

MONOGRAFIE

SERIA: GAZOWNICTWO
nr 2

Andrzej Pusz

**GAZOCIĄGI
Z TWORZYW SZTUCZNYCH**

POLSKIE ZRZESZENIE INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW SANITARNYCH
ODDZIAŁ DOLNOŚLĄSKI

WROCLAW 2002

KOMITET WYDAWNICZY

Halina Kłoss-Trębaczekiewicz (przewodnicząca), Stanisław A. Rybicki
Irena Marczyk, Kazimierz Siwecki, Katarzyna Wróblewska

Recenzenci

Dr hab. inż. Gabriel Wróbel
Dr inż. Józef Stabik

Projekt okładki

Jakub Rakusa-Suszczewski

Opracowanie redakcyjne

Andrzej M. Dziubek

Redakcja techniczna

Agnieszka Nawirska

Wydawnictwo Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych
nr 802

Wrocław, wrzesień 2002 r.

© Oddział Dolnośląski PZITS

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tej pracy nie może być powielana,
czy rozpowszechniana w jakiegokolwiek formie i w jakikolwiek sposób
bez pisemnej zgody Wydawcy

ISBN 83-911619-5-1

Druk i oprawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej

*Poświęcam
moim najbliższym*

Książka zawiera w rozszerzonej formie treść wykładów prowadzonych przez Autora od wielu lat na seminariach szkoleniowych dla projektantów, pracowników nadzoru oraz monterów gazociągów z tworzyw sztucznych. Próbuje ona jednocześnie w zwięzłej formie przedstawić zagadnienia związane z szeroko pojętą technologią budowy i eksploatacji gazociągów z polietylenu.

Opracowanie to zostało ukierunkowane na tematykę związaną z gazownictwem, gdyż takie były i są potrzeby szkoleniowe, co jednak nie musi stanowić bariery do wykorzystania przedstawionej w nim wiedzy do innych zastosowań, jak chociażby sieci wodociągowe i kanalizacyjne, czy też rurociągi przemysłowe.

Autor pragnie wyrazić serdeczne podziękowania:

Dr. hab. inż. Gabrielowi Wróblowi – za przychylną i rzeczową recenzję książki.

Dr. inż. Józefowi Stabikowi – za wnikliwą ocenę oraz wiele trafnych uwag wniesionych do treści książki.

Mgr. inż. Kazimierzowi Siweckiemu – za dydaktyczne spojrzenie na materiały zawarte w książce.

Inż. Irenie Marczyk – za wiele serca i niestrudzoną aktywność wykazaną w ciągu wielu lat pracy szkoleniowej w Dolnośląskim Oddziale PZITS we Wrocławiu.

Gliwice, wrzesień 2002 r.

Andrzej Pusz

SPIS TREŚCI

1. Dokumenty normatywne	7
1.1. Podział gazociągów	8
1.2. Określenia	10
2. Tworzywa sztuczne – pojęcia podstawowe	11
3. Tworzywa sztuczne w gazownictwie – polietylen	17
3.1. Wiadomości wstępne	17
3.2. Polietylen	17
3.3. Struktura	18
3.4. Właściwości	19
3.4.1. Właściwości mechaniczne	20
3.4.2. Właściwości termiczne	31
3.4.3. Właściwości przetwórcze	35
3.4.4. Właściwości fizyczno-chemiczne	37
4. Elementy gazociągu	40
4.1. Rury	40
4.1.1. Transport i składowanie rur	43
4.1.2. Obliczanie średnicy rury i spadków ciśnień	45
4.2. Łączniki – informacje ogólne	49
4.2.1. Kształtki do zgrzewania doczołowego	50
4.2.2. Kształtki elektrooporowe	50
4.2.3. Złączki tworzywo–metal	55
4.2.4. Złączki gwintowe tworzywo–metal	55
4.3. Uzbrojenie gazociągów	55
4.3.1. Kurki	56
4.3.2. Zasuwy	57
4.3.3. Zespoły zaporowo-upustowe	58
4.3.4. Rury ochronne	58
4.3.5. Rury osłonowe	61
4.3.6. Sączi węchowe	62
4.3.7. Odwadniacze	62
4.3.8. Obciążniki na gazociągach	62
5. Montaż gazociągów z tworzyw sztucznych	63
5.1. Prace przygotowawcze	63
5.2. Montaż połączeń	66
5.2.1. Montaż połączeń kołnierzowych	66
5.2.2. Montaż połączeń zaciskowych	67
5.3. Połączenia nierozłączne	68
5.3.1. Połączenia klejone	68
5.3.2. Połączenia zgrzewane	70
5.3.3. Zgrzewanie doczołowe	74
5.3.4. Zgrzewanie elektrooporowe	84
5.3.5. Dokumentacja technologiczna zgrzewania	88
5.4. Kontrola połączeń zgrzewanych	95
5.4.1. Zgrzeiny doczołowe	95
5.4.2. Połączenia elektrooporowe	97
6. Pytania kontrolne	104

Wstęp

Tworzywa sztuczne znalazły w różnych dziedzinach techniki bardzo szerokie zastosowanie, głównie ze względu na wiele cennych właściwości. Z uwagi na możliwość ich wykorzystania do wytwarzania różnego rodzaju rurociągów, najbardziej istotne są:

- wysoka odporność chemiczna, w tym na korozję,
- dobra wytrzymałość długotrwała,
- prosta i szybka technologia łączenia,
- niskie koszty eksploatacji.

Zalety te spowodowały, iż rury z tworzyw sztucznych od kilkudziesięciu lat z powodzeniem stosowane są przy budowie wszelkiego rodzaju podziemnych i naziemnych rurociągów. Za najbardziej charakterystyczne można uznać wykorzystanie rur wykonanych z niektórych gatunków polietylenu (PE) do budowy sieci gazowych, wodociągowych lub instalacji przemysłowych do transportu wielu agresywnych mediów.

Pełne wykorzystanie atutów tkwiących w rurociągu z tworzywa sztucznego możliwe jest pod warunkiem dogłębnego poznania właściwości tworzywa, jak również zasad projektowania, układania oraz montażu sieci. Jest to tym bardziej istotne, że warunki bezawaryjnej eksploatacji tworzone są już na poziomie projektu, a ewentualne błędy uwidocznia się dopiero po dłuższym czasie w zwiększonej awaryjności. Należy tutaj wyraźnie zdać sobie sprawę z całkowitej odporności tworzywa na korozję, co powoduje, że jakkolwiek awaria sieci podziemnej będzie miała przyczynę tylko z winy człowieka. Mogą to być zarówno wadliwej jakości materiały, jak i błędy w technologii montażu. Skutek jednak będzie ten sam – skrócona żywotność systemu.

1. Dokumenty normatywne

Do pierwszej połowy 2002 roku znane są następujące rozporządzenia i normy, które poruszają zagadnienia związane ze stosowaniem tworzyw sztucznych do budowy gazociągów:

1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 30 lipca 2001 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe (Dz. U. nr 97, poz. 1055).
2. Norma ZN-G-3150 – Gazociągi. Rury polietylenowe. Wymagania i badania.
3. Norma PN-91/M-34501 – Gazociągi i instalacje gazownicze. Skrzyżowania gazociągów z przeszkodami terenowymi. Wymagania.
4. Norma PN-92/M-34503 – Gazociągi i instalacje gazownicze. Próby rurociągów.
5. Ustawa z 28 kwietnia 2000 r. o systemie zgodności, akredytacji oraz zmianie niektórych ustaw. (Dz. U. nr 43, poz. 489).
6. Wytyczne Urzędu Dozoru Technicznego. Spawacze i zgrzewacze termoplastycznych tworzyw sztucznych. WDT-ST-1/00.

W przypadkach braku krajowych norm i przepisów oparto się na przepisach ISO, DVS, DVGW, DIN, British Gas, Istituto Italiano dei Plastici, Gaz de France oraz Danish Governmentel Gas Institute.

Podstawowym aktem prawnym, na którym opiera się gazownictwo jest rozporządzenie Ministra Gospodarki z 30 lipca 2001 roku. Zastąpiło ono rozporządzenie Ministra Przemysłu i Handlu z 1995 roku pod takim samym tytułem. W nowym rozporządzeniu wprowadzono wiele nowych pojęć i definicji, z których za najważniejsze należy uznać wprowadzenie pojęcia operatora gazociągu oraz powinność stosowania przez niego systemu zarządzania jakością.

Zapis ten jest zresztą konsekwencją obowiązywania ustawy o systemie zgodności i akredytacji. Celem tej ustawy (art. 1) jest:

- eliminacja zagrożeń stwarzanych przez wyroby dla życia lub zdrowia użytkowników i konsumentów oraz dla mienia lub środowiska,
 - znoszenie barier technicznych w handlu i ułatwienie międzynarodowego obrotu towarowego,
 - stworzenie warunków do rzetelnej oceny wyrobów i procesów ich wytwarzania przez kompetentne i niezależne podmioty, nie powodujących nadmiernych obciążeń dla przedsiębiorców.
-

Odpowiednie fragmenty rozporządzenia Ministra Gospodarki z 30 lipca 2001 r. przedstawiono poniżej.

§ 4.1.

Sieć gazowa powinna być zaprojektowana i budowana zgodnie z przepisami prawa budowlanego, w sposób zapewniający jej bezpieczną eksploatację oraz dostawę paliwa gazowego w ilościach wynikających z bieżącego i planowanego zapotrzebowania.

§ 4.2.

Projektujący i budujący sieć gazową powinni stosować system zarządzania jakością.

§ 4.3.

Sieć gazowa powinna być sterowana i kontrolowana przez operatora sieci gazowej.

1.1. Podział gazociągów

Zgodnie z § 5. rozporządzenia Ministra Gospodarki nastąpił nowy podział zakresów ciśnień i materiałów klasyfikujący gazociągi. Gazociągi dzielą się na:

1) ze względu na ciśnienie robocze:

- gazociągi niskiego ciśnienia do 10 kPa włącznie,
- gazociągi średniego ciśnienia powyżej 10 kPa do 0,5 MPa włącznie,
- gazociągi podwyższonego średniego ciśnienia powyżej 0,5 MPa do 1,6 MPa włącznie,
- gazociągi wysokiego ciśnienia powyżej 1,6 MPa do 10 MPa włącznie,

2) ze względu na zastosowane materiały:

- gazociągi stalowe,
- gazociągi z tworzyw sztucznych.

Wieloletnie doświadczenia światowej techniki w dziedzinie gazociągów z tworzyw sztucznych pozwalają transportować gaz, przy zachowaniu odpowiednich współczynników bezpieczeństwa i np. przy specyficznym systemie rozdzielczym, nawet pod ciśnieniem 0,7 MPa. Jednak standardowo stosowane jest ciśnienie około 0,4 MPa.

Z tego względu tworzywa sztuczne mogą być wykorzystywane do budowy gazociągów niskiego i średniego ciśnienia.

W rozporządzeniu Ministra Gospodarki z 30 lipca 2001 r. wprowadzono pojęcie lokalizacji gazociągu. Położenie gazociągu w odpowiedniej strefie nakłada na operatora odpowiednie środki bezpieczeństwa. Definicję pierwszej strefy lokalizacji zawiera następujący paragraf tego rozporządzenia:

§ 6.1.

Tereny o zabudowie jedno- lub wielorodzinnej, intensywnym ruchu kołowym, rozwiniętej infrastrukturze podziemnej takiej jak sieci wodociągowe, ciepłne i kanalizacyjne, przewody energetyczne i telekomunikacyjne oraz ulice, drogi i tereny górnicze, zalicza się do pierwszej klasy lokalizacji.

Konsekwencją położenia gazociągu w danej strefie jest konieczność obliczenia naprężeń obwodowych zgodnie z następującym zapisem:

§ 7.3.

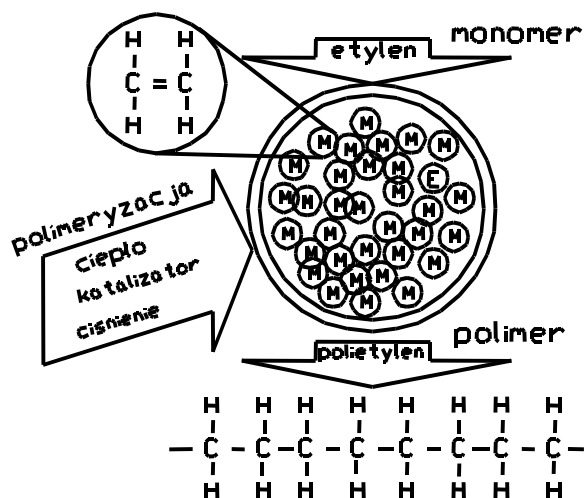
Naprężenia obwodowe gazociągu z tworzyw sztucznych w warunkach statycznych, wywołane maksymalnym ciśnieniem roboczym, nie powinny przekraczać iloczynu wartości minimalnej żądanej wytrzymałości i współczynnika projektowego, wynoszącego dla pierwszej i drugiej klasy lokalizacji 0,5.

1.2. Określenia

Użyte w rozporządzeniu Ministra Gospodarki z 30 lipca 2001 r. określenia oznaczają:

1. Sieć gazowa – gazociągi wraz ze stacjami gazowymi, układami pomiarowymi, tłoczniami gazu, magazynami gazu, połączone i współpracujące ze sobą, służące do przesyłania i dystrybucji paliw gazowych, należące do przedsiębiorstwa gazowniczego.
 2. Gazociąg – rurociąg wraz z wyposażeniem, służący do przesyłania i dystrybucji paliw gazowych.
 3. OP – ciśnienie robocze, które występuje w sieci gazowej w normalnych warunkach roboczych.
 4. MOP – maksymalne ciśnienie robocze, tj. maksymalne ciśnienie, przy którym sieć gazowa może pracować w sposób ciągły w normalnych warunkach roboczych.
 5. MAOP – maksymalne dopuszczalne ciśnienie pracy, tj. maksymalna wartość ciśnienia, jakiemu może zostać poddana sieć gazowa.
 6. MIP – maksymalne ciśnienie przypadkowe, tj. maksymalne ciśnienie, na jakie sieć gazowa może być narażona w ciągu krótkiego czasu, ograniczone przez urządzenia zabezpieczające.
 7. Ciśnienie krytyczne szybkiej propagacji pęknięć – ciśnienie w rurach z tworzyw sztucznych, przy którym w temperaturze 0 °C następuje szybkie rozprzestrzenianie się pęknięć.
 8. Operator sieci gazowej – jednostka organizacyjna przedsiębiorstwa gazowniczego mającego koncesję na przesyłanie i dystrybucję paliw gazowych siecią gazową, odpowiedzialna za ruch sieciowy.
-

2. Tworzywa sztuczne – pojęcia podstawowe



Rys. 2-1. Schemat syntezy polimeru

Schematycznie można to przedstawić następująco:

monomer →

(reakcja chemiczna) →

polimer + dodatki →

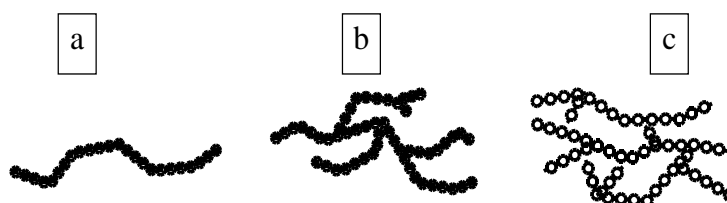
tworzywo sztuczne

W związku z tym, że monomery są prostymi związkami organicznymi (niskocząsteczkowymi), ich przetworzenie daje w wyniku również związki organiczne (polimery), lecz już o znacznie większych cząsteczkach (makrocząsteczki – rys. 2–1). Dla porównania, jeżeli cząsteczka wody składa się z trzech, to cząsteczka np. polietylenu – z kilkuset tysięcy lub nawet kilku milionów atomów. A zatem elementem, który wyróżnia polimery od innych materiałów konstrukcyjnych jest struktura wewnętrzna utworzona z makrocząsteczek.

2.1. Warunki syntezy polimeru

Aby możliwe było wytworzenie polimeru, musi być spełnionych kilka warunków. Pierwszy z nich dotyczy samego monomeru, a ściślej mówiąc jego funkcyjności, czyli zdolności do łączenia się w większe cząsteczki. Jeżeli jedna cząsteczka monomeru jest w stanie połączyć się z dwiema innymi, nie zawsze nawet tego samego rodzaju cząsteczkami, to typ takiego monomeru nazywamy dwufunkcyjnym. Jednak, gdy jedna cząsteczka monomeru może połączyć się np. z trzema, to mamy do czynienia z monomerem wielofunkcyjnym. Konsekwencje zastosowania monomerów o różnym stopniu funkcyjności są bardzo istotne, gdyż w wyniku ich syntezy otrzymujemy diametralnie różne polimery.

W przypadku monomerów dwufunkcyjnych, połączone mery tworzą łańcuch (makrocząsteczkę liniową – rys. 2-2a), który może być rozgałęziony (rys. 2-2b), lecz zawsze będzie miał mer początkowy i mer końcowy. Wszystkie polimery o takiej strukturze, ze względu na kształt pojedynczej makrocząsteczki, nazywane są polimerami liniowymi (termoplastami), których większość o technicznym zastosowaniu otrzymywana jest na drodze syntezy zwanej polimeryzacją.



Rys. 2-2. Schemat struktury polimeru liniowego (a,b) i usieciowanego (c)

Kiedy jednak połączą się mery wielofunkcyjne, trudno już mówić o konkretnej strukturze makrocząsteczki utworzonej z połączonych merów. Polymer stanowi jedną wielką makrocząsteczkę, bez wyraźnego wyróżnienia postaci geometrycznej (rys. 2-2c). Tego typu polimery noszą nazwę polimerów utwardzalnych.

Kolejnymi warunkami wytworzenia polimeru z monomeru są parametry syntezy, czyli wartości ciśnienia, temperatury oraz rodzaj katalizatora stosowanego podczas reakcji (rys. 2-1). Dla wielu tworzyw, a szczególnie w przypadku polietylenu, wartość ciśnienia syntezy stanowi podstawę podziału powstałego polimeru.

Kolejne i jednocześnie szczególne znaczenie ma rodzaj katalizatora, dzięki któremu reakcja syntezy może przebiegać w niższej temperaturze i przy niższym ciśnieniu. Dobrym przykładem mogą tu być katalizatory Zieglera-Natty, dzięki którym udało się wyprodukować polietylenu dużej gęstości przy ciśnieniu atmosferycznym i w temperaturze 70 °C, podczas gdy np. w tzw. metodzie wysokociśnieniowej potrzebne jest ciśnienie prawie 2000 bar, a temperatura procesu sięga 180 °C.

2.2. Co to jest tworzywo sztuczne?

Polimer otrzymany w wyniku syntezy poddawany jest następnemu przetworzeniu. Do polimeru dodawane są barwniki, pigmenty, różnego rodzaju napełniacze, stabilizatory lub inne dodatki celem zmian jego wybranych właściwości. Można tą drogą poprawić wytrzymałość na rozerwanie lub udarność, zmniejszyć palność czy ścieralność, czyli skorygować w pożądanym sposób właściwości polimeru podstawowego. Dopiero taka jednorodna (homogeniczna)

mieszanina polimeru podstawowego (bazowego) i dodatków jest pełnowartościowym surowcem do dalszego przetwarzania i staje się tworzywem sztucznym. Jak z tego wynika, nie z każdego polimeru otrzymujemy tworzywo sztuczne, lecz każde tworzywo powstaje na bazie polimeru.

Jeżeli polimer jest podstawą do otrzymania tworzywa sztucznego wykorzystywanego do wytwarzania różnego rodzaju elementów konstrukcyjnych, to określamy dany polimer jako polimer konstrukcyjny. Wśród polimerów konstrukcyjnych tworzywa termoplastyczne stanowią znaczną większość w zastosowaniach technicznych. Nie jest to jednak jedyne zastosowanie polimerów. Wśród innych duże znaczenie mają polimery do wytwarzania materiałów powłokowych (np. lakiery), polimery włóknotwórcze (włókna), kleje i inne.

2.3. Dlaczego przedrostek 'poli'?

Rozróżnia się wiele rodzajów tworzyw termoplastycznych. Ich wspólną cechą w większości przypadków jest przedrostek 'poli' w nazwie tworzywa. Wynika to z systemu nazewnictwa, który polega na dopisaniu przedrostka 'poli' do nazwy monomeru w przypadku, kiedy dany monomer został poddany syntezie. Jeżeli chlorek winylu zostanie spolimeryzowany, to nazwą takiego polimeru będzie polichlorek winylu. Dla innych monomerów jest podobnie. Z etylenu powstanie polietylen, z propylenu polipropylen itd. Konsekwentnie również obowiązuje system skrótów. Pierwsza litera skrótu to 'p' od przedrostka 'poli'. Kolejne litery natomiast są pierwszymi literami nazwy monomeru. A zatem polietylen powinien mieć skrót PE, polipropylen – PP, a polibuten – PB.

Należy zaznaczyć, że zdarzają się wyjątki od tej reguły.

2.4. Struktura wewnętrzna polimeru i jej wpływ na jego właściwości

Z przeprowadzonych rozważań wynika, że tworzywa sztuczne mają całkowicie odmienną strukturę wewnętrzną od metali. Powoduje to znaczne różnice w ich właściwościach użytkowych, w porównaniu z metalami oraz w silnym wpływie ciepła na zachowanie się tworzywa. Dotyczy to szczególnie termoplastów, których wszystkie bez wyjątku właściwości zależą od temperatury. Dodatkowo jeszcze wśród tworzyw należących do rodziny termoplastów występują istotne różnice w ich zachowaniu podczas ogrzewania.

Wynika stąd, iż wraz z ogrzewaniem tworzywa muszą przebiegać w jego strukturze przemiany, których efekty można zarejestrować stosując odpowiednie metody pomiarowe. W przypadku substancji krystalicznych (np. metali) ma miejsce podobne zjawisko. Jest ono bardzo dobrze znane pod nazwą topnienia. W temperaturze topnienia w substancji krystalicznej następuje rozpad regularnej siatki krystalicznej, co związane jest ze zmianą stanu skupienia.

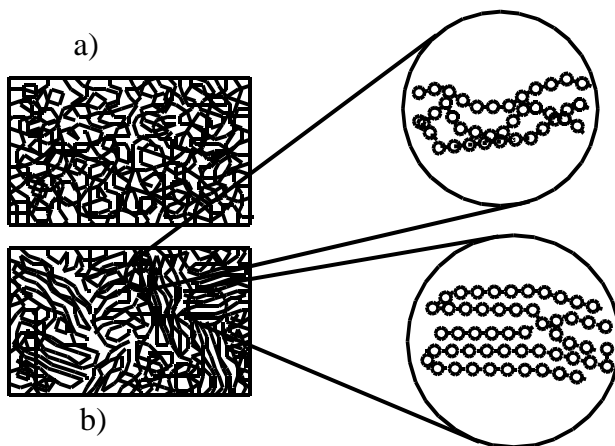
W polimerach jednak nie mamy do czynienia tylko z pojedynczymi atomami lub nawet z kilkuatomowymi cząsteczkami. Tam makrocząsteczka ma kilkaset tysięcy lub kilka milionów atomów, połączonych ze sobą bardzo silnymi wiązaniami. A zatem zmiany struktury muszą zachodzić bez naruszania spójności samej makrocząsteczki i przebiegać na jej poziomie, to znaczy ona sama ulega przekształcaniu.

Bliższe badanie struktur polimerowych ujawniło, że w niektórych polimerach występują powtarzające się formy lub sekwencje ułożenia liniowych makrocząsteczek. Te powtarzające się ułożenia makrocząsteczek są na tyle regularne, że przez analogię do substancji krystalicznych nazwano je krystalitami lub kryształami polimerowymi.

