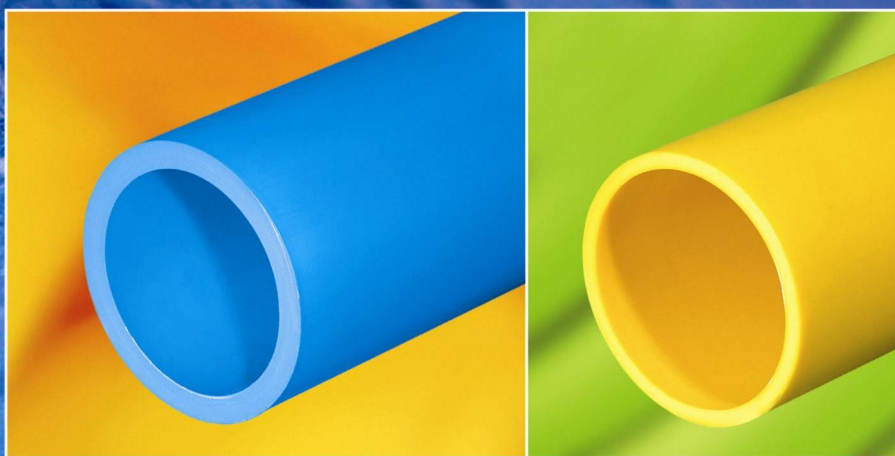


INSTRUKCJA MONTAŻU

**RUROCIĄGÓW
Z POLIETYLENU (PE)**



ekologiczne rozwiązania

ISO 9001



**Przedsiębiorstwo Barbara Kaczmarek
Spółka Jawna**

**INSTRUKCJA
montażu
rurociągów z polietylenu (PE)**

Malewo 2008

Spis treści

WPROWADZENIE.....	5
1.1 UWAGI WSTĘPNE.....	5
1.2 ZAKRES STOSOWANIA INSTRUKCJI	5
2 INFORMACJE OGÓLNE.....	5
3 TRANSPORT I SKŁADOWANIE RUR PE	6
4 MONTAŻ RUROCIĄGU	7
4.1 ZGRZEWANIE DOCZOŁOWE	7
4.2 ZGRZEWANIE ELEKTROOPOROWE.....	20
4.3 POŁĄCZENIA KOŁNIERZOWE REALIZOWANE PRZY POMOCY TULEI KOŁNIERZOWYCH	23
4.4 KSZTAŁTKI ZACISKOWE.....	23
4.5 KSZTAŁTKI PRZEJŚCIOWE PE-STAL	24
5 UKŁADANIE RUROCIĄGÓW	24
5.1 ODLEGŁOŚCI RUROCIĄGÓW OD INNYCH ELEMENTÓW UZBROJENIA PODZIEMNEGO.....	24
5.2 GIĘCIE RUROCIĄGU NA PLACU BUDOWY	25
5.3 WYKOP.....	26
5.4 UKŁADANIE RUROCIĄGU W WYKOPIE	27
5.5 OBSYPKA I ZASYPKA RUROCIĄGU.....	27
6 RURY O ZWIĘKSZONEJ WYTRZYMAŁOŚCI „TYTAN”	29
6.1 TYTAN PE/PE	29
6.2 TYTAN PE/PP	30
7 ODBIÓR PRAC	31
7.1 PRÓBA SZCZELNOŚCI WODOCIĄGU	31
7.2 UWAGI NA TEMAT PRZYŁĄCZY WODOCIĄGOWYCH Z RUR PE.....	34
7.3 PRÓBA SZCZELNOŚCI GAZOCIĄGU	35
8 ASORTYMENT PRODUKCJI.....	36
9 BIBLIOGRAFIA.....	46

1 Wprowadzenie

1.1 Uwagi wstępne

Udział tworzyw sztucznych w nowobudowanych systemach sieciowych infrastruktury podziemnej zwiększa się z roku na rok - coraz większa liczba inwestorów docenia zalety rurociągów wykonane w technologii tworzywowej. Do najważniejszych z nich należą szczelność, trwałość, pewność i łatwość montażu oraz relatywnie niski koszt wykonania.

Na rzeczywistą jakość i trwałość konkretnego rurociągu mają wpływ: jakość użytych materiałów, jakość prac montażowych i warunki eksploatacji tegoż rurociągu. Aby wspomóc wykonawców w podnoszeniu jakości prac montażowych została opracowana instrukcja montażu rurociągów polietylenowych której zalecenia winne być stosowane przy budowie rurociągów z rur i kształtek produkowanych przez Przedsiębiorstwo Barbara Kaczmarek Sp. J.

1.2 Zakres stosowania instrukcji

Niniejsza instrukcja zawiera wytyczne dotyczące warunków wykonania i odbioru rurociągów z rur polietylenowych (PE) produkowanych przez Przedsiębiorstwo Barbara Kaczmarek Sp. J. odnoszą się one zarówno do rurociągów grawitacyjnych (bezcisnieniowych) jak i ciśnieniowych a w szczególności do:

- **wodociągów** transportujących uzdatnioną wodę pitną, wodę surową, wodę do irygacji lub do celów przemysłowych,
- **gazociągów** transportujących paliwa gazowe,
- **przewodów kanalizacyjnych** transportujących ścieki socjalno-bytowe lub wody deszczowe.

Wszelkie inne zastosowania oferowanych rur PE przekraczające standardowe warunki użytkowania (np. instalacja przemysłowa transportująca medium o temperaturze przekraczającej 20°C) winne być konsultowane z producentem.

2 Informacje ogólne

Budowa rurociągu może być realizowana w oparciu o:

- szczegółowy projekt określający parametry stosowanych rur i kształtek oraz materiał z którego mają być wykonane
- technologie łączenia poszczególnych rur i kształtek
- lokalizacje projektowanego rurociągu w stosunku do pozostałych elementów uzbrojenia podziemnego i budynków
- warunki ułożenia rurociągu

Projekt powinien być przygotowany w oparciu o analizę wyników pomiarów geotechnicznych gruntu i jeżeli jest to konieczne powinien zawierać wytyczne określające sposób wzmocnienia podłoża lub zabezpieczenia rurociągu przed wypłynięciem. Zgodnie z wymaganiami, określony musi być stopień zagęszczenia gruntu wokół rurociągu.

Jeżeli ulegają zmianie warunki realizacji projektu, to projekt musi być również zmieniony.

Maksymalne ciśnienia robocze (p_{rob}) rurociągu polietylenowego odpowiadające ciśnieniu nominalnemu (PN) zależne jest od klasy materiału rury (PE 80 lub PE 100), szeregu wymiarowego rury (SDR) i współczynnika bezpieczeństwa konstrukcji rurociągu (C) zależnego od rodzaju transportowanego medium lub warunków eksploatacji rurociągu (np. temperatura, środowisko chemiczne). Należy tutaj podkreślić, że ciśnienie jakiego poddawany jest rurociąg podczas próby szczelności (patrz pkt. 6) może być równe $1,5 \times p_{rob}$. Tak więc kryterium doboru rur jest maksymalne

ciśnienie robocze a nie ciśnienie próbne rurociągu. Maksymalne ciśnienia robocze dla rurociągów polietylenowych zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Ciśnienia nominalne rurociągów PE

Rodzaj rurociągu	PE 100			PE 80				
	SDR 11	SDR 17	SDR 26	SDR 11	SDR 13,6	SDR 17	SDR 21	SDR 26
Wodociąg ($C \geq 1,25$)	PN 16	PN 10	PN 6	PN 12,5	PN 10	PN 8	PN 6	PN 5
Gazociąg ($C \geq 2,0$)	PN 10	PN 6	-	PN 8	-	PN 4	-	-
Kanalizacja ($C \geq 1,25$)	PN 16	PN 10	PN 6	PN 12,5	PN 10	PN 8	PN 6	PN 5

Przy budowie rurociągów bezciśnieniowych ważnym parametrem rury jest jej sztywność obwodowa S_R . Im mniejsza wartość krótkotrwałej sztywności obwodowej, tym większa staranność winna towarzyszyć wykonaniu podsypki, obsypki i zasypki rurociągu. Praktycznie, rury o wartości SDR od 11 do 17,6 mogą być układane z umiarkowaną starannością zagęszczania gruntu lub nawet bez jego zagęszczania (np. układanie wąskowykopowe) i o ile warunki takie dopuszcza lokalizacja rurociągu (np. jest on układany w terenie zielonym a nie w pasie drogowym). Sztywność obwodowa rury zależy od modułu elastyczności materiału i od wymiarów geometrycznych rury (SDR). Wartości modułu elastyczności dla polietylenu klasy PE 80 i PE 100 są do siebie zbliżone i w związku z tym wartości krótkotrwałej sztywności obwodowej rur z PE 80 i PE 100 należących do tego samego szeregu wymiarowego SDR są sobie równe. Wartości krótkotrwałych sztywności obwodowych rur PE zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wartości krótkotrwałych sztywności obwodowych rur PE 80 i PE 100

SDR [-]	11	13,6	17/17,6	21	26
S_R [kPa]	> 64	> 32	> 16	> 8	> 4

Wraz ze spadkiem temperatury materiału rury zwiększa się jego sztywność i kruchość. Prowadzenie prac montażowych przy temperaturach otoczenia poniżej 0°C jest możliwe, ale należy tego unikać. W warunkach takich materiał stosowany na podsypkę, obsypkę i zasypkę jest mocno zmrożony (w nocy temperatura była jeszcze niższa) i trudno jest zapewnić właściwe jego zagęszczenie a ponadto spadające na rurociąg duże bryły zmrożonego materiału mogłyby go uszkodzić (mikropęknięcia niezauważalne gołym okiem). Poza tym, jakość prac monterów w takich warunkach jest również obniżona.

3 Transport i składowanie rur PE

Rury PE dostarczane są w postaci zwojów (kręgi) lub prostych odcinków paletyzowanych w wiązki. Podczas transportu i składowania rur i kształtek należy zwrócić szczególną uwagę na to, aby ich nie uszkodzić. Polietylen jest materiałem o stosunkowo małej wytrzymałości mechanicznej na zarysowanie.

Rury należy składować na równym podłożu. Rury w zwojach mogą być przechowywane w pozycji poziomej (wymóg dla rur do gazu) przy wysokości składowania do 1,5m lub w pozycji pionowej w jednej warstwie (stojącego pionowo kręgu nie można dodatkowo obciążać). Rury w prostych odcinkach fabrycznie spakowane w wiązki przy pomocy drewnianych ramek mogą być składowane warstwowo do wysokości 3m przy czym ramka wiązki wyższej winna spoczywać na ramce wiązki niższej. Jeżeli rury zostały rozpakowane, to mogą być składowane w pryzmie o maksymalnie 7 warstwach i wysokości nie większej niż 1m przy czym dolna warstwa powinna spoczywać na drewnianych podkładach a z boków być zabezpieczona drewnianymi podporami przed przemieszczeniem. Rozstaw podkładów i podpór powinien wynosić 1÷2m. Jeżeli w pryzmie składowane są rury o różnych sztywnościach, to rury o większej sztywności powinny leżeć na spodzie.

Rury mogą być składowane na wolnym powietrzu przez okres 12 miesięcy. Jeżeli przewiduje się ich składowanie przez dłuższy okres czasu, to korzystne jest ich zabezpieczenie przed wpływem

promieniowania słonecznego (UV) poprzez umieszczenie ich pod zadaszeniem. Należy przy tym zapewnić swobodny przepływ powietrza.

Przy załadunku i rozładunku rur dźwigiem należy stosować zawiesia wykonane z lin miękkich (nylonowych, bawełniano-konopnych itp.) – nie wolno stosować lin stalowych lub łańcuchów. Rury w fabrycznym opakowaniu zaleca się rozładowywać przy pomocy wózków widłowych.

Rury o mniejszych średnicach (np. do 160mm) mogą być na placu budowy przemieszczane ręcznie. Niedopuszczalne jest ich wleczenie po podłożu, zrzucanie lub przetaczanie.

Przy rozwijaniu rur zwiniętych w kręgi należy zachować szczególną ostrożność, gdyż uwalniany koniec rury odwija się z dość znaczną energią.

4 Montaż rurociągu

Na etapie montażu rurociągu wykorzystywane są różne techniki. Poszczególne elementy systemu mogą być łączone metodą zgrzewania doczołowego lub elektrooporowego bądź też przy wykorzystaniu łączników mechanicznych (np. kształtek zaciskowych). Do łączenia z armaturą lub rurociągami wykonanymi z materiałów innych niż PE mogą być wykorzystywane kształtki kołnierzowe, odpowiednie łączniki mechaniczne lub kształtki przejściowe PE/stal.

Szczegółowe opisy poszczególnych technik przedstawiono poniżej.

4.1 Zgrzewanie doczołowe

Łączenie rur polietylenowych metodą zgrzewania doczołowego polega na ogrzaniu i odpowiednim uplastycznieniu końców łączonych elementów poprzez styk ich powierzchni czołowych z płytą grzewczą a następnie wzajemnym dociśnięciu łączonych elementów do siebie z odpowiednią siłą, po uprzednim usunięciu płyty grzewczej. Uznaje się, że wytrzymałość montażową złącze uzyskuje po upływie czasu chłodzenia (dopiero wówczas można wypiąć łączone elementy z zacisków zgrzewarki), a pełną obciążalność zgrzeina uzyskuje dopiero po całkowitym ochłodzeniu (temperatura w dowolnym jej punkcie nie przekracza 20°C lub temperatury otoczenia). Technika ta jest stosowana do łączenia elementów o średnicy 63 mm i większej a ponadto rury powinny być w odcinkach prostych (sztangach).

Warunki, w jakich jesteśmy zmuszeni przeprowadzać zgrzewanie doczołowe, mogą być skrajnie różne. Zgrzewanie w temperaturach wyższych niż 30°C zdarza się w naszym kraju niezbyt często, a jedynym efektem w takim przypadku może być nieznacznie większa wypływka. Więcej zagrożeń niesie ze sobą zgrzewanie w temperaturach niższych (zwłaszcza poniżej 0°C). Wynika to z szybszego, niż w normalnych warunkach, chłodzenia nagranych powierzchni, zmniejszonej elastyczności polietylenu i jego zmniejszonej uduchowalności. Szybsze chłodzenie nagranych powierzchni sprawia, że tzw. czas przestawienia, w którym powinniśmy odsunąć nagrzane końce łączonych elementów od płyty grzewczej, usunąć płytę i docisnąć elementy do siebie, ulega skróceniu. Wykonanie tej operacji w dłuższym czasie grozi powstaniem na powierzchni nagranych końców grubszej niż normalnie schłodzonej warstwy materiału, czyli tzw. "kożucha", którego większa niż zwykle część pozostanie na powierzchni łączenia elementów. Rozwiązaniem tego problemu może być rozłożenie nad miejscem zgrzewania namiotu ochronnego i za pomocą dmuchawy podniesienie temperatury powietrza w jego wnętrzu (należy zapobiec wzbijaniu się kurzu w powietrze).

Podobny wpływ na efekt końcowy zgrzewania jak niska temperatura otoczenia może mieć nie osłonięcie miejsca zgrzewania przed wiatrem podczas wietrznej pogody. Dobrą praktyką jest zamykanie zawsze, a nie tylko podczas wietrznych dni, przeciwległych końców łączonych odcinków rur korkami (np. tymi samymi, które są zakładane na końce rur w fabryce) zapobiegającymi przed powstawaniem przeciągów we wnętrzu rur w trakcie zgrzewania.

Równie niekorzystny wpływ na jakość połączenia ma wilgoć. Przyspiesza ona chłodzenie nagranych końców łączonych elementów, a dodatkowo, w przypadku bardzo dużej wilgotności cząsteczki pary wodnej mogą zostać zamknięte pomiędzy łączonymi końcami i powodować tworzenie się pustych przestrzeni osłabiających połączenie. W związku z tym, przy dużej wilgotności powietrza,

w czasie deszczu lub w czasie występowania mgły należy miejsce zgrzewania osłonić namiotem, a powietrze wewnątrz osuszyć nagrzewnicą.

Namiot ochronny należy rozstawić również wtedy, gdy połączenia wykonujemy tam, gdzie występuje zapylenie. Kurz osiadający na powierzchni łączonych elementów po ich odsunięciu od płyty grzewczej nie będzie w pełni usunięty na zewnątrz wraz z wypływką (podobnie jak ma to miejsce z "kożuchem") i dodatkowo będzie osłabiał połączenie.

Ważne jest również właściwe przygotowanie samego miejsca przeprowadzania zgrzewania. Należy tutaj uwzględnić wszelkie czynniki, które mogą wpłynąć na jakość wykonywanego połączenia. Znane są przypadki, kiedy żdźbło trawy, które dostało się pomiędzy końce łączonych elementów w trakcie ich dociskania po usunięciu płyty grzewczej, było przyczyną kłopotów z ustaleniem przyczyn nieszczelności wykonanego rurociągu. Przy zgrzewaniu na łące, godne polecenia jest ustawienie zgrzewarki na płycie (np. ze sklejki lub blachy) lub arkusza rozłożonej na ziemi folii, aby podmuch powietrza lub ruch nogi czy części ruchomej zgrzewarki nie był przyczyną nieszczelności rurociągu.

