

INSTRUKCJA STOSOWANIA

**RUR I KSZTAŁTEK PVC U/E
Z ELEKTROPRZEWODZĄCĄ
WARSTWĄ POWIERZCHNIOWĄ
(do DTR 01/2006)**

Zatwierdził:

PEŁNOMOCNIK

Zakładów Tworzyw Sztucznych „Gamrat” w Jasle

Dyrektor Zakładu Profil i Rur
(pieczęć i podpis)

mgr inż. Władysław Serebnyński

Jasło, dnia: 24.01.2013
(Miejsce i data wystawienia)

Zakłady Tworzyw Sztucznych  Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprzewodzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E	do DTR - 01/2006 Edycja 4 Styczeń – 2013r. Strona 2 / 27
--	--	---

Opis wyrobu i przeznaczenie

Rury i kształtki z PVC-U/E z elektroprzewodzącą warstwą powierzchniową są wyrobami trudnopalnymi o czasie samo gaśnięcia <5 sekund i rezystancji powierzchniowej poniżej $10^6 \Omega$. Maksymalne ciśnienia robocze wynoszą 2,5 MPa, a temperatura pracy do 40 °C.

Rury produkowane są na bazie rur PVC-U (z nieuplastycznionego poli(chlorku winylu), posiadających Aprobaty Techniczne lub Certyfikaty, w zakresach ciśnień: 0÷25 bar (0÷2,5 MPa).

Zakres średnic wynika z wymiarów produkowanych rur i kształtek PVC-U, które mogą być zarówno metryczne jak i calowe, dopuszczone do obrotu na rynku krajowym.

Przewiduje się maksymalne średnice rur: 225mm (dotyczy to średnicy zewnętrznej rur) dla połączeń kołnierzowych, do 200mm dla połączeń kielichowych klejonych oraz z elastyczną uszczelką do 630mm. Podstawowa długość produkowanych rur wynosi 6m, która może być dzielona na dowolne odcinki. Połączenia tulei kołnierzowej z rurą wykonywane są przez producenta rur natomiast połączenia kielichowe służą do łączenia w miejscu montażu. Parametry techniczne rur i kształtek predysponują je do stosowania w odwodnieniu oddziałowym, międzypoziomowym, rurociągach szybowych w tym rurociągach przeciwpożarowych w przedziałach dopuszczalnych ciśnień. Dodatkowo rury i kształtki zabezpieczone warstwą elektroprzewodzącą na powierzchni zewnętrznej, wewnętrznej i czołowej mogą być stosowane do przesyłania powietrza do 6 atm. Parametry palności i elektroprzewodności pozwalają na stosowanie ich do budowy rurociągów w pomieszczeniach wyrobisk podziemnych zakładów górniczych ze stopniem niebezpieczeństwa wybuchu metanu: „a”, „b”, „c”.

Zastosowany system połączeń umożliwia łatwy i szybki montaż rurociągu. System ten jest spójny z produkowanym już systemem rur i kształtek produkowanych przez Zakłady Tworzyw Sztucznych GAMRAT S.A., co stwarza możliwość szerokiego ich zastosowania w każdych niemal warunkach zakładów górniczych. System rur i kształtek z PVC-U/E produkowany przez firmę GAMRAT jest spójny z systemem rur stalowych.

Zakłady Tworzyw Sztucznych  Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprzewodzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E	do DTR - 01/2006 Edycja 4 Styczeń – 2013r. Strona 3 / 27
--	--	---

Rury i kształtki z PVC-U/E z elektroprzewodzącą warstwą powierzchniową przeznaczone są do zabudowy w podziemnych wyrobiskach pionowych i poziomych o stopniach niebezpieczeństwa wybuchu metanu „a”, „b” oraz „c”.

W szczególności zalecane są do budowy rurociągów:

- odwadniających,
- przeciwpożarowych,
- sprężonego powietrza,
- emulsji wodni-olejowych,
- wody technologicznej,

Transport rur i kształtek

Transport rur i kształtek z tworzyw sztucznych takich jak poli(chlorek winylu) PVC-U ze względu na swoje właściwości fizyko-mechaniczne winny być prowadzone w sposób uniemożliwiający uszkodzenie materiału.

Transport rur i kształtek może być prowadzony w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych środkami przeznaczonymi do transportu długich materiałów

Z uwagi na specyficzne właściwości rur z PVC-U/E należy przy transporcie zachowywać następujące wymagania:

- Prace załadunkowe powinny się odbywać przy temperaturach powietrza w przedziale od +5°C do +30°C. Szczególną ostrożność, szczególnie przy transporcie i przeładunku rur z PVC-U/E należy zachowywać w temperaturze bliskiej 0°C i niższej z uwagi na kruchość materiału rur w tych temperaturach.

Zakłady Tworzyw Sztucznych  Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA		do DTR - 01/2006
	Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprowadzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E		Edycja 4 Styczeń – 2013r.
			Strona 4 / 27

UWAGA!

Podczas prac przeładunkowych, rur nie należy rzucać.

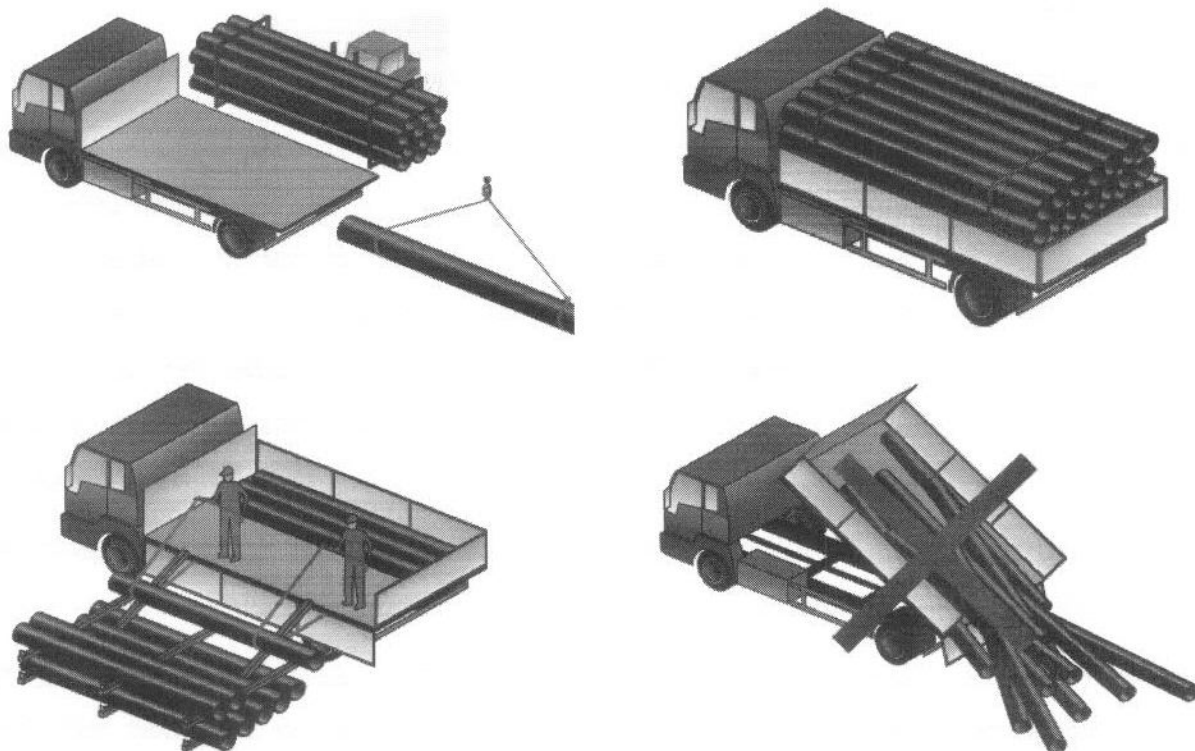
- Transport rur nie pakietowanych: rury powinny być układane na równym podłożu na podkładach drewnianych o szerokości co najmniej 10 cm i grubości uniemożliwiającej kontakt kołnierza z podłożem, ułożonych prostopadle do osi rur i zabezpieczone przed zarysowaniem przez podłożenie tektury falistej i desek pod łańcuchy spinające boczne ściany skrzyń samochodowych. Zabezpieczenie przed przesuwaniem się dolnej warstwy rur można dokonać za pomocą kołków i klinów drewnianych. Rury powinny leżeć kielichami naprzemianlegle. Na rurach nie wolno przewozić innych materiałów.
- Bezpieczny i prawidłowy transport rur to przede wszystkim podparcie ładunku na całej długości, odpowiednie jego zabezpieczenie przed przemieszczaniem się.
- W trakcie za i rozładunku przy użyciu żurawi należy stosować liny miękkie np. nylonowe, bawełniano-konopne czy z tworzyw sztucznych. Nie wolno stosować metalowych lin i łańcuchów.
- Rury z PVC-U/E produkowane przez GAMRAT S.A. dostarczane są do odbiorcy w fabrycznych opakowaniach (pakietach), co zapewnia odpowiednie zabezpieczenie podczas składowania, załadunku i transportu. Należy jedynie zapewnić im odpowiednie płaskie ułożenie i zabezpieczyć przed przemieszczaniem się.