Objętość zajmowaną przez regularnie ułożone makrocząsteczki, w stosunku do całkowitej objętości polimeru, określa się jako stopień krystaliczności. W zależności od rodzaju tworzywa, regularności makrocząsteczki i paru jeszcze innych czynników, stopień krystaliczności może osiągać nawet 90%. Oznacza to, że nie wszystkie makrocząsteczki ułożone są w sposób regularny. Część z nich ułożona jest bezładnie, a dla odróżnienia obszary takie nazywane są amorficznymi.

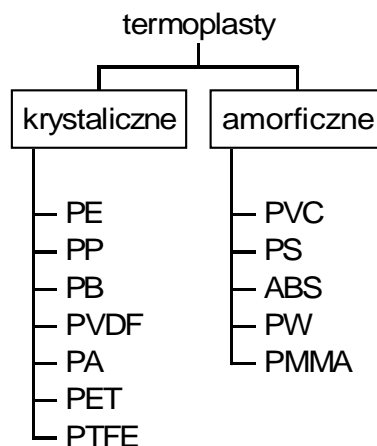
Z punktu widzenia rodzaju struktury jest to więc układ dwufazowy. Obok struktur regularnych (krystalicznych) istnieją struktury amorficzne (bezpostaciowe) (rys. 2-3).

Termoplasty zdolne do tworzenia struktur krystalicznych umownie nazywa się termoplastami krystalicznymi. Powstał w ten sposób nowy podział termoplastów (rys.2-4) na amorficzne, to jest takie, w których strukturze brak jest regularności i krystaliczne, gdzie znaczna część makrocząsteczek jest ułożona w sposób regularny, ma więc strukturę krystaliczną. Należy zadać sobie jednak pytanie, czy stopień krystaliczności ma wpływ na właściwości tworzywa? Jak wykazały badania, wpływ stopnia krystaliczności na wszystkie właściwości polimeru jest zasadniczy. Dotyczy to szczególnie właściwości wytrzymałościowych, które dla rurociągów pracujących pod ciśnieniem mają podstawowe znaczenie. Drugie pytanie, które należy sobie zadać, powinno



Rys. 2-3. Schemat struktury w polimerach
a) amorficzna, b) krystaliczna

wyjaśnić możliwość wpływania na stopień krystaliczności, to znaczy, czy można wpływać na stopień krystaliczności w tworzywie, a jeżeli tak, to w jaki sposób i jakie to wywołuje skutki? Najprostsze byłoby stwierdzenie, że wraz ze wzrostem prędkości chłodzenia stopionego tworzywa zawartość fazy krystalicznej ulega zmniejszeniu. Mniejsza zawartość tej fazy to niższa wytrzymałość na rozciąganie, niższa twardość, lecz większe wydłużenie do zerwania, wyższa udarność i większa odporność na kruche pęknięcia. Wymaga tutaj wyjaśnienia, co oznacza duża prędkość chłodzenia. Aby odpowiedzieć na to pytanie, trzeba przeanalizować zachowanie się makrocząsteczki podczas ogrzewania.



Rys. 2-4. Najważniejsze tworzywa krystaliczne i amorficzne

2.5. Co się dzieje, gdy ogrzewamy i studzimy polimer?

Poniżej temperatury zwanej umownie temperaturą topnienia mamy do czynienia z makrocząsteczką ułożoną regularnie. Podczas ogrzewania, po przekroczeniu tej temperatury, następuje zanik regularności ułożenia, czyli struktura krystaliczna przekształca się w amorficzną na skutek przypadkowego ułożenia makrocząsteczki. Wynika z tego, że powyżej temperatury topnienia wszystkie termoplasty krystaliczne mają strukturę bezpostaciową, a struktura krystaliczna formuje się na powrót podczas chłodzenia tworzywa.

Makrocząsteczka ułożona regularnie, pochłaniając energię cieplną (przy nagrzewaniu), 'prostuje się', czemu towarzyszy skokowy przyrost objętości, a samo wyprostowanie pochłania dodatkową porcję energii (wzrost ciepła właściwego).

Ogrzewaniu tworzywa termoplastycznego towarzyszy jeszcze jedno zjawisko. Polega ono na tym, że wraz ze wzrostem temperatury makrocząsteczka – oprócz prostowania – oddala się od sąsiadujących makrocząsteczek i w ten sposób uzyskuje znacznie większą ruchliwość. W następstwie zwiększonej ruchliwości możliwa jest również termodyfuzja, zjawisko leżące u podstaw teorii technologii spawania i zgrzewania tworzyw termoplastycznych.

Podczas chłodzenia sytuacja się odwraca. Aby makrocząsteczka ułożyła się w sposób regularny, musi oddać pobraną energię. Jeżeli odbiór ciepła jest wolny (powolne studzenie), to makrocząsteczka ma czas na uformowanie się w strukturę regularną. Kiedy jednak studzenie będzie intensywne, to jej nieregularne

położenie zostanie 'zamrożone', a powstała struktura będzie miała charakter amorficzny. Wynika z tego, że jeżeli tworzywo będziemy szybko studzić, to zmniejszymy zawartość fazy krystalicznej, a przez to zmienimy (na ogół pogorszymy) właściwości wytrzymałościowe tworzywa. Konsekwencją tego zjawiska jest konieczność drobiazgowego i rygorystycznego przestrzegania parametrów zgrzewania tworzyw krystalicznych, a szczególnie zakaz intensywnego chłodzenia zgrzeiny podczas fazy studzenia. Ma to zagwarantować dobrą jakość zgrzewanego połączenia. Problem odpowiednich warunków studzenia dotyczy szczególnie tworzyw krystalicznych.

Jak wykazuje dotychczasowe doświadczenie, większość tworzyw o szerokim zastosowaniu jest właśnie z tej grupy. Należą do niej takie termoplasty jak PE, PP, PVDF, PB, PA, PTFE, PET.

Oprócz zalet wynikających z właściwości użytkowych, termoplasty mają jeszcze jeden bardzo ważny atut. Na skutek mięknięcia pod wpływem ciepła możliwe jest przetwarzanie tych tworzyw wieloma metodami. Po podgrzaniu można je dowolnie formować, bez obawy zniszczenia struktury wewnętrznej. Dzieje się tak, gdyż pod wpływem ciepła następuje wspomniane już oddalanie łańcuchów i obniżanie sił przyciągania pomiędzy nimi, co zapobiega rozerwaniu łańcucha przy deformowaniu tworzywa w czasie jego przetwarzania.

2.6. Tworzywa sztuczne na rurociągi

Zastosowania tworzyw sztucznych są bardzo szerokie. Właściwie trudno jest znaleźć dziedzinę, w której byłoby ich brak, przy czym każda z nich ma swoje wymagania. W przypadku wszelkiego rodzaju rurociągów podstawowe znaczenie ma cena tworzywa, z jednoczesnym zagwarantowaniem szeroko pojętych właściwości użytkowych.

W zależności od umiejscowienia, rurociąg może być siecią (wodociągi, gazociągi i kanalizacja) lub instalacją (wewnątrz pomieszczeń: przemysł chemiczny, instalacje domowe itp.). Wymagania każdego z tych zastosowań są różne i najczęściej sprecyzowane w odpowiednich normach, wytycznych lub zaleceniach.

Do najpopularniejszych tworzyw wykorzystywanych do budowy rurociągów należą PVC, PE, PP oraz ze względu na dobre właściwości użytkowe, mimo wysokiej ceny, stosowane są PVDF i PB.

3. Tworzywa sztuczne w gazownictwie – polietylen

3.1. Wiadomości wstępne

Wybór określonego rodzaju tworzywa do wytwarzania elementów sieci gazowych uwarunkowany jest wieloma czynnikami. Do najważniejszych można zaliczyć doświadczenia eksploatacyjne oraz cenę tworzywa. W niektórych przypadkach bierze się również pod uwagę warunki klimatyczne, jak np. wysokie średnioroczne temperatury gruntu. Z tych powodów zastosowanie znalazły w technice gazowniczej w skali światowej:

- polietyleny (PE-HD i PE-MD),
- nieplastyfikowany polichlorek winylu (PVC-U),
- poliamid (PA 11).

Każde z tych tworzyw ma określone zalety i wady, jednakże bardzo dobre doświadczenie eksploatacyjne oraz niska cena spowodowały, że podstawowym tworzywem wykorzystywanym do produkcji elementów sieci gazowych jest polietylen.

W niektórych krajach (Holandia, Austria) dużą popularnością cieszy się polichlorek winylu. Jego główną zaletą jest łatwość łączenia z zastosowaniem technologii klejenia, lecz ze względu na kruchość, występującą już w temperaturach otoczenia, nie zdobył szerszego uznania w gazownictwie.

Podobnymi zaletami charakteryzuje się poliamid. Jednak w tym przypadku istotną barierę szerszego zastosowania stanowi cena tworzywa, chociaż jest to tworzywo o znakomitych właściwościach wytrzymałościowych, zależnych od zawartości wody w tworzywie. Wraz z jej zmniejszaniem pogarszają się właściwości wytrzymałościowe PA, a gaz ziemny ma właściwości wysuszające. Wiąże się to również z problemami pomiarowymi, gdyż badanie wytrzymałości długotrwałej prowadzi się w środowisku wodnym, i w ten sposób nie jest adekwatne do warunków pracy rury.

Wykorzystanie określonego gatunku tworzywa, a w tym również polietylenu, do zastosowań w gazownictwie uwarunkowane jest spełnieniem przez tworzywo jasno sprecyzowanych kryteriów. W tym celu opracowane zostały odpowiednie normy i rozporządzenia, a każdy producent ma obowiązek stosowania systemu zapewnienia jakości.

3.2. Polietylen

Obecnie produkowana jest duża liczba różnych odmian polimerów na bazie etylenu. Od wielu lat dostępnych jest, poza homopolimerami wysokiej oraz niskiej gęstości, wiele innych odmian tych tworzyw. Na rynku są np. kopolimery,

mieszaniny polimerów (polyblends), wzmocnione, wypełnione oraz usieciowane i spienione ich odmiany. Odpowiednie dodatki zmieniają podstawowe właściwości polietylenów, np. właściwości antystatyczne, palność albo odporność na promienie ultrafioletowe światła słonecznego.

Typowymi właściwościami PE są:

- mała gęstość, w porównaniu do innych tworzyw,
- wysoka ciągliwość i duże wydłużenie przy rozciąganiu,
- bardzo dobre właściwości elektryczne i dielektryczne,
- bardzo niska absorpcja wody,
- wysoka odporność na działanie czynników chemicznych,
- w porównywalnym zakresie gęstości, odmiany o wysokiej masie cząsteczkowej są bardziej odporne na pęknięcia od odmian o niskiej masie cząsteczkowej (kopolimery są odporniejsze od homopolimerów),
- wysoka podatność na obróbkę i przetwórstwo.

3.3. Struktura

Otrzymane w wyniku polimeryzacji etylenu makrocząsteczki polietylenu mają budowę liniową (łańcuchową) i są zdolne do krystalizacji, przy czym warunki syntezy (ciśnienie) w znacznym stopniu decydują o późniejszych właściwościach polietylenu. Jedną z podstawowych klasyfikacji stosowanych do wyróżnienia gatunków polietylenów jest ciśnienie syntezy i gęstość polimeru bazowego. Ze względu na ciśnienie wyróżnia się następujące polietyleny:

- wysokociśnieniowe,
 - średnociśnieniowe,
 - niskociśnieniowe,
- a ze względu na gęstość:
- niskiej gęstości (PE-LD),
 - średniej gęstości (PE-MD),
 - wysokiej gęstości (PE-HD).

Polietyleny o małej gęstości są bardziej rozgałęzione od gatunków o wysokiej gęstości. W związku z obniżeniem siły wiązania w miejscu odgałęzienia, polietyleny muszą być zabezpieczone odpowiednimi stabilizatorami i inhibitorami przed utleniającym działaniem ciepła, a także promieniowania (w tym słonecznego) lub czynników atmosferycznych.

Również zawartość fazy krystalicznej silnie wpływa na wiele właściwości PE, a szczególnie na gęstość i sztywność. Polietylen niskiej gęstości (od 910 kg/m³ do 930 kg/m³) osiąga stopień krystaliczności od 40% do 50%, natomiast polietyleny średniej i wysokiej gęstości osiągają gęstość od 942 kg/m³ do 965 kg/m³, przy stopniu krystaliczności od 60% do 80% (tab. 3-1). Wzrost gęstości spowodowany zwiększeniem stopnia krystaliczności powoduje poprawę: wytrzymałości na rozciąganie, sztywności, twardości, odporności chemicznej i nieprzepuszczalności par i gazów, natomiast występuje obniżenie odporności na udarowe obciążenia i kruche pęknięcia oraz przezroczystości.

Tabela 3-1. Wybrane właściwości PE, w zależności od metody polimeryzacji

Parametr	Polietylen		
	wysoko- ciśnieniowy	średnio- ciśnieniowy	nisko- ciśnieniowy
Gęstość [kg/m ³]	915÷926	930÷940	942÷965
Stopień krystaliczności [%]	40÷50	60÷80	60÷80
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	10÷17	20÷35	20÷35
Wydłużanie przy zerwaniu [%]	500÷600	300÷800	200÷900
Temp. topnienia [°C]	105÷108	120÷125	127÷130
Temp. zeszklenia [°C]	-120÷-80	-150÷-100	-150÷-100
Twardość wg Brinella [N/mm ²]	14÷20	45÷58	56÷65

Wzrost ciężaru cząsteczkowego (średniej długości łańcucha) pociąga za sobą wzrost udarności, odporności na uderzenia, wytrzymałości i wydłużenia przy rozciąganiu. Jednak polietyleny o wysokim ciężarze cząsteczkowym są trudne do przetwarzania (gęstopłynność) i dlatego do produkcji wyrobów wtryskowych (np. kształtki) wybiera się PE o niższym ciężarze cząsteczkowym niż do wytłaczania (np. rur).

Gęstość surowca do wytwarzania elementów sieci gazowych powinna zawierać się w granicach od 930 kg/m³ do 960 kg/m³.

3.4. Właściwości

Wytworzone z określonego surowca rury, kształtki lub elementy armatury, powinny mieć odpowiednie właściwości. Spośród wielu różnych, na podstawie których ocenia się przydatność tworzywa do danego zastosowania, z punktu

widzenia użytkowania w gazownictwie, najbardziej charakterystyczne będą właściwości:

- mechaniczne,
- termiczne,
- elektryczne,
- fizyczno-chemiczne,
- przetwórcze.

W każdej z takich grup wyróżnić można szereg dodatkowych cech opisujących tworzywo bardziej szczegółowo.

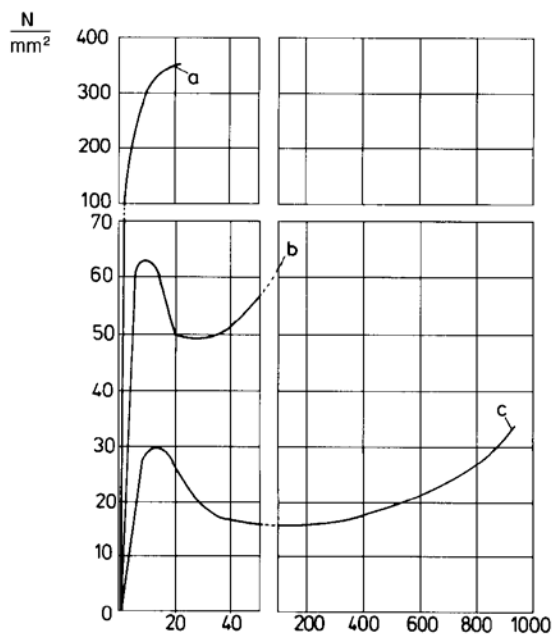
3.4.1. Właściwości mechaniczne

W grupie właściwości mechanicznych istotne są:

- wytrzymałość doraźna,
- wytrzymałość długotrwała,
- szybka propagacja pęknięć,
- relaksacja i pełzanie,
- udarność,
- twardość,
- ścieralność.

3.4.1.1. Wytrzymałość doraźna

Aby określić cechy wytrzymałościowe dowolnego materiału, przeprowadza się różnego rodzaju próby wytrzymałości. Może to być rozciąganie, zginanie, skręcanie itp. Na podstawie wyników takiej próby oblicza się wymiary elementów narażonych na działanie sił, momentów, nacisków itp.



Rys. 3-1. Odkształcenie w funkcji naprężenia dla a – stali St0, b – poliwęglanu, c – PE-HD

Gdy naprężenie trwa tylko przez krótki czas (minuty, godziny), wówczas mówimy o naprężeniach doraźnych. Wystarczy wtedy znać właściwości wytrzymałościowe określone na podstawie zwykłej próby, np. zginania. Jeżeli jednak element będzie narażony na działanie naprężeń przez lata (rurociągi), wtedy wyniki otrzymane z takiego pomiaru nic nie mówią o zachowaniu się tworzywa w dłuższym przedziale czasu. Taka zmienność odpowiedzi na przyłożone obciążenia spowodowana jest właściwościami lepkosprężystymi tworzywa, co stanowi zasadniczą różnicę w stosunku do innych (sprężystych) materiałów konstrukcyjnych. Na wykresie (rys. 3-1) pokazano przebieg zmian naprężenia w funkcji odkształcenia dla PE-HD. Jest to typowy wykres dla tworzyw wykazujących tzw. płynięcie na zimno, to znaczy mających duże wydłużenie do zerwania. W odróżnieniu od materiałów metalicznych jest ono szczególnie wysokie, sięgające nawet ponad 1000% dla niektórych gatunków PE. Na podstawie takiego wykresu wyznacza się styczny lub sieczny moduł sprężystości wzdłużnej (E), granicę plastyczności (ϵ_R), wytrzymałość do granicy plastyczności (R_e), wytrzymałość i wydłużenie do zerwania (ϵ) (tab. 3-2).

Tabela 3-2. Podstawowe właściwości wytrzymałościowe niektórych tworzyw

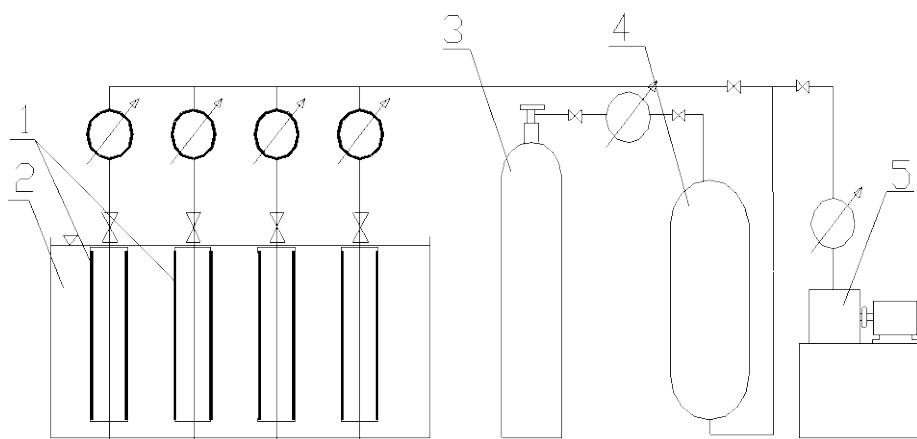
Parametr	PE-HD	PP	PVC
R_e [MPa]	30	35	50
ϵ_R [%]	20	12	6
ϵ [%]	do 1200	600	30
E [MPa]	750	1200	3000

Wszystkie pomiary dokonywane są w ściśle określonych warunkach obejmujących temperaturę i prędkość rozciągania oraz sposób przygotowania próbek. Ma to zapewnić powtarzalność i porównywalność wyników. Jednakże nawet tak przeprowadzone badania nie odzwierciedlają zachowania się materiału w warunkach eksploatacyjnych, gdyż czas działania obciążenia przy próbach wytrzymałościowych ogranicza się do kilku minut, a przewody rurowe obciążone są w sposób ciągły. Zatem do obliczenia grubości ścianki rury potrzebna będzie wytrzymałość wyznaczona w takiej metodzie badań, która możliwie dobrze zbliżona jest do warunków rzeczywistych pracy. Metody symulujące takie warunki określone są jako próby wytrzymałości długotrwałej i dopiero ich wyniki stanowią podstawę do obliczeń wymiarów rur.

3.4.1.2. Wytrzymałość długotrwała

W konstrukcjach, które powinny pracować przez okres dziesiątków lat istotnym zagadnieniem jest wytrzymałość długotrwała, gdyż ona decyduje o bezpiecznej eksploatacji. Należy zatem mierzyć zmniejszającą się wraz z upływem czasu wytrzymałość rury. Taką wartością graniczną czasu, dla którego wyznacza się wytrzymałość obliczeniową, przyjmuje się okres 50 lat. Stanowi to poważny problem eksperymentalny, gdyż trudno dopiero po tak długim czasie otrzymać wyniki badań. Badania należy przyspieszyć i o właściwościach długotrwałych wnioskować na podstawie pomiarów trwających znacznie krócej. Wykorzystuje się w tym celu zasadę superpozycji temperaturowo-czasowej. Wynika z niej, że podniesienie temperatury pomiaru jest równoznaczne ze skróceniem żywotności rury. Taka metodologia wymusiła konieczność posługiwania się wykresami naprężenie–czas–temperatura. Wykresy takie informują o spadku wytrzymałości występującym wraz z upływem czasu i wzrastającą temperaturą.

Badania prowadzi się w specjalnych urządzeniach umożliwiających utrzymanie na stałym poziomie nastawionej temperatury i ciśnienia badania, a próbki mają postać odcinków rur o średnicy 32 mm. Schemat stanowiska do badań długotrwałych przedstawia (rys. 3-2).



Rys. 3-2. Schemat stanowiska do pomiaru wytrzymałości długotrwałej rur z tworzyw sztucznych

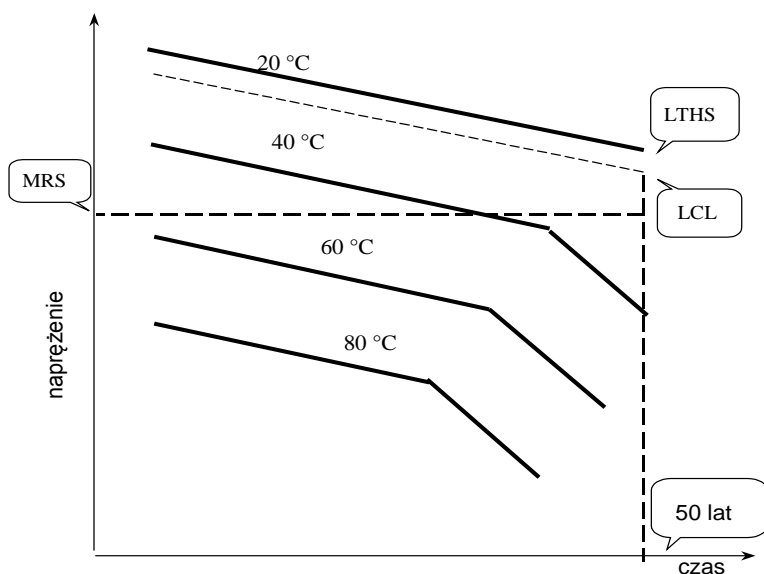
1. próbki rur
2. kąpiel wodna
3. butla ze sprężonym azotem
4. akumulator hydrauliczny
5. pompa hydrauliczna

Konieczna jest przy tym odpowiednia procedura badań. W skrócie polega ona na rejestrowaniu czasu wystąpienia pęknięcia w zadanych temperaturach i ciśnieniach badania, a otrzymane wyniki nanosi się na wykres podwójnie logarytmiczny naprężenie–temperatura–czas. Celem skrócenia czasu pomiaru, badanie przeprowadza się w temperaturach 60 °C i 80 °C, w których to pęknięcie następuje po czasie od kilkudziesięciu do kilkuset godzin. Na podstawie odpowiednich wzorów wyniki uzyskane w tych temperaturach ekstrapoluje się do czasu 50 lat i temperatury 20 °C (rys. 3-3).