Ważne jest też utrzymywanie w czystości powierzchni styku płyty grzewczej. Czyścić je można wacikami lub ręcznikami papierowymi nie pozostawiającymi kłacek nasączonych płynem czyszczącym. Czynność tę należy wykonywać przed każdym rozpoczęciem prac. Dobrze też jest wykonać pierwszy zgrzew jako "próbny". Pozwoli to, po ocenie kształtu wypływki, określić właściwość doboru parametrów procesu zgrzewania oraz dodatkowo oczyścić miejsce styku płyty grzewczej z łączonymi elementami.

Biorąc pod uwagę temperaturę topnienia, stosowane czasy grzania i fakt szybszej degradacji polietylenu w wysokich temperaturach, temperatura płyty grzewczej powinna zawierać się w zakresie $200 \div 220^{\circ}\text{C}$, przy czym dla materiałów o wskaźniku szybkości płynięcia należącym do grupy MFI 010 i elementów o grubszych ściankach należy stosować niższe wartości.

W ostatniej fazie zgrzewania doczołowego, t.j. chłodzenia pod ciśnieniem, nie wolno przyspieszać procesu chłodzenia. Musi on przebiegać naturalnie, gdyż ze względu na niską przewodność cieplną polietylenu, schłodzeniu ulegnie jedynie wierzchnia warstwa zgrzeiny a temperatura w jej wnętrzu pozostanie prawie niezmienną. W takiej sytuacji powstaną duże naprężenia wewnętrzne, które zmniejszą wytrzymałość połączenia.

Metody zgrzewania doczołowego nie wolno stosować do łączenia rur zwijanych w kęgi. Są to zazwyczaj rury o stosunkowo małej grubości ścianki, a dodatkowo odkształcenia, jakim one uległy na skutek pozostawiania w zwoju, będą utrudniały uzyskanie zgrzeiny o odpowiedniej jakości.

Techniką zgrzewania doczołowego można łączyć elementy o tej samej średnicy nominalnej, tej samej grubości ścianki i tej samej grupie MFI. Jeżeli zachodzi konieczność połączenia dwóch elementów o tej samej średnicy nominalnej, tej samej grubości ścianki lecz różnej grupie MFI, to takie połączenie powinno być wykonane w warunkach warsztatowych aby do minimum ograniczyć wpływ niekorzystnych warunków otoczenia na jakość zgrzewu. Jeżeli połączenie takie musi być wykonywane w warunkach polowych, to zalecane jest użycie techniki elektrooporowej.

Technologia zgrzewania doczołowego (cykl jednociśnieniowy)

Przedstawiona poniżej technologia ma zastosowanie przy wykonywaniu połączeń przy użyciu zgrzewarek pracujących w trybie manualnym. Uwagi na temat zgrzewarek pracujących w trybie automatycznym przedstawiono na końcu rozdziału.

Zgrzewy doczołowe, w przeciwieństwie do zgrzewów elektrooporowych, wraz z upływem czasu stają się coraz słabszym "ogniwem w łańcuchu". Wytrzymałość długoczasowa zgrzein doczołowych jest mniejsza niż wytrzymałość długoczasowa rury i dla dobrze wykonanych połączeń waha się na poziomie $0,8 \div 0,9$. W związku z tym, łącząc elementy tą metodą należy zachować czystość i stosować podane w tabelach parametry procesu (parametry wg NEN 7200).

1. Sprawdzić stan urządzeń i narzędzi niezbędnych do wykonania procesu zgrzewania.

Zgrzewarka powinna posiadać ważne świadectwo kalibracji, szczęki ruchome winne przemieszczać się po prowadnicach płynnie, płyta grzewcza nie powinna posiadać ubytków w

powłoce teflonowej, niedopuszczalne są jakiekolwiek wycieki oleju hydraulicznego, przerwy w izolacji przewodów elektrycznych itd.

2. W razie potrzeby ustawić namiot ochronny.

W przypadku wietrznej pogody, niskiej temperatury otoczenia, zapylenia lub dużej wilgotności należy miejsce montażu osłonić namiotem ochronnym i ewentualnie uruchomić nagrzewnicę aby podnieść temperaturę lub zmniejszyć wilgotność powietrza w otoczeniu zgrzewarki.

3. Oczyszczyć końce łączonych elementów.

Składowane na wolnym powietrzu lub w magazynie rury i kształtki mogą być pokryte z zewnątrz i od wewnątrz warstwą błota lub kurzu. Aby ich drobiny nie dostały się na powierzchnię łączenia, końce elementów winny być oczyszczone co najmniej na długości 10 cm. Wstępne czyszczenie można wykonać suchym ręcznikiem papierowym. Ostateczne czyszczenie winno być wykonane z użyciem płynu czyszczącego, który usunie tłuszcz i ewentualną wilgoć.

4. Zamocować łączone elementy w uchwytach zgrzewarki.

Do mocowania rur należy zawsze używać pary uchwytów. Koniec rury zamocowany w dwóch uchwytach nie będzie w stanie przemieszczać się w trakcie procesu zgrzewania. Przy zgrzewaniu małych kształtek (np. kolan) dopuszczalne jest ich mocowanie w jednym uchwycie. Należy pamiętać, że element o mniejszej wadze montowany jest w ruchomej parze uchwytów.

Rury mocujemy zawsze w jednakowej pozycji: napisem ku górze. Ułatwi to odczyt napisów a ponadto przy łączeniu rury z rurą gwarantuje ograniczenie do minimum wpływu owalizacji rury na jakość zgrzeiny (dopuszczalna owalizacja rury wynosi 1,5%).

5. Zmierzyć ciśnienie oporu przemieszczania się elementu zamocowanego w ruchomym uchwycie zgrzewarki; jeżeli używamy zgrzewarki manualnej bez rejestratora - wpisać tę wartość do karty zgrzewu.

Dla zmniejszenia oporów ruchu rury winny być układane na sprawnych podporach rolkowych, a te powinny stabilnie stać na gruncie. Niewłaściwe określenie oporów ruchu lub zmiana siły docisku rury do płyty grzewczej podczas dogrzewania może spowodować np. odsunięcie się końca rury od płyty grzewczej i niedostateczne jego uplastycznienie, co z kolei wpływa na jakość zgrzeiny.

6. Oczyszczyć powierzchnie tnące struga, wstawić strug pomiędzy końce łączonych elementów i po ustawieniu ciśnienia strugania i włączeniu struga splanować ich powierzchnie czołowe; strugać do momentu uzyskania ok. trzech zwojów ciągłego wióra na obu łączonych końcach.

Celem tej operacji jest zapewnienie wzajemnej równoległości powierzchni czołowych łączonych elementów i ich odpowiedniej gładkości. Ponadto, w ramach tej operacji usuwana jest z czoł elementów utleniona warstwa polietylenu odsłaniając tym samym czysty, nie zdegradowany materiał.

7. Powoli odsunąć łączone elementy od struga, wyłączyć strug i po jego zatrzymaniu się wyjąć ze zgrzewarki i odstawić do stojaka.

Ze względów bezpieczeństwa nie wyjmować struga przy obracającej się tarczy z nożami tnącymi !!!

Powolne odsuwanie łączonych elementów od tarczy struga ma na celu zmniejszenie garbu jaki powstanie w miejscu odejścia noży tnących od powierzchni obrabianych elementów. Garb o wysokości równej grubości skrawanego wióra będzie powodował punktowe zwiększenie szerokości wałeczka wypływką w miejscu jego wystąpienia.

8. Nie dotykając oczyszczonych powierzchni usunąć wióry spod zgrzewarki, z zewnątrz i wewnątrz końców łączonych elementów.

Najlepiej jest to robić przy pomocy metalowego haczyka. W przypadku zabrudzenia obrobionej powierzchni (np. przez dotknięcie palcami) należy ją ostrugać ponownie lub oczyścić płynem czyszczącym.

9. Sprawdzić i ustawić ciśnienie zgrzewania p_1 (równe co do wartości ciśnieniu łączenia p_3).

Przyjmuje się ciśnienie docisku na poziomie 0,15 MPa, choć może wahać się w przedziale od 0,12 do 0,18 MPa, a w przypadku niektórych rodzajów materiału nawet do 0,22 MPa. Ciśnienie docisku przelicza się na siłę docisku mnożąc pole przekroju rury (kształtki) przez ciśnienie docisku (ogólne tabele parametrów procesu zgrzewania, podawane np. przez producentów rur, określają siłę docisku). W zależności od wielkości siłowników hydraulicznych zamontowanych w zgrzewarce, w oparciu o wykresy dołączone do zgrzewarki, należy określić wartość ciśnienia oleju hydraulicznego w układzie odpowiadającego wymaganej sile docisku. Jeżeli stosujemy tabele parametrów procesu zgrzewania dostarczone przez producenta zgrzewarki, to należy upewnić się, czy producent rur (kształtek) nie zaleca stosowania innego niż 0,15 MPa ciśnienia docisku. Jeżeli taki przypadek ma miejsce, to należy zastosować parametry zgrzewania zalecane przez producenta rur (kształtek).

Te same parametry stosujemy dla zgrzewania elementów SDR 17,6 (rury) i SDR 17 (kształtki).

10. Dosunąć do siebie i docisnąć pełnym ciśnieniem zgrzewania końce łączonych elementów a następnie sprawdzić ich przyleganie; szczeliny powstałe w wyniku niedokładności obróbki nie powinny być większe niż 0,5 mm.

Dociśnięcie do siebie końców łączonych elementów pełnym ciśnieniem zgrzewania pozwala sprawdzić, czy zostały one dostatecznie mocno zamocowane w zaciskach zgrzewarki. Szczeliny większe niż 0,5 mm powodowałyby wydłużenie czasu grzania wstępnego i wpływały na wzrost różnic w grubościach wałeczków wypływu na całej długości zgrzeiny. To z kolei mogłoby być zakwestionowane przez inspektora nadzoru odbierającego roboty.

11. Sprawdzić, czy łączone elementy zostały zamocowane współosiowo; wzajemne przesunięcie łączonych elementów nie może przekraczać 10% grubości ich ścianki.

Przesunięcia osiowe łączonych elementów powinny być jak najmniejsze, gdyż im większa niewspółosiowość, tym mniejsza efektywna powierzchnia styku łączonych elementów i tym mniejsza wytrzymałość połączenia. Wielkość niewspółosiowości określa się poprzez wielkość przesunięcia względem siebie zewnętrznych powierzchni łączonych elementów.

Te same kryteria stosujemy dla zgrzewania elementów SDR 17,6 (rury) i SDR 17 (kształtki).

12. W razie konieczności wycentrować łączone elementy; jeżeli szczelina pomiędzy dociśniętymi czołami łączonych elementów stanie się większa niż 0,5 mm, to należy powtórzyć operację skrawania (czynności z pkt. 7-9).

Centrowanie przeprowadza się poprzez pokręcanie śrubami dociskowymi uchwytów zgrzewarki. Po przeprowadzeniu takiej regulacji może się zdarzyć, że szczelina pomiędzy czołami łączonych elementów powiększy się i przekroczy dozwoloną wartość (dotyczy elementów dużych średnic).

13. Sprawdzić temperaturę płyty grzewczej ($200 \div 220^\circ\text{C}$).

Niższe temperatury ($205 \div 210^\circ\text{C}$) stosujemy dla materiałów, których wskaźnik szybkości płynięcia ma wyższą wartość (grupa MFI 010). Dla materiałów, których wskaźnik szybkości płynięcia należy do grupy MFI 005 stosujemy wyższe temperatury płyty grzewczej (ok. 220°C). W przypadku zgrzewania rur o większych grubościach ścianek (powyżej 20 mm) ze względu na dłuższy czas kontaktu polietylenu z płytą grzewczą i związaną z tym degradacją materiału można obniżyć temperaturę płyty grzewczej (o $5 \div 10^\circ\text{C}$).

14. Rozsunąć łączone elementy i umieścić między nimi płytę grzewczą.

Przed wstawieniem płyty grzewczej należy się upewnić, że jej powierzchnie styku z łączonymi elementami są czyste. W razie wątpliwości można je przetrzeć rolką papieru niewłóknistego lub innym materiałem stosowanym podczas zgrzewania do czyszczenia powierzchni. Całą operację należy przeprowadzić w jak najkrótszym czasie, aby na powierzchni styku nie dostały się zanieczyszczenia (np. kurz, drobiny wilgoci itp.), które mogłyby obniżyć wytrzymałość połączenia.

15. Dosunąć elementy do płyty grzewczej i utrzymywać ciśnienie docisku na poziomie p_1 do chwili uzyskania na całym obwodzie wypływu o określonej grubości.

Celem nagrzewania końców łączonych elementów pod ciśnieniem jest uzyskanie odpowiedniej temperatury wyjściowej do operacji dogrzewania oraz zapewnienie pełnego styku powierzchni czołowych zgrzewanych elementów.

Przy zgrzewaniu, strefy materiału które będą ze sobą łączone, muszą być podgrzane w takim stopniu, aż przejdą w stan plastyczny. Przy przejściu ze stanu elastycznego w stan plastyczny materiał ulega topnieniu i odbywa się to w dość wąskim zakresie temperatur (ok. $125 \div 130^\circ\text{C}$). Ponieważ różna może być temperatura początkowa łączonych elementów i w związku z tym różny czas potrzebny do podgrzania ich końców do temperatury topnienia, to czas ten nie jest określany wprost lecz przez wystąpienie zjawiska topienia materiału na końcach elementów. W ten sposób uzyskuje się zawsze te same warunki początkowe do następnej operacji w procesie zgrzewania doczołowego czyli dogrzewania.

Stopienie niewielkiej ilości materiału na końcach łączonych elementów i uzyskanie małej wypływu na całym ich obwodzie jest gwarancją, że w ten sposób znikły nierówności powierzchni czołowych i od tej chwili całą powierzchnią przekroju elementy stykają się z płytą grzewczą. Dzięki temu do końców obu elementów będzie dostarczana jednakowa ilość ciepła.

16. Zmniejszyć ciśnienie docisku do poziomu p_2 (ciśnienie posuwu) i dogrzewać końce łączonych elementów przez okres czasu podany przez ich producenta w odpowiedniej instrukcji montażowej lub tabeli parametrów procesu zgrzewania.

Zmniejszenie ciśnienia do poziomu ciśnienia posuwu sprawia, że końce łączonych elementów nie są już dociskane do płyty grzewczej a jedynie do niej dotykają. Ciepło emitowane przez płytę grzewczą wnika głębiej w końce elementów, uplastyczniając warstwę materiału o grubości zależnej od czasu dogrzewania. W przypadku zgrzewania elementów o grubszych ściankach czas dogrzewania jest dłuższy i w przypadku źle ustawionej temperatury płyty grzewczej może to prowadzić do degradacji warstwy materiału bezpośrednio stykającej się z płytą.

17. Rozsunąć elementy, a następnie jak najszybciej wyjąć płytę grzewczą i ponownie dosunąć do siebie łączone elementy zwiększając ciśnienie docisku do poziomu $p_3 = p_1$ (ciśnienie łączenia); czas t_4 , w którym należy uzyskać wzrost ciśnienia do poziomu p_3 jest zależny od grubości ścianki łączonych elementów - przyjmuje się 1 sekundę na każdy milimetr grubości ścianki.

Z chwilą odsunięcia końców łączonych elementów od płyty grzewczej nagrzane powierzchnie stygną i tworzą tzw. "kożuch". Im dłuższy czas przestawienia, tym grubsza jest warstwa "kożucha" i w związku z tym, czas przestawienia powinien być jak najkrótszy. Kiedy powierzchnie czołowe łączonych elementów są do siebie dociskane, część uplastycznionego materiału jest wyciskana na zewnątrz tworząc wypływkę zewnętrzną a część materiału jest wyciskana do wewnątrz rury i tworzy wypływkę na jej powierzchni wewnętrznej. Wraz z materiałem tworzącym wypływkę (wewnętrzną i zewnętrzną) poza strefę łączenia usuwana jest znaczna część "kożucha". Jednakże pewna jego część pozostaje w strefie łączenia i decyduje o wytrzymałości zgrzeiny (głównie długoczasowej).

18. Utrzymywać ciśnienie łączenia p_3 przez czas łączenia t_5 (ok. 1,5 minuty na każdy milimetr grubości ścianki łączonych elementów).

Utrzymując docisk łączonych elementów zapewniamy odpowiedni poziom dyfuzji molekularnej. Łańcuchy polimeru jednego elementu mieszają się z łańcuchami drugiego elementu

i w miarę chłodzenia materiału tworzą jednolity materiał. Ciśnienie należy utrzymywać do momentu, kiedy będziemy mieli pewność, że uplastyczniony materiał w całości schłodził się poniżej temperatury topnienia i w ten sposób przeszedł w stan elastyczny. Zbyt wczesne obniżenie ciśnienia może obniżyć stopień dyfuzji molekularnej i tym samym zmniejszyć wytrzymałość połączenia.