Podczas transportu należy zwracać uwagę na ostrożne obchodzenia się z rurami, nie rzucać, co może spowodować ich uszkodzenie, nie przeciągać po twardym podłożu, aby nie zniszczyć warstwy elektroprowadzącej.

Podczas transportu rur kołnierzowych, szczególnie na terenie zakładu górniczego, należy zablokować kołnierze stalowe uniemożliwiając ich przesuwanie się po rurze, co może spowodować uszkodzenie rury lub wypadek obsługi.

Zakłady Tworzyw Sztucznych Gamrat® Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprowadzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E	do DTR - 01/2006 Edycja 4 Styczeń – 2013r. Strona 5 / 27
--	--	---

Sposoby załadunku, transportu i rozładunku rur



Składowanie

Jako generalną zasadę należy przyjąć, że rury z PVC-U/E produkowane przez GAMRAT S.A. dostarczane są w oryginalnych fabrycznych opakowaniach, które dla poszczególnych typów rur przedstawiają się następująco:

Rury z poli(chlorku winylu) (PVC-U/E):

- W zakresie średnic $\varnothing$ 16÷50 produkowane są jako rury bezkielichowe o długości 4 metrów i pakowane są w wiązki o masie nie większej niż 50 kg i zapakowane w rękaw foliowy, (rury transportować w podziemnie wyrobiska bez rękawa foliowego).
- Rury w zakresie średnic $\varnothing$ 63÷450 mm mogą być zakończone bosym końcem, kielichem z uszczelką na wcisk, kielichem do połączeń klejonych lub tuleją kołnierkową. Rury o tej samej średnicy wiązane są w pakiety z zastosowaniem drewnianych przekładek. Całość wiązana jest za pomocą taśmy w trzech miejscach, w tym przy końcach.

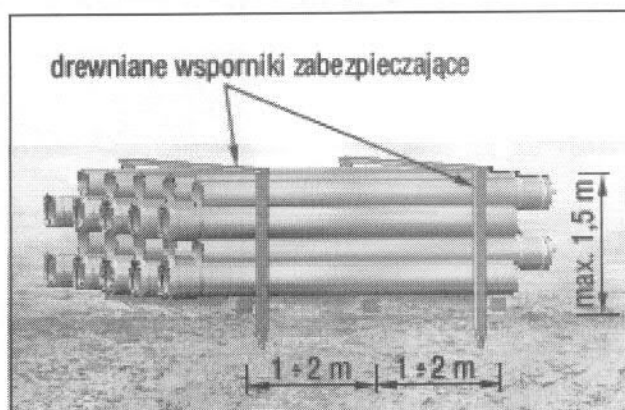
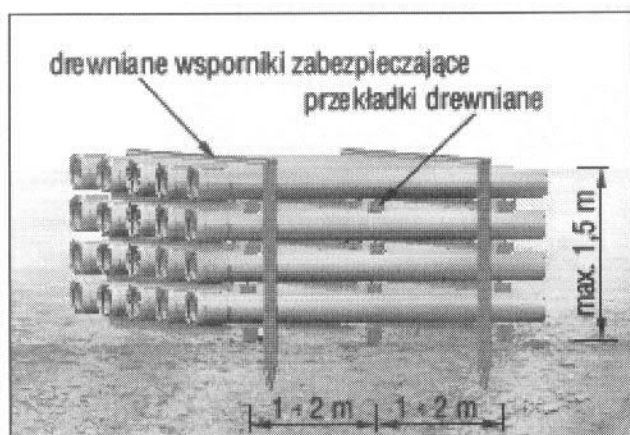
Zakłady Tworzyw Sztucznych Gamrat® Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprowadzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E	do DTR - 01/2006 Edycja 4 Styczeń – 2013r. Strona 6 / 27
--	---	---

- Rury o średnicach 500 i 630 mm ze względu na swoje wymiary nie podlegają pakowaniu.

Magazynowane rury i kształtki na placu budowy powinny być zabezpieczone przed szkodliwym oddziaływaniem promieni słonecznych. Dłuższe magazynowanie rur i kształtek powinno się odbywać w pomieszczeniach zamkniętych lub zadaszonych. Rury pakietowane należy magazynować w dwóch - trzech warstwach o maksymalnej wysokości sterty 2,0 m, pod warunkiem, że listwy drewniane pakietu górnego będą spoczywały na listwach drewnianych pakietu dolnego.

Składowanie rur niepakietowanych: rury powinny być układane na równym podłożu na podkładach i przekładkach drewnianych o wymiarach jak przy transporcie. Nie wolno składować rur cięższych na rurach lżejszych. Szerokość stosu składowanych rur należy ograniczać wspornikami pionowymi z drewna. Rury należy składować kielichami naprzemianlegle.

Sposób składowania rur



Zakłady Tworzyw Sztucznych  Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprzewodzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E	do DTR - 01/2006 Edycja 4 Styczeń – 2013r. Strona 7 / 27
--	--	--

W przypadku, gdy składowane rury PVC-U/E zarówno ciśnieniowe jak i kanalizacyjne nie zostaną ułożone w przeciągu 12 miesięcy to należy je zabezpieczyć przed nadmiernym działaniem promieniowania słonecznego poprzez ich zadaszenie. Nie wolno jednak nakrywać rur uniemożliwiając ich przewietrzanie (efekt namiotowy). Temperatura w miejscu składowania nie powinna przekraczać 30°C.

Zabudowa rurociągów

Podstawą projektowania rurociągu są podane przykłady obliczeń zawarte w niniejszej instrukcji.

Dobór stosowanych rur i parametrów wytrzymałościowych należy dokonywać zgodnie z opracowanym projektem instalacji. W przypadku pracy rur w temperaturze powyżej 20 °C należy uwzględnić współczynnik obniżenia wartości ciśnienia roboczego podany w załączniku A normy PN-EN 1452-2 . Do budowy instalacji przesyłania sprężonego powietrza należy stosować wyłącznie rury i kształtki zabezpieczone warstwą elektroprzewodzącą na powierzchni zewnętrznej, wewnętrznej i czołowej.

W zależności od lokalizacji rurociągu w wyrobisku można go zbudować na podporach lub zawiesiach.