Taka ekstrapolowana wartość nazywana jest LTHS (Long-Term Hydrostatic Strength – hydrostatyczna wytrzymałość długotrwała). Przyjmując 97,5% przedział ufności wyników z 80 °C, otrzymuje się dolną wartość tego przedziału, to znaczy LCL (Lower Confidence Limit – dolna granica przedziału ufności). Na podstawie tej wartości następuje zakwalifikowanie gatunku PE do odpowiedniej grupy MRS (Minimum Required Strength – minimalna żądana wytrzymałość).

Zakwalifikowanie danego gatunku PE do odpowiedniej grupy MRS określa równocześnie klasę wytrzymałości tego tworzywa. Istotne przy tym jest to, że określona w ten sposób wytrzymałość odnosi się do wody jako czynnika transportowanego pod ciśnieniem.

Klasyfikacja PE wg normy ISO/DIS 4437 (ZN-G-3150) przedstawiona jest w tabeli 3-3.



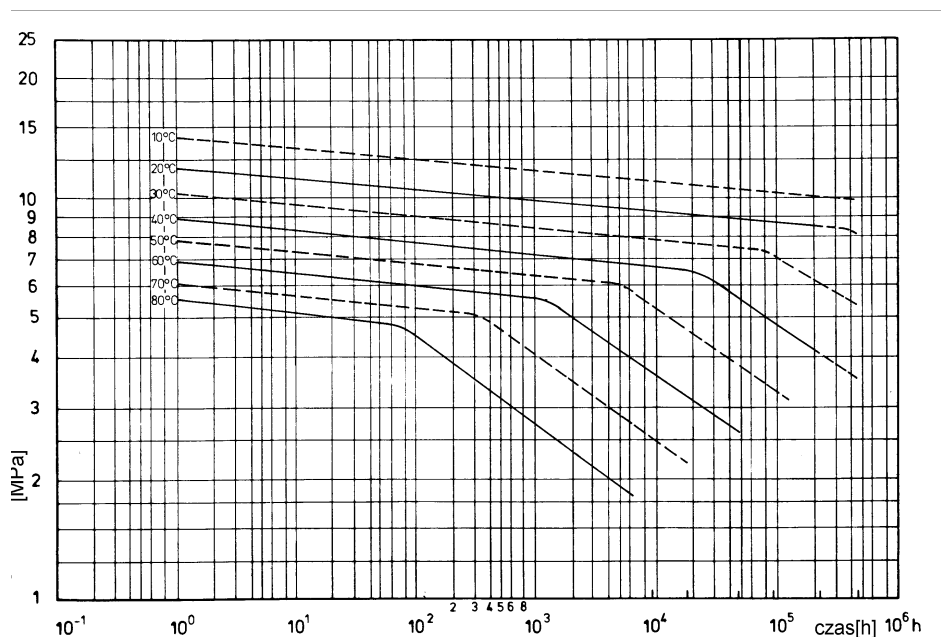
Rys. 3-3. Wykres naprężenie–czas–temperatura

Tabela 3-3. Klasy PE w zależności od wartości hydrostatycznej wytrzymałości długotrwałej wg ISO/DIS 4437

Typ PE	LCL (50 lat, 20 °C) MPa	MRS [MPa]
PE 80	8,0÷9,99	8,0
PE 100	10,00÷11,19	10,0

Przyporządkowanie wartości LCL do MRS następuje w sposób skokowy, to znaczy, że wartość MRS obejmuje pewien przedział wartości LCL dla różnych surowców. Szereg liczb, które tworzą wartości MRS jest szeregiem R10 lub R20, podobnie zresztą jak dla ciśnień, średnic itp. Ze sposobu kwalifikacji wynika, że wartość MRS jest najniższą gwarantowaną wytrzymałością długotrwałą danego gatunku PE.

Historia rur PE jest znacznie dłuższa, niż obecny sposób klasyfikacji wg ISO. Obecnie obowiązujący typoszereg grubości ścianek dla danej średnicy i na określone ciśnienie robocze powstał kilkadziesiąt lat temu, gdy najlepszym polietylenem było tworzywo o dzisiejszej symbolice PE 80 (rys. 3-4).



Rys. 3-4. Wytrzymałość długotrwałą PE-HD (PE 80)

Podstawą do obliczenia grubości ścianki w krajach europejskich jest wzór Kessela, wiążący naprężenia obwodowe z wymiarami rury:

$$\sigma = \frac{p}{2} \left(\frac{D}{e} - 1 \right) \quad (1)$$

w którym:

p – ciśnienie wewnętrzne [MPa],

D – średnica zewnętrzna [mm],

e – grubość ścianki [mm].

Wartość D/e przyjęto oznaczać jako SDR (szereg wymiarowy), natomiast σ/p jako S (seria). W ten sposób powstał związek pomiędzy bezwymiarowymi liczbami SDR i S w postaci:

$$\text{SDR} = 2S + 1 \quad (2)$$

Wytrzymałość długotrwała ówczesnego PE wynosiła 8 MPa i jeżeli założono wówczas współczynnik bezpieczeństwa równy 1,6, to naprężenia dopuszczalne wyniosły 5 MPa. Przy ciśnieniu $p=1$ MPa daje to S 5 i odpowiednio SDR 11. Przy zadanej średnicy zewnętrznej otrzymano w ten sposób odpowiednie grubości ścianek rur, oczywiście w odniesieniu do wody. Do zastosowań w gazownictwie przyjęto współczynnik bezpieczeństwa powiększony 2,5-krotnie, czyli 4, i stało się to swego rodzaju standardem.

Wraz z rozwojem technologii polimerów, opracowano nowe typy PE o lepszych właściwościach wytrzymałościowych. Pojawiła się nowa generacja polietylenów w klasie 100, a starsze generacje uzyskały dużą powtarzalność właściwości. Równocześnie istotny postęp w technologii zgrzewania znacząco poprawił jakość zgrzein. Wszystkie te czynniki kazały zrewidować dotychczasowe podejście do wytrzymałości i współczynnika bezpieczeństwa. Dobór wartości współczynnika bezpieczeństwa pozostawiono do decyzji operatora sieci, jednocześnie proponując mu rurę o danej grubości ścianki wynikającej z produkowanego typoszeregu rur. W takim przypadku operator musi podjąć decyzję o wartości współczynnika bezpieczeństwa i nominalnego ciśnienia pracy rury. Obie wartości powiązane są zależnością:

$$p = \frac{20\text{MRS}}{C(\text{SDR} - 1)} \quad [\text{bar}] \quad (3)$$

w której: C – współczynnik bezpieczeństwa,

MRS – wytrzymałość długotrwała [MPa].

Dla różnych klas PE, w zależności od wartości SDR, nominalne ciśnienia pracy będą różne i zależne od przyjętego współczynnika bezpieczeństwa. Wartości tych ciśnień przedstawia tabela 3-4.

Tabela 3-4. Nominalne ciśnienia pracy [bar] rur z PE 80 i PE 100 dla szeregów wymiarowych SDR 11 i SDR 17,6 dla założonych współczynników bezpieczeństwa (C)

C	PE 80		PE 100	
	SDR 11	SDR 17,6	SDR 11	SDR 17,6
1,6	10,0	6,0	12,5	7,5
2,0	8,0	4,8	10,0	6,0
3,0	5,33	3,2	6,67	4,0
4,0	4,0	2,4	5,0	3,0

Przyjęte przez normy DVGW (G 477) wartości współczynnika bezpieczeństwa równego 4 zostały zaakceptowane przez gazownictwo wielu krajów i dla ówczesnych materiałów klasy PE 80 umożliwiły przesyłanie gazu pod maksymalnym ciśnieniem 4 bar dla rur SDR 11 lub 2,4 bar SDR 17,6. Nowe gatunki PE w klasie 100 umożliwiają podniesienie ciśnienia do odpowiednio 5 bar i 3 bar. Zastosowanie szeregu SDR 17,6 z PE 100 do sieci średniego ciśnienia wiąże się z obniżeniem współczynnika bezpieczeństwa do poziomu 3 (tab. 3-4). Fakt ten musi być brany pod uwagę przez operatora sieci przez wybór odpowiedniej technologii zgrzewania i uwarunkowania montażowe. Ograniczenia w tym przypadku wynikają ze współczynnika wytrzymałości długotrwałej zgrzeiny doczołowej wynoszącej 0,8 oraz z ewentualnego wykonywania przyłącza metodą elektrooporową na czynnym gazociągu. Oba te przypadki obniżają rzeczywisty współczynnik bezpieczeństwa do poziomu 2,4. Stanowi to istotne zbliżenie się do granicznej wartości 2, zalecanej normą.

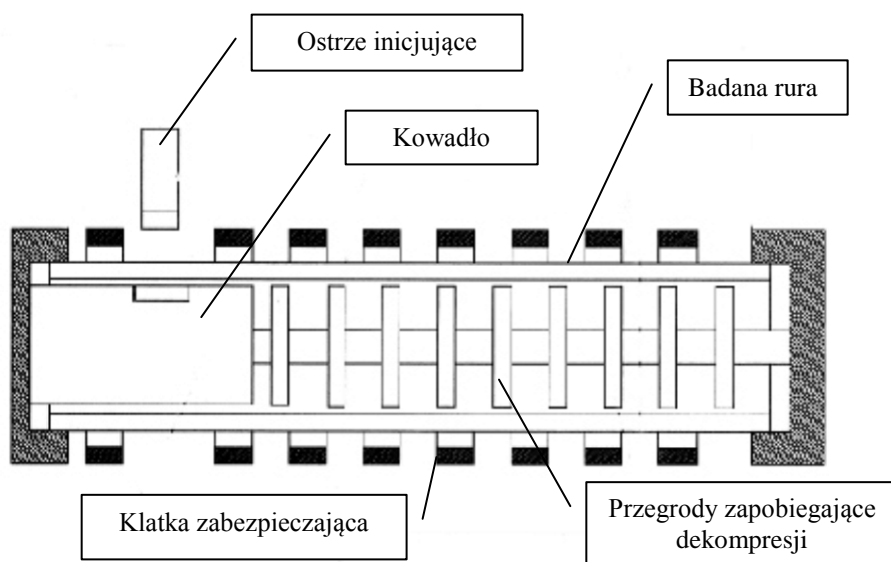
3.4.1.3. Szybka propagacja pęknięć

Szybka propagacja pęknięć (RCP – Rapid Crack Propagation) ma miejsce, gdy pęknięcie rozprzestrzenia się z dużą prędkością (ok. 340 m/s) wzdłuż rury. Aby zjawisko takie wystąpiło, musi być spełnionych kilka warunków. Należą do nich temperatura wynosząca poniżej 0 °C oraz miejscowe nieciągłości (zgrzeina, zarysowanie, wgniecenie itp.). Bardziej podatne na pęknięcie są rury o dużych

średnicach (powyżej 350 mm). Badania wykazały, że w ściankach rur o tej średnicy (grubość ścianki powyżej 20 mm) ma miejsce bardzo rozwinięta gruboziarnista struktura krystaliczna. Polietyleny mające strukturę drobnokrystaliczną są mniej podatne na szybką propagację pęknięć.

Do oceny odporności na szybką propagację pęknięć stosowane są dwie metody badań (testy), tj. test w pełnym zakresie (FTZ) oraz test S4. W teście FTZ korzysta się z odcinka rury o długości 18 m, której jeden koniec połączony jest ze zbiornikiem gazu (azot lub gaz ziemny), a drugi jest zaślepiony. Badana rura umieszczona jest w kanale i zasypana żwirem. Temperatura rury utrzymywana jest na poziomie 0 °C. Jeden koniec rury zamraża się do temperatury -60 °C i ostrzem wykonuje nacięcie. Rozprzestrzeniające się pęknięcie przebiega wzdłuż osi rury. Ciśnienie, przy którym długość pęknięcia nie osiągnie 90% długości rury nazywane jest ciśnieniem krytycznym (RCP).

Znacznie prostszym testem jest test S4 (rys. 3-5). Rura o długości 7D napełniona jest gazem (azot lub gaz ziemny) pod odpowiednim ciśnieniem. Wewnątrz rury znajdują się przegrody zabezpieczające przed dekompresją gazu w czasie pęknięcia rury. Warunki temperaturowe pomiaru są podobne jak w teście FTZ. Badania przeprowadza się w pełnym zakresie ciśnień celem określenia ciśnienia, przy którym pęknięcie przebiega przez całą długość rury.



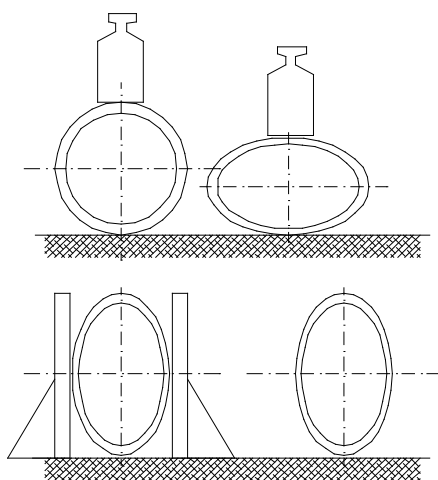
Rys. 3-5. Szkic stanowiska do pomiarów szybkiej propagacji pęknięć wg testu S4

3.4.1.4. Relaksacja i pełzanie

Charakterystycznym zachowaniem tworzyw sztucznych pod wpływem obciążeń lub odkształceń jest pełzanie oraz relaksacja. Pojęcia relaksacji i pełzania są nierozdzielne. Pełzanie to zachodząca w czasie zmiana wymiarów elementu pod stałym obciążeniem (rys. 3-6 u góry), natomiast relaksacja to zmniejszanie się naprężenia wewnątrz materiału przy stałym odkształceniu (rys. 3-6 u dołu).

Zjawisko pełzania oraz relaksacji leży u podstaw większości przepisów dotyczących zasad układania wszelkiego rodzaju rurociągów z tworzyw sztucznych. Jako typowy przykład może służyć konieczność stosowania otuliny piaskowej (podsypki, obsypki oraz zasyпки) pozbawionej ostrych kamieni i odpowiednio zagęszczonej. Przyczyna leży w tym, że zasypanie rury gruntem rodzimym lub brak zagęszczenia obsypki może doprowadzić do dużych nacisków na wierzch rury, a w efekcie jej spłaszczenie. Ostre kamienie natomiast obecne w podsypce lub nasypce, wywierając ciągły punktowy nacisk na powierzchnię rury, spowodują jej odkształcanie i pocienienie ścianki, co może spowodować zerwanie rury w tym punkcie.

Kolejnym przykładem może być ograniczenie wysokości składowania rur z PE do około 1 m. W tym przypadku naciski górnych warstw na dolne rury spowodują ich spłaszczenie, a w efekcie poważne problemy z dopasowywaniem przy zgrzewaniu. Objawami relaksacji natomiast będzie konieczność prostowania rur zwinętych uprzednio w kręgi lub kalibrowanie średnicy przed zgrzewaniem elektrooporowym.



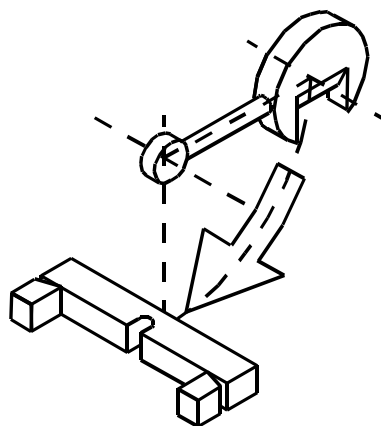
Rys. 3-6. Objawy zjawiska u góry – pełzania, u dołu – relaksacji

3.4.1.5. Udarność

Udarnością nazywamy odporność materiału na uderzenie, a miarą jest stosunek pracy zużytej na dynamiczne zniszczenie próbki do przekroju poprzecznego próbki w miejscu zniszczenia. Istnieje wiele metod badań. Wszystkie one są oparte na podanej formule, lecz różnią się sposobem wymuszenia uderzenia, mocowaniem próbki oraz jej wymiarami. Najczęściej stosowane są młoty wahadłowe (rys. 3-7).

Nie zawsze możliwe jest złamanie próbki, jak np. w przypadku PE. Złamanie następuje dopiero po nacięciu karbu o ściśle dobranych wymiarach. Wtedy podaje się jako wynik pomiaru udarność z karbem.

Wysoka udarność jest cenną zaletą w warunkach transportu i przy obniżonej temperaturze otoczenia. Mniejsza jest obawa o pęknięcie rury przy nieumyślnym upadku. Dla PE takie niebezpieczeństwo rozpoczyna się przy temperaturze około $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Rys. 3-7. Zasada pomiaru udarności

3.4.1.6. Twardość

Przez twardość określa się wartość oporu, jaki stawia materiał, gdy wciska się w jego powierzchnię odpowiedni wgłębnik wywierając taki nacisk, aby uzyskać trwałe odkształcenie materiału. Jako wgłębniiki stosuje się elementy o standardowych kształtach, takie jak kulki, stożki lub piramidki.

Jako miarę twardości uznaje się stosunek siły nacisku do pola odcisku, jaki pozostawił wgłębnik.

Dla polietylenów najczęściej stosowany jest pomiar metodą Brinella. Wgłębnikiem jest kulka stalowa o średnicy 5 mm lub 10 mm, co zaznacza się przy podaniu twardości.

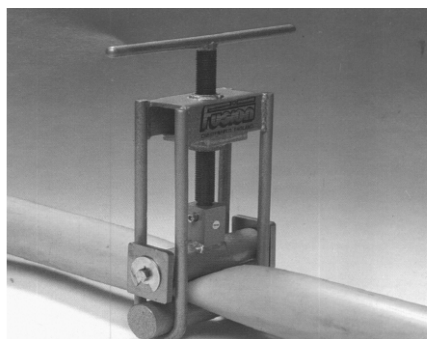
Polietyleny są tworzywami o małej twardości, co wymaga szczególnie ostrożnego obchodzenia się z rurą podczas transportu, składowania lub wykonywania prac montażowych. Z tego powodu konieczne jest stosowanie przekładek pomiędzy rurą i np. obciążnikiem betonowym mocowanym do rury umieszczonej w podmokłym gruncie. W przypadkach, gdy rura z PE znajduje się nad ziemią istnieje możliwość mechanicznego uszkodzenia powierzchni rury i należy z tego powodu koniecznie stosować rury ochronne stalowe, wypełnione dodatkowo izolacją termiczną. Dotyczy to szczególnie przypadków przyłącza domowego, przejścia nad ciekim wodnym lub gazociągów ułożonych na mostach lub wiaduktach.

Szczególnie niebezpiecznym skutkiem małej twardości PE jest możliwość zarysowania powierzchni rury. Ma to również związek z odpornością rur na ścieranie. Należy pamiętać, że rysy obecne na powierzchni powodują powstanie zjawiska karbu, co może przyczynić się do wystąpienia pęknięcia. Problem ten ma miejsce podczas wprowadzania rur przewodowych w rury przejściowe i ochronne stalowe. Zaleca się wtedy zachowanie szczególnej ostrożności lub stosowanie dodatkowej rury osłonowej w rurze przejściowej.

Z powodu niskiej twardości istotne jest również przestrzeganie zasad transportu, aby zapobiegać porysowaniu rury. Niedopuszczalne jest ciągnięcie rur po betonie, kamieniach, asfalcie itp., a skrzynie ładunkowe nie mogą mieć ostrych, wystających krawędzi. Dopuszczalne zarysowanie na powierzchni rury umieszczonej w wykopie nie może być większe od 0,1 grubości ścianki i nie może przekroczyć 0,5 mm.

Istotne znaczenie dla trwałości gazociągu ma jego osiowe ułożenie w wykopie. Niedopuszczalne jest aby rura dotykała ścian wykopu, szczególnie gdy grunt jest kamienisty. Gdy zachodzi taka konieczność, należy stosować przekładkę.

Do pomiaru głębokości zarysowania należy wykorzystuje się mikrometry ze specjalną końcówką. Pozwala ona mierzyć rzeczywistą głębokość rysy, gdyż często jest ona płytsza, niż się wydaje.



Rys. 3-8. Rura zaciśnięta zaciskiem ręcznym

Mała sztywność rury polietylenowej, wraz z niską twardością, pozwala na zaciskanie jej bez obawy pęknięcia (rys. 3-8). Czasami występuje taka konieczność w celu zamknięcia przepływu gazu. Konieczne jest jednak, aby po zdjęciu zacisku rurę na powrót skalibrować, a miejsce zacisku trwale oznaczyć.

3.4.1.7. Ścieralność

W potocznym znaczeniu często łączy się pojęcie tarcia ze zużyciem ściernym. Są to jednak dość odległe pojęcia i nie należy utożsamiać niskiego współczynnika tarcia z odpornością na ścieranie. Zjawisko zużycia ściernego związane jest z wyrywaniem cząstek tworzywa przez środek ścierny (piasek, twarde podłoże itp.). Zjawiska zachodzące podczas procesu ścierania związane są z charakterem tego procesu, jak również z właściwościami tworzywa, jego sprężystością, twardością, strukturą wewnętrzną i wieloma innymi. Dodatkowym niekorzystnym zjawiskiem jest silne zmniejszenie odporności na ścieranie większości tworzyw (w tym również PE) wraz ze wzrostem temperatury. Rura nagrzana od słońca będzie szczególnie podatna na zarysowania i wszelkie czynności montażowe muszą być prowadzone z dużą ostrożnością.

3.4.2. Właściwości termiczne

Właściwości termiczne wiążą się ogólnie z oddziaływaniem ciepła na tworzywo. Wśród wielu takich wpływów interesujące będą:

- rozszerzalność cieplna,
- przewodność cieplna,
- odporność cieplna kształtu.

3.4.2.1. Rozszerzalność cieplna

Rozszerzalnością cieplną nazywa się zmianę długości, np. rury, przy zmianach temperatury. Jeżeli rurę ogrzejemy, to nastąpi przyrost długości ΔL przy wzroście temperatury o ΔT . Przyrost ten można obliczyć wg wzoru:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T \text{ [mm]} \quad (4)$$

w którym:

α – współczynnik liniowej rozszerzalności cieplnej [mm/m·K],

L – długość początkowa [m],

ΔT – przyrost temperatury [K].

Wartość α dla PE-HD wynosi ok. 0,165 mm/m·K i jest o rząd wielkości większa od stali. Z tak dużą rozszerzalnością związane są naprężenia termiczne rurociągów układanych w ziemi. Przy nasłonecznieniu temperatura panująca w wykopie jest zawsze niższa od temperatury na poziomie gruntu. Po ułożeniu rurociągu na dnie wykopu przed zasypaniem wymagane jest odczekanie do wystudzenia rury. Wszelkiego rodzaju odejścia boczne stanowią punkty kotwiące, pomiędzy którymi wystąpią naprężenia rozciągające. Na szczególną uwagę zasługują połączenia kołnierzowe. Siły rozciągające mogą doprowadzić do jego rozszczelnienia. Wartość naprężeń rozciągających można obliczyć ze wzoru:

$$\sigma = \alpha \cdot \Delta T \cdot E \quad [\text{MPa}] \quad (5)$$

w którym:

α – współczynnik rozszerzalności liniowej [K^{-1}],

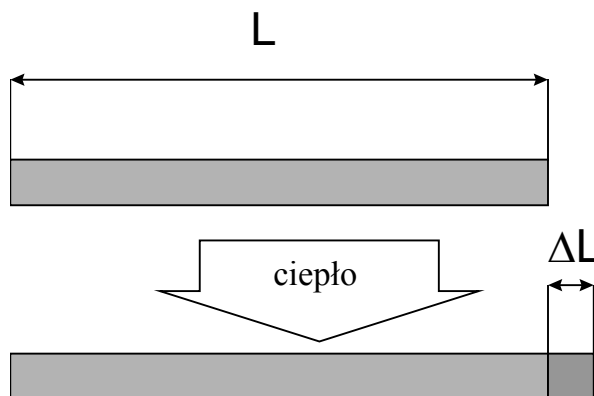
ΔT – różnica temperatur [K],

E – moduł sprężystości podłużnej [MPa].