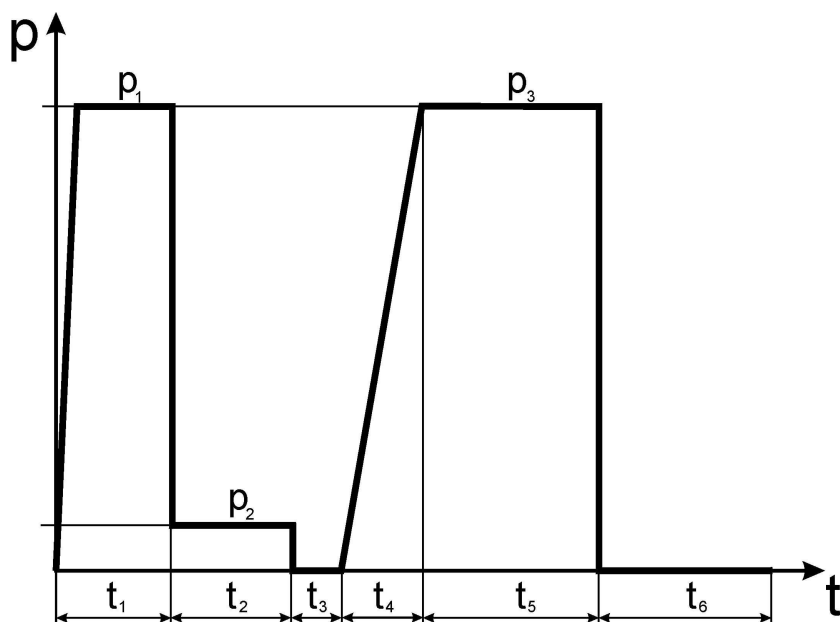
19. Obniżyć ciśnienie do zera i chłodzić zgrzeinę przez czas t_6 (ok. 1,5 minuty na każdy milimetr grubości ścianki łączonych elementów).

We wstępnie schłodzonym połączeniu nie zachodzi już proces dyfuzji molekularnej, więc można obniżyć ciśnienie docisku, jednakże materiał ma dość wysoką temperaturę, więc wytrzymałość połączenia jest jeszcze zbyt mała by przenosić obciążenia mechaniczne. Wymagany jest dodatkowy czas na schłodzenie zgrzeiny do poziomu $70 \div 80^\circ\text{C}$.

20. Zdemontować uchwyty, nanieść na rurę (ew. kształtkę) numer zgrzeiny i wypełnić protokół zgrzewania.

Schłodzone połączenie posiada wytrzymałość montażową wystarczającą do przeniesienia obciążeń występujących podczas montażu rurociągu i w związku z tym można zdemontować uchwyty. Aby zgrzeina mogła przenieść obciążenia pochodzące od ciśnienia powietrza w próbie ciśnieniowej powinna być wystudzona do temperatury bliskiej temperaturze otoczenia. Można przyjąć, że czas całkowitego chłodzenia połączenia jest nie krótszy niż 8 minut na każdy milimetr grubości ścianki.

Naniesienie na rurę (kształtkę) numeru zgrzeiny pozwoli ją zidentyfikować i skonfrontować z odpowiednim protokołem zgrzewania. Jest to istotny element systemu zapewnienia jakości w budowie gazociągów jaki winien być również przenoszony na inne rodzaje rurociągów.



Rysunek 1. Schemat zgrzewania doczołowego w cyklu jednociśnieniowym

Kontrola jakości zgrzewu doczołowego

Kontrola jakości zgrzewu doczołowego może być oparta na oględzinach zewnętrznej wypływk i jej pomiarach geometrycznych. Na kształt wypływk i jej wielkość wpływają bowiem poszczególne etapy wykonywania zgrzewu. Metoda ta nie jest w stanie ocenić jedynie stanu czystości łączonych powierzchni. W przypadku podejrzeń należy odpowiednim przyrządem ścinać zewnętrzną wypływkę a następnie poddać ją dokładnym oględzinom i próbie zginania lub skręcania. Metody badań ultradźwiękowych i rentgenograficznych nie są jeszcze w naszym kraju w stosunku do rurociągów z PE powszechnie stosowane (brak wiedzy i doświadczeń).

Parametry zgrzewania rur z PE 100 SDR 11

Średnica rury [mm]	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630
Grubość ścianki [mm]	5,8	6,8	8,2	10	11,4	12,7	14,6	16,4	18,2	20,5	22,7	25,4	28,6	32,2	36,4	40,9	45,4	50,9	57,3
Temperatura zgrzewania [°C]	Temperatura płyty grzewczej 210 +/- 10°C																		
Siła docisku przy ogrzewaniu wstępnym [N]	187	262	379	565	731	913	1199	1516	1870	2369	2916	3655	4629	5874	7480	9457	11650	14654	18557
Czas ogrzewania wstępnego [s]	Aż do uzyskania wypływki o szerokości jak niżej																		
Szerokość wypływki na końcu ogrzewania wstępnego [mm]	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6
Siła docisku przy dogrzewaniu [N]	Końce zgrzewanych elementów powinny pozostawać w kontakcie z płytą grzewczą bez nacisku																		
Czas dogrzewania [s]	69	81	98	120	136	152	175	196	218	246	272	304	343	386	436	490	545	611	688
Maksymalny czas usunięcia płyty grzewczej [s]	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7	7	8	9	9
Czas podnoszenia siły docisku przy zgrzewaniu [s]	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	11	11	12	14	15	17	18	20	22
Końcowa wartość siły docisku przy zgrzewaniu [N]	187	262	379	565	731	913	1199	1516	1870	2369	2916	3655	4629	5874	7480	9457	11650	14654	18557
Czas chłodzenia zgrzeiny pod dociskiem [min]	9	10	11	13	14	16	18	19	21	24	26	28	32	35	39	44	49	54	60
Czas chłodzenia zgrzeiny bez docisku [min]	9	10	12	15	17	19	22	25	27	31	34	38	43	48	55	61	67	76	86
Minimalna szerokość wypływki [mm]	5,9	6,4	7,1	8	8,7	9,4	10,3	11,2	12,1	13,3	14,4	15,7	17,3	19,1	21,2	23,5	26,0	28,5	31,7
Maksymalna szerokość wypływki [mm]	9,4	10,1	11,2	12,5	13,6	14,5	16	17,3	18,7	20,4	22	24,1	26,5	29,2	32,3	35,7	39,1	43,2	48,0

Parametry zgrzewania rur z PE 100 SDR 17

Średnica rury [mm]	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800
Grubość ścianki [mm]	3,8	4,5	5,4	6,6	7,4	8,3	9,5	10,7	11,9	13,4	14,8	16,6	18,7	21,1	23,7	26,7	29,7	33,2	37,4	42,1	47,4
Temperatura zgrzewania [°C]	Temperatura płyty grzewczej 210 +/- 10°C																				
Siła docisku przy ogrzewaniu wstępnym [N]	127	179	258	385	491	617	808	1023	1265	1602	1967	2471	3131	3981	5040	6387	7899	9890	12533	15901	20173
Czas ogrzewania wstępnego [s]	Aż do uzyskania wypływki o szerokości jak niżej																				
Szerokość wypływki na końcu ogrzewania wstępnego [mm]	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5
Siła docisku przy dogrzewaniu [N]	Końce zgrzewanych elementów powinny pozostawać w kontakcie z płytą grzewczą bez nacisku																				
Czas dogrzewania [s]	45	54	64	79	88	99	114	128	142	160	177	199	224	253	284	320	356	398	449	505	569
Maksymalny czas usunięcia płyty grzewczej [s]	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7	7	8	9	9	10	11
Czas podnoszenia siły docisku przy zgrzewaniu [s]	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	11	11	12	14	15	17	18	20	22	24	27
Końcowa wartość siły docisku przy zgrzewaniu [N]	127	179	258	385	491	617	808	1023	1265	1602	1967	2471	3131	3981	5040	6387	7899	9890	12533	15901	20173
Czas chłodzenia zgrzeiny pod dociskiem [min]	7	8	8	10	10	11	13	14	15	16	18	20	22	24	27	30	33	36	40	45	50
Czas chłodzenia zgrzeiny bez docisku [min]	6	7	8	10	11	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	56	63	71
Minimalna szerokość wypływki [mm]	4,9	5,3	5,7	6,3	6,7	7,2	7,8	8,4	9	9,7	10,4	11,3	12,4	13,6	14,9	16,4	17,9	19,6	21,7	24,1	26,7
Maksymalna szerokość wypływki [mm]	7,9	8,4	9,1	10	10,6	11,2	12,1	13	13,9	15,1	16,1	17,5	19	20,8	22,8	25	27,3	29,9	33,1	36,6	40,6

Parametry zgrzewania rur z PE 100 SDR 26

Średnica rury [mm]	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450
Grubość ścianki [mm]	2,5	2,9	3,5	4,2	4,8	5,4	6,2	6,9	7,7	8,6	9,6	10,7	12,1	13,6	15,3	17,2
Temperatura zgrzewania [°C]	Temperatura płyty grzewczej 210 +/- 10°C															
Siła docisku przy ogrzewaniu wstępnym [N]	85	118	171	251	326	410	538	675	836	1051	1304	1628	2071	2624	3326	4207
Czas ogrzewania wstępnego [s]	Aż do uzyskania wypływu o szerokości jak niżej															
Szerokość wypływu na końcu ogrzewania wstępnego [mm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Siła docisku przy dogrzewaniu [N]	Końce zgrzewanych elementów powinny pozostawać w kontakcie z płytą grzewczą bez nacisku															
Czas dogrzewania [s]	30	34	42	50	57	64	74	82	92	103	115	128	145	163	183	206
Maksymalny czas usunięcia płyty grzewczej [s]	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7	7
Czas podnoszenia siły docisku przy zgrzewaniu [s]	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	11	11	12	14	15	17
Końcowa wartość siły docisku przy zgrzewaniu [N]	85	118	171	251	326	410	538	675	836	1051	1304	1628	2071	2624	3326	4207
Czas chłodzenia zgrzeiny pod dociskiem [min]	6	6	7	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	20
Czas chłodzenia zgrzeiny bez docisku [min]	4	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	16	18	20	23	26
Minimalna szerokość wypływu [mm]	4,3	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	6,1	6,5	6,9	7,3	7,8	8,4	9,1	9,8	10,7	11,6
Maksymalna szerokość wypływu [mm]	6,9	7,2	7,6	8,2	8,6	9,1	9,7	10,2	10,8	11,5	12,2	13	14,1	15,2	16,5	17,9

Parametry zgrzewania rur z PE 80 SDR 11

Średnica rury [mm]	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450
grubość ścianki [mm]	5,8	6,8	8,2	10	11,4	12,7	14,6	16,4	18,2	20,5	22,7	25,4	28,6	32,2	36,4	40,9
Temperatura zgrzewania [°C]	Temperatura płyty grzewczej 210 +/- 10°C															
Siła docisku przy ogrzewaniu wstępnym [N]	187	262	379	565	731	913	1199	1516	1870	2369	2916	3655	4629	5874	7480	9457
Czas ogrzewania wstępnego [s]	Aż do uzyskania wypływu o szerokości jak niżej															
Szerokość wypływu na końcu ogrzewania wstępnego [mm]	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	5
Siła docisku przy dogrzewaniu [N]	Końce zgrzewanych elementów powinny pozostawać w kontakcie z płytą grzewczą bez nacisku															
Czas dogrzewania [s]	69	81	98	120	136	152	175	196	218	246	272	304	343	386	436	490
Maksymalny czas usunięcia płyty grzewczej [s]	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7	7
Czas podnoszenia siły docisku przy zgrzewaniu [s]	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	11	11	12	14	15	17
Końcowa wartość siły docisku przy zgrzewaniu [N]	187	262	379	565	731	913	1199	1516	1870	2369	2916	3655	4629	5874	7480	9457
Czas chłodzenia zgrzeiny pod dociskiem [min]	9	10	11	13	14	16	18	19	21	24	26	28	32	35	39	44
Czas chłodzenia zgrzeiny bez docisku [min]	9	10	12	15	17	19	22	25	27	31	34	38	43	48	55	61
Minimalna szerokość wypływu [mm]	5,9	6,4	7,1	8	8,7	9,4	10,3	11,2	12,1	13,3	14,4	15,7	17,3	19,1	21,2	23,5
Maksymalna szerokość wypływu [mm]	9,4	10,1	11,2	12,5	13,6	14,5	16	17,3	18,7	20,4	22	24,1	26,5	29,2	32,3	35,7

Parametry zgrzewania rur z PE 80 SDR 13,6

Średnica rury [mm]	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450
Grubość ścianki [mm]	4,7	5,6	6,6	8,1	9,2	10,3	11,8	13,3	14,7	16,6	18,4	20,6	23,2	26,1	29,4	33,1
Temperatura zgrzewania [°C]	Temperatura płyty grzewczej 210 +/- 10°C															
Siła docisku przy ogrzewaniu wstępnym [N]	154	219	311	466	602	755	988	1253	1539	1955	2408	3020	3826	4851	6158	7799
Czas ogrzewania wstępnego [s]	Aż do uzyskania wypływu o szerokości jak niżej															
Szerokość wypływu na końcu ogrzewania wstępnego [mm]	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4
Siła docisku przy dogrzewaniu [N]	Końce zgrzewanych elementów powinny pozostawać w kontakcie z płytą grzewczą bez nacisku															
Czas dogrzewania [s]	56	67	79	97	110	123	141	159	176	199	220	247	278	313	352	397
Maksymalny czas usunięcia płyty grzewczej [s]	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7	7
Czas podnoszenia siły docisku przy zgrzewaniu [s]	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	11	11	12	14	15	17
Końcowa wartość siły docisku przy zgrzewaniu [N]	154	219	311	466	602	755	988	1253	1539	1955	2408	3020	3826	4851	6158	7799
Czas chłodzenia zgrzeiny pod dociskiem [min]	8	9	10	11	12	13	15	16	18	20	21	24	26	29	32	36
Czas chłodzenia zgrzeiny bez docisku [min]	7	8	10	12	14	15	18	20	22	25	28	31	35	39	44	50
Minimalna szerokość wypływu [mm]	5,4	5,8	6,3	7,1	7,6	8,2	8,9	9,7	10,4	11,3	12,2	13,3	14,6	16,1	17,7	19,6
Maksymalna szerokość wypływu [mm]	8,5	9,2	10	11,1	11,9	12,7	13,9	15	16	17,5	18,8	20,5	22,4	24,6	27,1	29,8

Parametry zgrzewania rur z PE 80 SDR 17,6

Średnica rury [mm]	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450
Grubość ścianki [mm]	3,6	4,3	5,2	6,3	7,1	8	9,1	10,3	11,4	12,8	14,2	15,9	17,9	20,2	22,7	25,5
Temperatura zgrzewania [°C]	Temperatura płyty grzewczej 210 +/- 10°C															
Siła docisku przy ogrzewaniu wstępnym [N]	120	171	249	369	473	596	776	987	1215	1535	1892	2373	3005	3822	4840	6118
Czas ogrzewania wstępnego [s]	Aż do uzyskania wypływu o szerokości jak niżej															
Szerokość wypływu na końcu ogrzewania wstępnego [mm]	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3
Siła docisku przy dogrzewaniu [N]	Końce zgrzewanych elementów powinny pozostawać w kontakcie z płytą grzewczą bez nacisku															
Czas dogrzewania [s]	43	51	62	75	85	96	109	123	136	153	170	190	214	242	272	306
Maksymalny czas usunięcia płyty grzewczej [s]	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7	7
Czas podnoszenia siły docisku przy zgrzewaniu [s]	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	11	11	12	14	15	17
Końcowa wartość siły docisku przy zgrzewaniu [N]	120	171	249	369	473	596	776	987	1215	1535	1892	2373	3005	3822	4840	6118
Czas chłodzenia zgrzeiny pod dociskiem [min]	7	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	19	21	23	26	29
Czas chłodzenia zgrzeiny bez docisku [min]	5	6	8	9	11	12	14	15	17	19	21	24	27	30	34	38
Minimalna szerokość wypływu [mm]	4,8	5,2	5,6	6,2	6,6	7	7,6	8,2	8,7	9,4	10,1	11	12	13,1	14,4	15,8
Maksymalna szerokość wypływu [mm]	7,7	8,2	8,9	9,7	10,3	11	11,8	12,7	13,6	14,6	15,7	16,9	18,4	20,2	22	24,1

Parametry zgrzewania rur z PE 80 SDR 21

Średnica rury [mm]	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450
Grubość ścianki [mm]	3,0	3,6	4,3	5,3	6,0	6,7	7,7	8,6	9,6	10,8	11,9	13,4	15,0	16,9	19,1	21,5
Temperatura zgrzewania [°C]	Temperatura płyty grzewczej 210 +/- 10°C															
Siła docisku przy ogrzewaniu wstępnym [N]	101	144	207	310	400	502	656	830	1025	1297	1602	2009	2543	3230	4101	5190
Czas ogrzewania wstępnego [s]	Aż do uzyskania wypływki o szerokości jak niżej															
Szerokość wypływki na końcu ogrzewania wstępnego [mm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3
Siła docisku przy dogrzewaniu [N]	Końce zgrzewanych elementów powinny pozostawać w kontakcie z płytą grzewczą bez nacisku															
Czas dogrzewania [s]	36	42	51	62	71	80	91	102	114	128	142	160	180	202	228	257
Maksymalny czas usunięcia płyty grzewczej [s]	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7	7
Czas podnoszenia siły docisku przy zgrzewaniu [s]	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	11	11	12	14	15	17
Końcowa wartość siły docisku przy zgrzewaniu [N]	101	144	207	310	400	502	656	830	1025	1297	1602	2009	2543	3230	4101	5190
Czas chłodzenia zgrzeiny pod dociskiem [min]	6	7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24
Czas chłodzenia zgrzeiny bez docisku [min]	5	5	6	8	9	10	11	13	14	16	18	20	23	25	29	32
Minimalna szerokość wypływki [mm]	4,5	4,8	5,1	5,6	6	6,3	6,8	7,3	7,8	8,4	9	9,7	10,5	11,5	12,5	13,7
Maksymalna szerokość wypływki [mm]	7,3	7,7	8,2	8,9	9,5	10	10,7	11,4	12,1	13	13,9	15	16,3	17,7	19,3	21,1

Wypływki powinny mieć kształt w miarę równych na całym obwodzie i stykających się ze sobą wałeczków. Maksymalna i minimalna szerokość wypływki ($B_{\min}$ i $B_{\max}$) winna zawierać się w granicach podanych w tabelach parametrów zgrzewania właściwych dla rodzaju łączonych elementów (średnica nominalna, klasa PE, SDR). Ponadto, maksymalna szerokość wypływki $B_{\max}$ jak i minimalna szerokość wypływki $B_{\min}$ nie mogą się różnić o więcej niż 10% od wartości średniej szerokości wypływki B_M liczonej jako średnia arytmetyczna wartości maksymalnej i minimalnej:

$$B_M = \frac{B_{\min} + B_{\max}}{2}$$

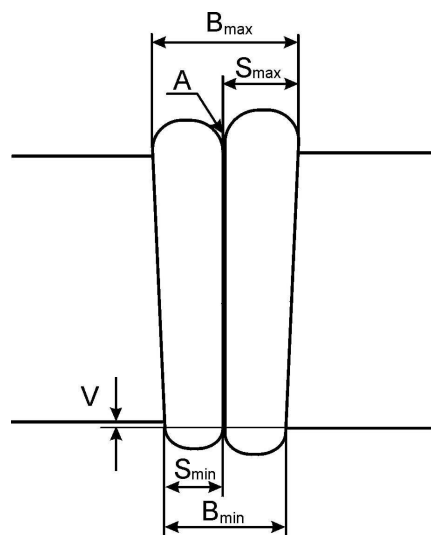
Różnica X pomiędzy maksymalną szerokością większego z wałeczków $S_{\max}$ a minimalną szerokością mniejszego z wałeczków $S_{\min}$ liczona według poniższego wzoru:

$$X = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{B_M} \times 100 \%$$

nie może być większa niż:

- 10% dla połączeń rury z rurą,
- 20% dla połączeń kształtki z kształtką,
- 30% dla połączeń rury z kształtką.