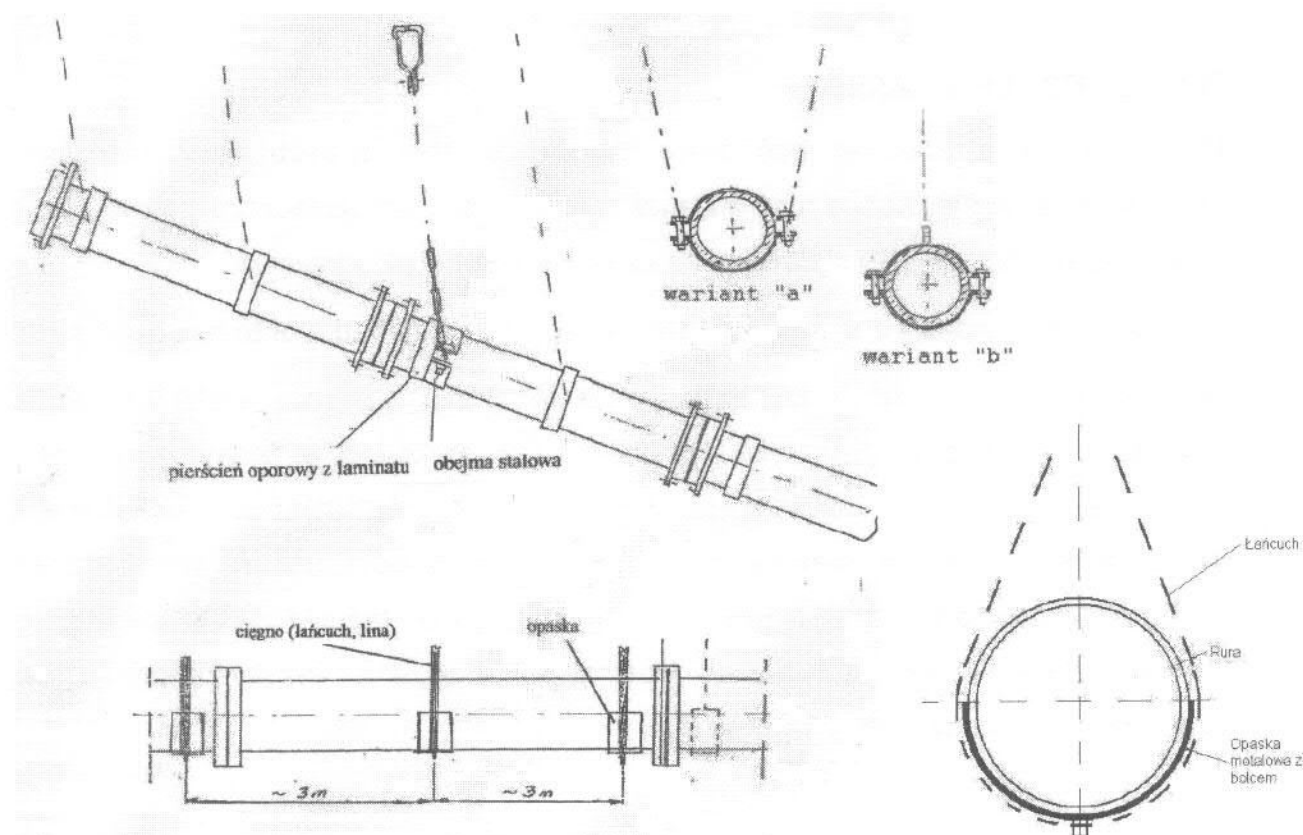
Maksymalny rozstaw punktów podparcia przedstawiono w tabeli:

Średnica zewnętrzna d_n [mm]	Rozkład punktów podparcia [m]
50	1,40
63	1,50
90	1,50
110	2,00
160	2,00
200	2,00
225	3,00
250	3,00
280	3,00
315	3,00
400	3,00
500	3,00
630	4,00

Minimalne szerokości podpór lub opasek podtrzymujących przedstawiono w poniższej tabeli:

Średnica zewnętrzna d_n [mm]	Szerokość podpór lub opasek [mm]
63	100
90	100
110	100
160	120
225	150
315	200
450	220
500	270
630	300

Jako punkty przymocowania zawiesi mogą być wykorzystywane luźne kołnierze połączeń rurociągu. W przypadku stosowania połączeń kielichowych wciskanych konieczne jest zastosowanie zawiesi sztywnych lub zastosowanie zabezpieczeń przed rozłączeniem.



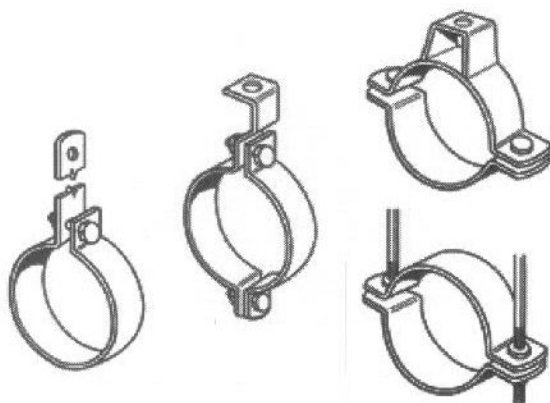
Przykłady mocowania rur na zawiesiach.

Zakłady Tworzyw Sztucznych Gamrat® Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprzewodzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E	do DTR - 01/2006 Edycja 4 Styczeń – 2013r. Strona 9 / 27
--	--	---

Zaleca się stosowanie zawiesi sztywnych, gdy nachylenie rurociągu jest większe niż 5 %.

Przykładowe zalecane zawiesia

Sztywne zawiesia



Elastyczne zawiesia



Montaż elementów rurociągu

Rury i kształtki powinny być zamontowane w taki sposób, aby uniemożliwić ich przemieszczanie się. Końce rur i kształtek powinny być zabezpieczone pokrywami (deklami) elektroprzewodzącymi lub stalowymi na czas transportu i składowania.

Pokrywy (dekle) należy demontować tylko bezpośrednio przed montażem rur w rurociągu.

W trakcie montażu rur i kształtek zabezpieczonych warstwą elektroprzewodzącą na powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej należy bezwzględnie przestrzegać zasady, by przewodząca warstwa wewnętrzna miała połączenie z warstwą zewnętrzną poprzez zabezpieczone warstwą elektroprzewodzącą czołowe powierzchnie rur i kołnierzy (w przypadku połączeń kołnierzowych), tak by powstające ładunki mogły swobodnie zostać odprowadzane na zewnątrz. Każda nieciągłość połączenia warstwy elektroprzewodzącej uniemożliwia użytkowanie rurociągu.

Zakłady Tworzyw Sztucznych Gamrat® Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprowadzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E	do DTR - 01/2006 Edycja 4 Styczeń – 2013r. Strona 10 / 27
--	--	--



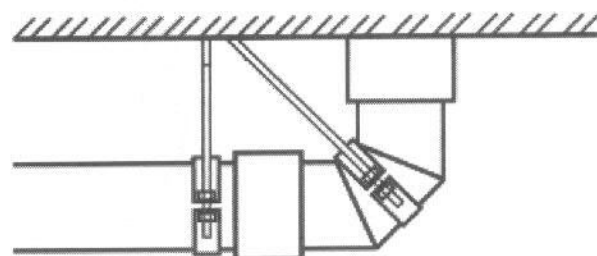
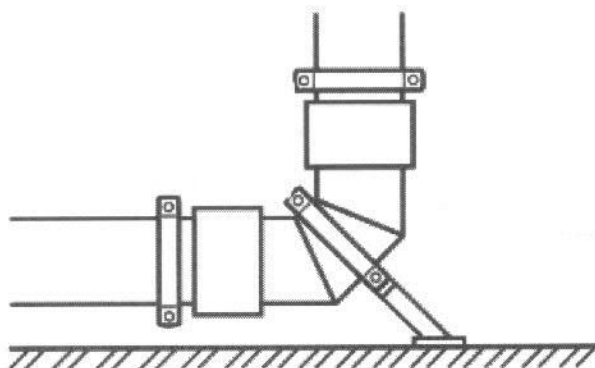
Do mocowania należy stosować opaski lub mufy, nie dopuszcza się mocowania przy użyciu łańcuchów, bezpośrednio stykających się z rurą.

Rury należy zawieszać na zawiesiach o wytrzymałości dostosowanej dla montowanego rurociągu i o regulowanej długości.

