

LHT®



**Rury ciśnieniowe z polietylenu
w zastosowaniu od -40°C do +95°C**



Informacje techniczne

Wskazówki zastosowania

Niżej przedstawione informacje techniczne zawierają podstawowe wskazówki dla projektantów, inwestorów i użytkowników pomocne przy wyborze systemów rurociągowych. Zostały tu opisane warunki istotne dla ich projektowania i użytkowania.

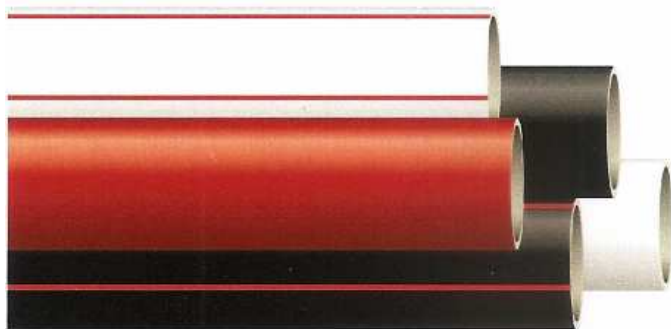
Zastosowanie zgodnie z przeznaczeniem

Przeznaczenie każdego z naszych produktów jest opisane w osobnym dziale. Należy przestrzegać wytycznych odnośnie zastosowania i wydajności każdego z nich. Nie ponosimy odpowiedzialności za nadużycia, nieprawidłowy montaż (ułożenie) ani za użytkowanie niezgodne z przeznaczeniem.

Zastrzegamy sobie prawo do pomyłek, poniższe dokumenty nie roszczą sobie praw do wyczerpania tematu. Przekazane informacje techniczne zgodne są z obecnym stanem wiedzy. Należy przestrzegać ogólnych wytycznych, norm i zachować niezbędne środki ostrożności.

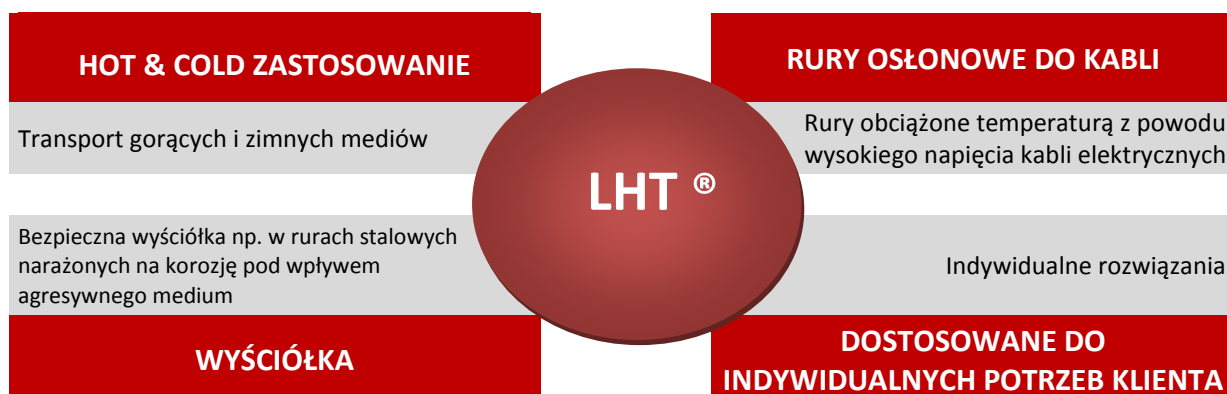
Rozpowszechnianie, również częściowe, tylko za pisemnym pozwoleniem Gerodur MPM Kunststoffverarbeitung GmbH & Co. KG.

LHT® Zastosowanie



Rury LHT® są wyprodukowane z polietylenu (PE). Mają zastosowanie wszędzie tam, gdzie istnieje wysoki popyt na zastosowanie wymogów koniecznych takich jak wpływ wysokiej temperatury w zakresie powyżej +40°C oraz długi cykl życia rur ciśnieniowych. Nowoczesna jedno- lub wielowarstwowa ekstruzja zapewnia możliwość tworzenia kombinacji różnych właściwości i tym samym dostosowanie rur do indywidualnych potrzeb klienta. W porównaniu z rurami z polietylenu (PE) rury LHT® charakteryzują się dłuższym okresem użytkowania w szerokim zakresie temperatur jak i podwyższoną wytrzymałością na udarność w niskich temperaturach. Uniwersalna metoda zgrzewania doczołowego gwarantuje szybki i przystępny montaż systemu rur.

Obszar zastosowań



Zalety:

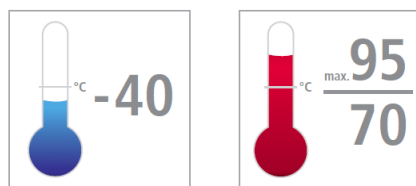
- rozszerzony zakres temperatur
- zgrzewalność
- elastyczność
- znakomita wydajność
- możliwość zredukowania szorstkości ścianki
- odporność chemiczna
- większa żywotność = dłuższy okres użytkowania = ekonomia
- wielowarstwowa struktura – specyficzna struktura kombinacji materiału do optymalizacji właściwości
- 100% utylizowane

1. Opis produktu

Rury LHT® są wyprodukowane z polietylenu (PE). Mają zastosowanie wszędzie tam, gdzie istnieje wysoki popyt na zastosowanie wymogów koniecznych takich jak wpływ wysokiej temperatury w zakresie powyżej +40°C oraz długi cykl życia rur ciśnieniowych. W ten sposób w porównaniu ze standardowymi rurami z PE lub PP wzrasta potencjalne zastosowanie rur LHT®.

Do łączenia rur LHT® można zastosować zgrzewanie doczołowe, elektrooporowe lub polifuzyjne.

Dzięki kombinacji materiału PE z różnymi właściwościami oraz użyciu wielowarstwowej ekstruzji, możliwe jest tworzenie coraz to nowych właściwości, i tym samym dostosowanie rur do indywidualnych potrzeb klienta.



Hot&Cold

Do transportu ciepłych i zimnych mediów przemysłowych potrzebny jest system rur zabezpieczający przed wysoką temperaturą oraz trwale łączące techniki łączenia. Rury przemysłowe LHT® posiadają potrzebne właściwości, przede wszystkim trwale techniki łączenia za pomocą kształtek LHT®, które zapewniają pewne i długotrwałe złączenie.

Zastosowanie i właściwości

- przesył ciepła /ogrzewanie centralne
- zaopatrzenie w ciepłą i zimną wodę
- przemysłowe i chłodzące systemy
- systemy biomas i biogazów
- ogrzewanie dróg ,parkingów i terenów niezabudowanych
- systemy geotermalne – system ciepła ziemi
- brak korozji
- trwałość/odporność na starzenie się i ścieranie
- bardzo dobra hydrauliczna wydajność
- obszerny system komponentów
- do temperatur do 95°C i ciśnienie do 25 bar
- budowa wielowarstwowa z integralnymi antydyfuzyjnymi warstwami
- ekonomiczne długości rur w sztangach, krążkach i na bębnach
- kompletny system łączenia
- brak osadów

**Transport ciepła
PE-X vs. LHT**

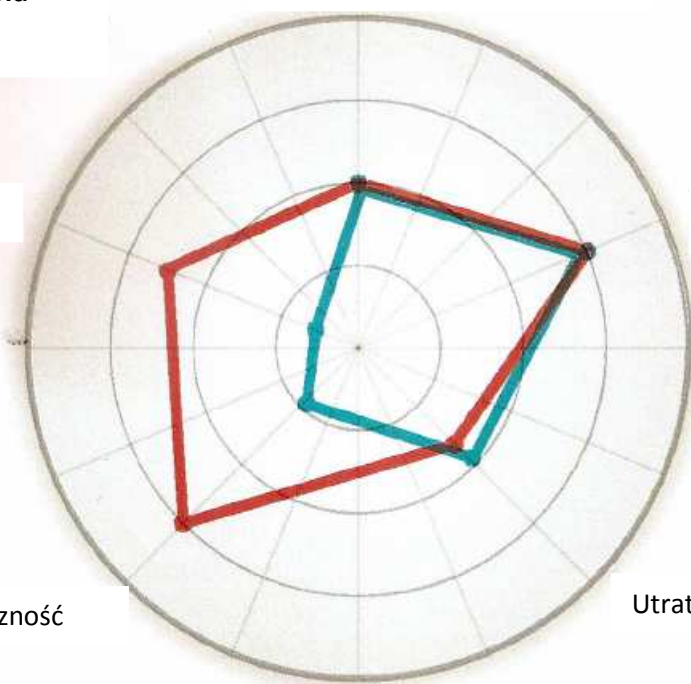
Zgrzewalność

Wytrzymałość na rozciąganie

Wytrzymałość na
wysokie temperatury

Elastyczność

Utrata tarcia



LHT
PE-X

Rury do ochrony kabli

Do ochrony przewodów wysokiego napięcia należy wziąć pod uwagę wszystkie możliwe obciążenia kładzenia (techniki bez wykopowe/ NoDig). Przy wyborze materiału znaczące są również długotrwałe obciążenia związane z wytwarzaniem ciepła w przewodach jak i statystyczne obciążenia otaczającej powierzchni.



Zdjęcia: bez wykopowe wciąganie (HDD) rur do ochrony kabli – nawinięte na system wielki bęben

Rury ochronne służą do ochrony kabli zasilających i przewodów komunikacyjnych przed szkodliwym oddziaływaniem otoczenia podczas montażu i eksploatacji. W przeszłości wykorzystywano beżciśnieniowe rury ochronne, które były odporne na obciążenia gruntowe i obciążenia ruchu drogowego.

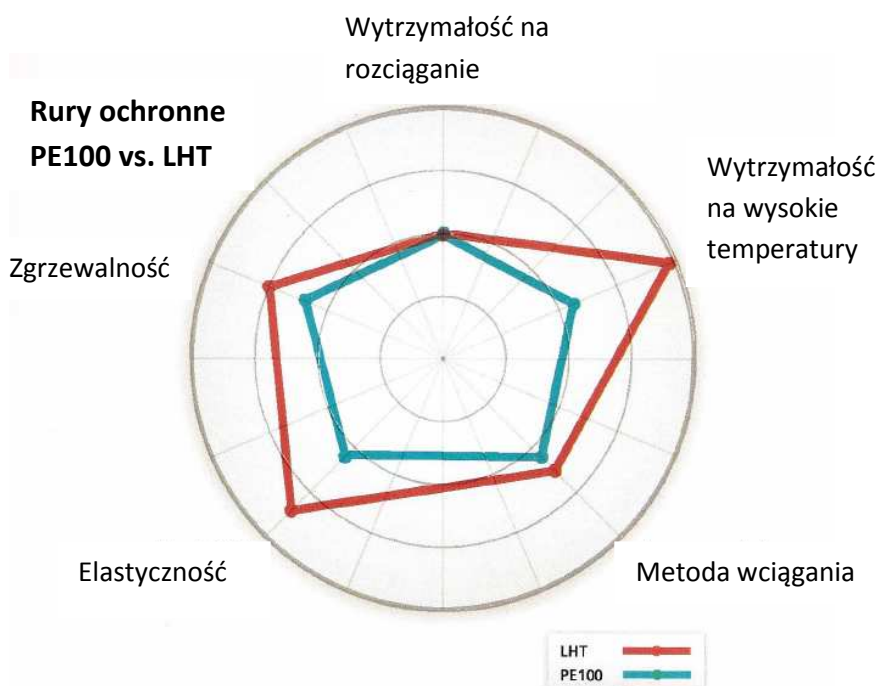
Rury z wyższym poziomem odporności stosowano do alternatywnych metod instalacji.