Należy też sprawdzić, czy dno rowka A między wałeczkami znajduje się powyżej powierzchni zewnętrznej łączonych elementów oraz czy przesunięcie osiowe V zewnętrznych powierzchni łączonych elementów nie przekracza 10% grubości ścianki.



Rysunek 2. Wielkości badane przy kontroli zgrzewu doczołowego

Uwagi na temat zgrzewarek doczołowych pracujących w trybie automatycznym w cyklu dwuciśnieniowym

Zgrzewarki pracujące w trybie automatycznym eliminują udział zgrzewacza w tej części technologicznego procesu, gdzie powinien odbywać się on sprawnie i w jak najkrótszym czasie (np. usunięcie płyty grzewczej). Dzięki temu, że czas przestawienia jest dość dokładnie określony i znacznie krótszy niż ma to miejsce w przypadku zgrzewania w trybie manualnym, niektórzy producenci zgrzewarek automatycznych zoptymalizowali procedurę zgrzewania pod kątem czasu trwania poszczególnych operacji. Optymalizacja ta polega na skróceniu czasu dogrzewania końców łączonych elementów i tym samym skróceniu czasu chłodzenia zgrzeiny. Efektem tego zabiegu jest zmniejszenie wielkości wypływki. Jej wymiary nie będą spełniały kryteriów podanych w tabelach parametrów zgrzewania.

Ocena jakości zgrzeiny będzie w takim przypadku polegała na wzrokowej ocenie geometrii wypływki zewnętrznej (równości wałeczków, ich kształtu oraz położenia dna rowka między wałeczkami) oraz kontroli wydruku parametrów procesu zgrzewania. W razie wątpliwości co do wytrzymałości połączeń wykonanych według takiej procedury można przeprowadzić badania laboratoryjne.

4.2 Zgrzewanie elektrooporowe

Zgrzewanie elektrooporowe jest stosowane najczęściej do łączenia elementów o mniejszych średnicach, zazwyczaj do 200-225mm (choć na rynku spotykane są mufy elektrooporowe o średnicy nawet 500mm) a zwłaszcza w zakresie do 63mm. Kształtki elektrooporowe są kształtkami typu mufowego więc łączenie elementów odbywa się pomiędzy powierzchnią wewnętrzną kielichów (muf) kształtki a powierzchnią zewnętrzną rur lub bosych końców kształtek. Dzięki temu, że efektywna powierzchnia łączenia kształtki elektrooporowej z rurą może być znacznie większa od pola przekroju poprzecznego rury, to połączenia wykonane tą techniką są mocniejsze niż sama rura. Także

upływ czasu nie zmienia tej właściwości połączenia i dlatego jego wytrzymałość długoczasowa jest większa od jedności (wytrzymałość długoczasowa połączenia określana jest w stosunku do wytrzymałości długoczasowej rury).

Technologia zgrzewania elektrooporowego

Zgrzewanie elektrooporowe uznawane jest za prostą technikę łączenia PE. Jednakże w każdej technice łączenia są istotne pewne elementy, które mają wpływ na trwałość i wytrzymałość złącza. Poniżej zostaną przedstawione zasady zgrzewania elektrooporowego.

1. Sprawdzić stan zgrzewarki (jeśli jest - generatora również), narzędzi, rur i kształtek oraz przygotować miejsce do zgrzewania (ewentualnie rozpiąć namiot lub osłony).

Właściwie działający sprzęt, sprawne narzędzia, wolne od wad rury i kształtki oraz właściwie przygotowane miejsce zgrzewania są oczywistym warunkiem wstępnym dla wykonania połączenia wysokiej jakości. Szczególnie istotne jest stosowanie zgrzewarki kompatybilnej z systemem używanych kształtek (producenci kształtek zalecają stosowanie określonych modeli). Uszkodzenia mechaniczne kształtek i nadmierna (powyżej 1,5%) owalizacja rur mogą być przyczyną awarii połączenia po upływie kilku lat (próba ciśnieniowa nie wykaże jego wadliwości).

2. Przyciąć rurę prostopadle do jej osi i usunąć wióry (o ile powstały podczas cięcia). Jeśli to konieczne - oczyścić rurę wewnątrz.

W przypadku rur które mają być łączone kształtką elektrooporową, jest bardzo ważne prostopadle ich przycięcie. Złe przycięta rura włożona do kształtki może nie pokryć w odpowiedniej proporcji środkowej strefy zimnej, a w krytycznych przypadkach nawet strefy grzania. W takiej sytuacji rosnące ciśnienie topiącego się PE może spowodować wpływ gorącego, płynnego polimeru do środkowej strefy zimnej. Mogą w takiej sytuacji nastąpić również przemieszczenia drutu oporowego czego efektem może być zwarcie. "Inteligentne" zgrzewarki kontrolują przebieg procesu zgrzewania i w przypadku wystąpienia zwarcia alarmują zgrzewacza o zaistniałej nieprawidłowości. Jej konsekwencją jest konieczność wycięcia wadliwego połączenia i wykonania nowego. Konieczność oczyszczenia wnętrza końca rury podyktowana jest możliwością dostania się zanieczyszczeń do strefy grzania (podczas montażu połączenia), co mogłoby mieć wpływ na wytrzymałość złącza.

3. Przy użyciu skrobaka usunąć utlenioną warstwę PE z co najmniej tych obszarów łączonych elementów, które znajdują się w strefie zgrzewania (nie dotyczy kształtek elektrooporowych), a następnie miejsca te przemyć wacikiem nasączonym płynem czyszczącym.

Na skutek oddziaływania środowiska (głównie promieniowania UV) powierzchnie rur i kształtek utleniają się. Usunięcie utlenionej warstwy PE (grubość ok. 0,1÷0,2mm) jest konieczne dla zapewnienia wymaganej wytrzymałości złącza. Podczas skrobienia odsłaniamy bardzo czysty i ustabilizowany polimer, który podczas dyfuzji molekularnej zapewnia najkorzystniejsze warunki jej zachodzenia. Dobrą praktyką jest skrobienie większej powierzchni, aby inspektor nadzoru nie miał wątpliwości co do wykonania tej operacji.

Zalecane jest stosowanie skrobaków mechanicznych szczególnie w przypadku elementów o większych średnicach. Należy zwrócić uwagę na fakt, że usunięcie warstwy PE o nadmiernej grubości zwiększa luz między rurą a kształtką, co może doprowadzić do osłabienia połączenia. Oskrobane miejsca należy przemyć płynem czyszczącym, gdyż brud, zanieczyszczenia, które w międzyczasie dostały się na oczyszczone powierzchnie mogą stanowić barierę dla dyfuzji molekularnej i tym samym uzyskania pełnej wytrzymałości złącza. Ponadto płyn czyszczący wiąże ze sobą wilgoć gwarantując tym samym po jego szybkim odparowaniu, że łączone powierzchnie są suche. Do nanoszenia płynu czyszczącego należy używać materiału nie pozostawiającego włókien.

4. Jeśli kształtka elektrooporowa nie jest zapakowana fabrycznie w worek foliowy, należy przemyć jej powierzchnię wewnętrzną płynem czyszczącym.

Zabieg ten ma na celu usunięcie kurzu i innych zanieczyszczeń, które podczas magazynowania kształtki dostały się na jej powierzchnię wewnętrzną. Jeśli kształtka zapakowana w worek foliowy a po jego otwarciu uległa zabrudzeniu na powierzchni wewnętrznej, to wówczas również trzeba przemyć ją płynem czyszczącym. Należy zwrócić uwagę na stan worka foliowego: jeśli był on uszkodzony (otwarty), to taką kształtkę należy dokładnie obejrzeć i jeśli nie jest uszkodzona – oczyścić z kurzu i brudu.

5. Zaznaczyć na końcu rury głębokość jej wsunięcia do kształtki.

Właściwie przycięta, oskrobana i oczyszczona rura powinna być wsunięta do wnętrza czystej kształtki na określoną głębokość. Rura powinna przysłonić strefę grzania i blisko połowę centralnej strefy zimnej. Jeśli rura zostanie wciśnięta zbyt płytko, to wówczas centralna strefa zimna nie spełni swojej funkcji, ciśnienie wytworzone w trakcie zgrzewania może spowodować wypływ stopionego polimeru do wnętrza kształtki, a przemieszczający się drut oporowy może spowodować zwarcie. Jak już wspomniano wcześniej, niektóre zgrzewarki wyposażone są w układy wykrywające takie sytuacje, a wówczas przerywają proces zgrzewania i informują zgrzewacza o wystąpieniu błędu. Takie wadliwe połączenie powinno być wycięte i zastąpione nowym, poprawnym.

6. Absolutnie czyste i całkowicie suche elementy zestawić ze sobą w połączenie i unieruchomić w zacisku montażowym; sprawdzić jeszcze raz głębokość wsunięcia każdego elementu do wnętrza kształtki.

Łączone elementy powinny być unieruchomione na czas zgrzewania i chłodzenia. Zacisk montażowy zapewnia przywrócenie okrągłego kształtu zowalizowanym rurom, ułatwia właściwy montaż i umożliwia obciążanie połączenia w trakcie fuzji. Przy nadmiernym oskrobaniu zowalizowanych rur (aby ułatwić wciśnięcie rury do wnętrza mufy) przez powstałe szczeliny na zewnątrz i do wnętrza kształtki może wypływać stopiony polimer, co ma wpływ na jakość połączenia. Ponadto stosowanie zacisków montażowych daje pewność właściwego ułożenia elementów względem kształtki elektrooporowej i stabilność połączenia podczas grzania i chłodzenia. Koszt zacisku montażowego i czas związany z jego użyciem są niewielkie w porównaniu do korzyści jakie dają prawidłowo wykonane połączenia, jeśli będziemy brać pod uwagę 50-cio letni okres eksploatacji sieci.

7. Przeprowadzić zgrzewanie zgodnie z instrukcją obsługi zgrzewarki.

Szczególną uwagę należy zachować zwłaszcza podczas zgrzewania prowadzonego w trybie manualnym. Niewłaściwie ustawione parametry procesu zgrzewania mają oczywisty wpływ na jakość połączenia. Stąd zalecane jest stosowanie takich kształtek i zgrzewarek, które umożliwiają zgrzewanie w trybie automatycznym.

8. Upewnić się, czy proces zgrzewania przebiegł bez zakłóceń (zgrzewarka wyświetla komunikat o pozytywnym zakończeniu procesu).

Złącze wykonane wadliwie należy usunąć i zastąpić nowym, poprawnie wykonanym. Po zakończeniu grzania można odłączyć przewody od kształtki.

9. Zanotować na rurze czas zakończenia zgrzewania oraz numer zgrzewu i pozostawić połączenie w zacisku montażowym do wystudzenia (co najmniej 1,5 minuty na każdy milimetr grubości ścianki rury).

Czas chłodzenia jest również krytycznym parametrem w zgrzewaniu elektrooporowym. Dyfundujące molekuly zostają zamknięte po obu stronach połączenia, wiążąc ze sobą powierzchnię rury i kształtki, umożliwiając tym samym przenoszenie obciążeń przez całe złącze.

Zanotowanie czasu zakończenia zgrzewania ułatwia określenie momentu zdjęcia zacisku montażowego, który może być zdemonstrowany po całkowitym upływie czasu chłodzenia. Jego wcześniejsze usunięcie mogłoby osłabić połączenie. Biorąc pod uwagę okres 50-cio letniej

eksploatacji jest wątpliwą oszczędnością skrócenie czasu chłodzenia, jeśli kompromisem miałyby być skrócenie długotrwałej wytrzymałości połączenia

Zanotowanie numeru zgrzeiny ułatwia późniejszą identyfikację połączenia i jego powiązanie z protokołem zgrzewania generowanym przez zgrzewarkę. Jeżeli zgrzewarka nie posiada opcji zapamiętywania parametrów procesu zgrzewania, to należy ręcznie wypełnić protokół zgrzewania.

10. Jeżeli zgrzewano kształtkę siodłową, to nawiercanie można wykonać dopiero po upływie co najmniej 1 godziny.

Podczas nawiercania frez wywiera na rurę dość duży nacisk. Zbyt wczesne rozpoczęcie nawiercania mogłoby doprowadzić do oderwania rury od kształtki lub osłabienia połączenia między nimi.

Kontrola jakości zgrzewu elektrooporowego

Większość oferowanych obecnie kształtek elektrooporowych posiada tzw. wskaźniki grzania. Mają one postać pręcików, które wysuwają się ponad powierzchnię kształtki wraz ze wzrostem temperatury i wzrostem ciśnienia roztopionego polietylenu w strefie grzania. W związku z tym, wysunięte wskaźniki grzania, wyraźne ślady usuwania z rury utlenionej warstwy materiału i brak śladów wypływu polietylenu poza strefy zimne kształtki są podstawą do pozytywnej oceny jakości połączenia.

4.3 Połączenia kołnierzowe realizowane przy pomocy tulei kołnierzowych

Do łączenia z armaturą kołnierzową lub innymi elementami uzbrojenia sieci zaopatrzonymi w kołnierze wykorzystywane mogą być tuleje (króćce) kołnierzowe. Kształtki te wykonane są z polietylenu i mogą być dogrzone techniką doczołową lub elektrooporową do końca rury lub innej kształtki (np. trójnika). Przed dogrzeniem tulei należy założyć na nią odpowiadający jej rozmiarem stalowy kołnierz dociskowy który powinien posiadać odpowiednie zabezpieczenie antykorozyjne.

Do uszczelnienia takiego połączenia należy stosować uszczelki gumowe z wkładem stalowym oznaczane symbolem G-St. W wodociągach można stosować uszczelki wykonane z NBR, SBR lub EPDM, w przewodach kanalizacyjnych należy stosować uszczelki wykonane z EPDM a w gazociągach można stosować tylko uszczelki wykonane z NBR.

Śruby stosowane do skręcania połączenia winny być wykonane z materiału odpornego na korozję (np. stal nierdzewna) lub powinny posiadać odpowiednie zabezpieczenie antykorozyjne. Należy je dokręcać kluczem dynamometrycznym w kolejności naprzemianległej (metodą „po krzyżu”). Wartości momentów siły dokręcania śrub podano w poniższej tabeli. Po upływie ok. 1 godz. dokręcić ponownie wszystkie śruby z zachowaniem kolejności ich dokręcania jak wyżej. Jest to konieczne ze względu na pęcznienie polietylenu. Z tego też względu połączenia tego typu nie mogą być poddawane działaniu momentów zginających – w razie potrzeby stosować elementy mocujące lub bloki zabezpieczające połączenie przed odkształceniami. Należy również zwrócić uwagę aby łączone elementy były ustawione możliwie współosiowo.