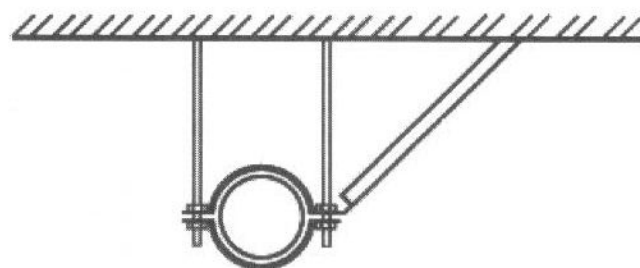
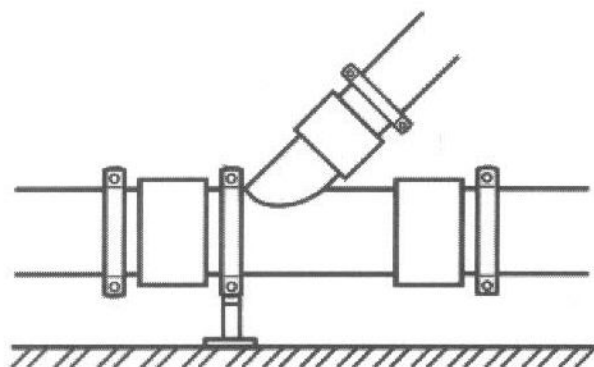
UWAGA !

- Dopuszczalna strzałka ugięcia rurociągu między zawiesiami nie powinna być większa niż 7 cm
- Każda zabudowana część osprzętu (kolano, trójnik, zasuwa, pasówka, itp.) powinna posiadać oddzielne zawiesie.

**Przykładowe sposoby zabezpieczania rur kielichowych przed przemieszczeniem
za pomocą zawiesi sztywnych**



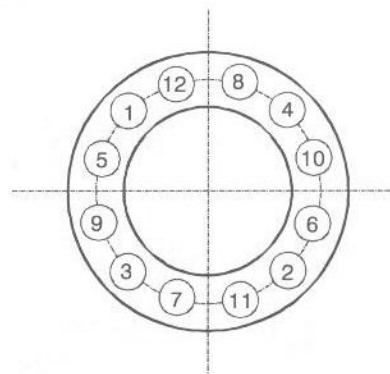
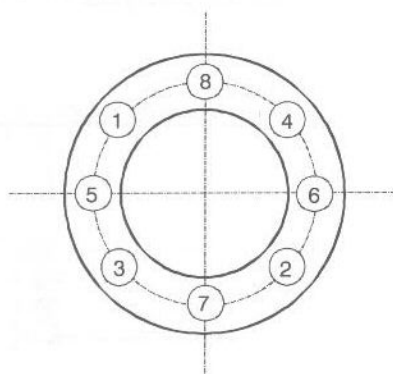
Zakłady Tworzyw Sztucznych Gamrat® Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprowadzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E	do DTR - 01/2006 Edycja 4 Styczeń – 2013r. Strona 11 / 27
--	--	--



Skręcanie połączeń kołnierzowych należy przeprowadzać normalną długością klucza, bez stosowania przedłużeń ramienia, co gwarantuje moment skręcający. W celu zapewnienia osiągnięcia prawidłowego montażu połączeń kołnierzowych należy stosować klucz dynamometryczny.

Średnica rury	mm	50	63	75	90	110	140	160	225
Moment skręcający	Nm	100	100	120	140	160	170	180	200

Sposoby dokręcania śrub

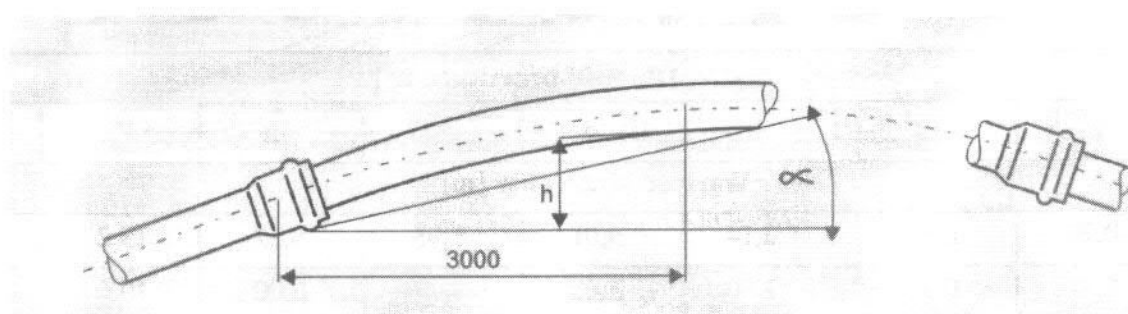


- Długość śrub powinna być tak dobierana aby zapewnić całkowite nakręcenie nakrętki. Należy stosować podkładki pod główką śruby i nakrętki.
- Należy przestrzegać liniowego ułożenia poszczególnych rur. Wprowadzenie naprężeń wynikających z nieliniowego ułożenia łączonych elementów jest niedopuszczalne pod żadnym pozorem.

Zakłady Tworzyw Sztucznych Gamrat® Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprowadzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E	do DTR - 01/2006 Edycja 4 Styczeń – 2013r. Strona 12 / 27
--	---	--

- Przed rozpoczęciem skręcania, powierzchnia uszczelki musi być ułożona równolegle do lica tulei kołnierzowej.
- Po włożeniu śrub powinna ona być wstępnie skręcona ręcznie. Gdy wszystkie śruby znajdują się na miejscu należy przystąpić do właściwego skręcenia połączenia kołnierzowego.
- Do uszczelnienia połączeń należy stosować uszczelki gumowe z materiałów posiadających stosowny certyfikat potwierdzający bezpieczne stosowanie w warunkach podziemnych wyrobisk zakładów górniczych.
- Śruby powinny być dokręcane kluczem dynamometrycznym naprzemianlegle. Należy przestrzegać kolejności dokręcania nakrętek stopniowo zwiększając siłę dokręcania aż do momentu osiągnięcia wymaganego momentu.
- Do uszczelnienia połączeń należy stosować uszczelki gumowe z materiałów posiadających stosowny certyfikat potwierdzający bezpieczne stosowanie w warunkach podziemnych wyrobisk górniczych.
- Przy montażu rur i kształtek kielichowych z uszczelką elastyczną koniec rury i uszczelkę należy nawilżyć, najlepiej wodą z mydłem, lub specjalnymi płynami, dostarczonymi przez producenta rur PVC-U/E.

Dopuszczalne strzałki ugięcia i kąta zmiany przewodu z rur PVC-U/E



Określenie	Średnica zewnętrzna D [mm]											
	50	63	90	110	160	225	250	315	400	450	500	630
Strzałka h [m]	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01
Kąt zmiany	1,3°	1,3°	1,2°	1°	0,9°	0,9°	0,9°	0,9°	0,6°	0,3°	0,3°	0,1°

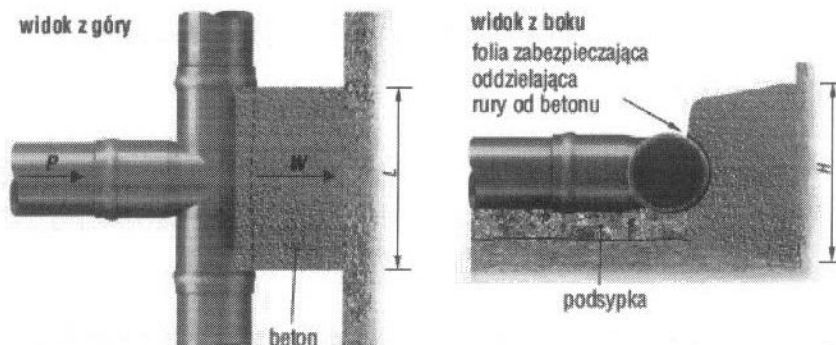
Zakłady Tworzyw Sztucznych Gamrat® Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA	do DTR - 01/2006
		Edycja 4 Styczeń – 2013r.
	Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprzewodzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E	Strona 13 / 27

Uziemienie rurociągu

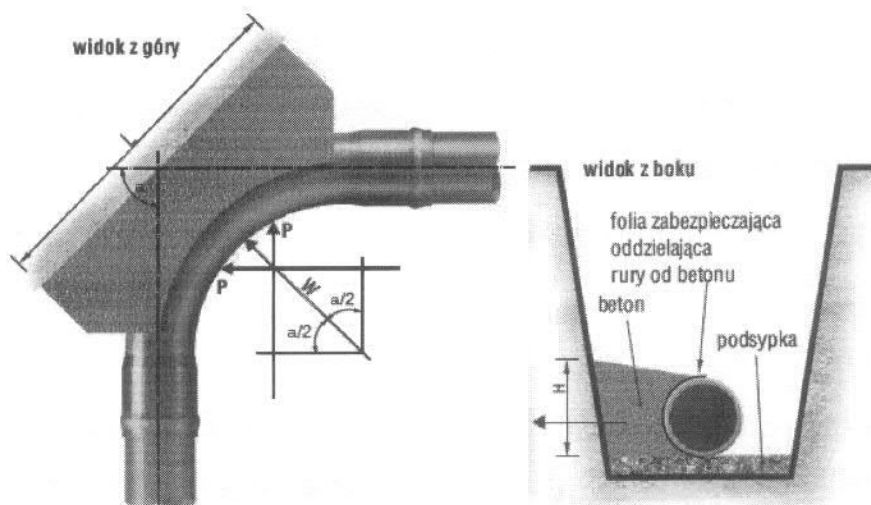
Należy stosować podpory i zawiesia przewodzące ładunki elektrostatyczne. Jeżeli zastosowano elementy niespełniające tego warunku to rurociąg należy uziemić.

