hydraulicznym

Materiał	MCH [bar]		
	v = 1 m/s	v = 2 m/s	v = 3 m/s
PE100 SDR17	8,9	11,8	14,7
PE100 SDR11	9,6	13,2	16,8
Żeliwo sferoidalne	18,0	30,0	42,0

Ciśnienia w sieci

Poziom bezpieczeństwa sieci wodociągowej w aspekcie uderzeń hydraulicznych

Materiał	PN [bar]	PMA [bar]	v = 1 m/s		v = 2 m/s		v = 3 m/s	
			MCH [bar]	PMA / MCH [-]	MCH [bar]	PMA / MCH [-]	MCH [bar]	PMA / MCH [-]
PE	10	20,0	8,9	2,25	11,8	1,69	14,7	1,36
PE	16	32,0	9,6	3,33	13,2	2,42	16,8	1,90
ŻS	10	12,0	18,0	0,67	30,0	0,40	42,0	0,29
ŻS	16	19,2	18,0	1,07	30,0	0,64	42,0	0,46
ŻS	25	30,0	18,0	1,67	30,0	1,00	42,0	0,71
ŻS	30	36,0	18,0	2,00	30,0	1,20	42,0	0,86
ŻS	40	48,0	18,0	2,67	30,0	1,60	42,0	1,14

PN-EN 545: 2010

DN	Dopuszczalne ugięcie (owalizacja) [%]		
	Klasa 25	Klasa 30	Klasa 40
40	-	-	0,65
50	-	-	0,80
60	-	-	0,90
65	-	-	1,00
80	-	-	1,20
100	-	-	1,45
125	-	-	1,75
150	-	-	2,05
200	-	-	2,65
250	-	-	2,75
300	-	-	2,90
350	-	3,10	-
400	-	3,20	-
450	-	3,30	-
500	-	3,40	-
600	-	3,60	-
700	4,00	-	-
800	4,00	-	-
900	4,00	-	-
1000	4,00	-	-

Ugięcia (owalizacja) rur z żeliwa sferoidalnego

Klasa	DN	Grunt niezagęszczony			Grunt dobrze zagęszczony			Dopuszczalne ugięcie (owalizacja) [%]
		0,5 m	1,5 m	3,0 m	0,5 m	1,5 m	3,0 m	
40	40	0,06	0,04	0,05	0,05	0,03	0,04	0,65
40	50	0,10	0,07	0,08	0,08	0,06	0,06	0,80
40	60	0,16	0,11	0,12	0,13	0,09	0,10	0,90
40	65	0,19	0,14	0,15	0,16	0,11	0,12	1,00
40	80	0,33	0,24	0,26	0,27	0,20	0,21	1,20
40	100	0,59	0,43	0,46	0,48	0,35	0,37	1,45
40	125	1,09	0,79	0,84	0,88	0,63	0,68	1,75
40	150	1,77	1,28	1,37	1,42	1,02	1,09	2,05
40	200	3,64	2,62	2,81	2,84	2,05	2,19	2,65
40	250	3,84	2,76	2,96	2,98	2,15	2,30	2,75
40	300	4,17	3,01	3,22	3,23	2,33	2,50	2,90
30	350	6,17	4,45	4,76	4,66	3,36	3,60	3,10
30	400	8,35	6,02	6,45	6,14	4,43	4,74	3,20
30	450	10,14	7,31	7,83	7,30	5,26	5,64	3,30
30	500	10,51	7,58	8,12	7,54	5,43	5,82	3,40
30	600	10,92	7,87	8,43	7,79	5,62	6,02	3,60
25	700	16,69	12,04	12,89	11,16	8,04	8,62	4,00
25	800	18,92	13,64	14,61	12,34	8,90	9,53	4,00
25	900	18,92	13,64	14,61	12,34	8,90	9,53	4,00
25	1000	19,57	14,11	15,12	12,68	9,14	9,79	4,00

Połączenia

- Większość awarii występuje na połączeniach rur
- W sieci z rur PE jest co najmniej dwa razy mniej połączeń niż w sieci z żeliwa sferoidalnego
- Połączenia zgrzewane charakteryzują się 100% szczelnością
- Szczelność połączeń kielichowych jest uzależniona od kondycji uszczelek
- Uderzenia hydrauliczne powodują rozszczelnianie połączeń kielichowych

Korozja

Rurociągi z żeliwa sferoidalnego ulegają korozji w wyniku kontaktu z przesyłaną wodą, jak również w wyniku oddziaływania otaczającego gruntu.

Rodzaje korozji: wżerowa, galwaniczna, mikrobiologiczna, korozja od prądów błędzących.

Rurociągi z żeliwa sferoidalnego wymagają wewnętrznych i zewnętrznych zabezpieczeń antykorozyjnych: wykładzina cementowa, wykładzina poliuretanowa, powłoka cynkowa, farba bitumiczna, powłoka poliuretanowa, powłoka polietylenowa, powłoka cynkowo-glinowa, powłoka z żywicy epoksydowej, naciągany rękaw z polietylenu.

Ponieważ zabezpieczenia antykorozyjne wykazują zróżnicowaną skuteczność w zależności od rodzaju agresywności gruntu i właściwości przesyłanej wody, ich dobór powinien być poprzedzony wnikliwą analizą warunków gruntowych w obszarze posadowienia rurociągu oraz analizą chemiczną wody.

W trakcie eksploatacji należy monitorować stan techniczny zabezpieczeń. Każde uszkodzenie powłoki antykorozyjnej, również związane z przycinaniem rur na odpowiednią długość, wymaga jej bezwzględnego odtworzenia.