Tabela 3. Wartości momentów siły dokręcania śrub połączeń kołnierzowych

Średnica nominalna rury [mm]	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450
Moment siły [Nm]	20	20	25	25	25	25	35	35	45	45	50	50	60	60	60	60

4.4 Kształtki zaciskowe

Rury polietylenowe mniejszych średnic (zazwyczaj do 63mm chociaż na rynku dostępne są kształtki o średnicy do 110mm) stosowane do transportu wody pitnej lub budowy systemów

kanalizacji ciśnieniowej lub podciśnieniowej mogą być łączone przy pomocy kształtek zaciskowych. Kształtki takie mogą posiadać różną konstrukcję. Należy jednak zwrócić uwagę, czy konstrukcja kształtki (jej wytrzymałość) oraz stosowany system uszczelnienia połączenia i zabezpieczenia rury przed wysunięciem z kształtki będą zapewniać bezpieczną eksploatację systemu przez minimum 50 lat (element uszczelniający i element zaciskający się na rurze winny współpracować z zewnętrzną powierzchnią rury). Szczegóły montażu można znaleźć w dołączonych do kształtek ulotkach.

4.5 Kształtki przejściowe PE-stal

W budowie gazociągów wykorzystywane są połączenia PE-stal umożliwiające połączenie odcinka gazociągu wykonanego z polietylenu z odcinkiem wykonanym z rur stalowych. Dostępne są one w dwóch wariantach wykonania po stronie stali: z końcówką bosą lub z końcówką kołnierkową. O ile wykonanie połączenia kołnierkowego nie stanowi większego problemu, to w przypadku kształtki z końcówką bosą przeznaczoną do spawania należy pamiętać o zabezpieczeniu miejsca połączenia stali z PE przed przegrzaniem. Efekt ten można uzyskać np. poprzez owinięcie rury stalowej przed miejscem jej styku z polietylenem mokrą szmatą.

5 Układanie rurociągów

5.1 Odległości rurociągów od innych elementów uzbrojenia podziemnego

Budowane rurociągi winne być tak lokalizowane, aby nie dochodziło do kolizji z istniejącą infrastrukturą podziemną, nie oddziaływały negatywnie na tę infrastrukturę, nie wywoływały zagrożenia katastrofą i możliwe było prowadzenie prac remontowych (tak na rurociągu jak i na infrastrukturze w jego otoczeniu). Odległości te określa prawo budowlane i stosowne przepisy branżowe. Muszą one być podane w projekcie. Pamiętając, że wytrzymałość PE zmniejsza się wraz ze wzrostem jego temperatury należy zachować szczególną ostrożność przy układaniu rurociągu w sąsiedztwie sieci ciepłych i kabli energetycznych. Minimalne odległości dla wodociągów i gazociągów podano w poniższej tabeli.

Tabela 4. Minimalne odległości przewodów PE od uzbrojenia podziemnego

L.p.	Rodzaj infrastruktury	Minimalna odległość [m]
Przewody wodociągowe		
1	Przewody energetyczne	0,50
	- NN i SN do 20 kV	0,75
	- Pojedyncze kable SN powyżej 20 kV	$0,75 \div 1,0$
	- Kilka kabli SN powyżej 20 kV	$1,0 \div 1,25$
2	Kable WN	
2	Przewody teletechniczne	$0,8 \div 2,5$
3	Przewody gazowe	1,0
4	Przewody ciepłownicze (przy zastosowaniu izolacji termicznej przewodu wodociągowego)	1,5
5	Przewody wodociągowe	1,0
Przewody gazowe		
1	Kable energetyczne	
	- Do 15 kV	0,5
	- Powyżej 15 kV	1,0
2	Budynki	1,5
3	Przewody kanalizacyjne, kanały sieci ciepłej, wodociągi, kanalizacja kablowa i inne kanały które mają połączenia z pomieszczeniami dla ludzi i zwierząt	1,5
4	Przewody kanalizacyjne, kanały sieci ciepłej, wodociągi, kanalizacja kablowa i inne kanały nie mające połączenia z pomieszczeniami dla ludzi i zwierząt	1,0

5.2 Gięcie rurociągu na placu budowy

Rury z tworzyw sztucznych są elastyczne. W szczególności można powiedzieć to o rurach polietylenowych (PE). Często występującą sytuacją, kiedy korzystnie można wykorzystać elastyczność (giętkość) rur jest zmiana kierunku trasy rurociągu. Poniżej przedstawiono prosty sposób wykonania obliczeń warunków zmiany kierunku trasy rurociągu co tym samym ma wpływ na kształt wykopu.

W tabeli 10 podano tzw. promień gięcia rur, którego wartość jest krotnością średnicy zewnętrznej rury (D_v). Polietylen przechodzi w stan szklisty dopiero w temperaturach -80°C (HDPE) lub -120°C (MDPE). W zakresie temperatur, przy których prowadzone są prace montażowe polietylen znajduje się w stanie elastycznym. Im niższa jest temperatura rury, tym bardziej staje się ona sztywna. Jeżeli temperatura rury rośnie – zwiększa się również jej elastyczność. W związku z tym, promień gięcia rur polietylenowych jest określany w zależności od temperatury otoczenia przy której prowadzone są prace. Zależy od również od sztywności rury (szeregu wymiarowego SDR).

Tabela 5. Promienie gięcia rur PE

Temperatura	Szereg wymiarowy SDR [-]				
	11	13,6	17 i 17,6	21	26
$\geq 20^{\circ}\text{C}$	$20 \times D_v$	$20 \times D_v$	$20 \times D_v$	$25 \times D_v$	$30 \times D_v$
$\geq 10^{\circ}\text{C}$	$35 \times D_v$	$35 \times D_v$	$35 \times D_v$	$45 \times D_v$	$55 \times D_v$
$\geq 0^{\circ}\text{C}$	$50 \times D_v$	$50 \times D_v$	$50 \times D_v$	$60 \times D_v$	$70 \times D_v$

Znając promień gięcia rury łatwo możemy obliczyć obwód okręgu, jaki można by zbudować z rur w danych warunkach:

$$\text{Obw} = 2 \cdot \pi \cdot R$$

gdzie:

Obw - długość obwodu okręgu,

R - promień gięcia rur zależny od materiału rury i temperatury otoczenia.

Formując rurociąg w koło zmieniamy kierunek trasy rurociągu o 360° . Formując rurociąg w półokrąg zmieniamy kierunek jego trasy o 180° . Zakładając, że kierunek trasy rurociągu należy zmienić o kąt α możemy ułożyć następującą proporcję:

$$\frac{2\pi R}{x} = \frac{360^{\circ}}{\alpha}$$

gdzie:

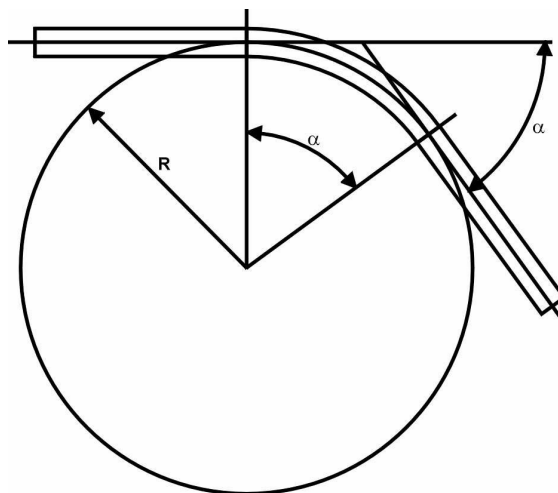
α - kąt zmiany kierunku trasy rurociągu

x - długość odcinka rurociągu na którym można rurę odgiąć o kąt α

Z powyższej proporcji można wyliczyć wartość x:

$$x = \frac{2\pi R \cdot \alpha}{360^{\circ}}$$

Obliczona wartość x jest wyrażona oczywiście w tych samych jednostkach, w których określiliśmy średnicę zewnętrzną rury. Zamiast często stosowanych milimetrów (np. 110 mm) korzystniej jest przyjmować do obliczeń średnicę rury wyrażoną w metrach (tutaj: 0,11 m).



Rysunek 3. Gięcie rur PE

Dla oceny przydatności proponowanej metody zmiany kierunku trasy rurociągu warto przeanalizować dwa poniższe przykłady.

Przykład

Zmiana kierunku trasy rurociągu polietylenowego $\varnothing 250$ SDR 11 wynosi 77° . Temperatura otoczenia jest równa 17°C . Możliwe jest wykonanie łuku segmentowego o kącie 77° , który rozwiąże problem, ale czas oczekiwania na wykonanie takiego łuku i jego dostarczenie na budowę może skutecznie wstrzymać budowę na kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt godzin.

Przy dużych kątach zmiany kierunku trasy rurociągu korzystne jest stosowanie standardowych kolan lub łuków o kątach zbliżonych do wymaganego kąta zmiany kierunku. W tym przypadku założmy, że na budowie dysponujemy kolanem 45° . Kątem, jaki w takim przypadku pozostaje do uzyskania w efekcie gięcia rury jest:

$$\alpha = 77^\circ - 45^\circ = 32^\circ.$$

Dla temperatury 17°C przyjmujemy promień gięcia

$$R_{17^\circ} = 35 \cdot D_y = 35 \cdot 0,25 \text{ m} = 8,75 \text{ m}.$$

Zmiany kierunku trasy rurociągu o kąt 32° przy temperaturze otoczenia 17° można uzyskać w efekcie gięcia odcinka rurociągu o długości

$$x_{17^\circ} = 2 \pi R \cdot \alpha / 360^\circ = 2 \cdot 3,14 \cdot 8,75 \text{ m} \cdot 32^\circ / 360^\circ = 4,88 \text{ m} \approx 5,0 \text{ m}.$$

Zakłada się tutaj, że nie jest to dzień słoneczny i temperatura rury jest równa temperaturze otoczenia. W przypadku słonecznych dni, kiedy rura nagrzewa się na słońcu, do określenia promienia gięcia rury możemy przyjąć nie temperaturę otoczenia, ale temperaturę rury. Należy pamiętać, że temperatura powierzchni zewnętrznej rury będzie wyższa niż temperatura jej powierzchni wewnętrznej i w związku z tym należy tutaj brać pod uwagę temperaturę średnią. Jeżeli prace byłyby prowadzone w dzień słoneczny, wówczas średnia temperatura ścianki rury byłaby wyższa od 20°C i promień gięcia byłby równy

$$R_{20^\circ} = 20 \cdot D_y = 20 \cdot 0,25 \text{ m} = 5,0 \text{ m}.$$

Zmiany kierunku trasy rurociągu o kąt 32° w takich warunkach można uzyskać w efekcie gięcia odcinka rurociągu o długości

$$x_{20^\circ} = 2 \pi R \cdot \alpha / 360^\circ = 2 \cdot 3,14 \cdot 5,0 \text{ m} \cdot 32^\circ / 360^\circ = 2,79 \text{ m} \approx 3,0 \text{ m}.$$

Gdyby jednak chwilowo niedostępne były jakiekolwiek kształtki, to rurę $\varnothing 250$ mm o temperaturze $10 - 20^\circ\text{C}$ można by było odgiąć o kąt 77° na odcinku o długości

$$x_{10^\circ} = 2 \pi R \cdot \alpha / 360^\circ = 2 \cdot 3,14 \cdot 8,75 \text{ m} \cdot 77^\circ / 360^\circ = 11,75 \text{ m} \approx 12,0 \text{ m}.$$

Jeżeli jednak temperatura rury była nie mniejsza niż 20°C , to zmiany kierunku trasy rurociągu o kąt 77° można dokonać na odcinku o długości

$$x_{20^\circ} = 2 \pi R \cdot \alpha / 360^\circ = 2 \cdot 3,14 \cdot 5,0 \text{ m} \cdot 77^\circ / 360^\circ = 6,72 \text{ m} \approx 7,0 \text{ m}.$$

W przypadku rurociągów polietylenowych, których elementy łączone są metodą zgrzewania (doczołowego lub elektrooporowego) lub innymi metodami, które mogą być obciążane siłami wzdłużnymi, nie ma potrzeby stosowania bloków oporowych.

5.3 Wykop

Wymiary przekroju poprzecznego wykopu i ewentualne wzmocnienia podłoża winny być określone w projekcie technicznym. Szerokość dna wykopu uzależniona jest od średnicy rury i technologii robót. Należy przyjmować zasadę, że wykop powinien być tak wąski, jak to tylko możliwe. Przy układaniu rurociągów w terenach zielonych, gdzie nie są one poddawane działaniu dużych obciążeń i ewentualne lekkie obniżenie poziomu terenu nie stanowi problemu, może być stosowane układanie wąskowykopowe (wykop wykonywany jest np. koparką łańcuchową o szerokości łyżki niewiele większej od średnicy rury). Roboty ziemne należy wykonywać zgodnie z

wytycznymi technicznymi wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych oraz przepisami BHP. Roboty można wykonywać ręcznie lub przy pomocy sprzętu mechanicznego. Dno wykopu winno być wykonane ze spadkiem określonym w projekcie technicznym, wyrównane i pozbawione elementów o ostrych krawędziach i takich, których rozmiary przekraczają 60mm.

Jeżeli warunki gruntowe i warunki obciążenia wskazują na konieczność wzmocnienia podłoża, to może być ono wykonane w postaci ławy żwirowej o wysokości ok. 20cm. Nie wolno rur PE układać na ławach betonowych lub zalewać ich betonem (obetonowanie krótkiego odcinka rurociągu, łuku segmentowego, trójkąta lub innych kształtek jak też stosowanie obciążników betonowych jest dopuszczalne).

5.4 Układanie rurociągu w wykopie

Na dnie wykopu należy wysypać warstwę podsypki o grubości ok. 10cm z nie zmrożonego materiału o ziarnistości poniżej 20mm nie zawierającego ostrych kamieni lub innego łamanego materiału. Jeżeli lokalny grunt spełnia te wymagania, to nie ma potrzeby stosowania podsypki. W przypadku układania rurociągu w gruncie skalistym lub zawierającym kamienie o średnicy powyżej 60mm, to grubość warstwy podsypki należy zwiększyć o co najmniej 5cm tak, aby jej wierzchnia warstwa znajdowała się 5÷10cm powyżej górnej krawędzi skał lub kamieni w dnie wykopu.

Na podsypce układany jest rurociąg. Można go montować na dnie wykopu ale jest to mało wygodne. Bardzo często rurociąg jest montowany nad brzegiem wykopu lub wzdłuż projektowanej trasy przebiegu rurociągu (ten sposób jest stosowany przy układaniu wąskowykopowym) a następnie opuszczany na dno wykopu. Rurociągi mniejszych średnic mogą być opuszczane ręcznie a w przypadku rur o większej średnicy (i większej masie własnej) można w tym celu wykorzystać miękkie zawiesia lub rolki nanizane na linę i zaczepione do łyżki koparki (zastosowanie rolek przeciąganych wzdłuż rurociągu przyspiesza całą operację).

Do pokonania małych przeszkód terenowych lub gdy jest wystarczająco dużo miejsca, to zmiany kierunku trasy rurociągu można realizować na drodze gięcia rur (patrz pkt. 5.2). Sposób ten jest o tyle korzystny, że eliminuje konieczność wykonywania dodatkowych połączeń (skracając czas budowy i zwiększając niezawodność rurociągu) a ponadto zmniejsza zaburzenia przepływu medium (mniejsze opory przepływu). Czasem, do pokonania niespodziewanych przeszkód terenowych metodą gięcia rurociągu, może być potrzebna drobna korekta trasy wykopu, ale może to być znacznie szybsze rozwiązanie niż usuwanie przeszkody (o ile wchodzi to w ogóle w grę) lub wykonywanie odpowiedniego obejścia z kształtek (dodatkowy koszt).

5.5 Obsypka i zasypka rurociągu

Rury polietylenowe tak jak inne rury z tworzyw termoplastycznych są rurami elastycznymi i w związku z tym nie przenoszą obciążeń zewnętrznych samodzielnie, jak ma to miejsce w przypadku rur z materiałów takich jak stal, żeliwo, kamionka czy beton, lecz część obciążeń przenoszona jest przez otaczający rurę grunt. Im lepsze jest zagęszczenie tego gruntu i im dokładniej przylega on do zewnętrznej powierzchni rury, to tym większy jest jego udział w przenoszeniu obciążeń i tym mniejsze ugięcia rury.

W związku z powyższym, z punktu widzenia rozkładu obciążeń działających na rurę korzystniejsze jest dokładne zagęszczanie gruntu obsypki ale zawsze wiąże się to z wyższym kosztem prac. Wyniki przeprowadzonych badań poligonowych i obserwacji rurociągów z tworzyw sztucznych budowanych na przestrzeni dziesiątków lat pozwalają sformułować następujące wnioski:

- Jakość prac montażowych (między innymi jakość wykonania obsypki) w bardzo dużym stopniu (80%) wpływa na wielkość ugięcia rurociągu, przy czym ugięcia te mogą być tym większe im mniejsza jest krótkotrwała sztywność obwodowa użytych rur,
- W przypadku układania rur o krótkotrwałej sztywności obwodowej powyżej 8 kPa (patrz tabela 2 w rozdz. 2) ugięcia rurociągu pozostają stosunkowo niewielkie niezależnie od jakości prac,

- Jeżeli rurociąg budowany z rur o krótkotrwałej sztywności obwodowej powyżej 8kPa układany jest w terenach zielonych, gdzie nie jest istotny stopień osiadania gruntu, to można stosować oszczędne techniki układania rurociągu w gruncie polegające na ułożeniu go na dnie wykopu i wykonaniu obsypki i zasypki bez stosowania zagęszczania.