Zalecane jest uziemienie, co trzecią rurę rurociągu, ale odległość między elementami uziemiającymi nie może być większa niż 20 m. Rury nie powinny bezpośrednio spoczywać na metalowych obejmach lub podporach. Między rurą a metalowym elementem podtrzymującym należy umieścić podkładkę z miękkiego tworzywa np. niepalnego, antystatyzowanego przewodzącego tworzywa lub gumy.

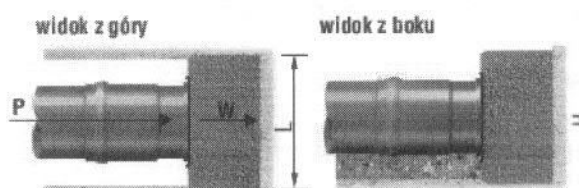
Przykładowe sposoby zabezpieczania rur kielichowych przed przemieszczeniem przy pomocy bloków betonowych



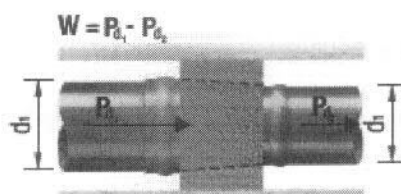
Blok oporowy dla trójnika



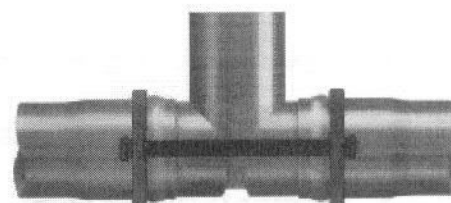
Blok oporowy kolana lub łuku



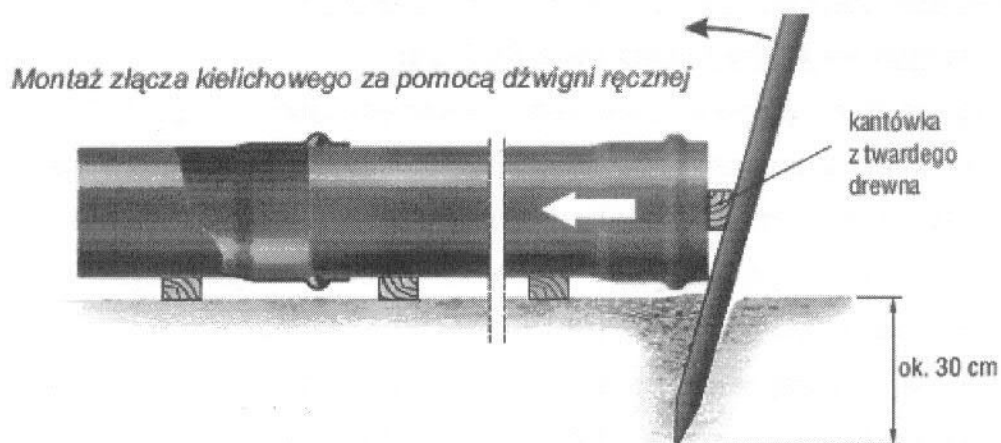
Blok oporowy korka



Blok oporowy zwężki



Przykład wzmocnienia złącza kielichowego



Zakłady Tworzyw Sztucznych  Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA		do DTR - 01/2006
	Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprzewodzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E		Edycja 4 Styczeń – 2013r.
			Strona 15 / 27

- Wykonywanie połączeń klejonych należy przeprowadzić zgodnie z instrukcją klejenia.
- Uszkodzone rury (pęknięte, z uszkodzoną warstwą elektroprzewodzącą) należy bezwzględnie wywieść na powierzchnię kopalni.
- Po zmontowaniu rurociągu należy przeprowadzić wodną próbę ciśnieniową przy ciśnieniu nominalnym.

Warunki reklamacji

- Pęknięcia, odpryski powłoki (powyżej 5 cm² w ilości powyżej 2/mb), odbarwienia po uderzeniu przechodzące na stronę wewnętrzną rury lub kształtki dyskwalifikują je z użycia.
- Reklamacje należy zgłaszać pisemnie na adres firmy.
- Reklamowane elementy zachować do kontroli.
- Reklamacje rozpatrywane są w okresie do 14 dni.
- Wadliwe elementy zostaną wymienione na nowe.
- Wady powstałe z winy użytkownika mogą być usunięte w terminie 14 dni, na jego koszt.

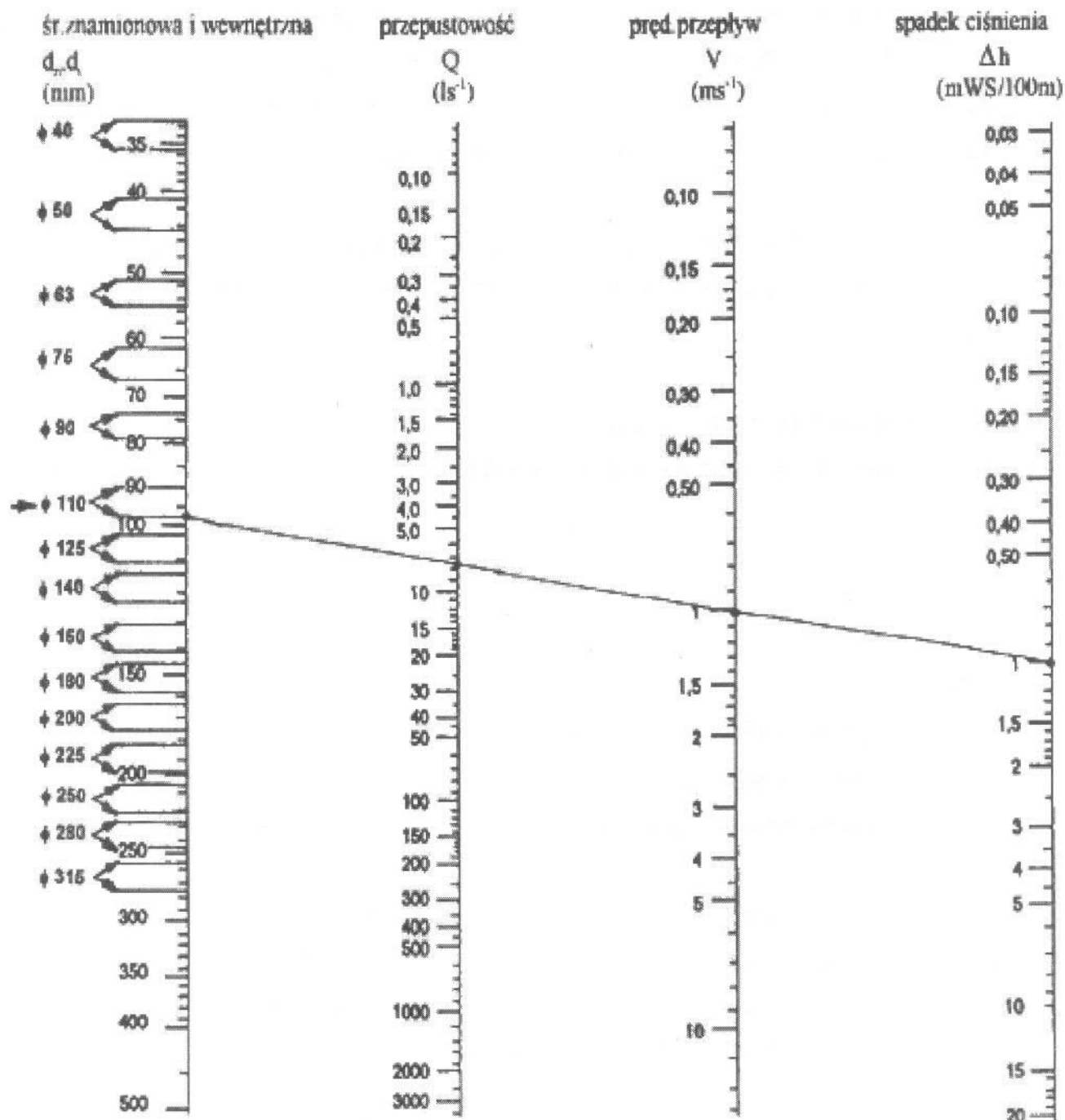
Uszkodzone elementy lub po demontażu mogą być składowane na składowiskach komunalnych.