Dla przykładu, przyjmując odcinek rury o długości 10 m i przy różnicy temperatur 40 stopni (50 °C w słońcu, 10 °C w wykopie), skrócenie rury wyniesie około 70 mm, a naprężenia będą na poziomie 7 MPa przy wartości modułu $E=1000$ MPa. Wartość siły działającej np. na połączenie kołnierzowe w rurze 90x8,2 będzie około 14000 N. Należy przy tym pamiętać, że naprężenia obwodowe przy ciśnieniu gazu 0,4 MPa dla rury SDR 11 wyniosą 2 MPa, a naprężenia termiczne ulegają relaksacji.

3.4.2.2. Przewodność cieplna

Tworzywa wielkocząsteczkowe wykazują szczególnie niską przewodność cieplną. Jest ona prawie tysiąc razy mniejsza niż metali. Prawie każde tworzywo można traktować jak izolator termiczny. Konsekwencją tej właściwości jest długi czas wszystkich procesów nagrzewania i chłodzenia. Dodatkowe problemy



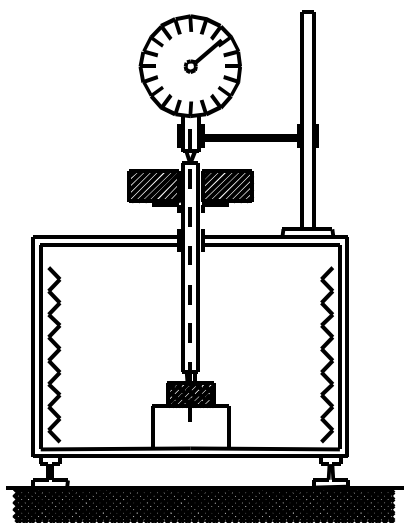
Rys. 3-9. Wydłużenie rury po podgrzaniu
(Jeżeli $L=10$ m i $\Delta T=40$ °C, to $\Delta L=70$ mm)

stwarza struktura krystaliczna. Na jej powstanie również potrzebny jest określony czas. Z kolei przy nagrzewaniu w materiale występuje gradient temperatury podczas przechodzenia od struktury krystalicznej do bezpostaciowej w obszarze topienia polimeru. Wszystko to ma poważne znaczenie podczas procesu zgrzewania, gdzie przestrzeganie wszystkich czasów operacji jest warunkiem otrzymania zgrzeiny o dobrej jakości.

Również podczas fazy przestawienia następuje bardzo szybki spadek temperatury po odsunięciu płyty grzejnej wynoszący od $8\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ do $10\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ w warunkach laboratoryjnych. Przy niewielkim wietrze należy się spodziewać spadku nawet $20\text{ }^{\circ}\text{C/s}$. Wynika stąd konieczność stosowania – nawet przy słabym wietrze – osłon oraz zakaz zgrzewania na poboczach jezdni, bez odpowiednich zabezpieczeń (zapylenie oraz podmuchy od przejeżdżających pojazdów).

3.4.2.3. Temperatura mięknięcia (stabilność cieplna kształtu)

Mianem tym określa się maksymalną temperaturę ciągłej pracy elementu.



Rys. 3-10. Zasada pomiaru umownej temperatury mięknięcia wg Vicata

W wielu przypadkach utożsamia się wyniki pomiarów wg metod Vicata lub HDT z dopuszczalną temperaturą pracy. Obie te metody są jednak umowne, co oznacza, że nie dokonuje się pomiaru określonych właściwości fizycznych, lecz wynik związany zostaje z warunkami, w których został wykonany.

Odporność wg Vicata jest to temperatura, przy której trzpień o powierzchni 1 mm zagłębi się na głębokość 1 mm przy liniowym wzroście temperatury 50 K/h (rys. 3-10).

W metodzie HDT próbka jest obustronnie podparta i w zależności od grubości następuje określone ugięcie. Prędkość narostu temperatury wynosi 120 K/h .

Dla urządzeń pracujących w podwyższonych temperaturach prowadzi się również badania nad długotrwałą wytrzymałością termiczną, i jest to związane z pomiarami omówionymi wcześniej. Należy podkreślić, że temperatura wg Vicata nie ma nic wspólnego z dopuszczalną temperaturą pracy rury. Temperatura rury nie może przekroczyć $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, gdyż wynika to z definicji MRS.

W wielu przypadkach rura gazowa może być narażona na wyższą temperaturę niż 20 °C. Ma to miejsce podczas przekraczania ciekłego wodnego, przyłącza wykonanego z PE, kolizji z kanałem ciepłowniczym lub umieszczenia przewodu gazowego na wiadukcie lub moście, (zagadnienie rur ochronnych i osłonowych). Konieczna jest wtedy izolacja termiczna.

Ważnym zagadnieniem jest zapewnienie odpowiedniej temperatury powietrza wtłaczanego do gazociągu podczas próby szczelności, wykonywanej np. latem. Nierzadko przekracza ona 60 °C, co grozi rozerwaniem rury, szczególnie typowego szeregu SDR 17,6. Zaleca się, aby sprężarki wyposażać w chłodnice powietrza i ograniczyć jego temperaturę do 40 °C.

Oprócz negatywnych zjawisk towarzyszących wzrostowi temperatury rury, są również zjawiska pozytywne. Jednym z nich jest wzrost odkształcalności rury, co umożliwia zmniejszanie dopuszczalnego promienia gięcia przy manipulowaniu rurą w wykopie. Zależność tego promienia od średnicy rury (D) i jej temperatury przedstawia tabela 3-5.

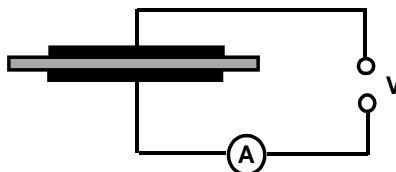
Tabela 3-5. Dopuszczalne promienie gięcia rur zależnie od średnicy (D) i temperatury

Temperatura °C	Promień gięcia
0	50D
10	35D
20	20D

Ma to istotne znaczenie, np. w terenie zabudowanym, przy wprowadzaniu rury w rurę przejściową. Wymiary wykopu oraz możliwość wprowadzenia w przecisk rury przewodowej będą uzależnione od temperatury otoczenia, głębokości ułożenia przecisku oraz średnicy rury.

3.4.2.4. Właściwości elektryczne

Polimery wielkocząsteczkowe – ze względu na strukturę – nie wykazują możliwości ruchu elektronów pod wpływem pola elektrycznego. Są izolatorami. Rezystywność skrośna wynosi od 10^{10} do 10^{16} Ohm·m. Rezystywność powierzchniowa jest ok. 10-krotnie mniejsza od skrośnej, lecz wystarczająco duża, aby na powierzchni tworzywa mogły gromadzić się ładunki, np. podczas pocierania. Ilość ładunku wytworzonego na powierzchni rury zależy nie tylko od prędkości



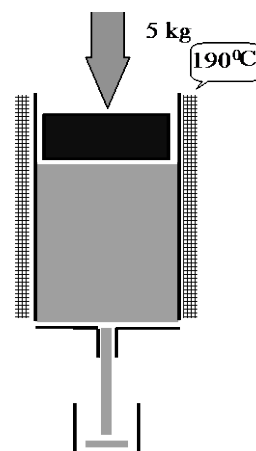
Rys. 3-11. Zasada pomiaru oporności skrośnej

przepływającego gazu, ale również od stopnia jego zanieczyszczenia, przy czym zanieczyszczenia przenoszone są ze starych gazociągów stalowych wraz z ruchem gazu. Ładunek wytworzony przepływem gazu i jest na tyle wysoki, że stanowi istotne zagrożenie w czasie prowadzenia prac gazoniebezpiecznych. Z tej przyczyny po próbach szczelności wskazane jest, aby odpowietrzenie sieci podczas zagazowania wykonywać uziemioną rurą stalową, a wszelkie prace na czynnym gazociągu zostały poprzedzone usunięciem ładunków z naelektryzowanej rury.

3.4.3. Właściwości przetwórcze

Pod pojęciem właściwości przetwórczych należy rozumieć zespół właściwości fizyczno-chemicznych, które decydują o sposobie przetwarzania tworzywa, a następnie określają parametry zastosowanej metody przetwórstwa. Spośród wielu takich właściwości interesujące są:

- płynność,
- skurcz wtórny.



Rys. 3-12. Zasada pomiaru MFR

3.4.3.1. Płynność

Jest to wielkość, która głównie charakteryzuje właściwości płynięcia PE oraz PP. Jej miara wyraża liczbę gramów tworzywa wytłoczonego w czasie 10 min przez dyszę o określonej średnicy, pod określonym obciążeniem i w określonej temperaturze (rys. 3-12), a oznacza się jako:

$$\text{MFR} \cdot \text{T/G} = \text{XXX} \quad [\text{g}/10 \text{ min}]$$

gdzie:

MFR – masowy wskaźnik szybkości płynięcia,

T – temperatura pomiaru (190 °C),

G – obciążenie nominalne (5, 2 kG lub 11 kG).

Dla PE stosowanego na rury dla gazownictwa MFR wynosi od 0,4 do 1,3, przy czym często spotkać się można z tzw. grupą MFR. Przyjęto, że dla zakresu MFR od 0,4 do 0,7 grupę oznacza się jako 005, a dla zakresu MFR od 0,7 do 1,3 grupę

oznacza się jako 010. Grupy wskaźnika płynięcia wprowadzone zostały przez wytyczne DVS, celem określenia dopuszczalnych zakresów płynności tworzywa jako warunku zgrzewalności.

3.4.3.2. Skurcz wtórny

W czasie procesu przetwórczego występuje zjawisko skurczu i dotyczy to szczególnie tworzyw krystalizujących, dla których skurcz osiąga czasami 4%. Niewłaściwe parametry przetwórstwa mogą doprowadzać do nadmiernego skurczu wtórnego, który uwidoczni się po długim czasie. Powodem zamrożenia naprężeń jest niewłaściwie prowadzony proces chłodzenia. Objawem skurczu będzie wtedy zmniejszenie średnicy na końcówce rury lub dla kształtek wtryskiwanych zmniejszenie średnicy mufki. Może to stać się przyczyną złego dopasowania rur podczas zgrzewania doczołowego lub zbyt ciasnym pasowaniem mufki elektrooporowej na rurze.

3.4.4. Właściwości fizyczno-chemiczne

W tej grupie właściwości interesujące będą:

- odporność na promieniowanie,
- odporność chemiczna,
- przepuszczalność,
- stabilność termiczna.

3.4.4.1. Odporność na promieniowanie

Pod tym pojęciem należy rozumieć odporność struktury polimeru na promieniowanie. Można tu wyróżnić różne długości fali, od podczerwieni do promieniowania twardego. Każda długość fali wywołuje na ogół różny skutek. Od nagrzania powierzchniowego przy promieniowaniu podczerwonym do zmian strukturalnych przy promieniowaniu twardym. Na skutek promieniowania widzialnego i ultrafioletowego w strukturze łańcuchowej polietylenu powstają takie zmiany, w następstwie których wiele właściwości ulega pogorszeniu (degradacja). Z tej przyczyny wprowadza się do polietylenu stabilizatory UV (sadza), aby zapobiegać procesom degradacji. Rury wytworzone z polietylenu bez stabilizatora (np. żółte) nie mogą być składowane dłużej niż rok w warunkach otwartej przestrzeni. Wytrzymałość natomiast nie ma żadnego związku z barwą rury.

Nie należy zapominać, że na ogół oddziaływanie promieniowania odbywa się w obecności tlenu lub nawet ozonu. Obecność tlenu w powietrzu wraz z długotrwałym promieniowaniem UV powoduje utlenienie wierzchniej warstwy rury. Ze względu na to, że podczas zgrzewania elektrooporowego połączenie następuje na powierzchni, wierzchnią (utlenioną) warstwę należy usunąć (np. zestrugać cykliną). Jest to konieczne aby połączenie było trwałe i wytrzymałe.

3.4.4.2. Odporność chemiczna

Wiele związków chemicznych oddziałując na powierzchnię lub przez dyfuzję zmienia właściwości tworzywa. Na ogół jest to działanie destrukcyjne. Ważną rolę odgrywa przy tym czas działania związku, stężenie i temperatura. Odporność chemiczną danego tworzywa wyznacza się przez zanurzenie próbki na okres 7 dób w danym odczynniku chemicznym. Ocenie podlega zmiana masy lub wytrzymałości. Skalę odporności przyjmuje się trzy- lub pięciostopniową. Na odporność chemiczną znaczny wpływ wywiera struktura wewnętrzna. Większą odporność chemiczną wykazują tworzywa krystaliczne i o dużej masie cząsteczkowej.

Różna jest odporność tworzyw na tłuszcze i materiały pędne. Polietyleny pod ich działaniem ulegają pęcznieniu i degradacji, i w związku z tym należy ograniczyć kontakt PE ze związkami ropopochodnymi. Może mieć to miejsce np. podczas prób szczelności. Jeżeli zużyte są pierścienie uszczelniające w sprężarce, to wraz z powietrzem wtłaczanym do gazociągu może przedostać się olej. Wewnątrz rury nastąpi jego wykroplenie na ściankach. Z tego powodu zaleca się, aby sprężarki wyposażać w odolejaczce.

3.4.4.3. Przepuszczalność

Jest to proces przenikania ruchliwych cząstek przez polimer w stanie stałym. Niska gęstość tworzyw sprzyja przenikaniu substancji o małych i ruchliwych cząsteczkach. Dotyczy to szczególnie wszelkiego rodzaju gazów, np. wodór, dwutlenek węgla, para wodna itp. Przenikanie jest zróżnicowane dla różnych tworzyw i gazów. Jako miarę jakości tworzywa przyjmuje się współczynnik przepuszczalności, który określa objętość przenikającego gazu V w czasie t przez próbkę o powierzchni F i grubości h , przy różnicy ciśnień Δp .

Gdy rura PE umieszczona jest w gruncie przepuszczalnym, wówczas gaz przenikający przez ściankę do otoczenia nie stanowi zagrożenia, gdyż jego ilości są znikome. Kiedy jednak osłonimy rurę PE inną, nieprzepuszczalną osłoną, np. rurą ochronną, wtedy gaz zaczyna zbierać się w przestrzeni pomiędzy rurami. W zależności od ciśnienia gazu, szczelności i objętości powietrza w tej przestrzeni po określonym czasie powstaje krytyczne stężenie gazu (dolna granica wybuchowości).

Objętość gazu, która przeniknie przez ściankę rury określa prawo Ficka:

$$V = P \cdot t \cdot p \cdot L \cdot D / e \quad [\text{cm}^3] \quad (6)$$

w którym:

P – przenikalność PE-HD (dla gazu ziemnego ok. $0,05 \text{ cm}^3/\text{d} \cdot \text{m} \cdot \text{bar}$),

t – czas [d],

L – długość rury [m],

D – średnica zewnętrzna rury [mm],

e – grubość ścianki rury [mm],

p – ciśnienie gazu [bar].

Jeżeli średnicę wewnętrzną rury ochronnej oznaczymy symbolem d , to czas t , potrzebny do osiągnięcia stężenia 'z' [%], będzie równy:

$$t = 0,05 \frac{z(d^2 - D^2)}{p \cdot \text{SDR}} \quad [\text{d}] \quad (7)$$

Czas potrzebny do osiągnięcia stężenia gazu 10% dla rury o średnicy $D=90$ mm i SDR 17,6 oraz $d=200$ mm, przy $p=0,05$ bar, wyniesie $t_{10}=49,5$ roku.

Wynika z tego, że problem wentylowania rur ochronnych na sieciach niskiego ciśnienia nie ma znaczenia. Odmienna sytuacja powstaje przy gazociągach średniociśnieniowych. Zagrożenie wybuchem trwa do czasu osiągnięcia górnej granicy wybuchowości i jest to czas nie przekraczający kilku lat. Zapobiec temu zjawisku można na dwa sposoby. Pierwszy to wypełnienie przestrzeni pomiędzy rurą ochronną i przewodową spoiwem (zamułka piaskowa, betony tiksotropowe, pianki itp.). Niejednokrotnie jest to kłopotliwe ze względu na długość rury ochronnej i jej średnicę. Drugi sposób polega na wykorzystaniu rurki wentylacyjnej. W tym przypadku należy wykorzystać złączkę PE–stal do wykonania przejścia z rury ochronnej na rurkę wentylacyjną, która musi być stalowa.

Zagadnienie wentylowania ma kolosalne znaczenie w przypadku wprowadzania rur PE do starych gazociągów (relining).

3.4.4.4. Palność (stabilność termiczna)

Właściwość ta charakteryzuje zachowanie się tworzywa w kontakcie z otwartym płomieniem lub skłonność do samozapłonu w atmosferze tlenu przy podgrzaniu. Jako miara pierwszej właściwości używany jest tzw. indeks tlenowy (OI). Wartość $OI=21$ odpowiada warunkom palenia w powietrzu. Im wartość indeksu jest mniejsza tym tworzywo jest bardziej palne (zapala się przy niższej zawartości tlenu w atmosferze pomiarowej). Dla PE indeks tlenowy wynosi 18, co oznacza, że jest to tworzywo dobrze palne. Drugą metodą jest określenie zapalności. W tym przypadku miarą jest czas palenia po usunięciu próbki z palnika. Jako trzecią stosuje się metodę tzw. stabilności termicznej, polegającą na określeniu czasu pojawienia się reakcji egzotermicznej po podgrzaniu próbki PE do temperatury 200 °C w atmosferze czystego tlenu. Dla większości gatunków PE czas ten wynosi około 20 min. Wynika z tego, że PE należy do tworzyw dobrze palnych.

W czasie zgrzewania następuje podgrzanie zgrzewanych powierzchni, a w związku z tym ich silne utlenienie. Dlatego należy ograniczyć do minimum czas kontaktu z powietrzem nagrzanymi powierzchniami łączonych elementów. Oczywiście drugą przyczyną ograniczenia tego czasu jest gwałtowne stygnięcie powierzchni.

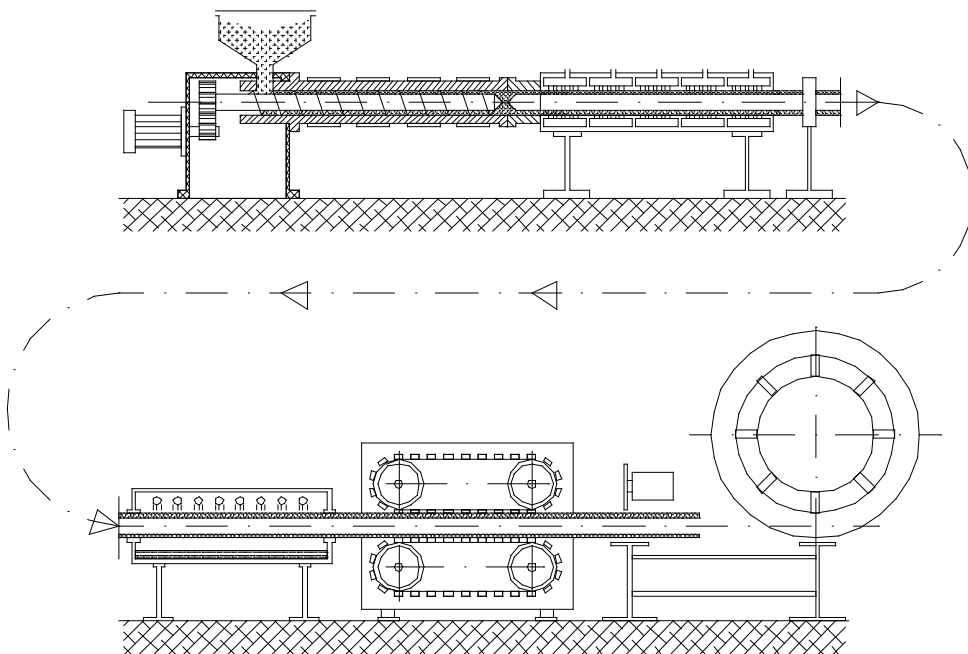
4. Elementy gazociągu

Pod pojęciem elementów gazociągu należy rozumieć:

- przewody rurowe (rury),
- kształtki i złączki (łączniki),
- uzbrojenie gazociągu:
 - armaturę odcinającą (kurki, zasuwy, zespoły zaporowo-upustowe),
 - rury ochronne, przejściowe, sączki wężowe itp.,
 - odwadniacze,
 - inne uzbrojenie.

4.1. Rury

Technologia, w której otrzymuje się rury z tworzyw termoplastycznych nazywana jest wytłaczaniem. Podobnie jak w innych technologiach, niezbędne są do tego celu maszyny i urządzenia. Ustawione w odpowiedniej kolejności tworzą tzw. linię wytłaczarską (rys. 4-1). Pierwszą maszyną jest wytłaczarka, następnie kalibrator, urządzenia kontrolno-pomiarowe do pomiaru średnicy i grubości ścianki, wanna chłodząca, urządzenie drukujące, urządzenie ciągnące oraz piły lub zwijarki. Kalibrator wraz z głowicą wytłaczarską odpowiedzialny jest za dokładną średnicę wewnętrzną i zewnętrzną. Najczęściej konstrukcję stanowi układ współosiowych rur z przegrodami. Wewnętrzna rura ma na całym obwodzie szczeliny.



Rys. 4-1. Schemat linii wytłaczarskiej

Jeżeli do jednej komory doprowadzimy wodę, a z następnej zaczniemy odsysać powietrze, wtedy wytłoczony z głowicy wytłaczarki gorący plastyczny wąż zostanie przyssany do wewnętrznej powierzchni kalibratora, a woda posłuży jako środek ułatwiający przesuwanie się formowanej rury wewnątrz kalibratora. Następuje w ten sposób uformowanie zewnętrznej powierzchni rury. Z tego powodu średnicą znamionową we wszystkich rurach z tworzyw sztucznych jest średnica zewnętrzna.

W ramach kontroli jakości dokonywany jest ciągły pomiar grubości ścianki z wykorzystaniem grubościomierzy ultradźwiękowych oraz średnicy zewnętrznej za pomocą specjalnych średnicomierzy optycznych. Rejestrowane są również podstawowe parametry pracy wytłaczarki, czyli temperatury stref grzejnych, prędkości obrotowej ślimaka i ciśnienia przed jego czołem oraz w głowicy. Wyniki mogą być zapisywane w kartach technologicznych rury, a numer linii, na której wyprodukowano daną rurę nadrukowany jest na jej powierzchni. W ten sposób możliwa jest pełna identyfikacja warunków wyprodukowania danej rury w przypadku reklamacji.

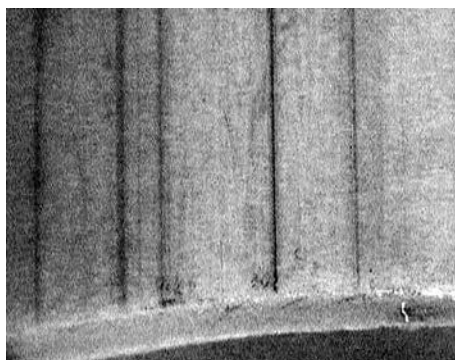
Niektóre z podstawowych błędów powstających podczas wytłaczania pokazane są na rysunkach 4-2 i 4-3.

Typoszereg produkowanych rur obejmuje średnice od 16 mm do 1600 mm.

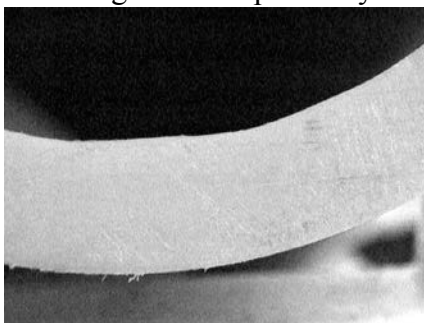
Do pełnego scharakteryzowania rury i prawidłowego doboru pozostałych ele-

mentów rurociągu z określonej klasy PE (PE 80, PE 100 itp.), prócz średnicy zewnętrznej niezbędna jest grubość ścianki rury lub ciśnienie pracy ciągłej. Aby ułatwić identyfikację rury i innych elementów rurociągu używa się liczb charakterystycznych. Taką liczbą charakterystyczną może być SDR, wspomniana już w rozdziale 3.4.1. lub dopuszczalne ciśnienie pracy ciągłej, oznaczane jako ciśnienie nominalne PN (Pressure Nominal).