Ostatnio jednak kable zasilające w elektryfikacji coraz częściej kładzione są pod ziemią i przekraczają napięcie 110 kV. Dlatego, obok dotychczasowych znanych obciążeń, na pierwszy plan wysunęły się obciążenia temperatury.

Standardowe rury chroniące kable z materiału PE 100, nie zapewniają podczas długiego czasu eksploatacji odpowiedniej ochrony przed wysokimi temperaturami, gdyż wysoka temperatura prowadzi do termo oksydacyjnej degradacji materiału, co z kolei prowadzi do zniszczenia rurociągu.

Kable wysokiego napięcia wymagają systemu ochronnego zabezpieczającego przed wysoką temperaturą oraz pewnych technik łączenia.

Nowe rury LHT[®] posiadają wszystkie niezbędne właściwości, zwłaszcza odporność na długotrwałe działanie temperatury powyżej 70° C, która występuje w obciążeniu sieciowym. Konstrukcja rur odpowiada zasadom tradycyjnych rur wykonanych z PE 100 np. maksymalnie możliwe siły wciągania.



Lining

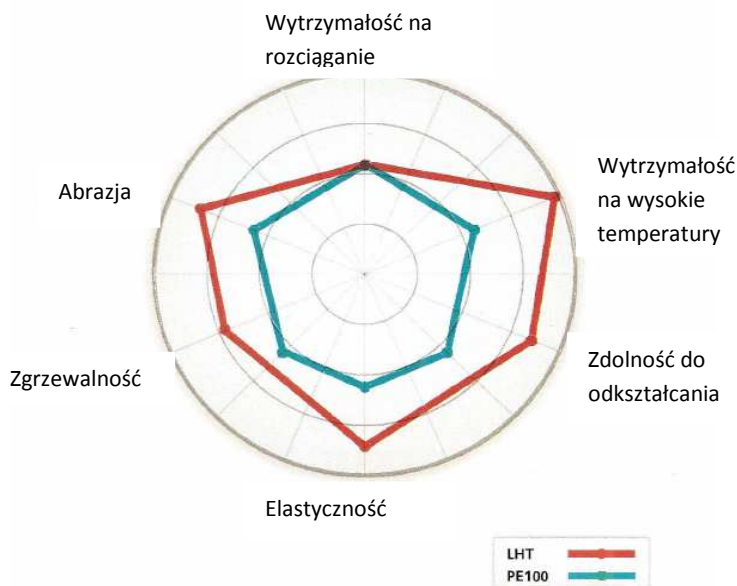
LHT® Liner stosowane są do obudowania rurociągów, których profil właściwości przyszłych zastosowań/ obciążeń nie do końca jest określony.

Rozróżniamy pomiędzy LHT® Liner do stabilizacji nowych rur lub LHT® Liner do renowacji starych lub uszkodzonych rurociągów.

Lining przebiega metodą redukcji lub przekształcenia. Przekrój LHT® Liner jest redukowany lub przekształcany i wciągany w istniejący rurociąg. W związku z tym rura tak zbudowana, żeby przylegać bezpośrednio do istniejącego rurociągu (close-fit).

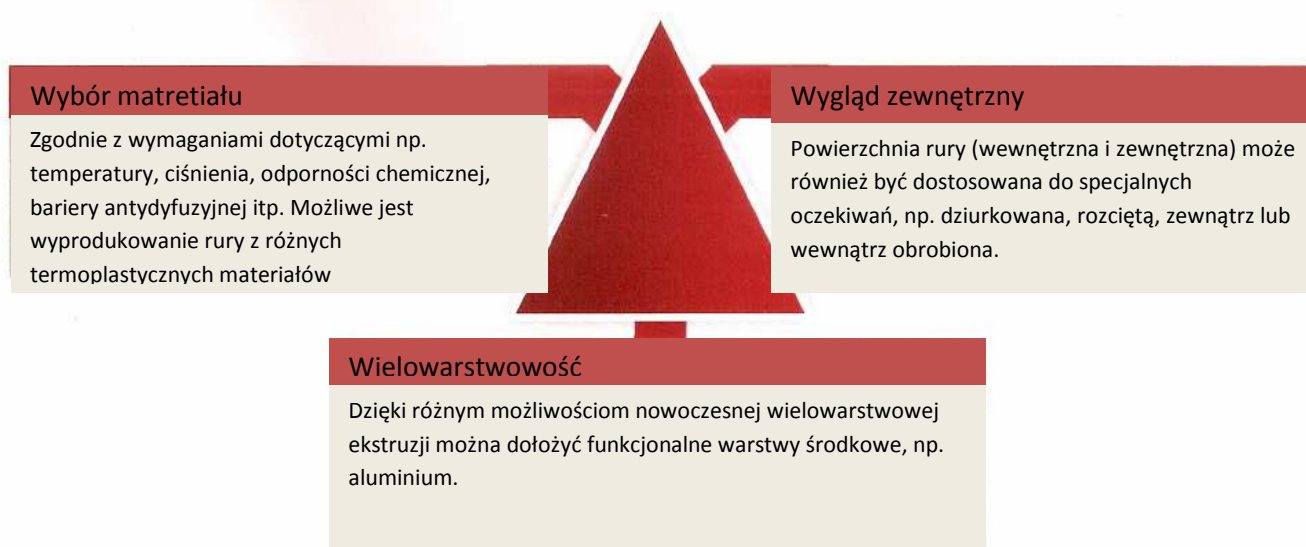
LHT® Liner mają zastosowanie w rurociągach obciążonych przez wysoką temperaturę, rżące media, obciążenia ciśnieniowe, zagrożenia abrazji i konieczność szybkich i pewnych procesów wciągania. Szczególnie ważne jest to, że siły do zredukowania przekroju podczas wciągania są możliwie najmniejsze i przesunięcia ciągniętej rury przebiegają powoli. Przemysłowa rura LHT® posiada specyficzne właściwości. Przez to umożliwia o 20% dłuższą długość wciągania.

Lining
PE100 vs. LHT



Indywidualne rozwiązania na potrzeby klienta

Potrzebne jest Ci nietypowe rozwiązanie? Wyślij nam informacje o obciążeniu i profil produktu. Sprawdzimy twoje oczekiwania i przygotujemy propozycję.



2. Informacje o produkcji

2.1 LHT® polietylen odporny na wysokie temperatury

LHT® wyprodukowane są z polietylenu opornego na wysokie temperatury. W przeciwieństwie do rur z materiału PE 100 z długą opornością na temperaturę do max. 40°C, rury LHT® posiadają odporność na temperaturę do 70°C na co najmniej 50 lat. Na rury przemysłowe LHT® jest nałożony dodatkowy materiał PW-HD. Ten materiał łączy właściwości PE 100 z PE-RT Typ II.

Właściwości	Norma	PP-H	Jednostka
Gęstość	PE EN ISO 1183	0,96	g/cm ³
Napięcie 20°C/ 50 a	PE EN ISO 22391	10	MPa
Napięcie 70°C/ 50 a	PE EN ISO 22391	>5	MPa
Współczynnik topnienia	PE EN ISO 1133	>0,15	g/10 min
Wytrzymałość na ściskanie	PE EN ISO 527	23	MPa
Wytrzymałość na rozciąganie	PE EN ISO 527	10	%
Wytrzymałość na zerwanie	PE EN ISO 527	>750	%
Moduł Younga	PE EN ISO 527	900 – 1200	MPa
Udarność bez karbu 23 °C	PE EN ISO 179	24	kJ/m ²
Twardość	PE EN ISO 868	>60	

2. 2 Wymiary, szeregi SDR i waga wg PE EN 8074 : 2010-06

LHT®																		
SDR	33		26		21		17,6		17		13,6		11		9		7,4	
S	16,0		12,5		10,0		8,3		8,0		6,3		5,0		4,0		3,2	
d	s		s		s		s		s		s		s		s		s	
mm	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m
16	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,0	0,092	2,3	0,103
20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,0	0,118	2,3	0,134	2,8	0,164
25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,0	0,151	2,3	0,173	3,0	0,213	3,5	0,243
32	–	–	–	–	–	–	2,0	0,198	2,0	0,198	2,4	0,235	3,0	0,282	3,6	0,331	4,4	0,390
40	–	–	–	–	2,0	0,251	2,3	0,288	2,4	0,299	3,0	0,360	3,7	0,434	4,5	0,514	5,5	0,607
50	–	–	2,0	0,317	2,4	0,378	2,9	0,449	3,0	0,458	3,7	0,555	4,6	0,673	5,6	0,796	6,9	0,945
63	–	–	2,5	0,500	3,0	0,586	3,6	0,695	3,8	0,728	4,7	0,883	5,8	1,06	7,1	1,27	8,6	1,49
75	–	–	2,9	0,683	3,6	0,836	4,3	0,986	4,5	1,03	5,6	1,25	6,8	1,48	8,4	1,78	10,3	2,12
90	–	–	3,5	0,988	4,3	1,20	5,1	1,40	5,4	1,47	6,7	1,79	8,2	2,14	10,1	2,57	12,3	3,03
110	3,4	1,18	4,2	1,45	5,3	1,79	6,3	2,10	6,6	2,19	8,1	2,64	10,0	3,18	12,3	3,82	15,1	4,54
125	3,9	1,53	4,8	1,86	6,0	2,29	7,1	2,69	7,4	2,79	9,2	3,41	11,4	4,12	14,0	4,92	17,1	5,84
140	4,3	1,90	5,4	2,35	6,7	2,87	8,0	3,38	8,3	3,50	10,3	4,26	12,7	5,13	15,7	6,18	19,2	7,33
160	4,9	2,45	6,2	3,08	7,7	3,75	9,1	4,40	9,5	4,57	11,8	5,56	14,6	6,74	17,9	8,04	21,9	9,54
180	5,5	3,10	6,9	3,83	8,6	4,72	10,2	5,54	10,7	5,77	13,3	7,06	16,4	8,51	20,1	10,2	24,6	12,1
200	6,2	3,88	7,7	4,74	9,6	5,84	11,4	6,86	11,9	7,12	14,7	8,65	18,2	10,5	22,4	12,6	27,4	14,9
225	6,9	4,82	8,6	5,96	10,8	7,37	12,8	8,64	13,4	9,03	16,6	11,0	20,5	13,3	25,2	15,9	30,8	18,8
250	7,7	5,98	9,6	7,38	11,9	9,02	14,2	10,7	14,8	11,1	18,4	13,5	22,7	16,3	27,9	19,6	34,2	23,3
280	8,6	7,48	10,7	9,20	13,4	11,4	15,9	13,3	16,6	13,9	20,6	16,9	25,4	20,5	31,3	24,6	38,3	29,2
315	9,7	9,47	12,1	11,7	15,0	14,3	17,9	16,9	18,7	17,6	23,2	21,5	28,6	25,9	35,2	31,1	43,1	36,9
355	10,9	12,0	13,6	14,8	16,9	18,2	20,1	21,4	21,1	22,4	26,1	27,2	32,2	32,9	39,7	39,5	48,5	46,8
400	12,3	15,2	15,3	18,8	19,1	23,1	22,7	27,2	23,7	28,3	29,4	34,5	36,3	41,7	44,7	50,1	54,7	59,4
450	13,8	19,2	17,2	23,7	21,5	29,3	25,5	34,4	26,7	35,8	33,1	43,7	40,9	52,8	50,3	63,4	61,5	75,2
500	15,3	23,6	19,1	29,2	23,9	36,1	28,4	42,4	29,7	44,2	36,8	53,9	45,4	65,2	55,8	78,1	–	–
560	17,2	29,7	21,4	36,6	26,7	45,2	31,7	53,1	33,2	55,4	41,2	67,6	50,8	81,7	–	–	–	–
630	19,3	37,5	24,1	46,4	30,0	57,0	35,7	67,2	37,4	70,2	46,3	85,5	57,2	103,0	–	–	–	–