ZAŁOŻENIA DO PROJEKTOWANIA RUROCIĄGÓW

Charakterystyka hydrauliczna rur z PVC-U/E

Z uwagi na dużą gładkość powierzchni wewnętrznych rur typu PVC-U/E, opory przepływu wody w rurach są znacznie niższe niż w rurociągach wykonanych z materiałów tradycyjnych. Dla wykonania obliczeń spadków ciśnień w rurociągu wygodnie jest posługiwać się nomogramami uwzględniającymi przepustowość rurociągu, szybkość przepływu i spadki ciśnienia. Na nomogramie należy za pomocą prostej połączyć punkty z linii średnicy wewnętrznej d_i , przepływu Q , prędkości V i spadku ciśnienia Δh .

Dla ułatwienia, punkty na osi średnic wewnętrznych d_i wskazane są z kolumny średnic znamionowych d_n .



Przykład z nomogramu: dla $\varnothing 110$ (dolny odnośnik) średnica wewnętrzna $d_i = 97$ mm, przy przepływie $Q = 7,7$ L/s prędkość wynosi $V = 1$ m/s, a spadek ciśnienia $\Delta h = 1$ mWS/100.

Zakłady Tworzyw Sztucznych  Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA		do DTR - 01/2006
	Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprzewodzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E		Edycja 4 Styczeń – 2013r.
			Strona 17 / 27

Przy rozważaniu oporów hydraulicznych dla średnich prędkości przepływu, kształtki można traktować jako zastępczą długość rurociągu. I tak trójnik, redukcję oraz kolano 90° można zastąpić około 20 m rurociągu, kolano o promieniu $r = d$ zastąpić można około 10 m oraz kolano o promieniu $r = 1,5 d$ odpowiada około 5 m rurociągu.

W innych zastosowaniach rur PVC-U/E, tj. do transportu cieczy o odmiennych lepkościach kinematycznych i gęstościach należy indywidualnie dokonać obliczeń jednostkowych strat ciśnienia.

Jednostkowe straty ciśnienia w rurach

Jednostkowe straty ciśnienia w rurach określa się wzorem Darcy'ego – Weisbacha.

$$\Delta h_r = \lambda \times \frac{w^2 \zeta}{2d_i} \quad \left[\frac{\left(\frac{m}{s} \right)^2 \times \frac{kg}{m^3}}{m} \right] = \left[\frac{N/m^2}{m} \right] = \left[\frac{Pa}{m} \right] \quad \text{(wzór 1)}$$

gdzie:

ζ – gęstość płynu [kg/m³]

d_i – średnica wewnętrzna [m]

w – prędkość przepływu [m/s]

Aby można było wyznaczyć jednostkowe straty ciśnienia, wcześniej należy określić wartość bezwymiarowego współczynnika liniowych oporów przepływu λ (współczynnik tarcia rury). Współczynnik ten w zależności od charakteru przepływu wody i chropowatości ścianki rury może przyjmować bardzo zróżnicowane wartości.

W celu ustalenia charakteru rury (hydraulicznie gładka czy szorstka) skorzystać można ze wzoru:

$$e_{gr} = \frac{23}{Re} \quad \text{(wzór 2)}$$

Zakłady Tworzyw Sztucznych  Gamrat® Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA		do DTR - 01/2006
	Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprowadzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E		Edycja 4 Styczeń – 2013r.
			Strona 18 / 27

na graniczną chropowatość rur hydraulicznych gładkich:

gdzie:

Re – liczba Reynoldsa

$$Re = w \times \frac{d_i}{\nu} \quad \left[\frac{m}{s} \times \frac{m}{m^2/s} \right] = [1] \quad \text{(wzór 3)}$$

ν - lepkość kinematyczna m^2/s

Przyjmuje się, że dla rur przy chropowatości = 0,01 mm (chropowatość względna) współczynnik oporów przepływu

dla warunków: $d_w \geq 10 \text{ mm}$
 $0,2 \text{ m/s} \leq w \leq 3 \text{ m/s}$

może być obliczany ze wzorów jak dla rur hydraulicznych gładkich.

Wyznaczony badaniami dla w/w warunków wzór Sevieleva na współczynnik liniowych oporów przepływu ma postać:

$$\lambda = 0,25 Re^{-0,226} \quad \text{(wzór 4)}$$

Jednak w praktyce występują dodatkowe opory przepływu (opalizacja, nierówności na łączeniach, łagodne łuki), w związku z czym dla wyznaczenia rzeczywistych strat ciśnienia przyjmuje się 10% dodatek do tego wzoru.

Ostatecznie współczynnik liniowych oporów przepływu wyznaczamy:

$$\lambda = 0,275 Re^{-0,226} \quad \text{(wzór 5)}$$

Zakłady Tworzyw Sztucznych  Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA		do DTR - 01/2006
	Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprowadzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E		Edycja 4 Styczeń – 2013r.
			Strona 19 / 27

Po podstawieniu wzoru 5 do wzoru 1 otrzymamy:

$$\Delta h_r = \frac{0,275}{\text{Re}^{0,226}} \times \frac{w^2 \zeta}{2d_i} \quad (\text{wzór 6})$$

i dalej podstawiając wzór 3 na liczbę Reynoldsa do wzoru 6

$$\Delta h_r = 0,275 \left(\frac{v}{wd_i} \right)^{0,226} \frac{w^2 \zeta}{2d_i} \quad (\text{wzór 7})$$

$$\Delta h_r = \frac{0,275}{2} v^{0,226} \frac{w^{1,774}}{d_i^{1,226}} \zeta$$

Zastępując prędkość przepływu $\left[\frac{m}{s} \right]$ przepływem $Q \left[\frac{m^3}{s} \right]$

$$Q = \frac{\pi}{4} d_i^2 w \Rightarrow w = \frac{4}{\pi} \frac{Q}{d_i^2}$$

wzór 7 ma postać:

$$\Delta h_r = \frac{0,275}{2} \left(\frac{4}{\pi} \right)^{1,174} v^{0,226} \frac{Q^{1,774}}{d_i^{4,774}} \zeta$$

ostatecznie (w jednostkach SI)

$$\Delta h_r = 0,211 v^{0,226} \frac{Q^{1,774}}{d_i^{4,774}} \zeta \quad \left[\frac{Pa}{m} \right] \quad (\text{wzór 8})$$

gdzie: $d_i [m], \quad v \left[\frac{m^2}{s} \right], \quad Q \left[\frac{m^3}{s} \right], \quad \zeta \left[\frac{kg}{m^3} \right]$

Zakłady Tworzyw Sztucznych  Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA	do DTR - 01/2006
		Edycja 4 Styczeń – 2013r.
	Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprowadzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E	Strona 20 / 27

Dla jednostek bardziej praktycznych, tj.

$$d_i [dm], \quad v \left[\frac{m^2}{s} \right], \quad Q \left[\frac{dm^3}{s} \right], \quad \varsigma \left[\frac{kg}{dm^3} \right]$$

$$\Delta h_r = 59,7 v^{0,226} \frac{Q^{1,774}}{d_i^{4,774}} \varsigma \left[\frac{Pa}{m} \right] \quad (\text{wzór 9})$$

Na przykład dla wody o temperaturze 10°C $v = 1,31 \times 10^{-6} \left[\frac{m^2}{s} \right]$ $i \varsigma = 1,0007 \left[kg/m^3 \right]$

wzór 9 ma postać:

$$\Delta h_r = 2,8 \frac{Q^{1,774}}{d_i^{4,774}} \left[\frac{Pa}{m} \right]$$

lub

$$\Delta h_r = 0,285 \frac{Q^{1,774}}{d_i^{4,774}} \quad [mm \text{ H}_2\text{O} / m]$$

i może służyć do obliczeń jednostkowych strat ciśnienia przy przesyłaniu wody rurami w typowych warunkach zakładów górniczych.