Obsypkę rury należy wykonywać warstwami o grubości 10÷30cm do wysokości co najmniej 30cm powyżej wierzchu rury. Materiał stosowany do obsypki musi spełniać te same wymagania co materiał na posypkę (patrz rozdz. 5.4). Jeżeli grunt rodzimy spełnia te wymagania, to może on być zastosowany do wykonania obsypki. Jeżeli projekt to przewiduje i określa warunki wykonania, to możliwe jest zastosowanie do obsypki materiału nie spełniającego wymagań określonych wyżej. Stopień zagęszczenia obsypki określa projekt. Zagęszczanie może być wykonane przy pomocy sprzętu mechanicznego lub bez jego pomocy (stosując np. ubijaki ręczne lub udeptywanie nogami). Przy wymaganych średnich i wysokich stopniach zagęszczenia obsypki zalecane jest stosowanie sprzętu mechanicznego.

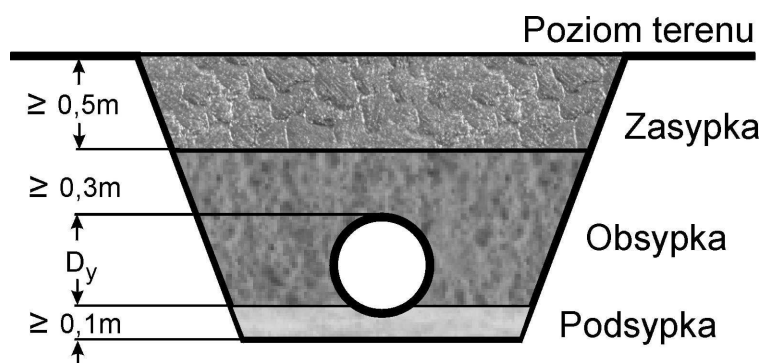
Pierwsza warstwa obsypki winna być starannie rozprowadzona po obu stronach rury ze zwróceniem uwagi na dokładne wypełnienie przestrzeni w okolicach styku rury z podsypką (tzw. pachwin). Przy zagęszczaniu tej warstwy należy uważać, aby nie spowodować podniesienia się rury.

Obsypka rurociągów układanych pod drogami, aby uniknąć skutków większego osiadania gruntu, winna być zagęszczona do 95% zmodyfikowanej wartości Proctora. Poza tymi terenami można stosować mniej dokładne zagęszczanie do wartości 85÷90% a nawet 75% zmodyfikowanej wartości Proctora przy czym głębokość ułożenia rurociągu nie jest tu istotna (zakłada się, że wysokość jego przykrycia nie jest mniejsza niż 0,8m).

Po zakończeniu obsypki rurociągu (przykrycie wierzchu rury min. 30cm) pozostała przestrzeń wykopu winna być wypełniona do poziomu terenu lub określonej w projekcie rzędnej w taki sposób i takim materiałem, które zapewnią odpowiednią nośność dla zakładanych obciążeń użytkowych (drogi, chodniki itp.). W wielu przypadkach do wykonania zasypki można użyć gruntu rodzimego o ile nie zawiera on elementów (np. kamieni) o rozmiarach powyżej 300mm. W terenach zielonych zagęszczanie zasypki nie jest konieczne.

Tabela 5. Metody zagęszczania gruntu

Rodzaj sprzętu do zagęszczania	Masa własna sprzętu [kg]	Maks. grubość warstwy przed zagęszczaniem [m]		Min. grubość warstwy ochronnej nad rurą	Krotność zagęszczania jednej warstwy	
		Żwir, piasek	İł, glina		do 85% Proctora zmodyfik.	do 90% Proctora zmodyfik.
Gęste udeptywanie	-	0,10	-	-	1	3
Ubijak ręczny	15	0,15	0,10	0,30	1	3
Ubijak wibracyjny	50-100	0,30	0,20-0,25	0,50	1	3
Wibrator płytowy o rozdzielnej płycie	50-100	0,20	-	0,50	1	4
Wibrator płytowy	50-100	0,15	-	0,50	1	4
	100-200	0,20	-	0,40	1	4
	400-600	0,40	0,20	0,80	1	4



Rysunek 4. Przekrój przez wykop

6 Rury o zwiększonej wytrzymałości „TYTAN”

Coraz bardziej powszechne staje się dążenie do podnoszenia wydajności układania rur w gruncie oraz minimalizowania związanych z tym kosztów i utrudnień dla komunikacji. Przejawia się to w coraz szerszym stosowaniu technik bezwykopowych i wąskowykopowych oraz rezygnowaniu z podsypki i obsypki piaskowej w tradycyjnej metodzie układania rur w wykopach. Aby nie doszło do skrócenia żywotności, instalowanych w ten sposób rurociągów, celem jest stosowanie rur o zwiększonej wytrzymałości na zarysowania i naciski punktowe.

6.1 TYTAN PE/PE

W rurze TYTAN PE/PE zarówno ścianka wewnętrzna jak i zewnętrzna wykonana jest z polietylenu najnowszej generacji o podwyższonej odporności na propagację pęknięć oraz naciski punktowe. Rura produkowana jest metodą współwytłaczania co zapewnia nierozwalne połączenie obydwu warstw. Jej wymiary są zgodne z PN-EN 12201. Wewnętrzna warstwa ma kolor czarny a zewnętrzna zgodny z przeznaczeniem rury.

6.1.1 Przeznaczenie

Do budowy metodami wąskowykopowymi oraz metodą układania bez podsypki i obsypki piaskowej, rurociągów:

- wodociągowych
- przemysłowych
- kanalizacji ciśnieniowej, podciśnieniowej i grawitacyjnej.

Poniżej przedstawiamy krótką charakterystykę metod układania rur, w których celowe jest zastosowanie rur TYTAN PE/PE.

Metoda układania bez podsypki i obsypki piaskowej

Metoda ta charakteryzuje się tym, że układając rurę w wykopie, nie wykonuje się podsypki i obsypki z piasku. Naraża to rurę na zarysowania i naciski punktowe od kamieni lub twardych fragmentów rodzimego gruntu. Do wykonania podsypki, obsypki i wypełnienia wykopu wykorzystuje się grunt rodzimy, co znacznie obniża koszty i skraca czas wykonania prac. W gruntach skalistych, dzięki właściwościom rur TYTAN, możliwe jest wykorzystanie w tym celu rozdrobnionego materiału skalnego, co eliminuje kosztowną wymianę gruntu.

Metody wąskowykopowe

Frezowanie

Metoda stosowana z reguły w twardym gruncie. Wykop wykonywany jest frezem, zamontowanym na ciągniku. Rurociąg na bieżąco jest układany na dnie wykopu i zasypywany urobkiem, co naraża go na porysowanie i naciski punktowe. Jeżeli rurociąg układany jest w pasie drogowym, istnieje możliwość odtwarzania na bieżąco nawierzchni.

Płużenie

Metoda stosowana z reguły w gruntach ornych (pola, łąki). Ciągnięty przez ciągnik, lemiesz pługa rozcina ziemię i tworzy w niej szczelinę, na dnie której układany jest rurociąg. Po przejściu lemiesza, ziemia obsuwa się, zasypując ułożone rury. W gruncie mogą znajdować się kamienie i wtedy w miejscu ich styku z rurociągiem będą występowały duże naciski punktowe.

6.1.2 Łączenie

Rury TYTAN PE/PE można łączyć przez zgrzewanie doczołowe i elektrooporowe lub złączkami zaciskowymi. Procedury zgrzewania nie odbiegają od procedur dla standardowych rur PE100.

6.2 TYTAN PE/PP

Ścianka rury zbudowana jest z dwóch różnych warstw. Wewnętrzna wykonana jest z polietylenu najnowszej generacji o podwyższonej odporności na propagację pęknięć oraz naciski punktowe, natomiast zewnętrzna z polipropylenu (PP). Rura produkowana jest metodą współwytłaczania co zapewnia trwałe połączenie obydwu warstw – nie dochodzi do rozwarstwienia rury w czasie układania metodą bezwykopową. Średnica zewnętrzna rury TYTAN PE/PP jest większa o dwie grubości warstwy PP od średnicy normowej.

6.2.1 Przeznaczenie

Do budowy, renowacji i wymiany, metodami bezwykopowymi, rurociągów:

- wodociagowych
- przemysłowych
- kanalizacji ciśnieniowej, podciśnieniowej i grawitacyjnej.

Przy technikach montażu metodami bezwykopowymi, przeciągane rury szczególnie narażone są na procesy ścierania i rysowania zewnętrznych powierzchni ścianek. Dlatego wyposażyliśmy naszą rurę TYTAN PE/PP w płaszcz ochronny, jaki stanowi zewnętrzna warstwa PP. Zastosowana odmiana PP charakteryzuje się świetną odpornością na uszkodzenia mechaniczne i powoduje, że nawet w najcięższych warunkach montażu warstwa wewnętrzna PE pozostaje nienaruszona.

Poniżej przedstawiamy krótką charakterystykę metod układania rur, w których celowe jest zastosowanie rur TYTAN PE/PP.

Bezwykopowa renowacja i wymiana rurociągów

Sliplining

Metoda polega na renowacji starego rurociągu, poprzez wciągnięcie do jego środka rur o odpowiednio mniejszej średnicy. Wiąże się to ze zmniejszeniem wydajności hydraulicznej rurociągu. Podczas wciągania, rury są narażone na porysowanie od chropowatych i ostrych fragmentów wewnętrznej powierzchni starego rurociągu.

Burstlining / Splitting

Metoda polega na zniszczeniu starego i ułożeniu w jego miejsce nowego rurociągu. Głowica z mechanizmem udarowym kruszy (burstlining) lub rozcina (splitting) stary rurociąg i rozpycha jego fragmenty na boki. W jego miejsce wciągany jest nowy rurociąg o tej samej lub większej średnicy. Jest on narażony na porysowanie i naciski punktowe od fragmentów zniszczonego, starego rurociągu.

Bezwykopowe układanie rurociągów

Przewiert

W tej metodzie, techniką wiertniczą wykonywany jest w gruncie otwór, do wnętrza którego wciągany jest rurociąg. Jeżeli przebieg trasy wierconego otworu może być zmieniany w sposób kontrolowany, to mówimy o przewiercie sterowanym. Oczywiście na trasie wiercenia mogą znajdować się różnego rodzaju przeszkody, które w kontakcie z wciągany rurociągiem doprowadzą do jego porysowania, a po zakończeniu instalacji do nacisków punktowych.

Przeciski

Metoda stosowana do układania stosunkowo krótkich odcinków rurociągu, np. przy przekraczaniu dróg. Głowica przeciskowa, wyposażona w mechanizm udarowy, rozpycha na boki grunt znajdujący się na jej drodze, tworząc przestrzeń dla wciągnięcia rurociągu. Wciągany rurociąg, zwłaszcza w przypadku gruntów kamienistych i skalistych, narażony jest na duże zarysowania powierzchni zewnętrznej i naciski punktowe.

6.2.2 Łączenie

Rury TYTAN PE/PP można łączyć przez zgrzewanie doczołowe i elektrooporowe lub złączkami zaciskowymi. Przed wykonaniem połączenia należy usunąć na odpowiedniej długości rury, zewnętrzną warstwę PP. Procedury zgrzewania nie odbiegają od procedur dla standardowych rur PE100.

7 Odbiór prac

Polietylen jest materiałem który poddany działaniu stałego obciążenia ulega odkształceniu zwiększającemu się wraz z upływem czasu działania tego obciążenia. Zjawisko takie nazywane jest pełzaniem. Ponadto, polietylen jest materiałem o małej przewodności cieplnej w porównaniu z materiałami tradycyjnymi. Te odmienne cechy polietylenu sprawiają, że nie wszystkie stosowne dokumenty lub ich fragmenty mogą być bezpośrednio odnoszone do rurociągów wykonanych z rur PE. Poniżej przedstawiono informacje jakie winne być uwzględnione przez wykonawców i przedstawicieli inwestora przy odbiorze rurociągów polietylenowych.

7.1 Próba szczelności wodociągu

Wymagania i badania przy odbiorze wodociągów określone są w normie PN-B-10725:1997. Norma ta nie zawiera jednak odpowiedniej dla polietylenu procedury badania szczelności odcinków przewodu gdyż nie uwzględnia pełzania rury PE w trakcie badania co jest przyczyną spadku ciśnienia wewnątrz rurociągu i tym samym kłopotów z zakończeniem próby szczelności z wynikiem pozytywnym. W związku z tym badania szczelności odcinków przewodu PE należy przeprowadzać zgodnie z procedurą określoną w załączniku A.27 do normy EN 805, którego treść przedstawiono poniżej. Poza procedurą badania szczelności odcinków przewodu wszelkie inne wymagania normy PN-B-10725 winny być stosowane.

Załącznik A.27 do pkt. 11.3.3.4 Główna próba szczelności

A.27.1 Uwagi ogólne

Ta alternatywna metoda przeznaczona dla rurociągów wykazujących właściwości lepkosprężyste (rurociągi polietylenowe i polipropylenowe) wynika z nieuwzględniania w głównej próbie szczelności opisanej w punkcie 11.3.3.4 faktu pełzania materiału. W związku z tym odpowiednią procedurę przeprowadzania próby szczelności przedstawiono poniżej.

A.27.2 Procedura próby

Cała procedura próby szczelności obejmuje fazę wstępną zawierającą okres relaksacji, połączoną z nią próbę spadku ciśnienia i zasadniczą próbę szczelności.

A.27.3 Faza wstępna

Pomyślne zakończenie fazy wstępnej jest warunkiem wstępnym dla przeprowadzenia zasadniczej próby szczelności.

Celem fazy wstępnej jest uzyskanie odpowiednich warunków początkowych testowanego układu, które zależą od ciśnienia, czasu i temperatury.

Należy unikać wszelkich błędów, które mogłyby wpłynąć na wynik zasadniczej próby szczelności. W związku z tym wstępną próbę szczelności należy przeprowadzić następująco:

- po przepłukaniu i odpowietrzeniu rurociągu obniżyć ciśnienie do poziomu ciśnienia atmosferycznego i przez co najmniej 60 min pozwolić na relaksację naprężeń w rurociągu, aby uniknąć wstępnych naprężeń pochodzących od ciśnienia wewnętrznego; zabezpieczyć rurociąg przed wtórnym zapowietrzeniem;
- po upływie okresu relaksacji należy szybko (nie dłużej niż 10 minut) i w sposób ciągły podnieść ciśnienie do poziomu STP (ang. System Test Pressure oznacza ciśnienie próbne; najczęściej $STP=1,5 \times P_N$). Utrzymywać ciśnienie STP przez 30 minut przez dopompowywanie wody w sposób ciągły lub z krótkimi przerwami. W tym czasie należy przeprowadzić wzrokową inspekcję rurociągu aby zidentyfikować ewentualne nieszczelności;
- przez okres 1 godziny nie pompować wody pozwalając badanemu odcinkowi na rozciąganie się na skutek lepkością przystego pełzania;
- na koniec fazy wstępnej zmierzyć poziom ciśnienia w rurociągu.

W przypadku pomyślnego zakończenia fazy wstępnej należy kontynuować procedurę testową. Jeżeli ciśnienie spadło o więcej niż 30% STP, to należy przerwać fazę wstępną i obniżyć ciśnienie wody w badanym odcinku do zera. Po ustaleniu przyczyny nadmiernego spadku ciśnienia zapewnić właściwe warunki testu (przyczyną może być np. zmiana temperatury, istnienie nieszczelności). Ponowne przeprowadzenie próby możliwe jest po co najmniej 60-cio minutowym okresie relaksacji.

A.27.4 Zintegrowana próba spadku ciśnienia

Prawidłowa ocena zasadniczej próby szczelności jest możliwa pod warunkiem odpowiednio niskiej zawartości powietrza we wnętrzu badanego odcinka. W związku z tym należy:

- w końcu fazy wstępnej gwałtownie obniżyć ciśnienie w rurociągu o $\Delta p=10 \div 15\%$ STP poprzez upuszczenie wody z badanego odcinka;
- dokładnie zmierzyć objętość upuszczonej wody ΔV ;
- obliczyć dopuszczalny ubytek wody $\Delta V_{\max}$ według poniższego wzoru i sprawdzić, czy upuszczona ilość wody ΔV nie przekracza wartości dopuszczalnej $\Delta V_{\max}$.

$$\Delta V_{\max} = 1,2 \cdot V \cdot \Delta p \left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{e \cdot E_R} \right)$$

gdzie:

- $\Delta V_{\max}$ - dopuszczalny ubytek wody [litry]
- V - objętość testowanego odcinka [litry]
- Δp - zmierzony spadek ciśnienia [kPa]
- E_w - współczynnik ściśliwości wody [kPa] (należy przyjąć wartość $2,06 \cdot 10^6$ kPa)
- D - wewnętrzna średnica rurociągu [m]
- e - grubość ścianki rurociągu [m]
- E_R - moduł Younga materiału rury na kierunku obwodowym [kPa] (należy przyjąć wartość $8 \cdot 10^5$ kPa)
- 1,2 - współczynnik poprawkowy dla zasadniczej próby szczelności (uwzględniający zawartość powietrza)

Dla właściwej interpretacji uzyskiwanych wyników istotne jest zastosowanie odpowiedniej wartości E_R oraz uwzględnianie zmian temperatury i czasu przeprowadzania próby szczelności. Szczególnie w przypadku badania rurociągów o małych średnicach i krótkich odcinków Δp i ΔV winny być mierzone tak dokładnie, jak to tylko możliwe.