2.3 Szeregi rur (według ISO 4065)

Zgodnie z normą ISO 4065 rury PE-HD podzielone są na szeregi wymiarowe wg ich średnicy zewnętrznej oraz grubości ścianek. Rury tego samego szeregu wymiarowego mają taki sam stosunek średnicy zewnętrznej do grubości ścianek, a w przypadku takiego samego materiału lub takiej samej klasyfikacji, charakteryzują się taką samą odpornością.

S = seria wymiarowa

OD = średnica zewnętrzna

s = nominalna grubość ścianek

Używane w niemieckich

i europejskich normach oznaczenia

szeregu wymiarowego >SDR<

oblicza się zgodnie z następującym wzorem:

Zależność pomiędzy serią

wymiarową S i szeregiem

wymiarowym SDR

$$S = \frac{OD - s}{2 * s}$$

$$SDR = \frac{OD}{s}$$

$$SDR = 2 * S + 1$$

2.4 Oznaczenia rur

- * producent lub symbol producenta
- * norma
- * zastosowanie
- * oznaczenie tworzywa
- * klasa SDR
- * ciśnienie nominalne (PN)
- * średnica zewnętrzna x grubość ścianki
- * tolerancja wymiary granicznego
- * data produkcji
- * numer urządzenia

Inne oznaczenia po uzgodnieniu!

2. 5 Dozwolone ciśnienie robocze

Wzór:

$$P = \frac{20 * MRS * s}{(OD - s) * SF}$$

lub

$$MOP = \frac{20 * MRS}{SF * (SDR - 1)}$$

P = MOP (maximum operating pressure) = ciśnienie wewnętrzne [bar]

MRS = minimalna wymagana wytrzymałość: PE 80 = 8 N / mm²; PE 100 = 10 N / mm²

s = grubość ścianki [mm]

OD = średnica zewnętrzna rury [mm]

SF = współczynnik bezpieczeństwa: gaz = 2,0; woda = 1,25

SDR = zależność średnica-grubości ścianek

	SDR 17	SDR 13,6	SDR 11	SDR 9	SDR 7,4
PE100 SF 2,0	6,2	7,9	10,0	12,5	15,6
PE 100 SF 1,6	7,8	9,9	12,5	15,6	19,2
PE 100 SF 1,25	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0

Zgodnie z normą DIN 8074 : 1999-08 dla medium woda, przy temperaturze 20°C oraz w ciągu 50 lat użytkowania.

Obciążenie temperaturą

MOP [bar]	Hoop stress [MPa]	SF*	SDR 17	SDR 13,6	SDR 11	SDR 9	SDR 7,4	Norma
20°C 50 lat	10,00	1,2	10	12,5	16	20	25	DIN 8075
40°C 50 lat	6,90	1,5	6,3	8,0	10,1	12,7	15,8	ISO 24033
50°C 50 lat	6,16	1,5	5,6	7,1	8,9	11,2	14,0	ISO 24033
60°C 50 lat	5,42	1,5	5,0	6,3	8,0	10,0	12,5	ISO 24033
70°C 50 lat	4,69	1,5	4,3	5,5	6,9	8,7	10,8	ISO 24033
80°C 50 lat	4,35	1,5	3,6	4,6	5,8	7,3	9,1	ISO 24033**

* SF = współczynnik bezpieczeństwa

** w odniesieniu do

2.6 Właściwości palne

Zgodnie z normą DIN 4102 – Właściwości palne materiałów i obiektów budowlanych, wszystkie rury polietylenowe oraz rury z płaszczem ochronnym firmy Gerodur przyporządkowane są klasie B2.

Zgodnie z tym PE jako surowiec podstawowy w normalnych warunkach jest materiałem łatwopalnym. Zapala się w skutek działania płomieni, pali się lekko połyskującym płomieniem również poza źródłem zapłonu, spala się i topi. W wyniku tego powstają produkty spalania CO, CO₂ oraz woda. Nie występują żadne szkodliwe dla środowiska pozostałości oraz produkty uboczne.

Temperatura samozapłonu dla PE wynosi 348 °C (ASTM D 1929), temperatura zapłonu pochodząca ze źródła zewnętrznego natomiast 340 °C.

Dla następujących typów rur określono w odpowiednich normach produktowych klasę produktów budowlanych według DIN 4102:

- LHT® według DIN 16833 = B2

2.7 Właściwości elektryczne

Polietylen wysokiej gęstości PE-HD należy do grupy surowców dielektrycznych (tzn. jest izolatorem). Pod pojęciem tym należy rozumieć wszystkie surowce, których specyficzny opór przepływu jest większy od $10^6 \text{ Ohm} \cdot \text{cm}$.

W przypadku PE-HD jest to rząd wielkości ok $10^{15} \text{ Ohm} \cdot \text{cm}$.

Właściwości (w klimacie normalnym wg DIN 50014)	Metoda testowania	Jednostka	Wartość
Specyficzny opór przepływu	IEC 60093	$\Omega \cdot \text{m}$	10^{14}
Specyficzny opór powierzchni	IEC 60093	Ω	10^{14}
Wytrzymałość na przebicie	IEC 60243-1 DIN VDE 0303 część 21	kV/mm	53
Względna przenikalność elektryczna ϵ Przy 50 Hz Przy 1 MHz	IEC 60250 DIN VDE 0303 część 4	-	2,8-2,9 2,8-2,9
Odporność na prądy pełzające CTI	IEC 60112	-	600

Wskazówka

Wszystkie podane wartości mogą różnić się w zależności od rodzajów rur PE. Sprawdzić należy przydatność do konkretnego zastosowania.

Zjawisko elektrostatyczności

Polietylen, ze względu na swój wysoki elektryczny opór powierzchniowy ma skłonności do generowania ładunków elektrostatycznych. Jego wartość oporu przekroczy 10^9 , wówczas materiał klasyfikowany jest jako generujący ładunki elektrostatyczne. Przy układaniu rurociągów z tworzyw sztucznych należy unikać powstawania ładunków elektrostatycznych w przypadku, gdy transportowane mają być media wybuchowe lub gdy rurociągi układane będą w pomieszczeniach zagrożonych eksplozją. Transport gazów i płynów palnych nie jest groźny wówczas, gdy system jest zamknięty i uziemiony.

Wskazówka

Niebezpieczeństwo powstawania elektrostatyczność można zmniejszyć poprzez redukcję szybkości transportu. Mieszanki palne w pomieszczeniach, w których ułożone mają być rurociągi z tworzyw sztucznych można unieszkodliwić dzięki dobrej wentylacji lub odsysaniu. Inny środek zaradczy polega na tym, że powietrze podlega jonizacji, co zapobiega powstawaniu ładunków elektrostatycznych w tworzywie sztucznym. Ponieważ przy 65% względnie wilgotność powietrza zjawiska elektrostatyczne praktycznie nie mają miejsca, częstym rozwiązaniem jest zwiększenie wilgotności powietrza.

Wskazówka

W pomieszczeniach zagrożonych eksplozją stosuje się specjalne antystatyczne rury PE i PP. W przypadku rur PE ich przewodność może zostać zredukowana do 10^{16} do poziomu $< 10^6 \text{ Ohm}$. Tworzywa sztuczne nabierają właściwości przewodzących. Prosimy porównać nasze dane dla systemów przemysłowych (rejestr 7).

2. 8 Odporność na warunki pogodowe i promieniowanie

W przypadku wieloletniego składowania na wolnym powietrzu rury PE-HD mogą ulec uszkodzeniu wskutek działania warunków pogodowych, a w szczególności krótkiego promieniowania nadfioletowego światła słonecznego UV przy udziale tlenu atmosferycznego.

Czarne rury typu PE-HD z natury są wyposażone w wystarczającą ochronę przeciw promieniowaniu UV (zwiększony udział sadzy w składzie surowca). Dłuższe/wieloletnie składowanie na wolnym powietrzu nie jest dopuszczalne. Surowce stosowane przez firmę Gerodur w przypadku rur kolorowych typu PE-HD (np. w kolorze żółtopomarańczowym lub błękitu królewskiego) stabilizowane są w celu składowania na zewnątrz przez okres 2 lat.

Wskazówka

Rury typu PE-HD składowane przez wiele lat w sposób niezabezpieczony, tzn. wystawiony bezpośrednio na działanie promieni słonecznych, można poddać testom przydatności do użycia. Producent może wydać zezwolenie do dalszego zastosowania, jednak każdorazowo należy przestrzegać obowiązujących w tym zakresie regulacji (np. DVGW).

2.9 Odporność na promieniowania ultrafioletowe

Rury z PE-HD zasadniczo mogą być zastosowane w strefie promieniowania bogatego w energię. Oddziaływanie promieni o dużej dawce energii na tworzywa sztuczne zależy jest tylko od dawki, nie od rodzaju promieni (wyjątek: bardzo ciężkie cząsteczki). Przy promieniowaniu w powietrzu istotniejsze okazują się krótkie czasy naświetlenia niż oddziaływanie tlenu z powietrza. Ważna jest moc dawki, która jako wartość orientacyjna może zostać wzięta z tabeli obok.

Tworzywo	Najwyższa dopuszczalna dawka ¹ [~Mrad*]	Dawka długoterminowa [~Mrad*]
PE-HD	10	1

Tabela: Odporność na promieniowania

* 10^4 /J/kg = 1 Mrad

¹ Śmiertelna dla ludzi dawka wynosi około 0,0006 Mrad. Z tego wniosku, że w pomieszczeniach, w których zezwala się na trwały pobyt ludzi, może być zastosowane PE-HD

2.10 Abrazja wody

Materiał PE-HD jest materiałem hydrofobowym. Nie przepuszcza wody i przez to nie zmienia wymiaru. Przy kontroli wg normy (składowanie wody) stwierdza się nieznaczne zawilgocenie. Polega to wyłączeni na absorpcji śladów wilgoci przy powierzchni.