Rozszerzalność termiczna i sposoby kompensacji

Wydłużenie liniowe rur

Projektowanie zawieszanego układu rurowego powinno uwzględnić skutki zmian przekroju poprzecznego na drodze płynięcia i odchylenia niezamierzone od prostoliniowości całego układu.

W przypadku długich odcinków rur z połączeniami kołnierzowymi cały odcinek jako monolit będzie doznawał znacznych zmian długości.

Zakłady Tworzyw Sztucznych  Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA		do DTR - 01/2006
	Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprowadzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E		Edycja 4 Styczeń – 2013r.
			Strona 21 / 27

Układy rurociągów z tworzyw sztucznych instalowane na zawieszeniach należy projektować w taki sposób, żeby rozszerzalność lub kurczliwość cieplna była kompensowana.

W przeciwnym razie należy sprawdzić czy naprężenia cieplne mieszczą się w dopuszczalnych granicach projektowych danego materiału.

Współczynnik liniowej rozszerzalności cieplnej α_L dla tworzyw sztucznych jest stosunkowo bardzo duży i waha się w przybliżeniu od $20 \times 10^{-6} 1/^{\circ}C$ do $200 \times 10^{-6} 1/^{\circ}C$

Obliczenia podstawowe

Zmiana długości, ΔL powinna być obliczona (w milimetrach) przy użyciu następującego wzoru:

$$\Delta L = \alpha_L \times L \times \Delta T$$

gdzie:

α_L - jest współczynnikiem liniowej rozszerzalności cieplnej (dla PVC-U przyjmuje się $80 \times 10^{-6} 1/^{\circ}C$ lub $0,08 mm / (m \times ^{\circ}C)$),

L - jest początkową długością jaką przyjmuje się do obliczeń,

ΔT - jest różnicą temperatur w stopniach Celsjusza (dla warunków dołowych przyjmuje się $15^{\circ}C$)

Dla odcinka 50m rurociągu z obliczeń wyjdzie:

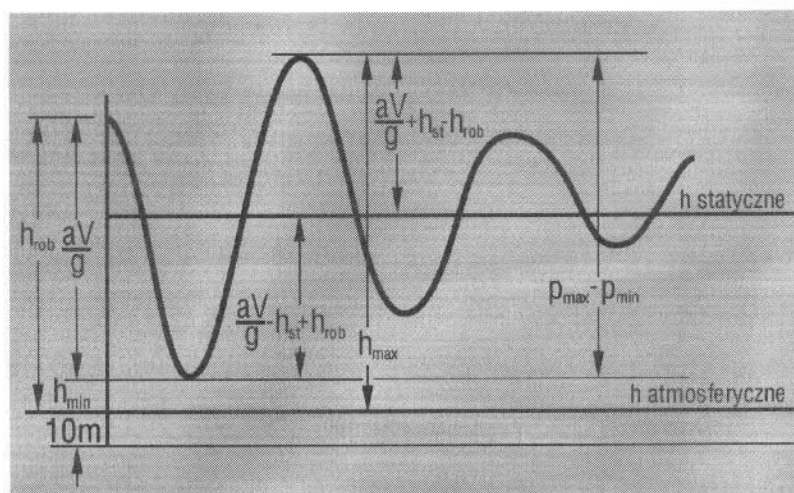
$$\Delta L = 0,08 mm / (m \times ^{\circ}C) \times 50 m \times 15^{\circ}C = 60 mm$$

Obliczone wartości odnoszą się do rury, która może poruszać się swobodnie we wszystkich kierunkach. Gdyby rurociąg co 50m zmieniał kierunek o 90° a w środku odcinka przyjąć punkt stały to na kolanie wystąpi odchylenie o 30mm, co dla rurociągu podwieszanego na zawiesiach łańcuchowych nie stanowi żadnego problemu. Dla dłuższych odcinków prowadzonych prostoliniowo należy zastosować rozwiązania techniczne dla kompensacji wydłużeń rurociągu.

Zakłady Tworzyw Sztucznych Gamrat® Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprzewodzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E	do DTR - 01/2006 Edycja 4 Styczeń – 2013r. Strona 22 / 27
--	---	--

Uderzenia hydrauliczne

Przy nagłych i dużych zmianach prędkości przepływu cieczy w rurach może dojść do powstania zjawiska uderzenia hydraulicznego czyli fali ciśnienia. Fala ta oscyluje w odniesieniu do ciśnienia panującego w systemie, powodując występowanie nadciśnienia i podciśnienia



Przebieg fali uderzenia hydraulicznego

$$p_{\max} - p_{\min} < 1/2 P_N$$

Ekstremalne wartości amplitudy ciśnienia, jakie mogą wystąpić podczas uderzenia hydraulicznego można obliczyć ze wzoru Żukowskiego:

$$\Delta p = \rho \times c \times \Delta v$$

gdzie:

- ρ - gęstość cieczy, dla wody $\rho = 10^3$ [kg/m³],
- c - prędkość fali ciśnienia [m/s],
- Δv - zmiana prędkości przepływu [m/s].

Zakłady Tworzyw Sztucznych  Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA		do DTR - 01/2006
	Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprzewodzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E		Edycja 4 Styczeń – 2013r.
			Strona 23 / 27

Obliczone, ekstremalne przyrosty ciśnienia, po zsumowaniu z ciśnieniem statycznym w przewodzie należy porównać z dopuszczalnymi (maksymalnym i minimalnym) ciśnieniami, jakie mogą występować w danym rurociągu.

Przy sporadycznym występowaniu uderzeń hydraulicznych, maksymalne ciśnienie może przewyższać ciśnienie nominalne PN o 50%. Przy częstych zmianach natężenia przepływu, np. o charakterze cyklicznym, dopuszczalne ciśnienie maksymalne winno być co najwyżej równe ciśnieniu nominalnemu.

Minimalne bezwzględne ciśnienie strumienia wody podczas uderzenia hydraulicznego powinno być zawsze większe od ciśnienia wrzenia cieczy w danej temperaturze.

Uderzenie hydrauliczne może być spowodowane:

- nagłym zamknięciem lub otwarciem zaworu,
- zbyt szybkim napełnianiem sieci i niedostatecznym odpowietrzeniem przy napełnianiu,
- włączeniem lub wyłączeniem pomp przy otwartych zaworach odcinających.

Skutki uderzeń hydrostatycznych:

- znaczne przekroczenie ciśnienia nominalnego rury powoduje jej zniszczenie,
- częste wahania ciśnienia powoduje zmęczenie materiału i skraca żywotność rur.

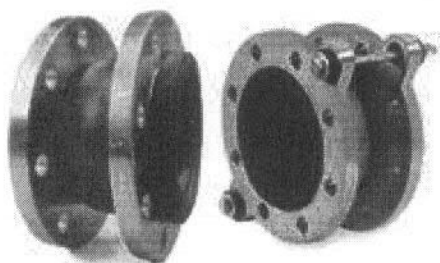
Metody zmniejszające wielkość fali uderzeniowej:

- zwiększenie czasu zamykania i otwierania zaworów,
- powolne napełnianie sieci i prawidłowe jej odpowietrzanie,
- zrzut wody przez zawory bezpieczeństwa,
- stosowanie pomp z układem miękkiego startu i hamowania.