Ciśnienie nominalne jednak odnosi się do wody, jako transportowanego czynnika, i obliczone jest dla określonego współczynnika bezpieczeństwa. Na operatorze rurociągu spoczywa obowiązek ustalenia wartości współczynnika, poprzez wybór



Rys. 4-2. Smugi przebarwienia na powierzchni rury



Rys. 4-3. Nierównomierna grubość ścianki rury ($e=20$ mm)

rury na określone ciśnienie pracy. Dlatego podanie wartości SDR (łącznie z klasą PE) jest bardziej uniwersalne i lepiej charakteryzuje rurę.

Tabela 4-1 przedstawia szeregi, średnice, grubości ścianek oraz ciężar metra bieżącego dla rur z PE-HD/MD, zgodnie z normą ZN-G-3150.

Tabela 4-1. Typoszereg średnic nominalnych (d_n), nominalnej grubości ścianki (e_n) oraz ciężaru metra bieżącego (g) rur z PE-HD/MD

d_n [mm]	SDR 26		SDR 17,6		SDR 11	
	e_n [mm]	g [kg/m]	e_n [mm]	g [kg/mb]	e_n [mm]	g [kg/mb]
20	–	–	2,3	0,142	3,0	0,173
25	–	–	2,3	0,171	3,0	0,222
32	–	–	2,3	0,196	3,0	0,277
40	1,8	0,226	2,3	0,284	3,7	0,430
50	2,0	0,319	2,9	0,370	4,6	0,662
63	2,5	0,492	3,6	0,684	5,8	1,05
75	2,9	0,672	4,3	0,971	6,9	1,48
90	3,5	0,972	5,1	1,39	8,2	2,12
110	4,3	1,46	6,3	2,08	10,0	3,14
125	4,9	1,88	7,1	2,66	11,4	4,08
140	5,4	2,32	8,0	3,34	12,8	5,11
160	6,2	3,04	9,1	4,35	14,6	6,67
180	7,0	3,84	10,2	5,48	16,4	8,42
200	7,7	4,69	11,4	6,79	18,2	10,4
225	8,7	5,96	12,8	8,55	20,5	13,1
250	9,7	7,37	14,2	10,6	22,8	16,2
280	10,8	9,18	15,9	13,2	25,5	20,3
315	12,2	11,7	17,9	16,7	28,7	25,7
355	13,7	14,7	20,1	21,2	32,3	32,6
400	15,4	18,6	22,8	26,9	36,4	41,4
450	17,4	23,6	25,6	33,8	41,0	52,1
500	19,3	29,0	28,5	41,7	45,5	64,3
560	21,6	36,4	31,9	52,2	51,0	80,7
630	24,3	46,0	35,8	66,1	57,3	102

Uwaga: Odchyłki średnicy i grubości ścianki są tylko dodatnie

Szczególne znaczenie ma dokładność wykonania rury, zapewniająca pewność montażu dla każdej technologii łączenia. Z tego powodu rozróżnić należy tolerancję wykonania rury od tolerancji niezbędnej dla danej technologii zgrzewania. Dotyczy to szczególnie zgrzewania elektrooporowego, dla którego owalizacja rury nie może przekraczać 1,5% i mniej niż 1,5 mm. Przypadek przekroczenia wartości tej tolerancji ma miejsce, gdy rura zostaje zwinięta w zwoje. Na skutek spłaszczenia przekroczona jest dopuszczalna owalizacja i rura wymaga skalibrowania zaciskami kalibrującymi.

Rury dostarczane są w odcinkach o długości 5 m, 10 m i 12 m lub w kręgach po 100 m lub więcej. Zwiąć w zwoje można rury o średnicy do ok. 160 mm, przy czym w kręgach standardowo dostarczane są rury o średnicach do 63 mm.

Każda rura musi być oznakowana w sposób trwały. Na powierzchni powinien znajdować się napis zawierający podstawowe informacje, niezbędne do identyfikacji rury. Do tych informacji można zaliczyć:

- nazwę lub symbol producenta rury,
- numer normy (ZN-G-3150),
- słowo 'GAZ',
- klasę PE,
- wymiary rury (średnica x grubość ścianki),
- oznaczenie szeregu wymiarowego (dla d_n większych od 40 mm),
- datę produkcji,
- kod wyrobu (numer wylączarki, oznaczenie partii itp.),
- znak bezpieczeństwa 'B'.

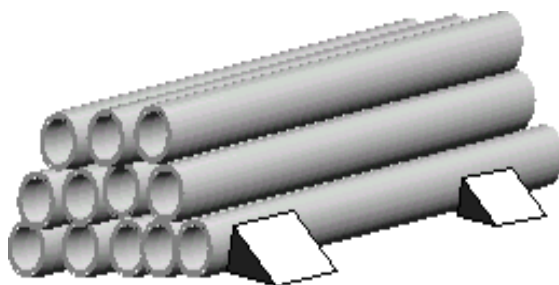
Przykład oznakowania rury:

NNN ZN-G-3150 GAZ PE80 110x10 SDR11 ddmrr nnn xxx

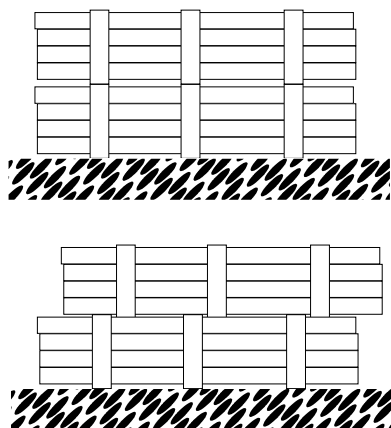
4.1.1. Transport i składowanie rur

Omawiając właściwości PE zwrócono uwagę na jego niską odporność na zarysowanie. Z tych przyczyn stawiane są warunki składowania oraz transportu rur. Ze względu na skłonność do pełzania, ogranicza się wysokość ułożenia rur w odcinkach do ok. 1 m. Rury muszą być składowane na wyrównanym podłożu, bez kamieni oraz podkładek. Nie może to być beton lub asfalt. Należy je ułożyć równoległe do siebie i podeprzeć z obu stron (rys. 4-4). Dostarczane przez producenta rury w wiązkach i zabezpieczone drewnianymi klepkami można składować na większe wysokości, lecz podczas układania wzmocnienia powinny być ustawione na sobie (rys. 4-5).

Rury w zwojach zaleca się układać na drewnianych podestach na wysokość nieprzekraczającą 1,5 m (rys. 4-6). Zabronione jest ustawianie zwoi pionowo opartych o ścianę na podłożu betonowym lub kamiennym, gdyż powoduje to silne odkształcenie rury i wgniatanie powierzchni.

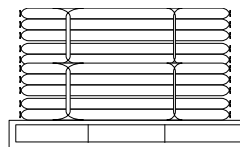


Rys. 4-4. Składowanie rur w odcinkach

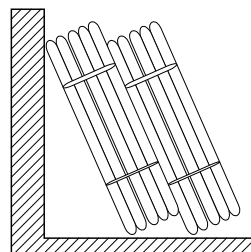


Rys. 4-5. Składowanie rur
w wiązkach fabrycznych

dobrze



źle



Rys. 4-6. Składowanie rur
w zwojach

Środki transportu służące do przewożenia rur muszą być do tego celu specjalnie przystosowane. Skrzynie ładunkowe nie mogą mieć ostrych, wystających krawędzi, a dno gwoździ, blachy oraz innych przedmiotów, mogących uszkodzić rury podczas przewożenia lub rozładunku.

Długość skrzyni musi być dobrana do długości transportowanych rur, gdyż niedopuszczalne jest wożenie rur na dłużycach. Rozładunek winny przeprowadzać osoby wykwalifikowane.

Zawiesia nie mogą uszkadzać powierzchni rur. Zabronione jest wysuwanie rur z dolnych warstw oraz zrzucanie ich ze skrzyni ładunkowej.

4.1.2. Obliczanie średnicy rury i spadków ciśnień

Oprócz obliczeń wytrzymałościowych, konieczne jest określenie minimalnej średnicy wewnętrznej rury dla danego przepływu gazu. Minimalną średnicę wewnętrzną rury d_w [mm] oblicza się wg wzoru:

$$d_w = 18,8 \sqrt{\frac{q}{v}} \text{ [mm]} \quad (8)$$

w którym:

q – natężenie przepływu [m^3/h],

v – prędkość przepływu [m/s].

Po przyjęciu z typoszeregu najbliższej średnicy zewnętrznej można sprawdzić spadki ciśnień dla danego odcinka rurociągu. Dla krótkich odcinków zasilających przyjmuje się, że spadek ciśnienia jest liniowy na długości rury. Upraszcza to obliczenia i na ogół jest wystarczające w praktyce. Dla długich odcinków lub układów bardziej rozbudowanych wygodniej posłużyć się specjalnym oprogramowaniem.

Spadek ciśnienia dla przepływu normalnego (ciśnienie mniejsze niż 10 kPa) można obliczyć ze wzoru:

$$\Delta p = \left(\frac{\Delta p}{l} \right)_j l \text{ [mbar]} \quad (9)$$

w którym:

$(\Delta p/l)_j$ – spadek jednostkowy ciśnienia dla danej rury wg wykresów na rysunku 4-7 (SDR 17,6) lub rysunku 4-8 (SDR 11) i danej wartości natężenia przepływu (q),

l – długość odcinka rurociągu [m].

Dla ciśnienia powyżej 10 kPa należy przepływ ciśnieniowy sprowadzić do przepływu normalnego, gdyż wykresy spadków ciśnień są obliczone dla warunków normalnych. Związek przepływu ciśnieniowego i normalnego jest następujący:

$$q = q_c 0,95229 p_{\text{abs}} \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (10)$$

gdzie:

$p_{\text{abs}} = p_1 + 0,981$ [bar],

q_c – natężenie przepływu [m^3/h],

p_1 – ciśnienie na początku odcinka obliczeniowego [bar].

Na podstawie wykresów na rysunkach 4-7 i 4-8 należy wyznaczyć dla danej rury i przepływu q wartość jednostkowego spadku ciśnienia $(\Delta p/l)_j$.

Całkowity spadek ciśnienia (dla danego przepływu normalnego) oblicza się ze wzoru:

$$K = (\Delta p/l)_j l \quad [\text{mbar}] \quad (11)$$

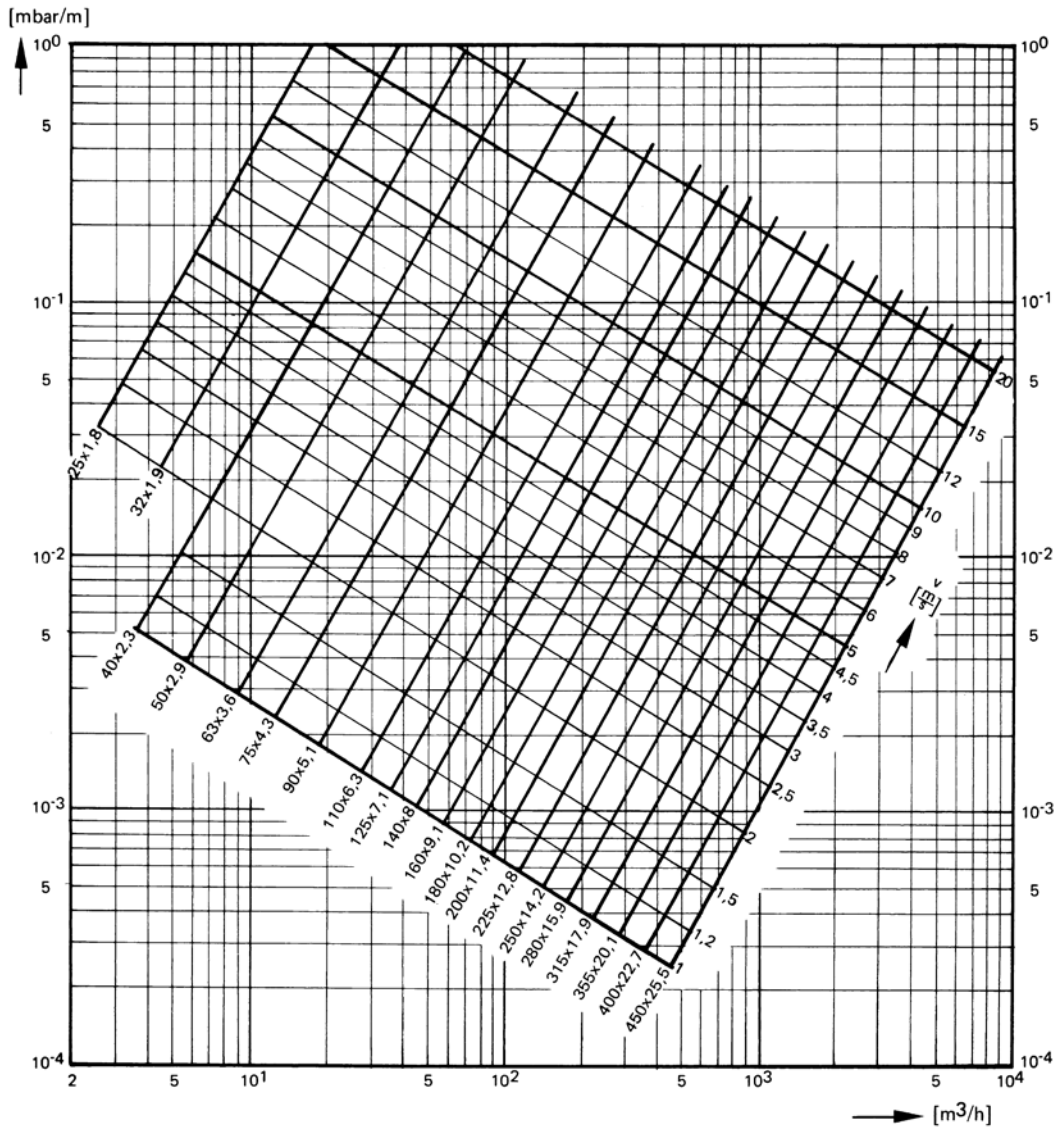
Spadek ciśnienia normalny należy sprowadzić do spadku ciśnieniowego za pomocą wzoru:

$$\Delta p = \frac{1,05045}{P_{\text{labs}}} K \quad [\text{mbar}] \quad (12)$$

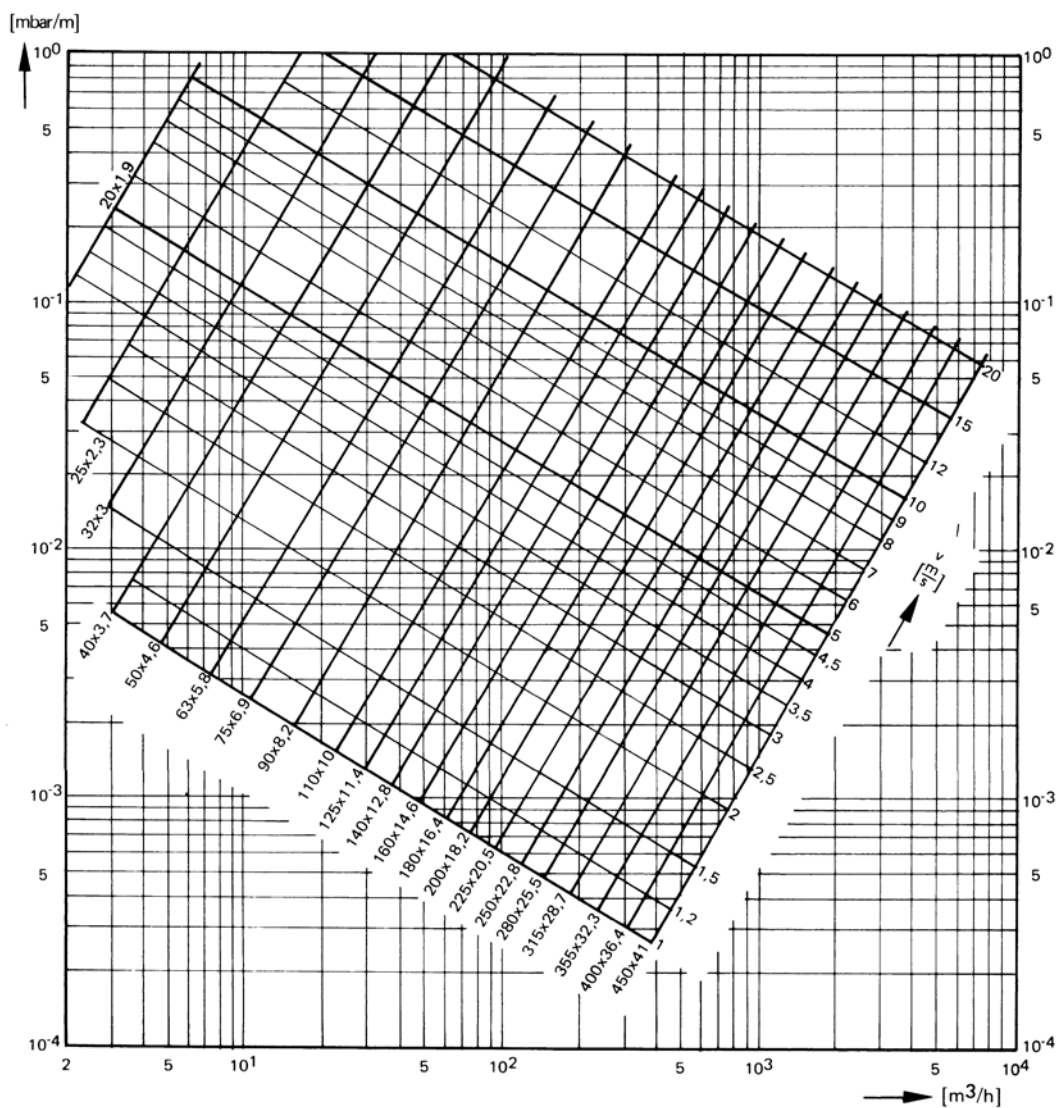
W celu oceny dokładności obliczeń zaleca się sprawdzenie wielkości błędu uproszczenia za pomocą wzoru:

$$f = \frac{\Delta p}{2p_{\text{labs}}} 100 \quad [\%] \quad (13)$$

Dopuszczalny błąd wynosi 5%. W przypadku wartości większej niż 5% należy obliczenia przeprowadzić za pomocą wzorów uwzględniających nieliniowość spadku ciśnienia na długości rurociągu. Do wyznaczenia wartości spadków niezbędna są dodatkowe wykresy.



Rys. 4-7. Zależność spadku ciśnienia $[\text{mbar/m}]$ od natężenia przepływu $[\text{m}^3/\text{h}]$ dla przepływu normalnego i typoszeregu rur SDR 17,6

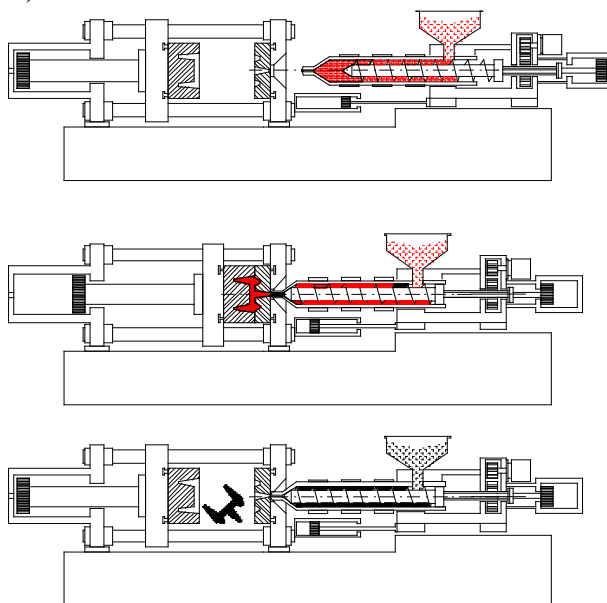


Rys. 4-8. Zależność spadku ciśnienia $[\text{mbar/m}]$ od natężenia przepływu $[\text{m}^3/\text{h}]$ dla przepływu normalnego i typoszeregu rur SDR 11

4.2. Łączniki – informacje ogólne

W gazociągach z tworzyw sztucznych występują różnego rodzaju łączniki. Są to kształtki i złączki. W odróżnieniu od gazociągów stalowych, łączniki z tworzyw sztucznych są elementami gotowymi, montowanymi na placu budowy. Pociąga to za sobą konieczność dokładnego rozrysowania trasy, aby przewidzieć rodzaj oraz liczbę łączników.

Typy kształtek można klasyfikować ze względu na funkcję (kolana, trójniki, redukcje itp.), technologię montażu (kształtki do zgrzewania elektrooporowego, doczołowego, mufowego, siodłowego) oraz technologię wytwarzania (kształtki wtryskowe lub prefabrykowane – zgrzewane z segmentów). W fazie projektowania należy zwracać uwagę na typoszereg oferowanych przez dostawców kształtek. Większość kształtek i armatury używanych do wykonywania sieci gazowych otrzymywana jest metodą wtryskiwania. Proces ten polega na wyciśnięciu ogrzanego i uplastycznionego tworzywa w cylindrze wtryskarki do zamkniętej, chłodzonej formy, a następnie po czasie potrzebnym na zestalenie wyjęcie gotowej wypraski (rys. 4-9).



Rys. 4-9. Zasada działania wtryskarki

Kształtki produkuje się na ciśnieniu znamionowe takie jak rury. Dla potrzeb gazownictwa wykorzystuje się typoszeregi SDR 11 i SDR 17,6.

4.2.1. Kształtki do zgrzewania doczołowego

Metodą doczołową można łączyć kształtki o tej samej nominalnej grubości ścianki.

Łączenie różnych szeregów dozwolone jest za pomocą pierścienia pośredniego lub metodą elektrooporową, lecz wtedy kształtki muszą mieć przedłużoną część walcową (przedłużony uchwyt – rys. 4-10). Kształtki przeznaczone do zgrzewania doczołowego nie muszą mieć tak długiego uchwyty (rys. 4-11), lecz zgrzewarka doczołowa powinna mieć wąskie szczęki, aby można było zamocować kształtkę.

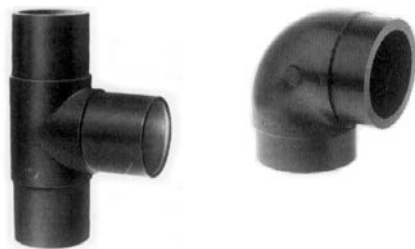
Prócz kształtek wtryskowych, stosowane są dla dużych średnic kształtki segmentowe. Prefabrykowane w warunkach warsztatowych na specjalnych zgrzewarkach doczołowych konkurują ceną z kształtkami wtryskowymi, a ich jakość jest niewiele gorsza. Warunkiem jest zachowanie kąta cięcia nie większego niż $11^{\circ}15'$ dla kolan segmentowych. W ten sposób liczba segmentów np. dla kolana 90° będzie wynosiła 5. Drugą poważną zaletą kolan segmentowych jest ich praktycznie dowolny kąt, co w warunkach gęstej zabudowy stanowi bardzo poważny argument stosowania.

Standardowe kąty kolan wtryskiwanych to 90° i 45° , redukcje obejmują od 3 do 5 średnic, trójniki redukcyjne mają odejścia o średnicy mniejszej od $3\div 5$ zakresów średnicy głównej.