Jeżeli ΔV jest większe niż $\Delta V_{\max}$, to należy przerwać badanie i po obniżeniu ciśnienia do zera jeszcze raz dokładnie odpowietrzyć rurociąg.

A.27.5 Zasadnicza próba szczelności

Lepkosprężyste pełzanie materiału rury pod wpływem naprężeń wywołanych ciśnieniem próbnym STP jest przerwane przez zintegrowany test spadku ciśnienia. Nagły spadek ciśnienia wewnętrznego prowadzi do kurczenia się rurociągu. Należy przez okres 30 minut (zasadnicza próba szczelności) obserwować i rejestrować wzrost ciśnienia wewnętrznego wywołany tym kurczeniem się rurociągu. Zasadniczą próbę szczelności można uznać za pozytywną, jeżeli linia zmian ciśnienia wykazuje tendencję wzrostową i w ciągu 30 minut, co jest zazwyczaj wystarczająco długim okresem czasu aby uzyskać odpowiednio dokładne określenie szczelności, nie wykazuje spadku (patrz rysunek 1). Jeżeli w tym czasie krzywa zmian ciśnienia wykaże jednak spadek, to jest to oznaką nieszczelności badanego odcinka.

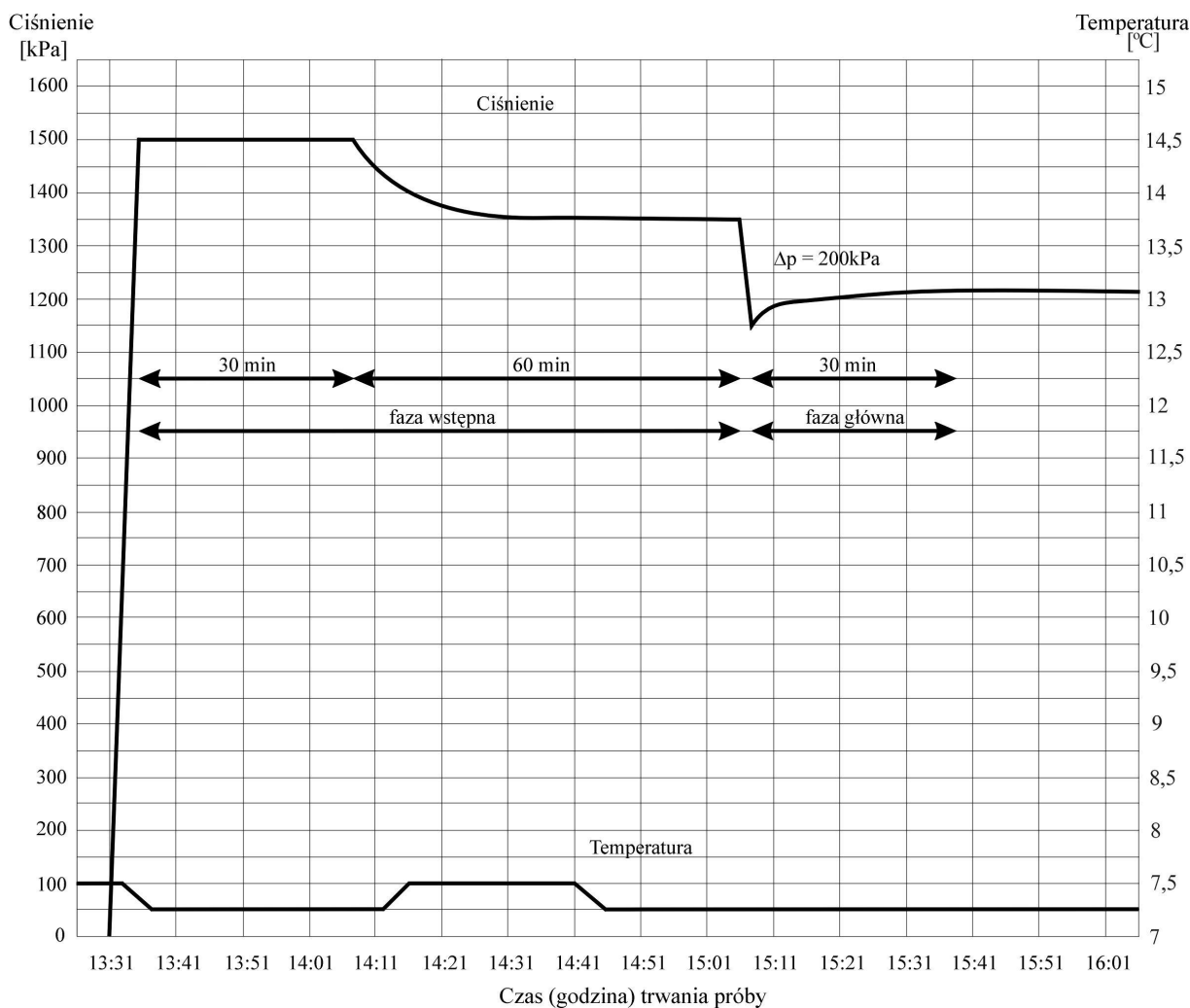
W przypadku wątpliwości należy zasadniczą próbę szczelności przedłużyć do 90 minut. W takim przypadku dopuszczalny spadek ciśnienia jest ograniczony do 25 kPa względem maksymalnej wartości ciśnienia uzyskanej w fazie kurczenia się rury.

Jeżeli ciśnienie spadnie o więcej niż 25 kPa, to test należy uznać za negatywny.

Zaleca się sprawdzenie wszystkich połączeń mechanicznych przed inspekcją wizualną połączeń zgrzewanych.

Usunąć wszystkie zidentyfikowane w trakcie próby uszkodzenia instalacji i powtórzyć całą próbę.

Powtórne wykonanie zasadniczej próby szczelności jest dopuszczalne pod warunkiem przeprowadzenia całej procedury testowej łącznie z 60-cio minutowym okresem relaksacji w fazie wstępnej.



Rysunek 5. Przykładowy przebieg próby szczelności

7.2 Uwagi na temat przyłączy wodociągowych z rur PE

Aktualnie bardzo duża część przyłączy wodociągowych wykonywana jest z rur polietylenowych. Rury te projektowane są przy założeniu, że temperatura wody nie przekroczy 20°C. W przypadku, gdyby temperatura wody przekroczyła 20°C należałoby zredukować ciśnienie. W związku z tym, należy się zawsze upewnić, czy ciepła woda użytkowa lub woda z systemu centralnego ogrzewania nie ma możliwości przepływu z instalacji wewnętrznej do rury przyłącza dochodzącej do samego zaworu odcinającego zainstalowanego przed wodomierzem. Innymi słowy należy upewnić się, czy został zainstalowany za wodomierzem zawór zwrotny i czy jest on sprawny. Brak takiego zaworu lub jego wadliwe działanie może być przyczyną plastycznego pęknięcia rury PE w bezpośrednim sąsiedztwie wodomierza na skutek jej zwiększonego pęcznienia pod wpływem gorącej wody cofającej się w kierunku sieci dystrybucyjnej w sytuacji, gdy ciśnienie w instalacji wewnętrznej jest wyższe od ciśnienia w sieci. Do awarii takiej nie dochodzi natychmiast lecz po upływie pewnego czasu w zależności od warunków obciążenia (temperatura wody i czas jej oddziaływania na rurę), szeregu wymiarowego SDR rury przyłącza i rodzaju materiału z jakiego jest ona wykonana (LDPE, MDPE lub HDPE).

W przypadku wymiany przyłącza wodociągowego ze stalowego na polietylenowe w starym budynku należy upewnić się jaki jest w tym budynku stosowany w instalacji elektrycznej system ochrony przeciwporażeniowej. Jeżeli wykorzystywane jest uziemienie w oparciu o instalację

wodociągową, to po zamianie rury przyłącza na polietylenową, która nie przewodzi ładunków elektrycznych, system ten przestanie działać i w związku z tym należy go zmienić (np. na zerowanie).

7.3 Próba szczelności gazociągu

Próbę szczelności gazociągów polietylenowych należy wykonywać zgodnie z normą PN-92-M-34503 „Gazociągi i instalacje gazownicze. Próby rurociągów”.

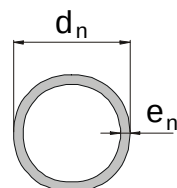
Stosowany poziom ciśnienia próbnego nie wywołuje tak dużego pęcznienia PE jak w przypadku wodociągów a ponadto ściśliwość gazu stosowanego w próbie szczelności sprawia, że zmiany objętości rurociągu nie mają zauważalnego wpływu na zmiany ciśnienia wewnętrznego.

Należy jedynie zwrócić uwagę na fakt, że polietylen jest dobrym izolatorem. Po napełnieniu gazociągu sprężonym powietrzem przy pomocy sprężarki właściwą próbę szczelności można rozpocząć dopiero po obniżeniu się temperatury rury i powietrza w niej zawartego do poziomu temperatury otoczenia, co może trwać nawet kilka godzin. Niedopełnienie tego warunku może być przyczyną spadku ciśnienia wewnętrznego nie tyle w wyniku występowania nieszczelności lecz jako efektu przemiany gazowej w której przy stałej objętości badanego odcinka gazociągu spadkowi temperatury gazu (tutaj: powietrza) towarzyszy spadek ciśnienia.

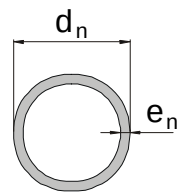
8 Asortyment produkcji

RURY GAZOWE Z POLIETYLENU PEHD 80 i PEHD 100

Asortyment produkcji, wymiary

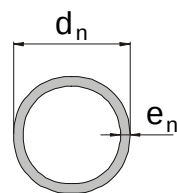


średnica zewnętrzna d_n [mm]	PEHD 80 i PEHD 100			
	SDR 17,6		SDR 11	
	grubość ścianki e [mm]	ciężar 1 mb [kg]	grubość ścianki e [mm]	ciężar 1 mb [kg]
25 +0,3			3,0 +0,4	0,20
32 +0,3			3,0 +0,4	0,26
40 +0,4			3,7 +0,5	0,41
50 +0,4			4,6 +0,6	0,64
63 +0,4			5,8 +0,7	1,01
75 +0,5	4,3 +0,6	0,93	6,8 +0,8	1,41
90 +0,6	5,2 +0,7	1,34	8,2 +1,0	2,04
110 +0,7	6,3 +0,8	1,99	10,0 +1,1	3,04
125 +0,8	7,1 +0,9	2,55	11,4 +1,3	3,94
140 +0,9	8,0 +0,9	3,21	12,7 +1,4	4,92
160 +1,0	9,1 +1,1	4,18	14,6 +1,6	6,46
180 +1,1	10,3 +1,2	5,32	16,4 +1,8	8,16
200 +1,2	11,4 +1,3	6,54	18,2 +2,0	10,07
225 +1,4	12,8 +1,4	8,26	20,5 +2,2	12,76
250 +1,5	14,2 +1,6	10,19	22,7 +2,4	15,70
280 +2,6	15,9 +1,7	12,85	25,4 +2,7	19,68
315 +2,9	17,9 +1,9	16,18	28,6 +3,0	24,92
355 +3,2	20,2 +2,2	20,58	32,3 +3,4	31,71
400 +3,6	22,8 +2,4	26,17	36,4 +3,8	40,27
450 +4,1	25,6 +2,7	33,06	41,0 +4,4	51,02
500 +4,5	28,4 +3,0	41,84	45,5 +4,7	65,01

RURY CIŚNIENIOWE Z POLIETYLENU PEHD 80**Asortyment produkcji, wymiary**

średnica zewnętrzna d_n [mm]	RURY CIŚNIENIOWE Z POLIETYLENU PEHD 80			
	SDR 21 PN6		SDR 17 PN8	
	grubość ścianki e [mm]	ciężar 1 mb [kg]	grubość ścianki e [mm]	ciężar 1 mb [kg]
32 +0,3			2,0 +0,3	0,18
40 +0,4	2,0 +0,3	0,23	2,4 +0,4	0,27
50 +0,4	2,4 +0,4	0,35	3,0 +0,4	0,43
63 +0,4	3,0 +0,4	0,54	3,8 +0,5	0,68
75 +0,5	3,6 +0,5	0,78	4,5 +0,6	0,96
90 +0,6	4,3 +0,6	1,11	5,4 +0,7	1,38
110 +0,7	5,3 +0,7	1,68	6,6 +0,8	2,06
125 +0,8	6,0 +0,7	2,16	7,4 +0,9	2,63
140 +0,9	6,7 +0,8	2,70	8,3 +1,0	3,30
160 +1,0	7,7 +0,9	3,55	9,5 +1,1	4,31
180 +1,1	8,6 +1,0	4,46	10,7 +1,2	5,47
200 +1,2	9,6 +1,1	5,53	11,9 +1,3	6,75
225 +1,4	10,8 +1,2	7,00	13,4 +1,5	8,55
250 +1,5	11,9 +1,3	8,57	14,8 +1,6	10,50
280 +1,7	13,4 +1,5	10,81	16,6 +1,8	13,19
315 +1,9	15,0 +1,6	13,61	18,7 +2,0	16,72
355 +2,2	16,9 +1,8	17,29	21,1 +2,3	21,26
400 +2,4	19,1 +2,1	22,01	23,7 +2,5	26,91
450 +2,7	21,5 +2,3	27,87	26,7 +2,8	34,10
500 +3,0	23,9 +2,5	35,95	29,7 +3,1	44,09
560 +3,4	26,7 +2,8	44,99	33,2 +3,5	55,24
630 +3,8	30,0 +3,1	56,83	37,4 +3,9	69,96
710 +6,4	33,9 +3,5	72,47	42,1 +4,4	88,91
800 +7,2	38,1 +4,0	91,86	47,4 +4,9	112,74

średnica zewnętrzna d_n [mm]	RURY CIŚNIENIOWE Z POLIETYLENU PEHD 80			
	SDR 13,6 PN10		SDR 11 PN12,5	
	grubość ścianki e [mm]	ciężar 1 mb [kg]	grubość ścianki e [mm]	ciężar 1 mb [kg]
25 +0,3	2,0 +0,3	0,14	2,3 +0,4	0,16
32 +0,3	2,4 +0,4	0,21	3,0 +0,4	0,26
40 +0,4	3,0 +0,5	0,33	3,7 +0,5	0,41
50 +0,4	3,7 +0,5	0,52	4,6 +0,6	0,63
63 +0,4	4,7 +0,6	0,83	5,8 +0,7	1,00
75 +0,5	5,6 +0,7	1,17	6,8 +0,8	1,40
90 +0,6	6,7 +0,8	1,68	8,2 +1,0	2,02
110 +0,7	8,1 +1,0	2,49	10,0 +1,1	3,02
125 +0,8	9,2 +1,1	3,21	11,4 +1,3	3,91
140 +0,9	10,3 +1,2	4,03	12,7 +1,4	4,88
160 +1,0	11,8 +1,3	5,28	14,6 +1,6	6,44
180 +1,1	13,3 +1,5	6,69	16,4 +1,8	8,09
200 +1,2	14,7 +1,6	8,22	18,2 +2,0	9,98
225 +1,4	16,6 +1,8	10,44	20,5 +2,2	12,65
250 +1,5	18,4 +2,0	12,86	22,7 +2,4	15,57
280 +1,7	20,6 +2,2	16,12	25,4 +2,7	19,51
315 +1,9	23,2 +2,5	20,42	28,6 +3,0	24,71
355 +2,2	26,1 +2,8	25,90	32,2 +3,4	31,45
400 +2,4	29,4 +3,1	32,87	36,3 +3,8	39,83
450 +2,7	33,1 +3,5	41,63	40,9 +4,2	50,48
500 +3,0	36,8 +3,8	53,74	45,4 +4,7	65,01
560 +3,4	41,2 +4,3	67,42	50,8 +5,2	81,44
630 +3,8	46,3 +4,8	85,22	57,2 +5,9	103,18
710 +6,4	52,2 +5,4	108,43		
800 +7,2	58,8 +6,0	137,54		