Sposoby kompensacji wydłużeń przy zastosowaniu złączy kompensacyjnych

Chociaż rozważana jest instalacją rur wypełnionych wodą zimną, to jednak w praktyce należy się liczyć za zmianami temperatur rurociągu. W przypadku instalacji gdzie są zmiany kierunku i odgałęzienia należy stosować kompensację poprzez zastosowanie kompensatorów gumowych.

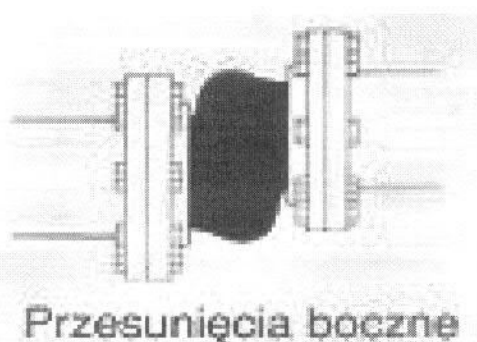
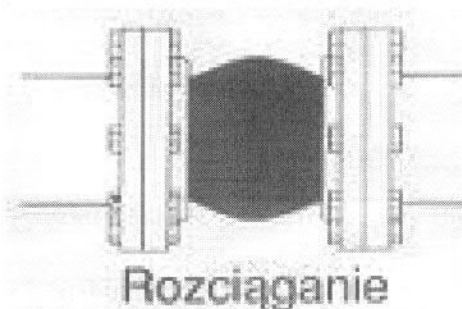
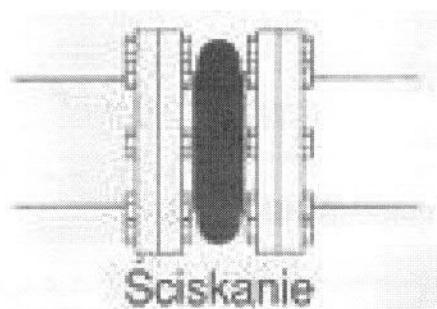
Zakłady Tworzyw Sztucznych Gamrat® Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprowadzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E	do DTR - 01/2006 Edycja 4 Styczeń – 2013r. Strona 24 / 27
---	--	---



Wygląd przykładowego kompensatora gumowego

Kompensatory, złącza kompensacyjne o odpowiednio dobranej charakterystyce stosuje się w celu: kompensacji wydłużeń, korekty niewspółosiowości, tłumienia wibracji i hałasu, absorbowanie fal ciśnieniowych oraz kompensacji naprężeń mechanicznych w instalacjach.

Przykłady przemieszczeń kompensowanych przez złącza kompensacyjne.



Zakłady Tworzyw Sztucznych  Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA		do DTR - 01/2006
	Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprowadzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E		Edycja 4 Styczeń – 2013r.
			Strona 25 / 27

Obciążenia z powodu ciśnienia wewnętrznego

W układach rurowych w których także końce rur są narażone na ciśnienie wody (tj, złącza kołnierzowe w układach ciśnieniowych) należy uwzględnić siłę działającą w rurze.

Może ona zostać obliczona przy użyciu następującego równania:

$$F_p = 0.25 \times \pi \times d_i^2 \times p$$

gdzie:

p - jest ciśnieniem wewnętrznym w rurze,

d_i - jest średnicą wewnętrzną rury.

Ciężar własny rury

Równomierne rozłożenie obciążenie, q_o , wynikające z masy pustej rury może być obliczone przy użyciu następującego równania:

$$q_o = \pi \times \gamma_o \times (d_e - e) \times e$$

gdzie:

q_o - jest ciężarem własnym rury na jednostkę długości,

γ_o - jest pozornym ciężarem właściwym rury. Przyjmuje się: 1,4 [g/cm³],

d_e - jest średnicą zewnętrzną rury, w milimetrach,

e - jest grubością ścianki rury, w milimetrach.

Ciężar cieczy

Równomierne rozłożone obciążenie, q_i , wynikające z masy cieczy, gdy rura jest pełna, może być obliczone przy użyciu następującego równania:

$$q_i = 0.25 \times \pi \times \gamma_i \times d_i^2$$

gdzie:

q_i - jest ciężarem płynu na jednostkę długości,

γ_i - jest ciężarem właściwym płynu,

Zakłady Tworzyw Sztucznych  Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA	do DTR - 01/2006
	Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprowadzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E	Edycja 4 Styczeń – 2013r.
		Strona 26 / 27

Napężenia osiowe w odcinkach rury

Dla sumy netto obciążeń osiowych, osiowe napężenia normalne mogą być wyznaczone z użyciem całkowitego pola przekroju poprzecznego:

$$\sigma_n = F / A_p$$

gdzie:

σ_n - jest osiowym napężeniem normalnym,

F - jest sumą netto obciążeń osiowych od ciśnienia oraz od temperatury,

A_p - jest polem przekroju poprzecznego rury $\pi \times (d_e - e) \times e$.

Napężenia od ugięcia rurociągu

Napężenia od ugięcia rury można oszacować wychodząc od strzałki ugięcia na standardowym odcinku rury:

Promień gięcia rury dla maksymalnej strzałki ugięcia (określonej przez producenta) wynosi:

$$R_{g\min} = 0.25 \times L^2 / h_u$$

gdzie:

$R_{g\min}$ - minimalny promień gięcia rury,

L - długość standardowego odcinka. Przyjmuje się 6mb,

$h_{u\max}$ - maksymalna strzałka ugięcia rury na standardowym odcinku.

Napężenie na zewnątrz ścianki rury można oszacować wg wzoru:

$$\sigma_R = E_x \times \Delta l_R$$

gdzie:

Δl_R - wydłużenie zewnętrznej ścianki rury na skutek ugięcia. Przyjmuje się:

$$\Delta l_R = d_e / R_g$$

E_x - jest modułem sprężystości materiału rury w kierunku wzdłużnym w niutonach na milimetr kwadratowy. Przyjmuje się dla PVC-U 3200 [N/mm²].

Zakłady Tworzyw Sztucznych  Spółka Akcyjna 38-200 Jasło ul. Mickiewicza 108	INSTRUKCJA STOSOWANIA		do DTR - 01/2006
	Rury i kształtki z poli(chlorku winylu) z elektroprowadzącą warstwą powierzchniową typu PVC-U/E		Edycja 4 Styczeń – 2013r.
			Strona 27 / 27

Zalecenia techniczno-organizacyjne i uwagi

- Montaż rurociągów i instalacji złożonych z rur rur PVC-U/E, musi się odbywać według wcześniej przygotowanej dla danego zakładu górniczego dokumentacji.
- Przy połączeniach z rurociągami o ciśnieniu większym niż zalecane dla danego typu rur należy stosować zawory redukcyjne oraz zawory bezpieczeństwa zabezpieczające sieć przed nadmiernym wzrostem ciśnienia.
- Wszelkie elementy rurociągów, urządzenia i narzędzia specjalne używane w trakcie montażu w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych, muszą posiadać stosowne certyfikaty uprawniające do stosowania ich w podziemnych zakładach górniczych.
- Montaż rurociągów z wykorzystaniem rur PVC-U/E, może być prowadzony przez pracowników zapoznanych z zasadami montażu zawartymi w niniejszej instrukcji

UWAGI eksploatacyjne !

- Rurociągi należy zawieszać na takich wysokościach, aby nie utrudniać przejścia ludzi oraz transportu kołowego.
- Układając rurociąg na spągu, należy przestrzegać, aby rury nie spoczywały na twardych i ostrych nierównościach, drobnych sztywnych przedmiotach, kamieniach itp.
- Nie wolno układać na rurociągu żadnych przedmiotów.
- Każdy rurociąg przed oddaniem do eksploatacji powinien być poddany próbie ciśnieniowej.
- W najwyższych miejscach rurociągu zabudować zawory odpowietrzające zabudowane w taki sposób by gwarantowały wypływ powietrza z górnej części rur podczas napełniania.
- Wszystkie dodatkowe elementy rurociągu takie jak np.: kolana, trójniki, zasuwy itp. powinny być podwieszone na własnych zawiesiach.
- Co trzecia rura powinna być uziemiona.
- W celu kompensacji wydłużeń bezwzględnie stosować kompensatory o charakterystyce dobranej do lokalnych warunków.