3. Obliczenia

3.1 Symbole i znaczenia

Δp	Spadek ciśnienia	Pa
ΔT	Różnica temperatur	K
ΔL	Zmiana długości	mm
Δp_{FA}	Utrata ciśnienia w kształtkach i armaturach	bar
a	Prędkość rozprzestrzeniania się fali uderzeniowej	m/s
A	Powierzchnia przepływowa	m ²
A_R	Powierzchnia przedostawania się przez ścianki rury	mm ²
α	Współczynnik termiczny wydłużenia	K ⁻¹
c	Prędkość przepływu	m/s
d	Średnica wewnętrzna	mm
d_m	Średnia średnica rury	m
E_c	Moduł przy pełzaniu dla (t = 100 min)	N/mm ²
E_M	E-moduł medium	N/m ²
E_R	E-moduł rury	N/m ²
ϵ	Zblokowanie wydłużenie długości	
F_{FP}	Obciążenie mocowań w napiętym włóknie rury	N
J_R	Moment inercji rury	mm ⁴
k	Współczynnik chropowatości	
K	Stała zależna od materiału	
L	Dł. Rury	m
L_{char}	Charakterystyczna długość medium, przez które przepłynęło	m

L_M	dopuszczalny stan powłoki	mm
η	dynamiczne tarcie wewnętrzne	m Pa s
OD	zewnętrzna średnica rury	m
p	wewnętrzne nadciśnienie	bar
p_s	uderzenie ciśnienia	bar
ρ	materiał przepływający	kg/m ³
ρ_R	gęstość surowego materiału	g/cm ³
ρ_f	gęstość przepływającego materiału	kg/m ³
q	waga przewodu rurowego	N/m
R	promień	m
Re	licz.Reynoldsa	
s	gęstość ścianki rury	m
U	zakres sieciowania	m
v	tarcie wewnętrzne	m ² /s
$\dot{V}$	strumień objętości	m ³ /s
V	objętość	m ³
V_A	odchodzący strumień objętości	m ³ /s
V_D	przechodzący strumień objętości	m ³ /s
V_s	całkowity strumień objętości	m ³ /s
V_z	przychodzący strumień objętości	m ³ /s
$zul f$	dopuszczalne wyboczenie rury	mm
$\lambda_{turb.}$	współczynnik tarcia	
μ	liczba skurczu poprzecznego	
ζ	współczynnik oporu dla kształtek i armatur	

3.2 Obliczenia dla rurociągów układanych na zewnątrz

Obciążenia punktu stałego

Podczas instalacji prostego odcinka rurociągu między dwoma punktami stałymi powstaje osiowy układ naprężeń. Tu osiągane są największe stałe obciążenia punktowe, które można obliczyć według wzoru:

$$F_{FP} = A_R * E_C * \varepsilon$$

ε można wyprowadzić przy użyciu następujących działań, znając wartość rozszerzalności cieplnej i ciśnienia wewnętrznego.

Rozszerzalność cieplna

$$\varepsilon = \alpha * \Delta T$$

$$\alpha = 2 * 10^{-4} K^{-1}$$

Ciśnienie wewnętrzne

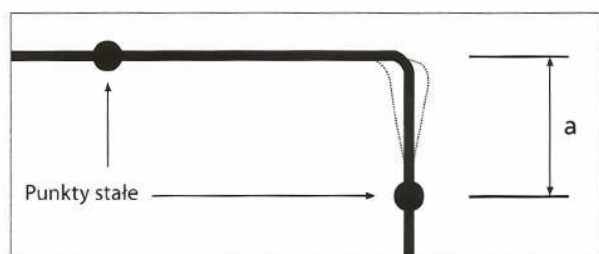
$$\varepsilon = \frac{0,1 * p * (1 - 2\mu)}{E_C * (OD^2 / ID^2 - 1)}$$

$\mu = 0,4$

Długość ramienia kompensacji

Ramię kompensacji to najprostsza metoda równoważenia zmian długości rur kładzionych na zewnątrz. Można ją obliczyć według poniższego wzoru:

$$a = \sqrt{26 * OD * \Delta L}$$



Odstęp pomiędzy punktami mocowania

Odstępy pomiędzy punktami rurociągu zewnętrznego należy określić tak, by w żadnym razie nie doszło do przekroczenia zarówno ciśnienia próbnego, jak i roboczego. Tak samo uważać należy na ewentualne przekroczenie dopuszczalnych granic gięcia rurociągu.

Rozmieszczenie różnych układów mocujących i ich odstępów należy do etapu planowania (ustala się je według izometrii rurociągowej, tworzywa z jakiego zbudowane są rury, wymiarów, warunków pracy i innych czynników)

Określenie dopuszczalnych odległości pomiędzy uchwytami

$$L_M = 1,86 * \sqrt{\frac{E_C * z * f * (OD^4 - ID^4) * 10^5}{(OD + ID) * s * \rho_R + \frac{ID^2}{2} * \rho_F}}$$

Do obliczenia dopuszczalnych odległości pomiędzy uchwytami polecane są następujące wartości:

dop. f dla PE-HD śred. rury OD [mm]			
< 110	125 do 200	225 do 355	400 do 450
2	4	6	8

Krytyczną temperaturą roboczą dla systemów rurociągowych PE HD jest (średnia temperatura ścianki) 45°C (przedwczesne zużycie pod wpływem nadmiernego ciepła). O ile dopuszcza się większe odchylenia, należy prowadzić wykazy naprężeń i rozciągłości.

Obliczenie odchyła dla zastosowań specjalnych

$$zul f \leq \frac{2,6 * q * L_M^4}{E_c * J_R}$$

Dla systemów rurociągowych bez kompensacji długości stosuje się długości wyboczeniowe dop. L_K :

$$L_M \leq zul L_K$$

z:

$$zul L_K \leq 1,12 * \sqrt[3]{\frac{OD^2 - ID^2}{\alpha * \Delta T}}$$

$$\alpha = 2 * 10^{-4} K^{-1}$$

Przy temperaturze roboczej powyżej 45 °C lub w kontakcie z określonymi środkami chemicznymi należy liczyć się z postępującym zmniejszeniem współczynnika elastyczności (DIN 8075). Powstają też większe wyboczenia.

Punkty podparcia rur - odległości

Przeciętna rozpiętość dla tworzyw termoplastycznych (według DVS 2210-1):

Wskazówka

Wartości dla rur PE-HD według DIN 8074/8075

OD [mm]	Rozpiętość [mm] przy:				
	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C
16	500	450	450	400	350
20	575	550	500	450	400
25	650	600	550	550	500
32	750	750	650	650	550
40	900	850	750	750	650
50	1050	1000	900	850	750
63	1200	1150	1050	1000	900
75	1350	1300	1200	1100	1000
90	1500	1450	1350	1250	1150
110	1650	1600	1500	1450	1300
125	1750	1700	1600	1550	1400
140	1900	1850	1750	1650	1500
160	2050	1950	1850	1750	1600
180	2150	2050	1950	1850	1750
200	2300	2200	2100	2000	1900
225	2450	2350	2250	2150	2050
250	2600	2500	2400	2300	2100
280	2750	2650	2550	2400	2200
315	2900	2800	2700	2550	2350
355	3100	3000	2900	2750	2550
400	3300	3150	3050	2900	2700

Współczynniki przeliczeniowe PE-HD dla powyższej tabeli

W zależności od ciśnienia i rodzaju substancji przepływającej przez rury wartości z tabeli „rozpiętość” należy pomnożyć odpowiednio przez wartości f1 lub f2 podane w tabeli poniżej:

Ciśnienie znamionowe	Gęstość gaz	Gęstość woda	Gęstość inne		Grubość ścianki
	< 0,01 g/cm³	1,00 g/cm³	1,25 g/cm³	1,5 g/cm³	
Współczynnik	f1				f2
6	1,47	1,00	0,96	0,92	0,91
10	1,30	1,00	0,96	0,92	1,00
16	1,21	1,00	0,96	0,92	1,07

4.3 Obliczenia hydrauliczne

3.3 Obliczenia hydrauliczne

powoduje tarcie. Negatywnie oddziałuje ono na energię kinetyczną płynów i określane jest jako różnica ciśnienia pomiędzy zdefiniowanymi punktami wejścia i wyjścia.

Substancje płynne dzieli się biorąc pod uwagę ich plastyczność na ciecz, substancje lepkie, ciekłe i gazowe, które zdaniem Newtona klasyfikować można według lepkości, a zdaniem Hooka według sprężystości. Lepkość staje się tu więc wartością określającą w systemach rurociągowych ciągliwość płynu (np. woda do spożycia, ścieki...).

W pracach technicznych zawsze należy mieć na uwadze zależności pomiędzy lepkością, masą przepływową, prędkością i wymiarami rury. Suma wszystkich tych oddziałujących na siebie wzajemnie czynników powoduje spadek ciśnienia, który pokonać można przy użyciu pompy wspomagającej.

Ważne dla wymiarowania jest prawidłowe położenie systemu rurociągowego oraz optymalny wybór punktu umieszczenia pompy wspomagającej.

Do wyliczenia spadku ciśnienia, przepływy podzielone są według liczby Reynoldsa na laminarne i turbulentne.

Przepływ laminarny to ruch, w którym nie dochodzi do żadnego pomieszania warstw przepływającej cieczy.

Przepływ turbulentny to ruch, w którym występują przemieszania na większą skalę. Ta forma przepływu odznacza się trójwymiarowym, kolizyjnym ruchem cząsteczek cieczy. Zwiększona dyfuzja wynikająca z przypadkowych ruchów jest jedną z najbardziej charakterystycznych cech ruchów turbulentnych: leży o kilka rzędów wielkości powyżej dyfuzji molekularnej. Burzliwa dyfuzja powoduje na przykład, że rosną straty spowodowane tarcie przepływu. Więc, gdy spadek ciśnienia w laminarnym ruchu przepływowym jest proporcjonalny do średniej prędkości, to przy ruchu turbulentnym działa proporcjonalnie do kwadratu średniej prędkości przepływu.