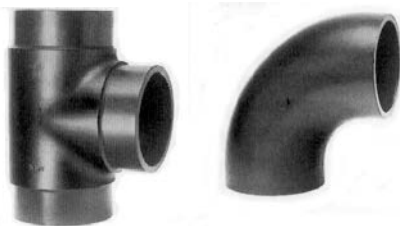
4.2.2. Kształtki elektrooporowe

4.2.2.1. Wiadomości ogólne

Cechą charakterystyczną kształtek elektrooporowych jest obecność drutu nagrzewającego na powierzchni zgrzewanej. Produkowana jest szeroka gama różnych typów kształtek. W wersji elektrooporowej wytwarzane są trójniki równoprzelotowe i redukcyjne, kolana, redukcje oraz siodła proste i do nawiercania. Ze względu na funkcjonalność są one chętnie stosowane we wszelkiego typu



Rys. 4-10. Kształtki do zgrzewania doczołowego lub elektrooporowego



Rys. 4-11. Kształtki tylko do zgrzewania doczołowego

przyłączach. Należy jednak zwrócić szczególną uwagę na jakość kształtek, gdyż często czynione w tym miejscu oszczędności owocują zwiększoną awaryjnością. Cenną zaletą kształtek elektrooporowych jest możliwość wykorzystania ich jako kształtek naprawczych oraz do wykonywania włączeń pod pełnym ciśnieniem gazu.

Kształtki produkowane przez różnych producentów mogą różnić się między sobą cechami konstrukcyjnymi, parametrami zgrzewania itp. Powoduje to konieczność ich zgrzewania tylko zgrzewarkami danej firmy.

Sytuacja taka ma miejsce coraz rzadziej, tym nie mniej należy upewnić się przy zakupie kształtki, czy można zgrzewać ją innymi zgrzewarkami.

Średnice produkowanych kształtek elektrooporowych wynoszą od 20 mm do około 630 mm.

4.2.2.2. Systemy kształtek elektrooporowych

Podstawowymi parametrami zgrzewania kształtek elektrooporowych są:

- napięcie lub prąd zasilania,
- czas nagrzewania,
- energia,
- współczynnik korekty na temperaturę otoczenia,
- oporność w temp. 20 °C.

Wszystkie te dane muszą zostać uwzględnione, aby proces zgrzewania przebiegał prawidłowo. Do zgrzewarki elektrooporowej można je wprowadzać różnymi sposobami, co w efekcie spowodowało powstanie wielu odmiennych systemów odczytu. Opracowanie przez danego producenta sposobu kodowania parametrów zgrzewania zaowocowało elektrozgrzewarkami przeznaczonymi do własnych kształtek.

Na rynku krajowym spotkać można trzy podstawowe systemy różniące się w sposób zasadniczy sposobem kodowania parametrów zgrzewania. Zaliczamy do nich:

- Glynwed–Friatec,
- Fusamatic,
- Georg Fischer.

Pozostałe z systemów, takie jak Innogaz, Wavin, Eurostandard, Aldyl itp. nie mają tak zasadniczych różnic i w tym ujęciu nie wymagają odrębnego omówienia.

4.2.2.3. System Frialen firmy Glynwed–Friatec

System stosowany w kształtkach tej firmy opiera się na różnych napięciach zasilania uzwojenia grzejnego. Wymaga to indywidualnego wprowadzenia danych zgrzewania dla określonego rodzaju i średnicy kształtki. Wszystkie informacje, niezbędne dla prawidłowego przebiegu i kontroli procesu, zawiera kod paskowy naniesiony na każdą kształtkę. Wczytanie kodu realizowane jest za pomocą czytnika kodu (pióra świetlnego – rys. 4-12). Drugą, istotną cechą charakterystyczną kształtek tej firmy jest brak powłoki PE na przewodzie grzejnym.

Przeprowadzone przez producenta badania wykazały, że jeżeli na przewodzie grzejnym znajduje się powłoka z PE, to na skutek jej utlenienia cząstki utlenionego PE obecne są w stopionej warstwie tworzywa i powodują pogorszenie wytrzymałości zgrzewanego złącza. Brak powłoki utrudnia proces produkcji kształtek, lecz umożliwia składowanie ich przez dłuższy czas, bez ryzyka pogorszenia właściwości użytkowych.



Rys. 4-12. Czytnik kodu paskowego

Kształtki mufowe

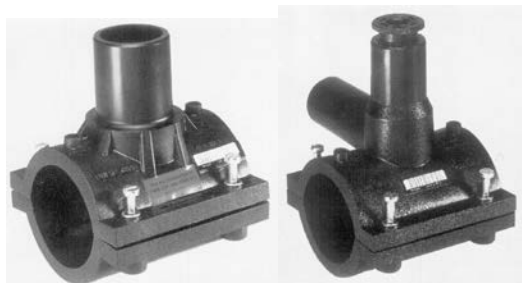
Wszystkie kształtki mufowe, według zapewnień producenta, mają dużą sztywność i nie wymagają uchwytów mocujących. Konieczne jest jednak, aby podczas nagrzewania kształtka była nieruchoma. W przypadku muf o dużej średnicy (więcej niż 180 mm) na zewnętrzną powierzchnię mufy nawinięty jest drut ograniczający. Jego zadanie polega na przeciwdziałaniu rozszerzaniu się zewnętrznej powierzchni podczas nagrzewania. Daje to w efekcie większy docisk zgrzewanych powierzchni i zapobiega powstawaniu naprężeń rozrywających w fazie studzenia kształtki. Po całkowitym wystudzeniu kształtki drut ten może być luźny, co jest zjawiskiem normalnym.

Mufy o dużych średnicach (ok. 500 mm) zgrzewa się w kilku cyklach. Ma to na celu poprawienie rozkładu temperatury i nacisków na nagrzewanej powierzchni połączenia.

Siódła odgałęźne proste i do nawiercania

Produkowane są dwa typy siodełek, proste i do nawiercania (rys. 4-13). Siódła proste wymagają nawiercenia otworu w rurze po jego zgrzaniu. Można to wykonać piłą otwornicą, konieczna jest jednak duża wprawa, aby wióry lub wycięty krążek nie wpadł do wnętrza rury. Wiertarka powinna być wolnoobrotowa, a nawiercenia nie wolno przeprowadzić wcześniej niż po całkowitym wystudzeniu kształtki, to jest po upływie około 6÷8 minut na każdy milimetr grubości ścianki rury.

Drugim typem są siodełka do nawiercania. Ich szczególną zaletą jest metalowe gniazdo freza nawiercającego oraz uszczelka znajdująca się na walcowej powierzchni zaślepki. Oba te rozwiązania znacznie podnoszą bezpieczeństwo prac związanych z pracą na czynnym gazociągu. Ma to szczególne znaczenie, gdy nawiercanie odbywa się w niskich temperaturach otoczenia. Istnieje wtedy realne niebezpieczeństwo zerwania gwintu prowadzącego, gdy



Rys. 4-13. Siodło odgałęźne proste i do nawiercania

jest on wykonany z tworzywa. Podobne znaczenie ma uszczelka umieszczona na walcowej części zaślepki. Dzięki takiemu rozwiązaniu uszczelnienie to jest skuteczne przez cały czas działania ciśnienia gazu.

Propozycją łączącą zalety siodełka do nawiercania i kurka w jednym bloku jest siodło zintegrowane. Oba te elementy zespo-

lone razem przez swoją funkcjonalność upraszczają konstrukcję odgałęzienia, gdyż po nawierceniu możliwe jest odcięcie dopływu gazu z wykorzystaniem tego samego trzpienia.

Wszystkie typy siodełek nie wymagają dodatkowych narzędzi mocujących kształtkę. W zestawie znajduje się dolna obejmą mocująca, przykręcana do siodełka czterema śrubami. Zaleca się, aby po wstępnym dokręceniu odczekać kilka minut aż kształtka ‘ułoży’ się na rurze (owalność rury). Po tym czasie powtórnie dokręca się śruby i rozpoczyna zgrzewanie. Postępowanie takie zalecane jest przy wszystkich kształtkach mocowanych dolnymi obejmami.

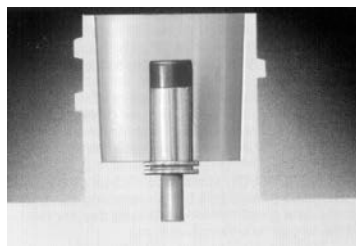
Kształtki naprawcze

System kształtek naprawczych to obejmę wzmacniające oraz siodełka naprawcze. Umożliwiają one naprawę bez wycinania uszkodzonego odcinka rury przez dogrzanie do powierzchni odpowiedniej kształtki. Użycie tego typu kształtek uwarunkowane jest niewielkim odkształceniem rury (zmiana średnicy lub owalność).

4.2.2.4. System FUSAMATIC

W systemie tym pracują kształtki produkowane przez firmę FUSION, natomiast firmy UPPONOR, DURAFUSE, ALDYL i inne mają jedynie tę samą średnicę końcówek oraz to samo napięcie zasilania.

System oparty jest na napięciu 39,5 V. Do kodowania czasu nagrzewania wykorzystywana jest jedna z końcówek zasilających, mająca opornik kontrolny (rys. 4-14). Dla prawidłowego odczytu oporności konieczne jest odpowiednie podłączenie końcówek zasilających. Celem uniknięcia pomyłki, jedna z nich oznaczona jest kolorem czerwonym, co nie ma jednak nic wspólnego z biegunowością w sensie elektrycznym. Zintegrowanie opornika kontrolnego z kształtką eliminuje całkowicie możliwość popełnienia pomyłki przez monter przy wprowadzaniu czasu nagrzewania.



Rys. 4-14. Końcówka kontrolna kształtek systemu FUSAMATIC

Odwrotne podłączenie (lub inny system) końcówek powoduje konieczność ręcznego wprowadzenia czasu nagrzewania z wykorzystaniem klawiszy funkcyjnych zgrzewarki lub, jeżeli kształtka ma kod paskowy – wczytanie kodu za pomocą czytnika.

Produkowana jest pełna gama typów kształtek, jak mufy, kolana, trójniki, redukcje, siodełka, w wersji z jednym uzwojeniem.

Oferowane średnice obejmują od 16 mm do 355 mm mufy i siodełka oraz do ok. 180 mm pozostałe kształtki.

4.2.2.5. System GEORG FISCHER (ELGEF PLUS)

Trzecim systemem jest system firmy GEORG FISCHER, ELGEF PLUS. System ten wprowadzony został jako następca popularnego przez wiele lat systemu ELGEF 24 V. Zmianie uległy praktycznie wszystkie elementy. Napięcie zasilania podniesiono z 24 V do 39,5 V, zmieniono konstrukcję kształtki i złączy elektrycznych, wprowadzono środkową zimną strefę w uzwojeniu nagrzewającym, a samo uzwojenie ma zoptymalizowany rozkład. Specjalnie dobrany rozkład uzwojenia daje bardziej równomierne pole temperatury, co zapobiega przegrzewaniu rury i kształtki w środku strefy grzejnej. Kształtki wykonane są z PE 100. W ofercie znajdują się mufy i siodełka w zakresie średnic od 25 mm do 180 mm. Konstrukcja mufy zapewnia silne mocowanie do rury specjalnymi, skręcanymi za pomocą śrub, pierścieniami na obu końcach. Zapobiega to przemieszczaniu się kształtki względem rury podczas nagrzewania.

Najnowsze siodełka do nawiercania systemu ELGEF PLUS mają dwusegmentowe uzwojenie, rozłożone pomiędzy głowicą z nawiertką i powierzchnią rury. Głowica z nawiertką jest obrotowa, co pozwala na ustawienie odejścia pod dowolnym kątem w stosunku do osi rury.

Parametry zgrzewania kształtek zakodowane są na karcie magnetycznej, na której dodatkowo również znajduje się kod paskowy. Firmowa zgrzewarka wyposażona jest w czytnik karty magnetycznej oraz czytnik kodu paskowego.

4.2.3. Złączeni tworzywo–metal

Celem połączenia istniejącej instalacji, armatury lub innego typu części metalowych do rurociągu z tworzywa wykorzystuje się odpowiednie złączeni. Mogą być to elementy adaptacyjne tworzywo–metal lub złączeni gwintowe. W złączkach tworzywo–metal, połączenie od strony metalowej może być kołnierzone lub spawane. Rodzaj metalu jest praktycznie dowolny.

Połączeni tworzywo–metal wykonuje się jako zaciskowe rozłączne, zaciskowe nierozłączne lub obtryskowe. Każdy typ ma określone wady i zalety, które decydują o zastosowaniu w danych warunkach. W sieciach gazowych przejścia PE–stal jako zaciskowe (nierozłączne) stosowane są najczęściej do przyłączy domowych lub w połączeniach z armaturą metalową.

Długość części stalowej złączki PE–metal nie powinna być krótsza niż ok. 60 cm, gdy zachodzi konieczność spawania końcówki, np. do montażu kurka. Mniejsza długość wymaga zabezpieczenia złącza z PE od wewnątrz i zewnątrz przed wpływem ciepła podczas spawania.

W przypadku przyłącza stalowego na ścianie budynku wymagana jest odpowiednia izolacja od cinka rury stalowej umieszczonej w gruncie. Zaleca się używanie sprawdzonych taśm izolacyjnych.



Rys. 4-15. Złączeni tworzywo–metal (do spawania i kołnierzowa)

4.2.4. Złączeni gwintowe tworzywo–metal

Złączeni gwintowe tworzywo–metal wykorzystywane są przede wszystkim do bezpośredniego łączeni armatury metalowej, najczęściej kurków głównych o małych średnicach (1”) z rurami PE. Sytuacja taka ma miejsce na przyłączy. Warunki tego rodzaju rozwiązeni są różne, w zależności od zasad panujących w danym Zakładzie Gazownictwa.

4.3. Uzbrojenie gazociągów

Przez uzbrojenie sieci gazowej rozumiane są wszystkie urządzenia wmontowane do przewodów, a służące do sprawnej i bezpiecznej jej eksploatacji. Do uzbrojenia należą:

- urządzenia zaporowe (kurki, zasuwy, zespoły zaporowo-upustowe),

- rury ochronne, przejściowe i osłonowe,
- sączi węchowe i rurki odpowietrzające,
- odwadniacze,
- punkty do pomiaru ciśnienia,
- inne.

4.3.1. Kurki

Znaczny postęp przetwórstwa tworzyw spowodował szerokie zastosowanie różnego rodzaju kurków. Najczęściej są to kurki sferyczne z obudową wykonaną z tworzywa i elementem odcinającym w postaci kuli również z tworzywa lub stali nierdzewnej. Maksymalne średnice kurków w takim wykonaniu ograniczone są na ogół do 160 mm. Dla większych średnic (do ok. 600 mm) obudowy wykonuje się ze staliwa lub żeliwa sferoidalnego.

W sieci, której odporność na korozję jest całkowita, pozostałe elementy powinny być również odporne na korozję. W przypadku kurków stalowych, powierzchnia ich musi odpowiadać podobnej odporności na korozję jak rura z PE.

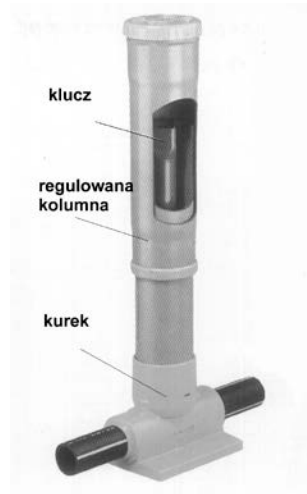
Celem zabezpieczenia przed korozją powierzchnia korpusu kurka pokrywana jest specjalnymi powłokami nakładanymi na gorąco.

Kurki stalowe oraz z tworzyw sztucznych dopuszcza się do stosowania pod powierzchnią jezdni, gdyż mają bardzo wysoką odporność na obciążenia zmienne wywołane ruchem pojazdów.

O ile do średnicy 160 mm końcówki armatury są z zasady z PE, o tyle dla korpusów żeliwnych połączenie z rurą realizowane jest przy pomocy kołnierza lub fabrycznego przejścia PE–stal.

W wielu przypadkach zachodzi konieczność zainstalowania dodatkowego kurka na przyłączy. Technika zgrzewania elektrooporowego oferuje w takim przypadku siodła z nawiertką, zintegrowane z kurkiem, montowane na gazociągu przed przyłączem.

Dodatkowym wyposażeniem kurków i zasuw są kolumny teleskopowe oraz klucze. Oba te elementy wykonane są na ogół z PVC i przy niskich temperaturach otoczenia mogą pękać podczas zamykania. Dodatkowe problemy służbom eksploatacyjnym stwarzają różne kształty głowic zamykających. Pociąga to konieczność wykonania we własnym zakresie odpowiednich kluczy przejściowych (rys. 4-16).



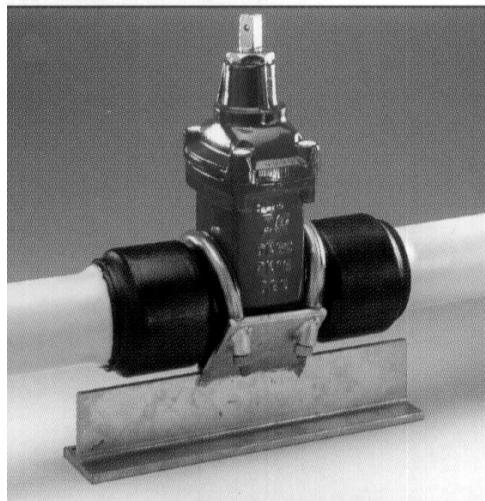
Rys. 4-16. Kompletny kurek do zabudowy

4.3.2. Zasuwy

Ceny kurków sferycznych o dużych średnicach są na tyle wysokie, że poważną konkurencję stanowią zasuwy. Pomimo wad (do których zaliczane jest mało pewne uszczelnienie oraz łatwość zanieczyszczenia gniazda dla niektórych rozwiązań), cieszą się one popularnością (rys. 4-17).

Podobnie jak kurki sferyczne, powierzchnia korpusu zabezpieczona jest przed korozją specjalnymi powłokami lub może być również wykonana całkowicie z tworzywa. Połączenie z rurą mogą być zgrzewane, zaciskowe lub kołnierzowe.

Jeżeli zasuwa przeznaczona jest do łączenia z rurą stalową należy zwrócić szczególną uwagę, gdy połączenie jest typu kołnierzowego. Średnice podziałowe kołnierzy mocujących nie są takie same jak dla armatury wykonanej z tworzywa. Wynika to z różnicy w definiowaniu średnicy znamionowej rury.



Rys. 4-17. Przykład mocowania zasuwy (AVK)

4.3.2.1. Zasady montażu

W przypadku ciężkiej armatury stalowej lub żeliwnej istotne jest takie przygotowanie podłoża, aby zapobiec obciążeniu rury oraz połączenia (szczególnie kołnierzowego). Zaleca się montowanie armatury na specjalnych płytach betonowych, a korpus kurka lub zasuwy powinien być mocowany do płyty.

Celem tych zabiegów jest również niedopuszczenie do przenoszenia obciążeń powstających przy zamykaniu kurka lub zasuwy na rurę lub połączenie kołnierzowe.

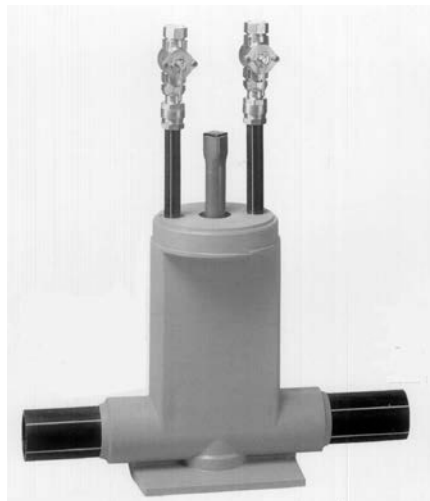
Jeżeli jest to możliwe, należy unikać łączenia armatury metalowej z rurą przy wykorzystaniu króćca z PE. Jak wykazały doświadczenia, tego typu połączenia w wielu przypadkach wykazują nieszczelności. Przyczyny tego zjawiska są wielorakie. Do podstawowych należy zaliczyć nieprzestrzeganie dokręcania śrub kluczem dynamometrycznym, niestosowanie uszczelnień elastomerowych oraz załamanie osi w miejscu połączenia.

Radykalnym rozwiązaniem tego problemu jest wykorzystanie kołnierzonej kształtki PE–stal (rys. 4-15). Montaż takiego połączenia kołnierzonego ze stali wykonywany jest rutynowo. Innym rozwiązaniem stosowanym przez producentów armatury jest połączenie zaciskowe.

4.3.3. Zespoły zaporowo-upustowe

Zespoły zaporowo-upustowe stosowane są zgodnie z normą PN-91/M-34501 jedynie na skrzyżowaniach gazociągu z przeszkodami wodnymi o szerokości ponad 50 m, które przekraczane są pod dnem. Niekiedy jednak zachodzi konieczność stosowania zespołów w innych miejscach sieci, co podyktowane jest doświadczeniami eksploatacyjnymi danego zakładu. Problem ten wymaga indywidualnego podejścia ze strony projektanta, gdyż trudno jest uwzględnić wszystkie lokalne uwarunkowania wynikające zarówno z doświadczeń, jak i zasad bezpiecznej eksploatacji sieci.

Wymagania odnoszące się do zespołów są identyczne jak dla kurków lub zasuw. Zespół taki można wykonać z elementów (siodła z przejściami PE–stal, kurek główny oraz dwa kurki spustowe) lub montować jako jeden element (rys. 4-18).



Rys. 4-18. Kompaktowy zespół zaporowo-upustowy

4.3.4. Rury ochronne

Zasadniczą przyczyną stosowana rur ochronnych na gazociągach stalowych było bezpieczeństwo otoczenia w przypadku awarii rury stalowej. Przejawem minimalizacji ryzyka są przepisy o odległościach bezpiecznych od wszelkich budowli mających połączenie z pomieszczeniami dla ludzi. Ocena stopnia zagrożenia powstającego podczas eksploatacji gazociągu z PE powinna zostać poprzedzona analizą przyczyn ich powstawania oraz strukturą. Podstawę mogą stanowić dane statystyczne gazociągów już eksploatowanych. Analiza tych danych pozwala na stwierdzenie, że istnieje znaczne zmniejszenie liczby awarii gazociągów z PE, lecz te, które powstają, mają swoje źródło w obcych uszkodzeniach. Przyczyna leży w odmiennych właściwościach materiału, jakim jest polietylen, o których wspomniano poprzednio. Stąd należy przyjąć inną zasadę stosowania rur ochronnych niż wynika to z normy PN-91/M-34501. Dotyczy to szczególnie grubości ścianki, która nie musi odpowiadać rurze przewodowej.

Analizując źródła zagrożeń, można podzielić je na dwie grupy. Pierwszą grupę stanowią zagrożenia wynikające z samego faktu transportu gazu jako medium niebezpiecznego (ciśnienie, skład, palność). Drugą stanowią zagrożenia spowodowane czynnikami zewnętrznymi (drgania, naciski, uderzenia, ciepło).

Obie grupy czynników mają ścisły związek z różnymi właściwościami materiału rury i z innymi powodów stanowią przyczynę ochrony rury przewodowej.

Zastosowanie rur ochronnych w pierwszym przypadku ma zapobiegać niekontrolowanemu przenikaniu gazu do innych sieci lub budowli, celem drugim jest ochrona rury PE przed uszkodzeniami zewnętrznymi gdyż gazociągi nie są jedynym uzbrojeniem terenu, a na dodatek leżącym dość płytko pod ziemią, stąd jakiegokolwiek prace związane z innymi sieciami stanowią poważne zagrożenie uszkodzenia mechanicznego gazociągu z PE.

Żywotność rury ochronnej nie może być mniejsza od żywotności rur PE. Dlatego najbardziej odpowiednim materiałem jest również PE. Przemawiają za tym także inne argumenty. Wprowadzanie do rury stalowej rury z PE uprzednio zwiniętej w zwój grozi jej porysowaniem, co jest niedopuszczalne, a występuje często dla średnic poniżej 63 mm. Popularne rury z PVC stosowane do wody wykazują z kolei w niskich temperaturach (poniżej 5 °C) nadmierną kruchość i przy silnym uderzeniu pękają.