RURY CIŚNIENIOWE Z POLIETYLENU PEHD 100**Asortyment produkcji, wymiary**

średnica zewnętrzna d_n [mm]	RURY CIŚNIENIOWE Z POLIETYLENU PEHD 100			
	SDR 26 PN6		SDR 17 PN10	
	grubość ścianki e [mm]	ciężar 1 mb [kg]	grubość ścianki e [mm]	ciężar 1 mb [kg]
32 +0,3			2,0 +0,3	0,18
40 +0,4			2,4 +0,4	0,28
50 +0,4	2,0 +0,3	0,29	3,0 +0,4	0,43
63 +0,4	2,5 +0,4	0,46	3,8 +0,5	0,68
75 +0,5	2,9 +0,4	0,63	4,5 +0,6	0,97
90 +0,6	3,5 +0,5	0,92	5,4 +0,7	1,39
110 +0,7	4,2 +0,6	1,35	6,6 +0,8	2,08
125 +0,8	4,8 +0,6	1,75	7,4 +0,9	2,65
140 +0,9	5,4 +0,7	2,20	8,3 +1,0	3,33
160 +1,0	6,2 +0,8	2,89	9,5 +1,1	4,35
180 +1,1	6,9 +0,8	3,62	10,7 +1,2	5,51
200 +1,2	7,7 +0,9	4,49	11,9 +1,3	6,81
225 +1,4	8,6 +1,0	5,64	13,4 +1,5	8,63
250 +1,5	9,6 +1,1	7,00	14,8 +1,6	10,59
280 +1,7	10,7 +1,2	8,74	16,6 +1,8	13,30
315 +1,9	12,1 +1,4	11,11	18,7 +2,0	16,86
355 +2,2	13,6 +1,5	14,08	21,1 +2,3	21,44
400 +2,4	15,3 +1,7	17,85	23,7 +2,5	27,14
450 +2,7	17,2 +1,9	22,57	26,7 +2,8	34,39
500 +3,0	19,1 +2,1	29,26	29,7 +3,1	44,33
560 +3,4	21,4 +2,3	36,67	33,2 +3,5	55,53
630 +3,8	24,1 +2,6	46,47	37,4 +3,9	70,33
710 +6,4	27,2 +2,9	59,15	42,1 +4,4	89,37
800 +7,2	30,6 +3,2	74,92	47,4 +4,9	113,33

średnica zewnętrzna d_n [mm]	RURY CIŚNIENIOWE Z POLIETYLENU PEHD 100			
	SDR 13,6 PN12,5		SDR 11 PN16	
	grubość ścianki e [mm]	ciężar 1 mb [kg]	grubość ścianki e [mm]	ciężar 1 mb [kg]
25 +0,3	2,0 +0,3	0,14	2,3 +0,4	0,16
32 +0,3	2,4 +0,4	0,22	3,0 +0,4	0,27
40 +0,4	3,0 +0,5	0,34	3,7 +0,5	0,41
50 +0,4	3,7 +0,5	0,52	4,6 +0,6	0,64
63 +0,4	4,7 +0,6	0,83	5,8 +0,7	1,01
75 +0,5	5,6 +0,7	1,18	6,8 +0,8	1,41
90 +0,6	6,7 +0,8	1,70	8,2 +1,0	2,04
110 +0,7	8,1 +1,0	2,51	10,0 +1,1	3,04
125 +0,8	9,2 +1,1	3,24	11,4 +1,3	3,94
140 +0,9	10,3 +1,2	4,07	12,7 +1,4	4,92
160 +1,0	11,8 +1,3	5,32	14,6 +1,6	6,46
180 +1,1	13,3 +1,5	6,75	16,4 +1,8	8,16
200 +1,2	14,7 +1,6	8,29	18,2 +2,0	10,07
225 +1,4	16,6 +1,8	10,53	20,5 +2,2	12,76
250 +1,5	18,4 +2,0	12,97	22,7 +2,4	15,70
280 +1,7	20,6 +2,2	16,26	25,4 +2,7	19,68
315 +1,9	23,2 +2,5	20,60	28,6 +3,0	24,92
355 +2,2	26,1 +2,8	26,12	32,2 +3,4	31,71
400 +2,4	29,4 +3,1	33,15	36,3 +3,8	40,17
450 +2,7	33,1 +3,5	41,99	40,9 +4,2	50,91
500 +3,0	36,8 +3,8	54,01	45,4 +4,7	65,35
560 +3,4	41,2 +4,3	67,77	50,8 +5,2	81,87
630 +3,8	46,3 +4,8	85,66	57,2 +5,9	103,73
710 +6,4	52,2 +5,4	109,00		
800 +7,2	58,8 +6,0	138,26		

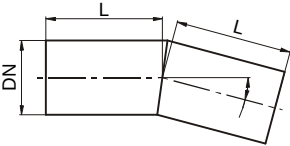
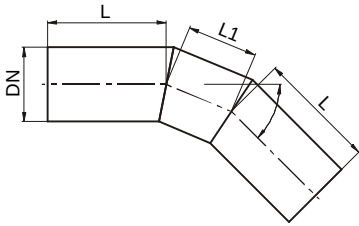
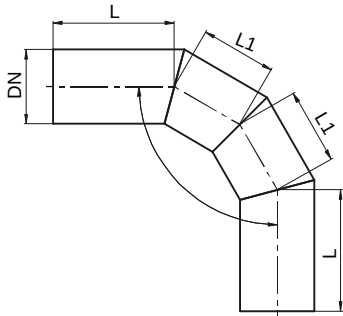
RURY CIŚNIENIOWE O ZWIĘKSZONEJ WYTRZYMAŁOŚCI „TYTAN PE/PE”

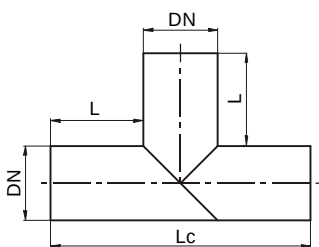
Wymiar PN-EN 12201 SDR 17 dn [mm]	Grubość płaszczka PE orientacyjna [mm]	ciężar 1 mb [kg]	Wymiar PN-EN 12201 SDR 11 dn [mm]	Grubość płaszczka PE orientacyjna [mm]	ciężar 1 mb [kg]
75 x 4,5	1,0	0,97	75 x 6,8	1,5	1,41
90 x 5,4	1,2	1,39	90 x 8,2	1,5	2,04
110 x 6,6	1,5	2,08	110 x 10,0	2,0	3,04
125 x 7,4	1,5	2,65	125 x 11,4	2,0	3,94
140 x 8,3	1,5	3,33	140 x 12,7	2,0	4,92
160 x 9,5	2,0	4,35	160 x 14,6	2,3	6,46
180 x 10,7	2,0	5,51	180 x 16,4	2,3	8,16
200 x 11,9	2,0	6,81	200 x 18,2	2,5	10,07
225 x 13,4	2,3	8,63	225 x 20,5	2,5	12,76
250 x 14,8	2,3	10,59	250 x 22,7	2,5	15,70
280 x 16,6	2,3	13,30	280 x 25,4	2,7	19,68
315 x 18,7	2,5	16,86	315 x 28,6	3,0	24,92
355 x 21,1	2,5	21,44	355 x 32,2	3,5	31,71
400 x 23,7	2,7	27,14	400 x 36,3	4,0	40,17
450 x 26,7	2,7	34,39	450 x 40,9	4,0	50,91

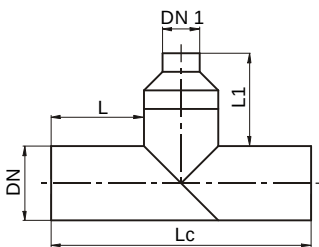
RURY CIŚNIENIOWE O ZWIĘKSZONEJ WYTRZYMAŁOŚCI „TYTAN PE/PP”

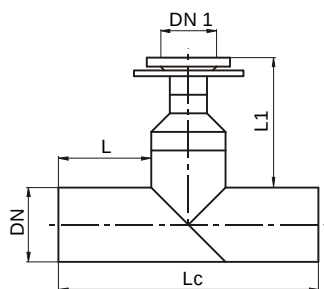
Wymiar PN-EN 12201 SDR 17 dn [mm]	Grubość płaszczka PP orientacyjna [mm]	Średnica zewn. [mm]	ciężar 1 mb [kg]	Wymiar PN-EN 12201 SDR 11 dn [mm]	Grubość płaszczka PP orientacyjna [mm]	Średnica zewn. [mm]	ciężar 1 mb [kg]
75 x 4,5	1,0	77,0	1,24	75 x 6,8	1,0	77,0	1,70
90 x 5,4	1,2	92,4	1,78	90 x 8,2	1,2	92,4	2,45
110 x 6,6	1,5	113,0	2,67	110 x 10,0	1,5	113,0	3,67
125 x 7,4	1,5	128,0	3,33	125 x 11,4	1,5	128,0	4,67
140 x 8,3	1,5	143,0	4,10	140 x 12,7	1,5	143,0	5,76
160 x 9,5	2,0	164,0	5,51	160 x 14,6	2,0	164,0	7,70
180 x 10,7	2,0	184,0	6,84	180 x 16,4	2,0	184,0	9,59
200 x 11,9	2,0	204,0	8,31	200 x 18,2	2,0	204,0	11,69
225 x 13,4	2,3	229,6	10,56	225 x 20,5	2,3	229,6	14,85
250 x 14,8	2,3	254,6	12,78	250 x 22,7	2,3	254,6	18,08
280 x 16,6	2,3	284,6	15,80	280 x 25,4	2,3	284,6	22,42
315 x 18,7	2,5	320,0	19,94	315 x 28,6	2,5	320,0	28,31
355 x 21,1	2,5	360,0	25,00	400 x 36,3	2,5	360,0	35,57
400 x 23,7	2,7	405,4	31,51	400 x 36,3	2,7	405,4	45,04
450 x 26,7	2,7	455,4	39,45	450 x 40,9	2,7	455,4	56,60

KSZTAŁTKI SEGMENTOWE PEHD 80, PEHD 100

Łuk segmentowy 15°, 30° 	DN [mm]	L [mm]	
90	187		
110	194		
125	200		
140	207		
160	214		
180	222		
200	231		
225	240		
250	350		
280	363		
315	426		
355	443		
400	461		
450	481		
Łuk segmentowy 45°, 60° 	DN [mm]	L [mm]	L1 [mm]
90	187	91	
110	194	95	
125	200	108	
140	207	122	
160	214	139	
180	222	155	
200	231	173	
225	240	194	
250	350	216	
280	363	242	
315	426	272	
355	443	307	
400	461	346	
450	481	390	
Łuk segmentowy 90° 	DN [mm]	L [mm]	L1 [mm]
90	187	109	
110	194	117	
125	200	134	
140	207	151	
160	214	172	
180	222	193	
200	231	215	
225	240	241	
250	350	268	
280	363	300	
315	426	337	
355	443	380	
400	461	426	
450	481	483	

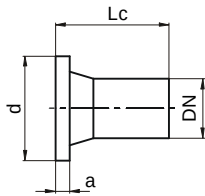
Trójnik równoprzelotowy 90° 	DN [mm]	L [mm]	Lc [mm]
	90	175	440
	110	179	468
	125	183	491
	140	188	516
	160	193	546
	180	198	576
	200	204	608
	225	210	645
	250	317	884
	280	325	930
	315	384	1083
	355	395	1145
	400	407	1214
	450	421	1292

Trójnik redukcyjny 90° 	DN [mm]	DN1 [mm]	L [mm]	L1 [mm]	Lc [mm]
	90	63	175	320	440
	110	63	179	350	468
	110	90	179	350	468
	160	63	193	360	546
	160	90	193	360	546
	160	110	193	360	546
	200	63	204	360	608
	200	90	204	360	608
	200	110	204	360	608
	200	160	204	360	608
	225	90	210	370	645
	225	110	210	370	645
	225	160	210	370	645
	250	63	317	370	884
	250	90	317	370	884
	250	110	317	370	884
	250	160	317	370	884
	250	225	317	370	884
	315	63	384	360	1083
	315	90	384	360	1083
	315	110	384	360	1083
	315	160	384	360	1083
	315	225	384	360	1083
	400	90	407	370	1214
	400	110	407	370	1214
	400	160	407	370	1214
	400	225	407	370	1214
	400	315	407	370	1214

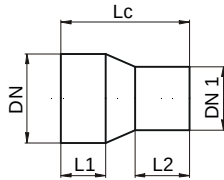
**Trójnik redukcyjny 90°
kolnierzowy**


DN [mm]	DN1 [mm]	L [mm]	L1 [mm]	Lc [mm]
90	50	175	404	440
90	80	175	404	440
110	50	179	434	468
110	80	179	434	468
110	100	179	434	468
160	50	193	465	546
160	80	193	465	546
160	100	193	465	546
160	150	193	465	546
200	50	204	465	608
200	80	204	465	608
200	100	204	465	608
200	150	204	465	608
225	50	210	485	645
225	80	210	485	645
225	100	210	485	645
225	150	210	485	645
225	200	210	485	645
250	50	317	475	884
250	80	317	475	884
250	100	317	475	884
250	150	317	475	884
250	200	317	475	884
315	50	384	460	1083
315	80	384	460	1083
315	100	384	460	1083
315	150	384	460	1083
315	200	384	460	1083
315	300	384	460	1083
400	80	407	510	1214
400	100	407	510	1214
400	150	407	510	1214
400	200	407	510	1214
400	300	407	510	1214
400	400	407	510	1214

Tuleja kołnierzowa

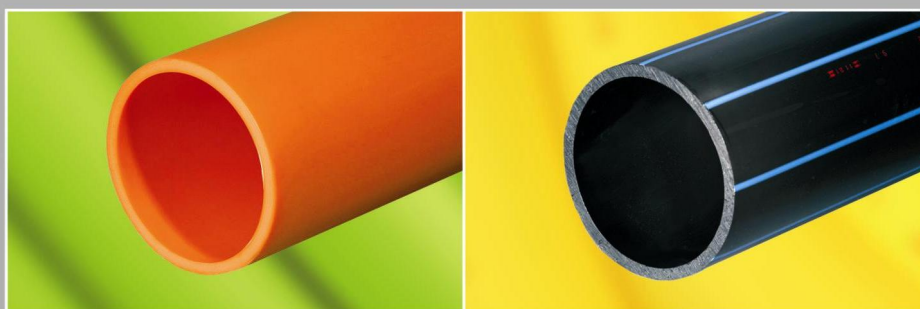


DN [mm]	d [mm]	a [mm]	Lc [mm]
50	88	12	96
63	102	14	105
75	122	16	120
90	138	17	120
110	158	18	130
125	158	25	115
140	188	25	115
160	212	25	145
180	212	30	120
200	268	32	130
225	268	32	135
250	320	35	155
280	320	35	155
315	370	35	155
355	430	40	120
400	482	46	140
450	585	60	150

Tuleja redukcyjna 90° 	DN [mm]	DN1 [mm]	Lc [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]
	90	63	130	45	55
	90	75	130	45	70
	110	63	140	50	55
	110	90	145	60	65
	125	63	120	40	40
	125	75	120	40	50
	125	90	120	40	50
	160	63	130	50	45
	160	90	130	45	45
	160	110	150	60	60
	160	125	135	50	50
	180	160	120	50	40
	200	160	120	50	40
	225	160	135	60	55
	225	200	105	40	40
	250	160	150	40	65
	250	225	105	40	40
	315	225	150	70	50
	315	250	150	70	50
	355	315	90	30	30
	400	315	132	36	22
	400	355	84	36	24
	450	315	170	34	22
	450	355	130	34	24
	450	400	82	34	24

9 Bibliografia

1. L.-E. Janson – Plastics Pipes for Water Supply and Sewage Disposal, 3rd edition, Borealis 1999.
2. PN-83/8836-02 Przewody podziemne. Roboty ziemne. Wymagania i badania przy odbiorze.
3. PN-B-10725:1997 Wodociągi. Przewody zewnętrzne. Wymagania i badania przy odbiorze.
4. Zarządzenie nr 47 Ministra Przemysłu z dnia 9.05.89r. w sprawie warunków technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych sieci gazowych.
5. NEN 7200 Butt welding of PE pipes and fittings.
6. PN-EN 805 Zaopatrzenie w wodę. Wymagania dotyczące systemów zewnętrznych i ich części składowych.
7. PN-EN 1555 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do przesyłania paliw gazowych. Polietylen (PE).
8. PN-EN 12201 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do przesyłania wody. Polietylen (PE).
9. PN-EN 13244 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do ciśnieniowych rurociągów do wody użytkowej i kanalizacji deszczowej oraz sanitarnej, układane pod ziemią i nad ziemią. Polietylen (PE).
10. PN-92-M-34503 Gazociągi i instalacje gazownicze. Próby rurociągów.
11. ZN-G-3150:1996 Gazociągi. Rury polietylenowe. Wymagania i badania. Zakładowa Norma Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa.
12. PN-83/B-10700 Instalacje wewnętrzne wodociągowe i kanalizacyjne. Wymagania i badania przy odbiorze.
13. PN-86/C-89280 Polietylen. Oznaczenia.
14. PN-76/M-34034 Rurociągi. Zasady obliczania strat ciśnienia.
15. PN/B-10725 Wodociągi. Przewody zewnętrzne. Wymagania i badania.
16. AT/2000-02-0966 Aprobata techniczna. Kształtki segmentowe z polietylenu PE 80 i PE 100 do sieci wodociągowych COBRTI INSTAL.
17. AT/2000-05-44 Aprobata techniczna. Kształtki segmentowe polietylenowe przeznaczone do rozprowadzania paliw gazowych IGNiG.
18. B/05/134/2000 Certyfikat uprawniający do oznaczenia wyrobu znakiem bezpieczeństwa.



POLSKIE NIEZAWODNE SYSTEMY



Przedsiębiorstwo
Barbara Kaczmarek Sp.J.
MALEWO 2; 63-800 Gostyń
tel. (+48 65) 57 23 555
fax (+48 65) 57 23 530
www.kaczmarek2.pl
e-mail: sekretariat@kaczmarek2.pl