Wyznacznikiem sumy strat są tutaj:

- długość rurociągu
- forma przekroju rury
- chropowatość rury
- geometria kształtek, armatura, ...
- właściwości cieczy
- rodzaj przepływu

Liczbę Reynoldsa określa się:

$$Re = \frac{v_D * L_{char}}{\nu} = \frac{v_D * L_{char} * \rho_F}{\eta}$$

$$L_{char} = \frac{4 * A}{U}$$

1. Przepływ laminarny

Re < 2300

Spadek ciśnienia oblicza się jak następuje:

$$\Delta p = \frac{1}{2} \rho_F c^* \frac{L}{d} \frac{64}{Re}$$

Jednocześnie:

$$Re = \frac{d \bar{c}}{\nu} \quad \bar{c} = \frac{\dot{V}}{A} \quad \nu = \frac{\eta}{\rho_F}$$

2. Przepływ turbulentny

Re > 2300

Spadek ciśnienia oblicza się jak następuje:

$$\Delta p = \rho_F \bar{c}^2 \frac{L}{d} * \lambda_{turb}$$

$$\bar{c} = \frac{\dot{V}}{A}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_{turb}}} = 2,0 \log \left[\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda_{turb}}} + 0,27 \frac{k}{d} \right]$$

k = 0,007 mm

Spadek ciśnienia w kształtkach i armaturze oblicza się następująco:

$$\Delta p_{FA} = \zeta * \frac{\rho_F}{2 * 10^5} * c^2$$

Współczynniki oporu armatury i kształtek zgodnie z odpowiednimi instrukcjami producenta - wartości dla kształtek znajdują się w sąsiedniej tabeli:

Rodzaj kształtki	Parametr	Współczynnik oporu	
	V_z/V_s	ζ_z	ζ_o
T-Stück 90°	0,0	-1,20	0,06
Stromvereinigung	0,2	-0,40	0,20
$V_s = V_A + V_Z$	0,4	0,10	0,30
	0,6	0,50	0,40
	0,8	0,70	0,50
	1,0	0,90	0,60

Rodzaj kształtki	Parametr	Współczynnik oporu	
	V_A/V_s	ζ_A	ζ_s
T-Stück 90°	0,0	0,97	0,10
Stromtrennung	0,2	0,90	-0,10
$V_s = V_A + V_D$	0,4	0,90	-0,05
	0,6	0,97	0,10
	0,8	1,10	0,20
	1,0	1,30	0,35

Rodzaj kształtki	Parametr	Współczynnik oporu
Łuk 90°	R = 1,0 x OD	0,51
	R = 1,5 x OD	0,41
	R = 2,0 x OD	0,34
	R = 4,0 x OD	0,23
Łuk 45°	R = 1,0 x OD	0,34
	R = 1,5 x OD	0,27
	R = 2,0 x OD	0,20
	R = 4,0 x OD	0,15
Kąt	45°	0,30
	30°	0,14
	20°	0,05
	15°	0,05
	10°	0,04

Rodzaj kształtki	Parametr		Współczynnik oporu	
	ID ₂ /ID ₁	Kąt od 4 do 8°	16°	24°
Reduzierung	1,2	0,10	0,15	0,20
konzentrisch,	1,4	0,20	0,30	0,50
Rohr-	1,6	0,50	0,80	1,50
erweiterung	1,8	1,20	1,80	3,00
ζ-Werte für				
λ _n = 0,025	2,0	1,90	3,10	5,30

Rodzaj kształtki	Parametr		Współczynnik oporu	
	ID ₂ /ID ₁	Kąt α 4°	16°	24°
Reduzierung	1,2	0,046	0,15	0,20
konzentrisch,	1,4	0,067	0,30	0,50
Rohrverengung	1,6	0,076	0,80	1,50
ζ-Werte für	1,8	0,031	1,80	3,00
λ _p = 0,025	2,0	0,034	3,10	5,30

Uderzenia hydrauliczne

Szczególnym zjawiskiem jest dodatkowe obciążenie systemów rurociągowych przez nagłe uderzenia hydrauliczne. Uderzenia takie pojawiają się przykładowo przy zbyt szybkim zamknięciu zaworów lub podczas uruchamiania pomp.

Dynamicznych zmian ciśnienia w pracy systemów rurociągów trudno uniknąć, muszą być jednak utrzymywane w dopuszczalnych granicach. Nadmierne wzrosty ciśnienia nie zawsze powodują uszkodzenia widoczne od razu, w większości przypadków ujawniają się one po pewnym czasie. Nie sposób wówczas rozpoznać ich przyczyny.

Wartość uderzenia hydraulicznego można obliczyć w następujący, uproszczony sposób:

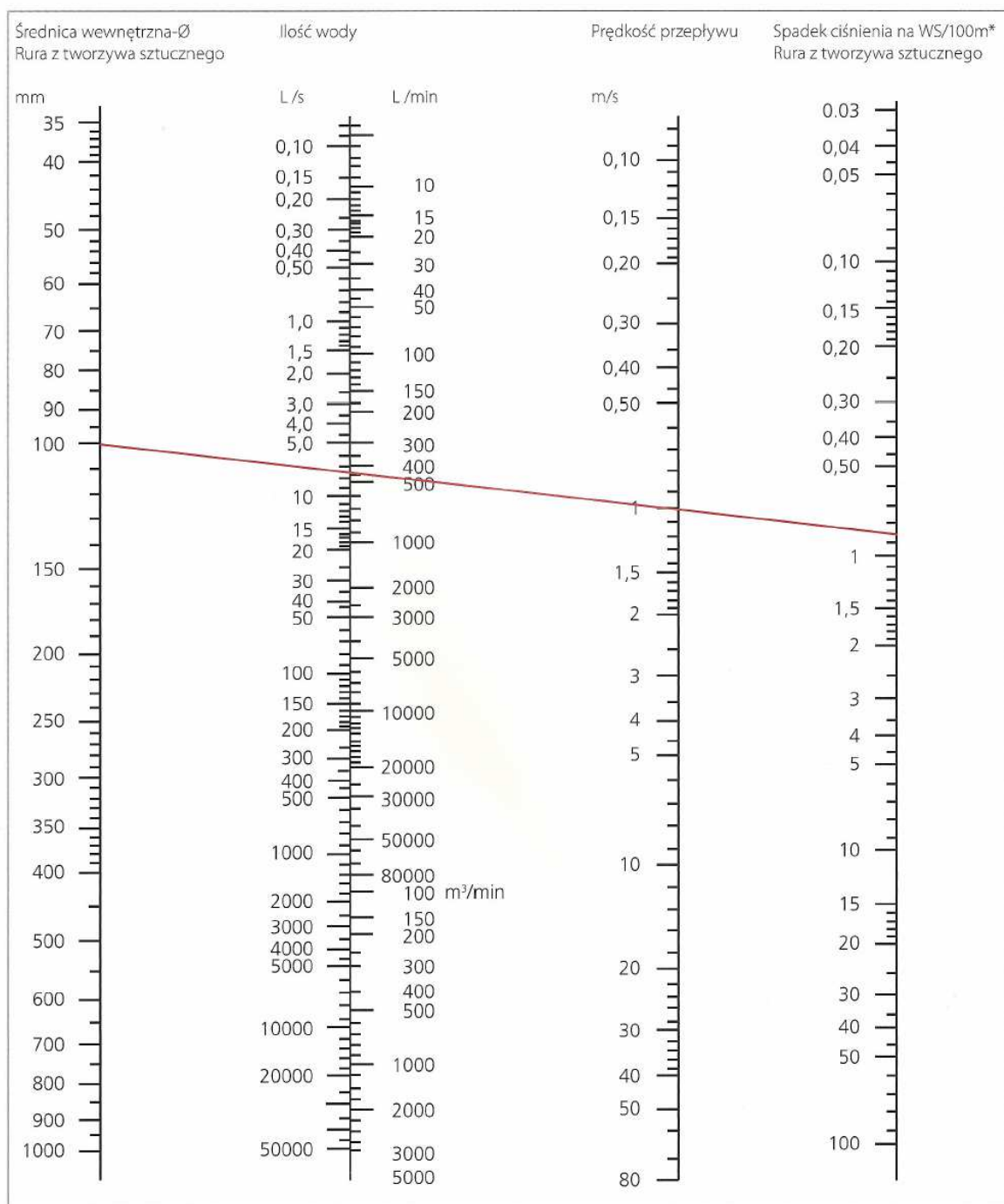
$$p_s = a * c * \rho_F * 10^{-5}$$

Prędkość fali uderzeniowej:

$$a = \sqrt{\frac{\frac{E_M}{\rho}}{1 + \frac{E_M * d_m}{E_R * s}}}$$

Temperatura [°C]	E _R [N/m ²]
20	1680 x 10 ⁶
40	1230 x 10 ⁶
60	760 x 10 ⁶

Krótkotrwałe uderzenia hydrauliczne przekraczające ciśnienie znamionowe nie są szkodliwe – wzrost ciśnienia w skali kilku sekund powoduje wykorzystanie rezerwy wytrzymałości rury. Rurociągi PE o współczynniku roboczym C=1,25 znoszą krótkotrwałe skoki ciśnienia nawet do 50% ciśnienia znamionowego bez uszkodzeń (w temperaturze do 20 °C).



Nomogram do określania przybliżonej wartości spadku ciśnienia. Podstawa: 10° C, $k = 0,007$ mm chropowatości rury.

* 10 m wody $\approx$ 1 bar

Przykład: Przy średnicy 100 mm i prędkości przepływu 1 m/s tworzy się prąd objętościowy 450 l/min, jak też spadek ciśnienia ok. 0,85 m WS/100 m

3.4 Odształcenia w warunkach nadciśnienia zewnętrznego

Pod pojęciem wyboczeń rozumie się deformację przekroju rury spowodowaną naciskiem zewnętrznym. Zasadniczo wyboczeniom ulegają rury umieszczone w wodzie lub poniżej lustra wody, w przypadku których ciśnienie hydrostatyczne wody jest większe niż ciśnienie wewnętrzne. Podczas wierzeń takie ciśnienie powodowane jest przez płuczkę hydrauliczną. Wyliczenie maksymalnego ciśnienia wyboczeniowego jest wówczas bezwzględnie wymagane. Tyczy się to też rur o ciśnieniu wewnętrznym $\leq 1 \text{ N/mm}^2$. Krytyczne ciśnienie wody lub ciśnienie ujemne (wyboczeniowe) kryt. Pa [kN/m²] nie zdeformowanej i nie umieszczonej pod gruntem rury wynosi:

$$p_{kryt} = \frac{E_R}{4 * (1 - \mu^2)} * \left(\frac{s}{r_m}\right)^3$$

$$\mu = 0,4$$

Źródło: basell Polyolefins »Podręcznik Techniczny Tworzyw Sztucznych«, 08/02

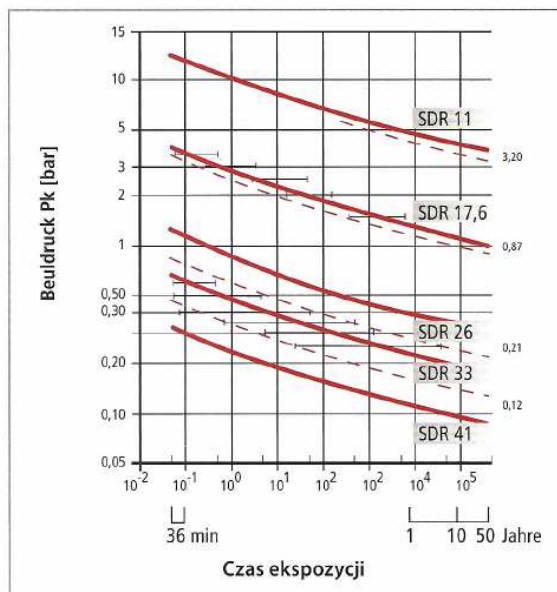
Współczynnik redukcji owalności

$$f_a = \left(\frac{1 - \frac{x}{d}}{(1 + \frac{x}{d})^2} \right)^3$$

x = Deformacja [mm]

d = średnia średnica [mm]