Na porządku dziennym są sytuacje, gdy przewodowa rura PE znajduje się nad ziemią. Ma to miejsce na przyłączy na ścianie budynku lub przy przekraczaniu cieku wodnego, nie mówiąc o gazociągu umieszczonym na moście lub wiadukcie. W tym przypadku rura ochronna stanowi zabezpieczenie mechaniczne. Wiąże się to z wyeksponowaniem rury ochronnej na działanie słońca i powoduje nadmierny wzrost temperatury w jej wnętrzu (ponad 20 °C). Wymaga to wprowadzenia izolacji termicznej pomiędzy rurę ochronną a przewodową na całej długości i o równomiernej grubości ścianki (centryczne położenie rury).

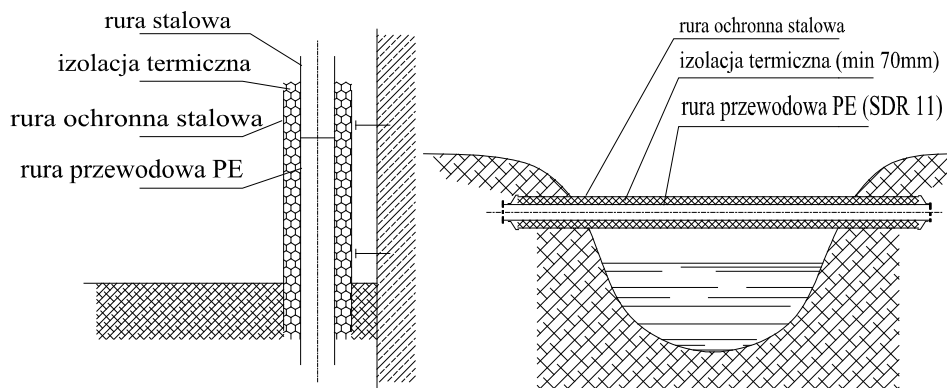
Powinno być zasadą, aby wewnątrz rury ochronnej nie było żadnego połączenia. Może ono wystąpić w odległości nie mniejszej niż 5D od końca rury ochronnej. W przypadku konieczności łączenia rury przewodowej wewnątrz rury ochronnej bardziej korzystne jest połączenie kształtką elektrooporową, lecz wymaga to przeprowadzenia próby szczelności po montażu przejścia.

Również przy wszelkiego rodzaju zbliżeniach do innego rodzaju sieci (woda, kanalizacja, energetyka, telekomunikacja) wymagane będą rury ochronne, nie po to jednak, aby zapobiec migracji gazu do tych sieci, lecz dla ochrony rury gazowej przed uszkodzeniem w przypadku prowadzenia robót ziemnych.

Średnica wewnętrzna rury ochronnej powinna być taka, aby możliwy był montaż ewentualnej kształtki elektrooporowej.

4.3.4.1. Rury ochronne stalowe

Rury ochronne stalowe należy stosować w określonych przypadkach i zgodnie z odpowiednimi przepisami (rys. 4-19). Rury stalowe powinny mieć powłoki antykorozyjne wykonane wg odnośnych norm. Wewnątrz rury wymagane jest odpowiednie zabezpieczenie powłoką malarską. Nie jest zalecane zabezpieczenie izolacją bitumiczną.



Rys. 4-19. Przypadki stosowania stalowych rur ochronnych

Rura przewodowa, wprowadzona do stalowej rury ochronnej, powinna być w niej podparta na całej długości, a krawędzie rury stalowej należy odpowiednio zabezpieczyć, aby nie rysowały rury przewodowej.

Dla gazociągów średniego ciśnienia i rurach ochronnych dłuższych niż 15 m oraz średnicy rury przewodowej większej niż 90 mm zaleca się stosowanie rurek wentylacyjnych montowanych w najwyższym miejscu rury ochronnej.

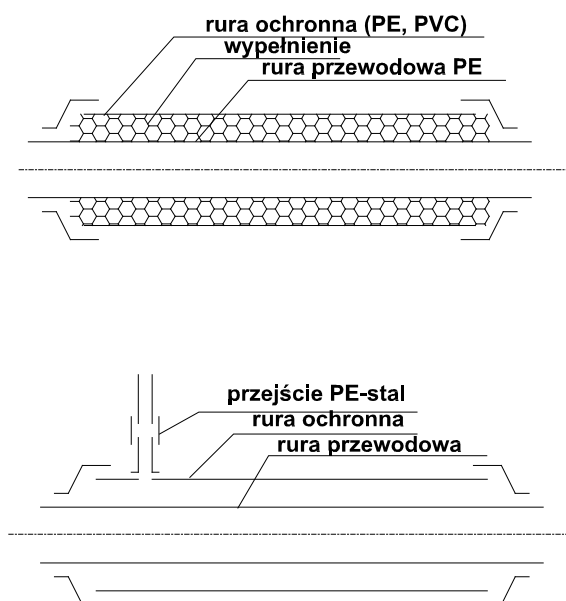
Zabronione są wszelkie roboty spawalnicze, gdy wewnątrz rury ochronnej znajduje się rura z PE.

Rura przewodowa układana na mostach lub wiaduktach ewentualnie montowana na ścianie budynku (przyłącze), powinna być zabezpieczona na całej długości rurą ochronną stalową oraz mieć izolację termiczną o grubości od około 5 cm do 10 cm, ułożoną symetrycznie na całym obwodzie rury.

4.3.4.2. Rury ochronne z PE

W uzasadnionych przypadkach można stosować rury ochronne z PE (SDR 26). Jeżeli istnieje konieczność montażu rurki wentylacyjnej, należy ją wykonać z tworzywa z przejściem na rurę stalową. Odejście do rurki wentylacyjnej możliwe jest do wykonania z siodła elektrooporowego

W przypadku skrzyżowania z ciepłociągiem zaleca się, aby na całej długości rury ochronnej wewnątrz znajdowała się ułożona symetrycznie izolacja termiczna o grubości od 7 cm do 10 cm (rys. 4-20).



Rys. 4-20. Rozwiązania rury ochronnej z tworzywa

4.3.5. Rury osłonowe

Rury osłonowe na gazociągach z PE zaleca się stosować:

- na skrzyżowaniach z kablami energetycznymi,
- na skrzyżowaniach z wodociągami,
- wewnątrz rur przejściowych.

Celem stosowania rur osłonowych jest zabezpieczenie rury przewodowej przed nieumyślnym uszkodzeniem mechanicznym. Niebezpieczeństwo takie istnieje szczególnie w przypadku skrzyżowania z wodociągami oraz wewnątrz rur przejściowych. Drugi przypadek jest o tyle istotny, że wprowadzenie rury przewodowej do rury przejściowej, która na ogół jest spawana, grozi porysowaniem rury przewodowej. Nakładanie tzw. ślizgów jest często mało skuteczne, gdyż dla rur o dużych średnicach występuje zaczepianie powierzchni ślizgów o nierówności wewnątrz rury. Ważne również jest wyprowadzenie rury osłonowej poza krawędź rury przejściowej. Ma to na celu zapobieganie rysowaniu rury przewodowej o krawędź rury przejściowej. Rury osłonowe mogą być wykonane z PE.

4.3.6. Sączki węchowe

Sączki węchowe w takim znaczeniu, jak dla gazociągów stalowych, na sieciach z PE nie są stosowane. Montowane na rurach ochronnych spełniają rolę rurek wentylacyjnych. W przypadku gdy przestrzeń pomiędzy rurą przewodową a ochronną jest wypełniona spoiwym materiałem, sączek węchowy jest zbędny. Zdarzają się jednak sytuacje, gdy rura przewodowa średniego ciśnienia znajduje się bardzo płytko pod ziemią, a nawierzchnia jest nieprzepuszczalna. Zalecane są wtedy sączki liniowe.

4.3.7. Odwadniacze

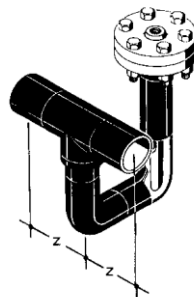
Stosowanie odwadniaczy celowe jest tylko dla sieci niskiego ciśnienia. Służą do odprowadzenia wody zgromadzonej w gazociągu po próbach szczelności, szczególnie po nocnych spadkach temperatury.

W sprzedaży dostępne są specjalne kształtki elektrooporowe lub można do tego celu wykorzystać siodło elektrooporowe z nawiertką, z dogrzanym przejściem PE–stal. Podczas usuwania wody należy zwrócić szczególną uwagę, aby ciśnienie w sieci obniżyć do mniej niż 0,05 MPa.

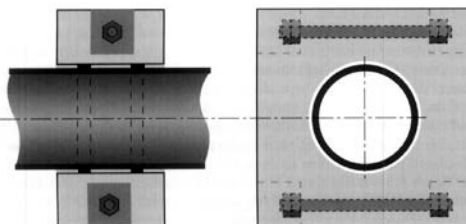
W sieci średniego ciśnienia stosowane są w uzasadnionych przypadkach punkty odwadniające. Służą one również do usunięcia wody z gazociągów po próbach szczelności.

4.3.8. Obciążniki na gazociągach

Siła wyporu działająca na gazociąg wykonany z polietylenu umieszczony w wodzie lub w gruntach podmokłych jest znacznie większa niż na rurociąg stalowy. Wynika to z różnicy ciężaru metra bieżącego rury. Dodatkowym problemem jest mniejsza sztywność liniowa rury z PE. Powoduje to konieczność stosowania obciążników połączonych na trwale z rurą i umieszczonych w odpowiedniej odległości od siebie. Stosowane są skręcane obciążniki betonowe (rys. 4-22). Po między rurą a obciążnikiem należy umieścić przekładkę zapobiegającą porysowaniu powierzchni rury. Maksymalna odległość pomiędzy obciążnikami nie powinna być większa niż 10÷15 średnic rury przewodowej.



Rys. 4-21. Odwadniacz prefabrykowany z kształtek



Rys. 4-22. Obciążnik gazociągu z PE

5. Montaż gazociągów z tworzyw sztucznych

Wszelkiego rodzaju prace budowlano-montażowe gazociągów z tworzyw sztucznych mogą być prowadzone jedynie przez osoby posiadające odpowiednie przygotowanie zawodowe w tym zakresie. Dotyczy to wszystkich osób biorących udział w procesie inwestycyjnym, a więc zgrzewaczy, pracowników nadzoru oraz projektantów. Wymagania stawiane przez użytkownika przyszłej sieci są dlatego uzasadnione, że technologie montażu gazociągów z tworzyw sztucznych różnią się w sposób zasadniczy od montażu gazociągów stalowych. Tak jak każda inna technologia, również ta wymaga przestrzegania właściwych jej reguł, od czego zależy bezpieczeństwo użytkownika.

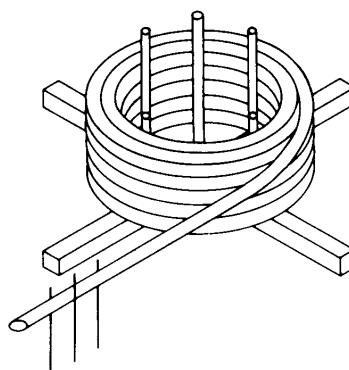
Podobnie jak w innych dziedzinach, i w tej dokonuje się ciągły postęp. Nowe materiały, poznawanie istoty procesów, doświadczenia eksploatacyjne, powodują zmiany i dają inne spojrzenie na technologie stosowane do tej pory. Narzuca to konieczność ciągłego uzupełniania posiadanej wiedzy.

5.1. Prace przygotowawcze

Po zgromadzeniu wszystkich materiałów zgodnie ze specyfikacją zawartą w projekcie oraz dopełnieniu wymogów formalnoprawnych rozpoczyna się proces realizacji zadania. Jeżeli projekt przewiduje technologie zgrzewania doczołowego i elektrooporowego, konieczne będą dwie niezależne, wyposażone w sprzęt brygady monterskie. Do montażu rur o średnicy do 63 mm wystarczą dwie osoby, dla większych średnic konieczne będą trzy lub nawet cztery osoby.

Konieczne jest, aby podczas prac w wykopie obecne były co najmniej dwie osoby.

Podstawowe wyposażenie stanowić będą odpowiednie zgrzewarki i agregaty prądotwórcze. Jednak, mając na uwadze możliwość zgrzewania w temperaturach poniżej zera, podczas opadów lub przy wietrze, należy wyposażyć brygadę w namioty, parawany i dmuchawy gorącego powietrza. Zaleca się, aby namioty lub parawany wykonane były z przezroczystej folii. Oprócz tego podstawowego wyposażenia konieczne będą narzędzia i urządzenia pomocnicze, do których zaliczyć należy obcinaki krążkowe, nożyce, uchwyty dwu lub czteroszczękowe, podesty, rolki, prostarki, skrobaki itp. Wyposażenie to ma skrócić czas realizacji zadania, co stanowi podstawową zaletę tej technologii.



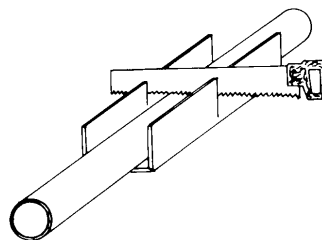
Rys. 5-1. Stojak do rozwijania rur ze zwoju

Najlepiej, gdy wszelkie prace montażowe wykonywane są poza wykopem. W wielu przypadkach nie jest to możliwe, szczególnie w terenie zabudowanym, ze względu na uzbrojenie. Należy taką ewentualność brać pod uwagę już na etapie projektowania. W konsekwencji wymagać to będzie zamówienia dodatkowych kształtek elektrooporowych na przekroczenia pod jezdniami lub torowiskami tramwajowymi i kolejowymi. Podobnie należy rozpatrzyć sposób wykonania przyłącza od gazociągu. Najszerze możliwości stwarzają siodła do nawiercania. Ułatwiają próby szczelności i uruchamianie gazociągu, ze względu na możliwość sukcesywnego włączania odbiorców oraz przeprowadzania próby szczelności samego przyłącza. Wadą ich jest jednak przesunięcie osi przyłącza w górę oraz znaczne zmniejszenie przykrycia nad samym siodłem. Notowane są przypadki zerwania górnej części siodła przy prowadzeniu robót ziemnych. Wad tych pozbawione są trójniki redukcyjne, lecz w konsekwencji zmusza to wykonawcę do próby szczelności jednocześnie na całym gazociągu. Utrudnia to lokalizację nieszczelności i ich usuwanie, szczególnie przy znacznej liczbie przyłączy.



Rys. 5-2. Kalibratory

Jeżeli jest to możliwe, rury należy składować w pobliżu placu budowy. Kiedy jednak warunki na to nie pozwalają, konieczne jest przystosowanie własnych środków transportu do przewożenia rur. Warunki, jakim winny one odpowiadać zostały omówione w rozdziale 4. Rury przez cały czas składowania i transportu powinny być zaślepione, szczególnie te, które składowane są bezpośrednio na ziemi.

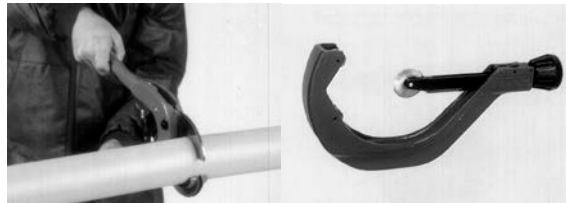


Rys. 5-3. Obcinanie rury piłą ręczną

Rury do średnicy 63 mm dostarczane są na ogół w zwojach. Pociąga to za sobą konieczność rozwijania ich na placu budowy. Najlepiej jest wykorzystywać do tego celu obrotowe stojaki (rys. 5-1). Szczególnej ostrożności wymaga prostowanie rury w temperaturach w pobliżu 0 °C. Rura jest sztywna i silnie sprężynuje. O ile wyprostowanie rury do 63 mm jest jeszcze możliwe bez specjalnego oprzyrządowania, to przy większych średnicach trzeba posługiwać się specjalnymi urządzeniami, a rury dostarczane są na specjalnych bębnoch. Zamawianie tego typu transportu ma sens jedynie w przypadku długich odcinków przesyłowych. Do łączenia należy stosować wtedy zgrzewanie elektrooporowe, a przygotowanie połączenia wymaga specjalistycznego sprzętu.

Rury zwinięte w zwoje mają owalność na tyle dużą, że zgrzewanie elektrooporowe bez uprzedniego skalibrowania rury jest bardzo ryzykowne. Do uzyskania prawidłowej geometrii rury konieczne jest posługiwanie się prostymi kalibratorami nakładanymi na końcówki rury przed zgrzewaniem (rys. 5-2). Aby przyspieszyć kalibrowanie można końcówkę rury lekko podgrzać (np. gorącą wodą).

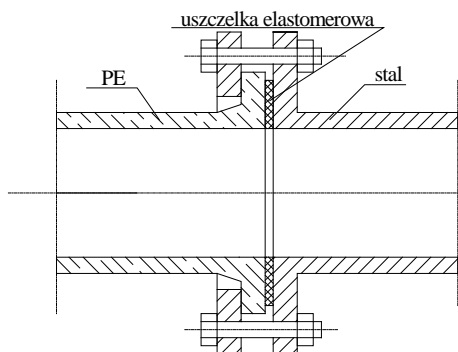
Jedną z podstawowych operacji na placu budowy jest przycinanie rury na odpowiednią długość. Korzystanie z odpowiednich narzędzi umożliwia cięcie prostopadle do osi, co może zaoszczędzić sporo czasu przy dalszym montażu. Chociaż przycinanie możliwe jest przy użyciu najprostszycy narzędzi (rys. 5-3), to szeroka gama różnego rodzaju specjalnych noży i obcinaków (rys. 5-4) znacznie ułatwia pracę. Obcinaki ręczne skuteczne są do obcinania rur do ok. 250 mm. Do większych średnic zaleca się stosować obcinaki z napędem mechanicznym.



Rys. 5-4. Obcinaki ręczne

5.2. Montaż połączeń

Niezawodność każdego systemu zależna jest od spełnienia określonych wymagań w stosunku do elementów tworzących jego strukturę. W rurociągach z tworzyw sztucznych, których elementami są rury, kształtki, armatura itp. w skład struktury wchodzi również wszelkiego typu połączenia.



Rys. 5-5. Połączenie kołnierzowe

O ile rura stanowi pod względem wytrzymałościowym materiał ciągły, to każde połączenie zaburza tę ciągłość, prowadząc do miejscowej zmiany właściwości. Aby złącze nie było mniej wytrzymałe od rury, jego konstrukcja i technologia wykonania muszą być poprzedzona dokładną analizą wymagań uwzględniających takie czynniki, jak np. ciśnienie i rodzaj medium, trwałość czy warunki montażu. Praktycznie można spełnić każde wymagania zgodnie z funkcją rurociągu, lecz nie zawsze technologia łączenia będzie mogła być zrealizowana w warunkach polowych. Stąd tylko niektóre ze znanych technologii łączenia stosowane są przy budowie gazociągów.

Znane są dwie kategorie połączeń:

- rozłączne, w tym m.in. połączenia kielichowe, kołnierzowe, zaciskowe, gwintowe i inne;
- nierozłączne, w tym klejone, zaciskowe nierozłączne, obtryskowe, spawane i zgrzewane.

Z przedstawionych możliwości w warunkach polowych stosuje się połączenia: kołnierzowe (rys. 5-5), a czasami zaciskowe rozłączne oraz nierozłączne, natomiast jako podstawowe – zgrzewane doczołowo i elektrooporowo. W warunkach warsztatowych stosowane jest zgrzewanie mufowe i siodłowe.

5.2.1. Montaż połączeń kołnierzowych

Zasadniczą wadą wszelkiego typu połączeń rozłącznych jest ich wysoka zawodność. Naprężenia termiczne, ruchy gruntu, drgania i wreszcie niedbały montaż są przyczynami wielu nieszczelności i awarii. Ich stosowanie należy ograniczyć do niezbędnego minimum i tylko do przypadków, gdy przewiduje się demontaż złącza lub do materiałów niemożliwych do połączenia w inny sposób (np. metal–tworzywo).

Połączenie kołnierzowe na ogół stosowane jest do łączenia rur z armaturą metalową, i w tego typu połączeniu należy ściśle przestrzegać zasady montażu, aby połączenie było szczelne.

W połączeniach z króćcami z PE należy stosować wyłącznie uszczelki elastomerowe. Twardość elastomeru winna wynosić około 65° w skali Shore'a. Pociąga to konieczność dokręcania śrub kluczem dynamometrycznym (tab. 5-1) oraz wymaga dokładnej współosiowości obu końców rur (nieosiowość 1 mm na 300 mm). Nieprzestrzeganie tego warunku może spowodować wypchnięcie uszczelki lub utratę szczelności połączenia po pewnym czasie.

Bardziej korzystne pod względem eksploatacyjnym są w takim przypadku przejścia PE–stal, których konstrukcja została omówiona wcześniej. Nie stosuje się wtedy uszczelki elastomerowej, lecz klingerytową, a śruby dokręca się do uzyskania wymaganej szczelności. Tego typu połączenie powinno być oznakowane, gdyż w warunkach awarii może stanowić potencjalne miejsce wstawienia zaślepki.

Ze względu na inaczej zdefiniowaną średnicę znamionową rury, występują różnice w średnicy podziałowej kołnierzy stosowanych w rurach stalowych i z tworzyw sztucznych.

Tabela 5-1. Momenty dokręcenia śrub w połączeniach kołnierzowych (wg DIN 134)

d_n	Moment [Nm]	d_n	Moment [Nm]
20	15	140	25
25	15	160	35
32	15	180	35
40	15	200	50
50	15	225	50
63	20	250	50
75	25	280	50
90	20	315	60
110	25	355	60
125	25	400	80

5.2.2. Montaż połączeń zaciskowych

W wielu przypadkach eksploatacyjnych zachodzi konieczność wykonania wcinki lub np. wmontowania armatury odcinającej. Jednym z możliwych do zastosowania rozwiązań jest połączenie zaciskowe rozłączne. Umożliwia ono łączenie rur już od średnicy 20 mm do 400 mm włącznie.

Opracowanych jest wiele rozwiązań, różniących się między sobą szczegółami, lecz ich wspólną zasadą jest zacisk mechaniczny zewnętrznej powierzchni rury, przy jednoczesnym zabezpieczeniu przed pełzaniem za pomocą wewnętrznego pierścienia usztywniającego. Aby zabezpieczyć rurę przed wysunięciem, w przypadku występowania sił osiowych, pierścienie zaciskające opierają się na stożku lub wewnętrzna powierzchnia pierścienia jest specjalnie wyprofilowana (rys. 5-6).

Połączenia zaciskowe rozłączne wykorzystywane są w specjalnych złączkach oraz do łączenia armatury, najczęściej zasuw.



Rys. 5-6. Połączenie z armaturą pierścieniem zaciskowym (System 2000, HAWLE)

5.3. Połączenia nierozłączne

Stosowanie odpowiedniej technologii łączenia uwarunkowane jest przede wszystkim rodzajem łączonych materiałów. Dla gazociągów z PVC i PA wykorzystuje się technologię klejenia. Wynika to z właściwości fizyczno-chemicznych tych tworzyw. Gazociągi z polietylenu łączone będą przez zgrzewanie.

5.3.1. Połączenia klejone

Połączenia klejone nie wymagają specjalnych narzędzi i oprzyrządowania. Są proste i szybkie w wykonawstwie. Jednakże podstawowym warunkiem szczelnego połączenia są odpowiedniej jakości rury oraz kształtki. Pod tym pojęciem należy rozumieć wąską tolerancję szczeliny klejowej, która będzie wynikała z tolerancji wykonania rury oraz kształtki. Warunek ten jest znacznie ostrzejszy, niż przy zgrzewaniu. Stąd zagadnienia odbioru jakościowego materiałów będą miały tutaj szczególne znaczenie.