Korozja

Dobierając rozwiązanie konstrukcyjno-materiałowe do budowy sieci wodociągowej należy pamiętać, że korozja jest procesem nieuchronnym, zabezpieczenia antykorozyjne mogą ją tylko mniej lub bardziej skutecznie opóźnić.

Badania przeprowadzone przez Stevena Folkmana [1] dowiodły, że najczęstszą przyczyną awarii rur z żeliwa sferoidalnego jest korozja. Zdecydowana większość awarii wystąpiła w okresie od 21 do 40 lat po zamontowaniu rur.

Wewnętrzna wykładzina cementowa, zabezpiecza żeliwo przed korozją na zasadzie utrzymywania wysokiego PH na styku wykładziny z żeliwem. Badania przeprowadzone w USA i Australii [2] dowiodły, że w większości przypadków zdolność wykładziny do utrzymywania wysokiego PH zanikała po około 30 latach eksploatacji.

Obniżenie skuteczności wykładziny cementowej na skutek wystąpienia zbyt dużych ugięć rury, wykładzina pęka i traci szczelność.

[1] Steven Folkman, Utah State University. Water Main Break Rates in the USA and Canada.

[2] Water Research Foundation and Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Life Expectancy of Cement Mortar Linings in Cast and Ductile Iron Pipes.



Korozja wżerowa rury z żeliwa sferoidalnego



**Perforacja ścianki rury z żeliwa sferoidalnego
spowodowana korozją wżerową**

Bloki oporowe

- Zgrzewane połączenia rur PE przenoszą siły wzdłużne, co eliminuje konieczność stosowania bloków oporowych.
- Połączenia kielichowe stosowane w rurach z żeliwa sferoidalnego wymagają stosowania betonowych bloków oporowych.
- Jeżeli nie chcemy lub nie możemy w pewnych przypadkach, stosować bloków oporowych, istnieje możliwość wykorzystania rur o połączeniach kielichowych blokowanych.
- Rezygnując z bloku oporowego, musimy wykonać obliczenia i tak dobrać ilość połączeń blokowanych (długość rur), aby tarcie rur o grunt mogło zrównoważyć siły parcia wody.
- Rury z żeliwa sferoidalnego o połączeniach blokowanych, są rurami o wiele niższym ciśnieniu nominalnym od rur standardowych, co ma duże znaczenie w przypadku wystąpienia uderzeń hydraulicznych.

Opory hydrauliczne

Wartość współczynnika chropowatości bezwzględnej, dla rur z żeliwa sferoidalnego z wewnętrzną wykładziną cementową po kilkunastu latach eksploatacji, jaką należy przyjmować do obliczania oporów hydraulicznych, wynosi: $k = 0,2$ mm

W przypadku rur PE, współczynnik chropowatości bezwzględnej zależy od średnicy:

- $k = 0,01$ mm dla średnic do 100 mm
- $k = 0,05$ mm dla średnic powyżej 100 mm

Przyjmowane do obliczeń współczynniki chropowatości dla rur PE są 20 razy mniejsze od żeliwa sferoidalnego, w zakresie średnic do 100 mm, oraz 4 razy mniejsze w zakresie średnic powyżej 100 mm.

Są to istotne różnice, mające wpływ na dobór średnic oraz koszty energii zużywanej do pompowania wody.

Żywotność systemów

- Rura z polietylenu wytrzymałe ciśnienie równe ciśnieniu nominalnemu przez:
 - 50 lat użytkowania przy współczynniku bezpieczeństwa 1,25
 - 100 lat użytkowania przy współczynniku bezpieczeństwa 1,23

Zakłada się temperaturę przesyłanego medium na poziomie 20⁰C

- Całkowita odporność na korozję
- Brak uszczelek

Żywotność systemów

W przypadku:

- nieprawidłowego dobrania rodzajów zabezpieczeń antykorozyjnych do stopnia agresywności gruntu i właściwości przesyłanej wody;
- uszkodzenia powłok antykorozyjnych w transporcie lub w czasie montażu;
- pęknięcia wewnętrznej wykładziny cementowej, spowodowanego nadmiernym ugięciem rury;
- utraty zdolności wykładziny cementowej do utrzymywania wysokiego PH (30 lat);
- braku odtworzenia, lub wadliwego odtworzenia powłok antykorozyjnych po przycięciu rury na odpowiednią długość w czasie montażu;
- przedwczesnego zużycia uszczelek (uderzenia hydrauliczne, agresywność chemiczna otoczenia, procesy starzeniowe gumy),

podawana przez producentów 100-letnia żywotność rur z żeliwa sferoidalnego ulegnie znacznemu skróceniu.

Systemy z żeliwa sferoidalnego wymagają:

- na etapie projektowania
 - dobrania odpowiednich zabezpieczeń antykorozyjnych na podstawie badań gruntu i analizy wody,
 - dobrania bloków oporowych, ewentualnie ilości połączeń blokowanych,
 - dobrania grubości ścianek ze względu na dopuszczalne ugięcia rur,
 - analizy bezpieczeństwa sieci pod względem uderzeń hydraulicznych,
- na etapie eksploatacji
 - monitorowania stanu technicznego zabezpieczeń antykorozyjnych,
 - usuwania nieszczelności na połączeniach kielichowych,
 - odtwarzania uszkodzonych powłok antykorozyjnych,
 - usuwania awarii spowodowanych korozją.