Dla rur owalnych należy pomnożyć p_{kryt} z f_a



Grafika: Wyboczenia obciążeniowe rury z HOSTALEN przy zewnętrznym ciśnieniu wody i przy 20 °C. Zaznaczone poziome linie oznaczają początek deformacji i wyboczeń (basell Polyolefins »Podręcznik Techniczny Tworzyw Sztucznych«, 08/02)

3.5 Zmiany długości

Rozszerzalność termiczna

Przy układaniu rurociągu należy mieć na uwadze rozszerzalność termiczną. Można ją obliczyć, jak następuje:

$$\alpha = 2 * 10^{-4} K^{-1}$$

Wartość odpowiada DIN 8075;
Wärmedehnzahl geprüft nach DIN 53752

$$\Delta l = L * \Delta t * \alpha$$

Przykład

Rurociąg PE-HD o długości 100 m nagrzewa się z powodu wzrastającej temperatury z 20°C do 35°C, gdzie:

$L = 100 \text{ m}$; $\Delta t = 35^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 15 \text{ K}$; $\alpha = 2 * 10^{-4} K^{-1}$

$$\Delta l = \frac{100 \text{ m} * 15 \text{ K} * 2 * 10^{-4}}{K} = 0,3 \text{ m}$$

Wydłużenie pod wpływem ciśnienia wewnętrznego

Na skutek rozciągnięcia ścianek rury spowodowanego ciśnieniem wewnętrznym następuje wydłużenie, które wyliczyć można w następujący sposób:

$$\Delta L_p = \frac{p}{E_c} * \frac{24}{(OD/ID)^2 - 1} * L$$

Uwaga

Tak obliczona wartość dotyczy rurociągu, który może – jak ciecz – poruszać się we wszystkie strony (instalacja naziemna). Przy instalacji podziemnej część wydłużenia zostaje przejęta przez rurociąg. Możliwe są przez to wydłużenia mniejsze niż wyliczone. Jeśli temperatura robocza stale przewyższa temperaturę montażową, wydłużenie może być poprzedzone przez zmniejszenie długości.

3.6 Pojemność rur

OD	SDR 17,6	SDR 17	SDR 11
	[l/m]	[l/m]	[l/m]
20,00	–	–	0,21
25,00	–	0,36	0,33
32,00	0,63	0,62	0,54
40,00	0,98	0,97	0,83
50,00	1,53	1,52	1,31
63,00	2,45	2,41	2,07
75,00	3,46	3,42	2,96
90,00	5,00	4,93	4,25
110,00	7,45	7,36	6,36
125,00	9,64	9,54	8,20
140,00	12,08	11,96	10,31
160,00	15,79	15,61	13,44
180,00	20,01	19,76	17,02
200,00	24,66	24,38	21,02
225,00	31,23	30,85	26,59
250,00	38,57	38,15	32,88
280,00	48,38	47,84	41,26
315,00	61,22	60,52	52,20
355,00	77,83	76,84	66,32
400,00	98,75	97,64	84,18
450,00	125,03	123,53	106,47
500,00	154,27	152,46	131,51
560,00	193,68	191,35	165,03
630,00	245,06	242,09	208,79

Tabela: Przegląd pojemności i wymiarów wybranych rur klasy SDR

$$V = \frac{\pi * ID^2}{4} * L * 10^{-3}$$

3.7 Wymiary rur call/mm

DN (śr. wewnętrzna) [cal]	OD rur PE [mm]
1/2	20
3/4	25
1	32
1 1/4	40
1 1/2	50
2	63
2 1/2	75
3	90
4	110
5	125
6	140

Tabela: Wymiary dla średnic ciężkich rur gwintowanych według DIN 2440; wymiary rury PE-HD według DIN 8074

3.8 Dopuszczalne promienie gięcia

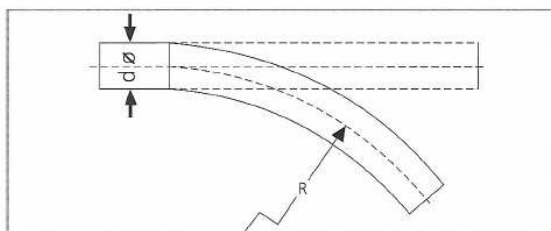
Wyróżnia się następujące rodzaje promieni gięcia:

Temperatura montażu	Rmin (najmniejszy dopuszczalny promień gięcia)						
	SDR 33	SDR 26	SDR 17,6	SDR 17	SDR 11	SDR 9	SDR 7,4
0 °C	100 x OD	75 x OD	50 x OD	50 x OD	50 x OD	50 x OD	50 x OD
10 °C	70 x OD	53 x OD	35 x OD	35 x OD	35 x OD	35 x OD	35 x OD
20 °C	40 x OD	30 x OD	20 x OD	20 x OD	20 x OD	20 x OD	20 x OD

Tabela dla: PE 80, PE 100, PE 100-RC, PE-Xc
(łącznie z GEROfit®R, GEROCross®X2)

Uwaga

Mniejsze promienie gięcia uzyskać można za pomocą kształtek. Promienie gięcia dla temperatur 0 °C i 20 °C można przedstawić za pomocą interpolacji liniowej.



Minimalny krótkotrwały dopuszczalny promień gięcia np. dla montażu bezwykopowego

zgodnie z DVGW GW 320-1

Temperatura montażowa	Rmin (najmniejszy dopuszczalny promień gięcia)	
	SDR 17	SDR 11
0 °C	37,5 x OD	25 x OD
20 °C	15 x OD	10 x OD

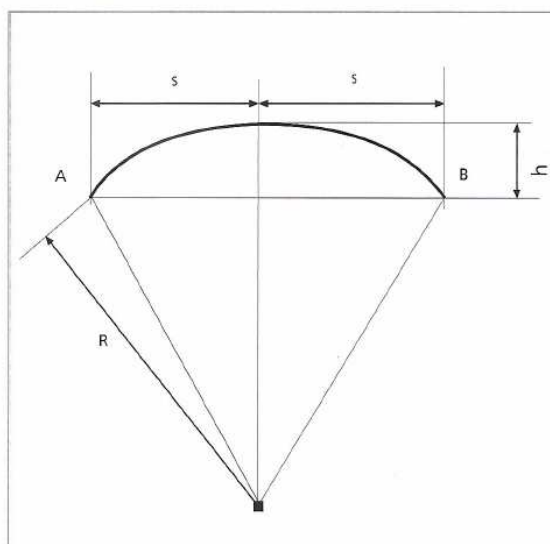
0 °C i 20 °C interpolować można tylko linearnie.

Wyznaczanie promienia gięcia w terenie:

$$R = \frac{h^2 + s^2}{2 * h}$$

ewentualnie.

$$h = R - \sqrt{R^2 - s^2}$$



3.9 Dopuszczalne siły ciągnienia dla PE 100

Maksymalne dopuszczalne siły ciągnienia dla standardowych rur Gerodur, jak też dla RCprotect®, GEROfit® R i GEROCross® X2.

OD	Siły ciągnienia przy temperaturze ścianek 20 °C			
[mm]	SDR 17,6	SDR 17	SDR 11	SDR 7,4
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
20	–	–	1,1	1,5
25	–	1,3	1,6	2,4
32	1,7	1,8	2,7	3,8
40	2,7	2,8	4,2	6,0
50	4,3	4,4	6,6	9,3
63	6,7	7,1	10,4	14,7
75	9,6	10,0	14,6	20,9
90	13,6	14,4	21,1	30,0
110	20,5	21,4	31,4	45,0
125	26,3	27,3	40,7	58,0
140	33,2	34,3	50,8	72,9
160	43,1	44,9	66,7	95,0
180	54,4	56,9	84,3	120,1
200	67,5	70,3	103,9	148,6
225	85,3	89,1	131,7	187,9
250	105,2	109,4	162,1	231,9
280	131,9	137,4	203,2	290,8
315	167,1	174,1	257,3	368,2
355	211,5	221,3	326,5	467,0
400	269,1	280,2	414,8	593,4
450	340,1	353,1	525,7	750,6
500	420,8	438,8	648,4	926,3
560	526,1	549,5	812,6	
630	666,5	696,3	1029,3	

Uwaga

Przy wciąganiu > 30 min wartości należy pomniejszyć o 10 %; wciąganiu dłuższym niż > 20 h należy zmniejszyć je o 25 %.

4. Instrukcja montażu rur

4.1 Techniki łączenia

Rury przemysłowe LHT® mogą być zgrzewane z innymi rurami PE-HD, zgodnie z powszechnie stosowanymi technikami łączenia rur PE-HD tworząc szczelne systemy rurociągów.

Do trwałego łączenia rur LHT® z innymi rurami lub kształtkami, zgodnie z przyjętymi zasadami nadają się następujące technologie.

Metoda łączenia	Połączenia mechaniczne	Połączenia zgrzewane
Połączenia zaciskowe i śrubowe	X	
Połączenia kołnierzowe	X	
Zgrzewanie doczołowe		X
Zgrzewanie polifuzyjne		X
Zgrzewanie elektrooporowe		X

Rury przemysłowe LHT® produkowane są wysokiej jakości materiału na bazie PE. Termoplastyczne właściwości PE pozostają utrzymane. Dlatego też rury LHT® mogą być łączone za pomocą powszechnie stosowanych metod. Z uwagi na specyficzną właściwość materiału zalecamy następujące temperatury zgrzewania:

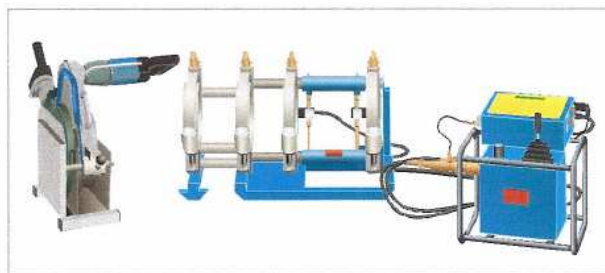
Zgrzewanie doczołowe: 190-200 °C

Zgrzewanie z wykorzystaniem muf: 230-250 °C

Pozostałe parametry zgodnie z normą DVS 2207-1 „Spawanie termoplastycznych tworzyw sztucznych – spawanie doczołowe rur, części rurociągów i płyt z PE-HD”.

Zgrzewanie doczołowe

Powierzchnie rur lub części rurociągów, przeznaczone do trwałego zgrzewania powinny zostać wyrównane poprzez dociśnięcie do płyty grzewczej (ciśnienie wyrównania), a następnie nagrzane podczas nagrzewania bezciśnieniowego (czas przestawienia) połączone pod właściwym ciśnieniem (ciśnienie łączenia). Jednocześnie należy przestrzegać wskazówek producenta zgrzewarek.



Rys. : Zgrzewarka doczołowa – WIDOS 4600 z automatyczną rejestracją

Przygotowanie do zgrzewania

Powierzchnie zgrzewania należy chronić przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi (np. przed wilgocią, wiatrem, silnym działaniem słońca i temperaturą <0°C). Jeżeli rura zostanie lokalnie ogrzana przez działanie słońca, należy wyrównać temperaturę w miejscu zgrzewu poprzez jego zasłonięcie. Powierzchnie przeznaczone do zgrzewania nie mogą być uszkodzone i muszą zostać oczyszczone (np. z brudu, tłuszczu, wiór). Oczyszczenie powierzchni zgrzewania powinno nastąpić bezpośrednio przed zgrzewaniem. Ponadto końce rur dostarczonych w krążkach (zwojach, bębnach) mogą po rozwinięciu wykazywać się owalizacją. W związku z czym należy je we właściwy sposób przygotować do zgrzewania, np. za pomocą kalibratorów nakładanych na końcówkę rury. Fabrycznie zamontowane zaślepki należy zdejmować bezpośrednio przed zgrzewaniem, z przeznaczonego do tego celu końca rury.

Przebieg procesu zgrzewania doczołowego (według DVS 2207-1)

1. właściwie przygotować miejsce zgrzewania (np. namiot do zgrzewania) | rys.1
2. podłączyć zgrzewarkę do sieci lub generatora prądu i sprawdzić działanie urządzenia
3. umocować i dopasować rury przeznaczone do łączenia | rys. 2
4. przygotować powierzchnię łączenia rur za pomocą struga (należy uważać na ostrze struga!), wyjąć strug i usunąć wióry z obszaru zgrzewania | rys. 3
5. zaślepić wolny koniec rury (za pomocą fabrycznej zaślepki)
6. sprawdzić dopasowanie przylegających zestruganych powierzchni rur | rys. 4; dopuszczalna szerokość szczelin patrz tabela

Zewnętrzna średnica rury	Dopuszczalna szerokość szczeliny
≤ 355 mm	$\leq 0,5$ mm
< 630 mm	≤ 1 mm

Tabela: dopuszczalna szerokość szczelin (DVS 2207-1)

7. sprawdzić współosiowość umocowania rur (dopuszczalne przesunięcie max. $0,1 \times$ grubość ścianki) | rys. 4
8. sprawdzić temperaturę płyty grzewczej w zależności od rodzaju materiału rury (wartość ta dla PE 100 wynosi 220°C , MFI 005)
9. oczyścić płytę grzewczą za pomocą papieru niewłóknistego
10. zmierzyć siłę oporów przemieszczania rury i wpisać do protokołu zgrzewania
11. nastawić wartość ciśnień wyrównania, posuwu i łączenia, przy czym dla rur PE-HD jest używana wartość $0,15 \text{ N/mm}^2$.

Ciśnienie łączenia (zgodne z parametrami zgrzewarki)

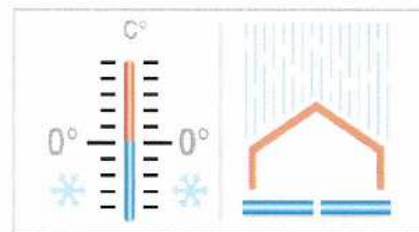
+ ciśnienie posuwu (wartość ustawiona)

= ciśnienie zgrzewania

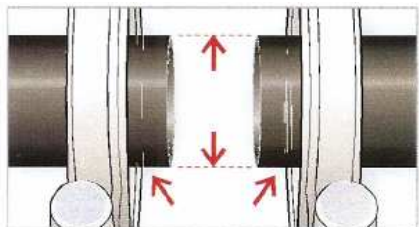
Wartość wyrównania, ewentualnie łączenia $p = 0,15 \text{ N/mm}^2$

Wartość posuwu: $p \leq 0,01 \text{ N/mm}^2$

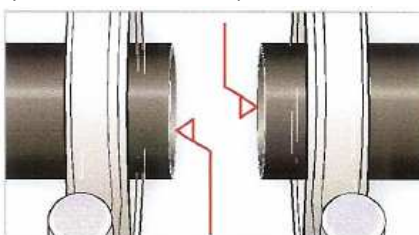
12. właściwie określić wartość ciśnień (np. czas nagrzewania, ciśnienie łączenia)
13. w razie potrzeby określić powierzchnię łączenia odpowiednim płynem czystości (np. Tangit) i papierem niewłóknistym | rys. 5
14. płytę grzewczą umieścić pomiędzy łączonymi elementami
15. wyrównać powierzchnie połączeń za pomocą płyty grzewczej aż do powstania wypływki o właściwej wysokości | rys. 6
16. nagrzewać pod zredukowanym ciśnieniem $\leq 0,01 \text{ N/mm}^2$ (zasadniczo czas nagrzewania to 10 sek na 1 mm grubości ścianki rury), po zakończeniu nagrzewania usunąć płytę grzewczą



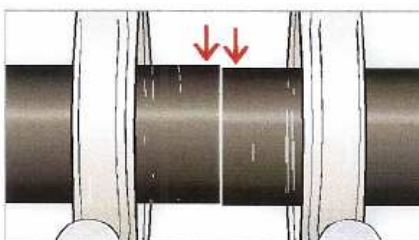
Rys. 1: Zachowanie warunków zgrzewania



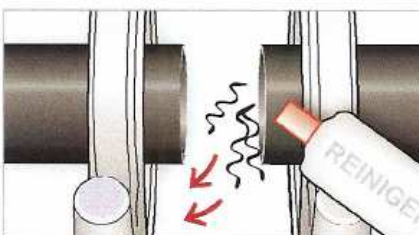
Rys. 2: Umocowania i dopasowanie rur



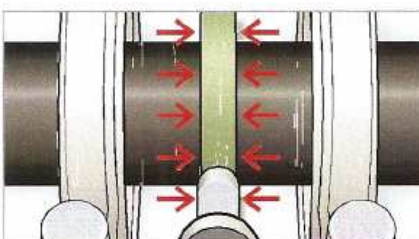
Rys. 3: Zestruganie końcówek rur



Rys. 4: Sprawdzenie współosiowości umocowania i szerokości szczelin



Rys. 5: Usunięcie wiór i oczyszczenie płynem czyszczącym powierzchnię zgrzewania



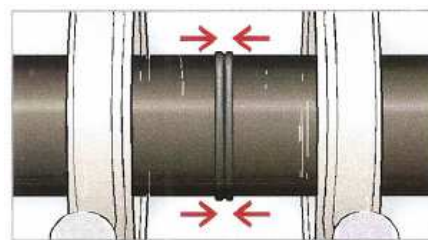
Rys. 6: Wyrównanie i nagrzewania

17. Połączenie łączenia, po usunięciu płyty grzewczej, docisnąć doprowadzając do zetknięcia. Szybkość docisku do zetknięcia powinna być minimalna. Następnie należy płynnie zwiększyć ciśnienie łączenia do osiągnięcia właściwej siły łączenia, utrzymywanej przez właściwy czas. | Rys. 7

18. Po połączeniu zgodnym z zasadami zgrzewania utworzy się wypływka z zasadą $K > 0$ (wg DVS 2207-1)

19. Schłodzenie połączenia | Rys. 7

20. Po zakończeniu chłodzenia zwolnic połączone elementy i uzupełnić protokół zgrzewania



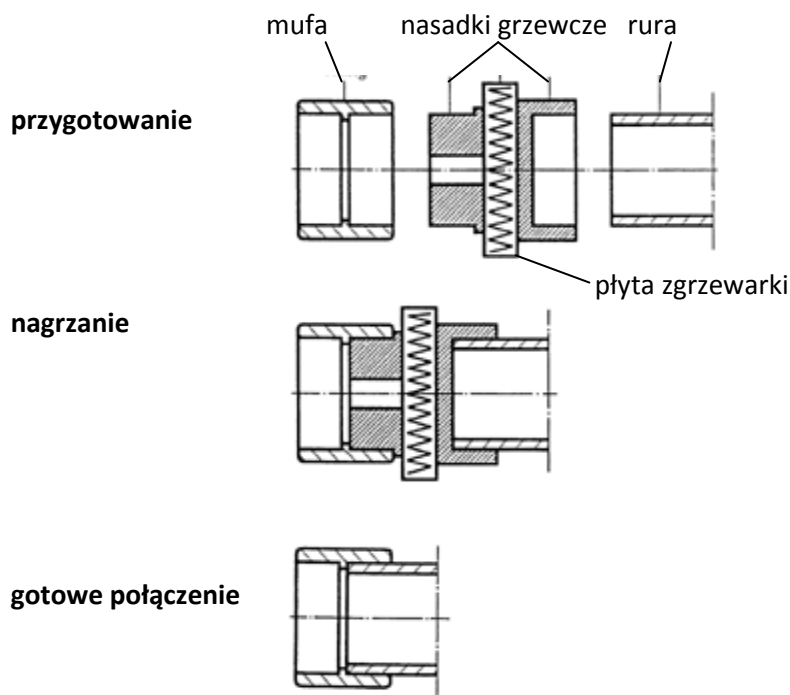
Rys. 7: Usunięcie płyty, połączenie i schłodzenie pod wpływem ciśnienia docisku

Tabela 1: Wielkości wskazane dla zgrzewania doczołowego (zgodnie z DVS 2207-1)

Grubość ściany	Zrównanie	Ogrzewanie	Dopasowanie	Spojenie	
	Przybliżona wysokość wypukłości na koniec czasu wyrównania $p = 0,15 \text{ N/mm}^2$	Czas nagrzania = 10 sec a 1 mm Grubość ścianki $p \leq 0,01 \text{ N/mm}^2$	Maksymalny czas przestawiania	Siła spoiwa – czas wiązania	Czas chłodzenia i siła spoiwa (min. wartość) $p = 0,15 \text{ N/mm}^2$
[mm]	[mm]	[s]	[s]	[s]	[min]
$\leq 4,5$	0,5	≤ 45	5	5	6
4,5 do 7	1,0	45 do 70	5 do 6	5 do 6	6 do 10
7 do 12	1,5	70 do 120	6 do 8	6 do 8	10 do 16
12 do 19	2,0	120 do 190	8 do 10	8 do 11	16 do 24
19 do 26	2,5	190 do 260	10 do 12	11 do 14	24 do 32
26 do 37	3,0	260 do 370	12 do 16	14 do 19	32 do 45
37 do 50	3,5	370 do 500	16 do 20	19 do 25	45 do 60
50 do 70	4,0	500 do 700	20 do 25	25 o 35	60 do 80

Zgrzewanie polifuzyjne

Podczas zgrzewania polifuzyjnego rura i kształtka nachodzą na siebie. Koniec rury oraz kształtka zostają nagrzane za pomocą nasadek grzewczych, a następnie zgrzane. Nasadki grzewcze i kształtka są do siebie tak dopasowane, że podczas złączenia powstaje ciśnienie złączenia. Zgrzewanie polifuzyjne do 50 mm można wykonać ręcznie. Przy średnicach powyżej 63 mm należy użyć zgrzewarki stołowej.



Przygotowanie do zgrzewania

Powierzchnie przygotowane do zgrzewania nie mogą być uszkodzone i muszą zostać oczyszczone (np. z brudu, tłuszczu, wiór). Oczyszczenie powierzchni łączenia rury i kształtki elektrooporowej powinno nastąpić bezpośrednio przed zgrzewaniem. Ponadto końce rur dostarczonych w krążkach (zwojach lub bębnach) mogą po rozwinięciu wykazywać owalizację, w związku z czym należy je we właściwy sposób przygotować do zgrzewania, np. za pomocą kalibratorów nakładanych na końcówkę rury. Fabrycznie zamontowane zaślepki należy zdjąć bezpośrednio przed zgrzewaniem z przeznaczonego do tego celu rury.

Przebieg procesu zgrzewania polifuzyjnego (według DVS 2207-1)

1. właściwie przygotować miejsca zgrzewania (np. namiot do zgrzewania)
2. podłączyć zgrzewarkę do sieci lub generatora prądu i sprawdzić działanie urządzenia
3. zgrzewarkę wyczyścić za pomocą przeznaczonych do tego środków i wysuszyć bezbarwnym niewłóknistym papierem
4. sprawdzić temperaturę zgrzewania (230-250 °C)

5. powierzchnie do zgrzewania oczyścić przeznaczonym do tego środkiem, wysuszyć bezbarwnym i niewłóknistym papierem
6. prostokątne końce rur sfazować według parametrów z tabeli, jeśli jest konieczne zaznaczyć głębokość wsunięcia
7. kształtkę i rurę jednocześnie wsunąć na trzpień bądź do tulei, do oporu lub miejsca zaznaczenia; końcówka rury nie powinna być dosunięta do końca tulei.
8. czas nagrzewania sprawdzić w tabeli
9. kształtkę i rurę gwałtownie i szybko wyjąć z nakładek grzewczych i natychmiast połączyć do miejsca zaznaczenia lub do oporu i unieruchomić. Czas przestawiania sprawdzić w tabeli.
10. Połączenie zostawić do wychłodzenia. Obciążenia mechaniczne sprawdzić dopiero po wychłodzeniu według tabeli.
11. sporządzić protokół zgrzewania

Średnica wsunięcia rury d [mm]		Głębokość wsunięcia l [mm]
16	2	13
20		14
25		16
32		18
40		20
50		23
63	3	27
75		31
90		35
110		41
125		46

1	2		3	4	5
Średnica zewnętrzna rury d [mm]	Nagrzewanie temperatura nagrzania 250-270°C		Przestawienie	Stygnięcie Czas stygnięcia	
	Czas nagrzewania dla SDR 11, SDR 7,4, SDR 6	Czas nagrzewania dla SDR 17, DSR 17,6	Czas przestawienia (maksymalny)		w sumie
	s	s	s	s	min
16	5	1)	4	6	2
20				10	
25			6	20	4
32					
40					
50	18	18	8	30	6
63	24			40	
75	30			50	
90	40	26	10	60	8
110	50	36			
125	60	46			

Zgrzewanie elektrooporowe

Powierzchnie połączeń (zewnątrzne powierzchnie rur przewodowych oraz powierzchnie wewnętrzne kształtek elektrooporowych) zostają rozgrzane dzięki podgrzaniu przez przepływający prąd drutów elektrooporowych w kształtkach, dzięki czemu rura i kształtka zostają zgrzane poprzez stopienie materiałów. Zgrzewanie jest prowadzone automatycznie za pomocą urządzeń do zgrzewania elektrooporowego kształtek. W celu uzyskania dokładniejszych informacji należy zwrócić się do producenta urządzeń.

Przygotowanie do zgrzewania

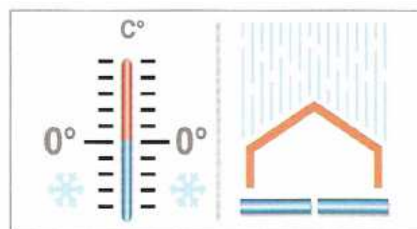
Powierzchnie przeznaczone do zgrzewania nie mogą być uszkodzone i muszą zostać oczyszczone (np. z brudu, tłuszczu, wiór). Oczyszczenie powierzchni łączenia rury i kształtki elektrooporowej powinno nastąpić bezpośrednio przed zgrzewaniem. Ponadto końce rur dostarczonych w krążkach (zwojach, bębnach) mogą po rozwinięciu wykazywać się owalizacją, w związku z czym należy je we właściwy sposób przygotować do zgrzewania, np. za pomocą kalibratorów nakładanych na końcówkę rury. Fabrycznie zamontowane zaślepki należy zdejmować bezpośrednio przed zgrzewaniem, z przeznaczonego do tego końca rury.

Przebieg procesu zgrzewania elektrooporowego (według DVS 2207-1)

1. właściwie przygotować miejsce zgrzewania (np. namiot do zgrzewania) | rys. 1.
2. podłączyć zgrzewarkę do sieci lub generatora prądu i sprawdzić działanie urządzenia
3. oczyścić prostopadle powierzchnie na końcu rury
4. zapewnić okrągły kształt końców rur za pomocą kalibratora, dopuszczalna owalizacja wynosi 1,5%
5. powierzchnię zewnętrzną rur oczyścić za pomocą obrotowego skrobaka (cykliny), podczas strugania powinien powstać wiór (o stałej grubości ok. 0,2 mm); Uwaga: stała grubość wióra wynosi max. 0,2 mm | rys. 2
6. wyjąć kształtkę elektrooporową z oryginalnego opakowania
7. przygotować powierzchnie rur przewodowych i wewnętrzną powierzchnię kształtek należy wyczyścić za pomocą przeznaczonych do tego środków czystości (np. Tangit) i bezbarwnym papierem niewłóknistym | rys. 3
8. Wsunąć rurę bez stosowania siły w kształtkę, ustalić i zaznaczyć w widoczny sposób głębokość montażu. Uwaga: pilnować prawidłowej głębokości montażu i unieruchomić (używać zacisków!) (Położenie nawierteł lub obejm ustalić za pomocą zacisków!)
9. Wtyczki kabla urządzenia podłączyć do kołków stykowych kształtki



Rys. Zgrzewarka elektrooporowa – typ WIDOS ESI 4000 (przykład)



Rys. 1: Zachowanie warunków zgrzewania



Rys. 2: Przygotowanie powierzchni zgrzewania za pomocą obrotowego skrobaka



Rys. 3: Oczyszczenie przygotowanej powierzchni zgrzewania

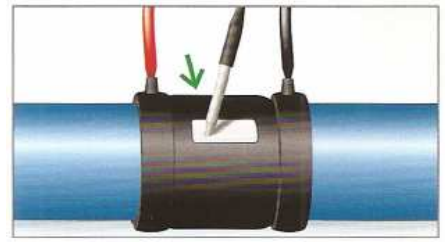
10. Jeśli to konieczne, sprawdzić ustawienie lub dane urządzenia na wyświetlaczu urządzenia, podać parametry zgrzewu (zeskanować) | rys. 4.

11. przeprowadzić kontrolę procesu zgrzewania zgodnie z informacjami producenta

12. odłączyć kabel urządzenia od kształtki

13. Zachować czas chłodzenia zgodnie z danymi producenta, zwolnić zaciski montażowe (nie jest to konieczne przy nawiertkach za zintegrowanym zaciskiem – przestrzegać wytycznych producenta!)

14. Jeśli nie jest dostępna funkcja automatyczna protokolowania parametrów zgrzewu należy sporządzić protokół ręcznie



Rys. 4: Protokolowanie parametrów z uwzględnieniem czasów zgrzewania i schładzania (np. na podstawie kodów kreskowych)



Wskazówka

Rury PE z reguły tracą podczas składowania okrągły kształt. Jeśli owalizacja rury przekracza o 1,5% lub 3 mm średnicę, należy przywrócić jej kształt za pomocą odpowiedniego kalibratora. Należy przy tym przestrzegać instrukcji montażu właściwego producenta muf

Protokół dotyczący grzewania rur metodą doczołową (zgodnie z DVS 2202-1)										☐ umiejscowiony nad ziemią		Materiał		Karta	Od									
										☐ pod ziemią														
Kierownik budowy		Firma wykonująca		Urządzenie grzewające						Pogoda		Środki ochronne												
				Marka						1 = słonecznie 2 = sucho 3 = deszcz lub śnieg 4 = wiatr		1 = brak 2 = osłona 3 = czas 4 = ogrzanie												
Tytuł zlecenia		Nazwisko spawacza / zgrzewacza		Nr. ident.		Typ																		
Numer zlecenia		Kontrola i nadzór (nazwa)		Nr. urządzenia								w razie wystąpienia kilku czynników podać liczby w rzędzie (n.p. 34 = deszcz i wiatr)												
				Rok produkcji																				
Nr. spoiny	Data	Dane dot. rury (średn. zew. x s)	Zmierzona temp. elem. grzejnego ¹		Nacisk ruchomy		Nacisk spoina		Wartości nastawcze ²		Czas nagrzewania ³		Czas wyrównania ³		Nacisk czas. łączenia		Czas chłodzenia łączenia		Temperatura otoczenia		Numer klucza			
		[mm]	[°C] min. max.		[bar]		[bar]		[bar]		[bar]		[s]		[s]		[s]		[min]		[°C]		Pogoda Środki ochronne	

Protokół dotyczący zgrzewania rur metodą elektrooporową (zgodnie z PN-EN 12207-1)										☐ umiejscowiony nad ziemią		Materiał		Karta	Od		
										☐ pod ziemią							
Kierownik budowy		Firma wykonująca		Urządzenie zgrzewające		Pogoda		Środki ochronne									
				Marka		1 = słonecznie 2 = sucho 3 = deszcz lub śnieg 4 = wiatr		1 = brak 2 = osłona 3 = czas 4 = ogrzanie									
Tytuł zlecenia		Nazwisko spawacza/zgrzewacza		Nr. ident.		Typ											
Numer zlecenia		Kontrola i nadzór (nazwa)		Nr. urządzenia				w razie wystąpienia kilku czynników podać liczby w rzędzie (n.p. 34 = deszcz i wiatr)									
				Rok produkcji													
Nr. spoiny	Data	dane dot. rury (średn. zew. x s.)	Dane dot. kształtki ¹⁾		Ustawienie urządzenia		Opór ¹⁾	Napięcie chwilowe	Czas zgrzewania ²⁾		Temperatura otoczenia ³⁾		Numer klucza		Rodzaj napędu		
		[mm]	A	B	Nr. serii	manualne	automat.	[Ohm]	[Volt]	[s]	[min]	[°C]	Topoda	Środki ochronne	Sieć	Generator	
Podpis spawacza / zgrzewacza										Data i podpis nadzoru spawalniczego							

1 W razie potrzeby wpisy odpowiednio do użytego systemu
2 Należy wpisać wartość zmierzoną
3 A = Nazwa producenta, B = Liczba określająca rodzaj kształtki: 1 = Mufa, 2 = Kąt, 3 = Trójnik rurowy, 4 = Redukcja, 5 = Siodło, 6 = Nakrętka, 7 = Połączenie