5.3.1.1. Klejenie

Klejenie jest procesem polegającym na połączeniu dwóch elementów z wykorzystaniem substancji organicznej lub nieorganicznej (kleju). Pod pojęciem kleju rozumie się substancję, która dzięki swojej przyczepności (adhezji) i wewnętrznej spoiwości (kohezji) łączy materiały nie wywołując zasadniczej zmiany łączonych powierzchni. Miejsce połączenia elementów klejem nosi nazwę

złącza klejowego, a warstwę kleju pomiędzy łączonymi powierzchniami nazywa się spoiną klejową. Klejenie w temperaturze do 80 °C jest klejeniem na zimno, natomiast powyżej – klejeniem na gorąco. Proces przechodzenia kleju w spoinie ze stanu ciekłego lub plastycznego w stan stały nazywa się wiązaniem kleju i może mieć charakter fizyczny (odparowanie rozpuszczalnika, krzepnięcie kleju itp.) lub chemiczny, np. polikondensacja.

Proces wiązania kleju, w efekcie którego uzyskujemy nieodwracalnie stałą spoinę klejową, nazywamy utwardzaniem kleju. Celem zainicjowania i przyspieszenia procesu utwardzania dodaje się do kleju odpowiednie substancje lub ich mieszaniny, zwane utwardzaczami.

Wytrzymałość złącza klejowego mierzy się naprężeniem, przy którym następuje zniszczenie spoiny klejowej lub łączonego materiału. W zależności od kierunku działania siły niszczącej, w stosunku do klejonych powierzchni, różni się wytrzymałość na:

- odrywanie,
- ścinanie,
- oddzieranie.

Jak wcześniej wspomniano, klejenie jest możliwe dzięki adhezji i kohezji, przy czym wyróżnia się adhezję mechaniczną i właściwą.

Adhezja mechaniczna polega na wnikaniu kleju w mikroszczeliny na powierzchni łączonych elementów i mechanicznym zakotwieniu cząstek kleju. Ten mechanizm łączenia leży u podstaw łatwości klejenia materiałów porowatych (drewno, skóra itp.).

Adhezja właściwa jest wynikiem oddziaływania różnorodnych sił w wymiarze mikroskopowym (chemiczne, fizyczno-chemiczne, elektrostatyczne itp.). Adhezja właściwa daje możliwość łączenia materiałów o gładkiej i spójnej powierzchni (metale, szkło, tworzywa sztuczne).

Jeżeli adhezja jest wynikiem oddziaływania pomiędzy cząstkami kleju a powierzchnią łączonych elementów, to kohezja określa siły działające wewnątrz spoiny. Dobry klej powinien mieć równe siły adhezji i kohezji.

Zasadnicze znaczenie dla wytrzymałości złącza ma odpowiednie przygotowanie powierzchni łączonych materiałów. Polega ono na usunięciu wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń mogących wpływać na adhezję. Mogą to być tlenki, tłuszcze, zanieczyszczenia mechaniczne itp. Usuwa się je przez odtlenianie, trawienie, odrdzewianie, odtłuszczenie i czyszczenie mechaniczne. W wielu przypadkach przez mechaniczną obróbkę powierzchni uzyskuje się znaczną poprawę adhezji mechanicznej.

Warunkiem dobrej przyczepności kleju jest jego zdolność zwilżania. Najczęstszą przyczyną braku dobrej zwilżalności są zanieczyszczenia typu tłuszczowego. Usunąć je można przez odtłuszczenie rozpuszczalnikami organicznymi (benzyna, benzen, aceton itp.).

Złącze klejowe otrzymuje się przez posmarowanie powierzchni łączonych klejem, złączeniu i utrzymaniu przez cały czas wiązania (twardnienia) pod naciskiem. Złączenie powierzchni powleczonych klejem rozpuszczalnikowym poprzedza się często okresem wstępnego podsuszania warstwy klejowej. W przypadku klejów termo- lub chemoutwardzalnych proces utwardzania prowadzi się ściśle z zaleceniami producenta kleju, czyli w odpowiedniej temperaturze, przez określony czas i pod odpowiednim dociskiem. Podczas klejenia należy zachować szczególną ostrożność ze względu na znaczną toksyczność wielu rodzajów klejów. Do obowiązkowego wyposażenia należy zaliczyć rękawice jednorazowe oraz okulary ochronne. Zabronione jest klejenie w pomieszczeniach zamkniętych. Dotyczy to również klejenia pod namiotem w warunkach polowych, przy niskich temperaturach otoczenia.

5.3.2. Połączenia zgrzewane

Bardzo dobra zgrzewalność poliolefin (PE, PP, PB) spowodowała wysokie osiągnięcia technologii spawania i zgrzewania. Obecny stan metod spawania i zgrzewania pozwala na łączenie rur o dowolnej średnicy.

Jednak odpowiednia wytrzymałość długotrwała połączenia zgrzewanego możliwa jest jedynie pod warunkiem przestrzegania wszystkich warunków procesu. Konieczność ścisłej kontroli warunków zgrzewania spowodowana jest brakiem skutecznych metod nieniszczących oceny wytrzymałości zgrzeiny. O jej wytrzymałości wnioskuje się w sposób, pośredni właśnie na podstawie wartości parametrów zgrzewania. Z tego powodu wszystkie procesy spawania i zgrzewania tworzyw sztucznych (również metali), zostały zakwalifikowane przez międzynarodowe organizacje spawalnicze do procesów specjalnych.

5.3.2.1. Zgrzewalność

Pod pojęciem spawalności i zgrzewalności należy rozumieć zespół cech, które powinien mieć materiał, aby po jego spojeniu wykonanym w ściśle określonych warunkach, połączenie miało wytrzymałość gwarantującą przyjęty współczynnik bezpieczeństwa.

Do cech materiałowych, warunkujących odpowiednią wytrzymałość połączenia, należy zaliczyć:

- gęstość,
 - wartość MFR tworzywa,
 - temperaturę topnienia,
 - stopień krystaliczności,
-

- rozkład masy cząsteczkowej,
- budowę makrocząsteczki.

Na ogół do wstępnej oceny spawalności i zgrzewalności wystarczające są dwa pierwsze warunki. W przypadkach wątpliwych należy badaniom poddać pozostałe cechy. Szczególnie dotyczy to materiałów nowo wprowadzanych na rynek, aby były w pełni spawalne i zgrzewalne ze stosowanymi do tej pory. Zgodnie z zaleceniami normy ZN-G-3150, na gazociągi mogą być stosowane polietyleny, które mają:

- gęstość $930 \div 960 \text{ kg/m}^3$,
- wskaźnik prędkości płynięcia (MFR 190/5) $0,4 \div 1,3 \text{ g/10 min}$.

Spawanie polega na uplastycznieniu ciepłem krawędzi łączonych elementów oraz wprowadzeniu pomiędzy te krawędzie plastycznego spoiwa. Technologia ta znajduje zastosowanie głównie przy łączeniu płyt, elementów wielkogabarytowych (systemy wentylacyjne) oraz zbiorników.

W odróżnieniu od spawania, przy zgrzewaniu nie wprowadza się spoiwa pomiędzy łączone krawędzie.

Zgrzewaniem nazywamy taki proces technologiczny, w którym po uprzednim przygotowaniu nagrzewamy do odpowiedniej temperatury łączone powierzchnie, a następnie dociskamy i pod naciskiem studzimy.

Ciepło do łączonych powierzchni może być doprowadzone z wykorzystaniem:

- elementu grzejnego, zewnętrznego lub wewnętrznego (stykowa wymiana ciepła),
- promieniowania (podczerwień),
- konwekcji (gorący gaz),

przy czym ciepło może być doprowadzone do złącza od zewnątrz (nośnikiem) lub być wydzielone w samym złączu (metoda pojemnościowa, ultradźwiękowa, elektrooporowa, indukcyjna).

Technologia zgrzewania jest jedną z częściej stosowanych metod w warunkach przemysłowych przy łączeniu części z tworzyw termoplastycznych. Do przodujących pod tym względem należy przemysł samochodowy, opakowań spożywczych oraz elektrotechniczny. Stosowane tam procesy są całkowicie zautomatyzowane.

5.3.2.2. Termodyfuzja

Przy obecnym stanie wiedzy uznaje się, że podstawowym zjawiskiem odpowiedzialnym za proces spajania w zgrzeinie jest termodyfuzja, czyli przemieszczanie się makrocząsteczek na submikronowe odległości. Możliwość przemieszczania makrocząsteczek rośnie wraz ze wzrostem temperatury na skutek

wzrostu ich ruchliwości. Jak wspomniano w rozdziale 1, prócz wzrostu ruchliwości makrocząsteczki ulegają wyprostowaniu, co dla tworzyw krystalicznych oznacza zanik fazy krystalicznej. Zatem dla tego typu tworzyw minimalna temperatura, do której należy podgrzać łączone powierzchnie musi być powyżej temperatury topnienia tworzywa. Badania wykazały, że powinna być to nadwyżka około 70 °C. Dla PE-HD/MD temperatura topnienia wynosi około 130 °C. Daje to temperaturę zgrzewania co najmniej 200 °C. Dla mniejszej grubości zgrzewanych elementów należy dodatkowo uwzględnić ich mniejszą akumulacyjność i podnieść temperaturę.

Po zetknięciu nagranych powierzchni i przy dociśnięciu ich do siebie następuje tak silne zbliżenie makrocząsteczek, że zaczynają już występować siły przyciągania międzycząsteczkowego i tworzą się wspólne struktury krystaliczne. Siły te są znacznie słabsze od wiązań międzyatomowych występujących w makrocząsteczce, lecz na tyle duże, że wytrzymałość połączenia jest porównywalna do wytrzymałości jednorodnego tworzywa.

Nagrzewanie zgrzewanych powierzchni następuje na ogół od elementu grzejnego o odpowiednim kształcie (płyta, kształtki grzejne, drut oporowy itp.) przez stykową wymianę ciepła. Przepływ ciepła do materiału uwarunkowany jest dokładnością przylegania obu powierzchni do siebie. Mikroszczeliny powietrzne mogą stanowić w takim przypadku poważną przeszkodę. Poprawę przylegania nagrzewanej powierzchni uzyskuje się przez zwiększenie docisku w początkowej fazie nagrzewania.

Po nagraniu w odpowiednim czasie odsuwa się element grzejny i w możliwie krótkim czasie dociska zgrzewane powierzchnie do siebie. Podczas tego okresu nagrzane powierzchnie ulegają utlenieniu i ochłodzeniu. Oba te czynniki powodują, że zgrzeina nie ma jednorodnej struktury w porównaniu z rodzimym materiałem.

Jak wspomniano poprzednio, nie wszystkie metody zgrzewania mogą być zrealizowane w warunkach polowych, a to, które z nich będą stosowane, zależy między innymi od poziomu wiedzy i umiejętności monterów, poziomu technologii wytwarzania rur i kształtek, stopnia zaawansowania infrastruktury technicznej itp.

Z tych przyczyn do zgrzewania gazociągów w warunkach polowych zaleca się stosować jedną z następujących metod:

- doczołową,
- elektrooporową.

W warunkach warsztatowych stosowane są metody mufowa (polifuzyjna) i siodłowa.

Każda z metod spawania lub zgrzewania ma swoje międzynarodowe oznaczenie, które podano w tabeli 5-2.

Tabela 5-2. Oznaczenia metod spajania tworzyw termoplastycznych*

Lp.	Metoda spajania	Oznaczenie
1	Spawanie gorącym gazem: – wachlarzowo – dyszą szybkiego spawania	WF WZ
2	Spawanie ekstruzyjne	WE
3	Zgrzewanie elementem grzejnym: – doczołowe – mufowe	HS HMS
4	Zgrzewanie elektrooporowe	HM

*wg wytycznych UDT WDT-ST-1/00

Podobnie jak każdy proces technologiczny, tak również zgrzewanie wymaga przestrzegania parametrów i warunków procesu wyznaczonych dla danego tworzywa oraz łączonych elementów:

- odpowiednia temperatura łączonych elementów (temperatura elementu grzejnego),
- nacisk jednostkowy,
- czasy trwania poszczególnych faz procesu,
- czystość łączonych powierzchni.

Kontrola przewidzianych procedurami zgrzewania parametrów możliwa jest tylko wtedy, gdy monter dysponuje odpowiednim sprzętem. Z tego powodu do zgrzewania wolno używać tylko takich maszyn i urządzeń, które mają możliwość nastawienia parametrów procesu.

5.3.3. Zgrzewanie doczołowe

Metoda ta polega na ogrzaniu końców łączonych elementów, np. rur za pomocą elementu grzejjego w postaci płyty grzejjej i po uplastycznieniu dociśnięciu ich do siebie. Studzenie połączenia odbywa się pod naciskiem.

Zabrania się zgrzewania elementów o różnej grubości ścianki, gdyż prawie wszystkie parametry procesu obliczane są na jej podstawie (czas nagrzewania, czas studzenia, ciśnienie zgrzewania itp.).

Zgrzewane elementy nie mogą mieć również zbyt cienkich ścianek. Wynika to z możliwości wizualnej oceny ich przemieszczenia względem siebie. Przyjmuje się, że taką minimalną grubością jest około 8÷10 mm.

Wymaga się w takim przypadku od montera, aby szczególnie dokładnie sprawdzał przemieszczenie ścianki, do pomiaru wartości przemieszczenia włącznie.

Jak wspomniano w poprzednich rozdziałach, podczas nagrzewania, a następnie samego zgrzewania, ma miejsce wiele różnorodnych zjawisk. Zaliczyć do nich należy topnienie i krystalizację, przepływ ciepła, termodyfuzję i inne. Powstanie zgrzeiny o możliwie wysokiej wytrzymałości jest w takim wypadku zależne od zachowania odpowiednich warunków w miejscu zgrzewania.

Za optymalne uznaje się warunki, kiedy:

- temperatura w miejscu zgrzewania wynosi ponad 5 °C,
- jest sucho,
- jest bezwietrznie.

W przypadku, gdy warunki otoczenia są inne, należy zastosować osłony lub namiot ochronny, aby zgrzewane końcówki były suche, a w miejscu zgrzewania była wymagana temperatura.

Przed rozpoczęciem zgrzewania należy przygotować stoper, haczyk do usuwania wiórów oraz rolkę papieru niewłóknistego.

5.3.3.1. Przebieg procesu

Kolejne czynności przy zgrzewaniu doczołowym można przedstawić jako następujące po sobie fazy:

- przygotowanie miejsca do zgrzewania,
 - przygotowanie elementów do zgrzewania,
 - obróbka zgrzewanych końcówek i kontrola ich przylegania,
 - wyrównanie powierzchni do nagrzewania,
 - nagrzewanie,
-

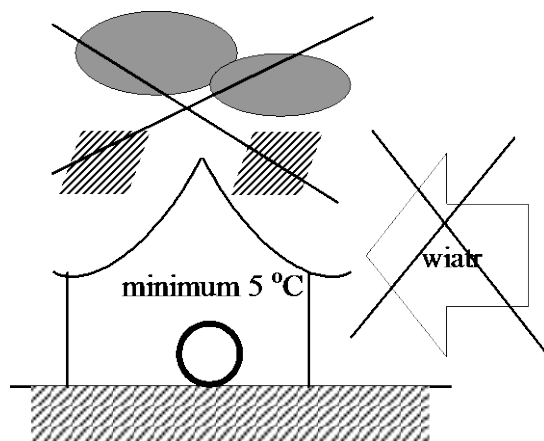
- usunięcie płyty grzejnej,
- narost ciśnienia i studzenie pod ciśnieniem,
- zapis parametrów zgrzewania,
- demontaż zgrzanych elementów,
- oznakowanie zgrzeiny i ocena jej jakości.

➤ Przygotowanie miejsca do zgrzewania

Najkorzystniej jest prowadzić zgrzewanie na brzegu wykopu. Wszelkie prace prowadzone w jego wnętrzu stanowią szczególne zagrożenie dla jakości zgrzeiny, ze względu na ograniczoną ilość miejsca. W każdym jednak przypadku należy pod zgrzewarkę, agregat hydrauliczny oraz strug z płytą grzejną podłożyć podesty z desek, aby układ mocujący rury nie leżał bezpośrednio na gruncie, szczególnie trawiastym, piasku lub glinie.

Zapewnienie osłony przed wiatrem jest szczególnie istotne. Nawet niewielki wiatr lub podmuchy od przejeżdżających pojazdów, w przypadku zgrzewania na poboczach jezdni, powodują szybki spadek temperatury nagrzanych powierzchni w chwili usuwania płyty grzejnej oraz stwarzają możliwość jej zapalenia.

Stosowanie namiotów ochronnych ma na celu nie tylko zabezpieczenie powierzchni zgrzewanych przed opadami lub wilgocią, lecz również sprzętu do zgrzewania, który jest zasilany napięciem 220 V. Zawilgocenie, np. napędu struga, powoduje z reguły jego przepalenie. Mokre podłoże z kolei stwarza zagrożenie poślizgnięcia lub porażenia prądem.



Rys. 5-7. Warunki zgrzewania doczołowego

➤ Przygotowanie elementów do zgrzewania

Polega ono na wykonaniu następujących czynności:

- oczyścić końce rur z piasku, gliny i innych zanieczyszczeń,
- jeżeli zachodzi konieczność, podłożyć pod ruchomą rurę rolki,
- zaślepić ruchomy koniec rury tak, aby podczas przemieszczania się rury do środka nie wchodziły zanieczyszczenia,

- zamocować w uchwytach zgrzewarki zgrzewane końcówki tak, aby napisy na rurze były widoczne po montażu gazociągu. Dobrze dokręcić zewnętrzne szczęki. Podczas dokręcania szczęk wewnętrznych zwrócić uwagę na to, aby zbyt mocne dokręcenie nie powodowało kielichowania końcówki. Ma to szczególne znaczenie dla grubości ścianek poniżej 10 mm,
- zmierzyć siłę oporów przemieszczania rury i wpisać do karty zgrzein,
- nastawić czas nagrzewania. W temperaturze 20 °C 10 sekund na każdy milimetr grubości ścianki rury. W przypadku innej temperatury skorygować czas nagrzewania o $\pm 1\%$ czasu podstawowego na każdy stopień różnicy od 20 °C,
- jeżeli jest taka potrzeba, ustawić ciśnienie strugania.

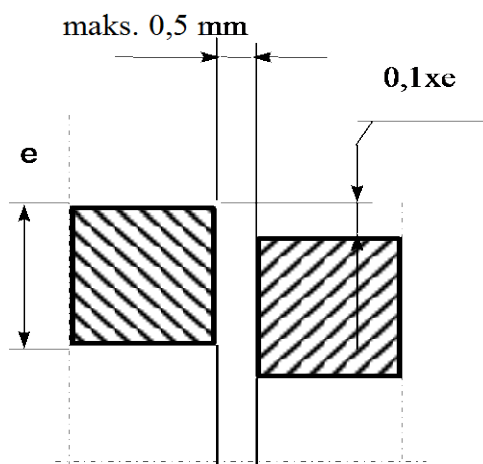
➤ **Obróbka zgrzewanych końcówek i kontrola ich przylegania**

W celu przeprowadzenia obróbki zgrzewanych końcówek i kontroli ich przylegania należy:

- oczyścić powierzchnie tnące struga,
- zamocować i zablokować strug pomiędzy struganymi powierzchniami; zadbać aby kable były poza częściami ruchomymi maszyny,
- włączyć strug,
- dosunąć do struga powierzchnie strugane,
- strugać do momentu uzyskania ciągłego wióra na całym obwodzie rury,
- odsunąć od struga powierzchnie strugane,
- wyłączyć strug, zaczekać do jego zatrzymania,
- wyjąć strug,
- usunąć wióry spod maszyny i wnętrza rury haczykiem,
- sprawdzić dokręcenie zewnętrznych szczęk,
- dosunąć powierzchnie zgrzewane,
- na podstawie wartości SDR, oznaczonej na rurze, odczytać z tabeli dla danej zgrzewarki wartość ciśnienia zgrzewania. Nacisk jednostkowy podczas zgrzewania doczołowego PE-HD/MD wynosi około 0,15 MPa. Znając powierzchnię przekroju poprzecznego rury można obliczyć siłę niezbędną do jej zgrzania przy danej grubości ścianki. Jednak większość zgrzewarek ma napęd hydrauliczny, w związku z czym wartość ciśnień nastawianych na manometrze będzie zależała od średnicy siłownika. W ten sposób producent maszyny podaje tabelę, w której są podane ciśnienia zgrzewania

dla określonej średnicy rury i grubości ścianki. Z tego powodu tabele dla różnych maszyn nie są zamienne. Dla starszych zgrzewarek (np. Omikron, Widos) w tabeli parametrów zgrzewania zamiast wartości SDR podawano wartość PN danej rury. Wartości SDR 11 odpowiada PN 10, a SDR 17,6 odpowiada PN 6,

- do ciśnienia zgrzewania dodać ciśnienie oporów przemieszczania rury i ustawić to ciśnienie na zgrzewarce,
- sprawdzić przyleganie powierzchni zgrzewanych. Szczelina powinna być mniejsza niż 0,5 mm, a przemieszczenie ścianki nie może przekraczać 10% jej grubości (rys. 5-8),
- dla ścianek rur o grubości mniejszej od 8 mm zmierzyć przemieszczenie i wpisać do karty zgrzein.



Rys. 5-8. Dokładność przylegania zgrzewanych powierzchni

➤ Wyrównanie powierzchni do nagrzewania

Zanim rozpoczną się czynności związane z nagrzewaniem łączonych elementów, konieczne jest sprawdzenie temperatury płyty grzejnej. Płyty grzejne, w zależności od konstrukcji, wyposażone są w nastawiane termoregulatory lub termometry, gdy termoregulator nastawiony jest fabrycznie.

W przypadku termoregulatora nastawianego temperatura powinna być ustawiona na 210 °C.

Gdy termoregulator nastawiony jest fabrycznie, to termometr kontrolny powinien wskazywać temperaturę 210 ± 10 °C.

Przed rozpoczęciem zgrzewania, po uzyskaniu przez płytę nastawionej temperatury, zaleca się odczekanie około 5 minut, aby nastąpiła stabilizacja temperatury na całej powierzchni płyty grzejnej.

Pomocnik montera zobowiązany jest do wyraźnego podania odczytanej temperatury, celem późniejszego wpisania do karty zgrzein.

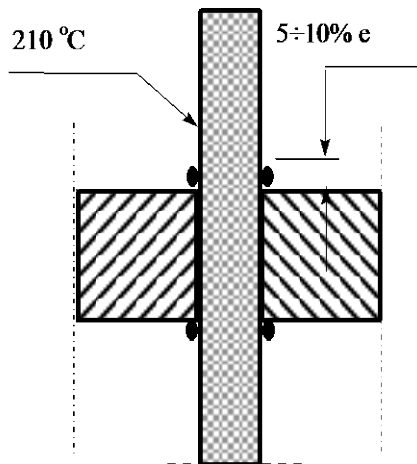
Po odczytaniu temperatury należy powierzchnię płyty oczyścić rolką ręcznika z papieru niewłóknistego.

Skuteczne nagrzewanie powierzchni łączonych elementów uwarunkowane jest ich dokładnym przyleganiem do płyty grzejnej. Na skutek obecności mikroszczelin pomiędzy powierzchnią nagrzewaną a gorącą płytą, przepływ ciepła nie jest zbyt dobry. Aby poprawić przyleganie, a zarazem przepływ ciepła, dociska się w pierwszej fazie nagrzewane powierzchnie do płyty grzejnej (ciśnienie wyrównania). Powoduje to szybkie topienie polietylenu, a na skutek dużego nacisku wypływa on w postaci plastycznego wałeczka na zewnątrz (wypływka wyrównania). Czas trwania tej fazy zależy od montera, który musi ocenić wartość wypływki wyrównania.

Gdy wałeczek na całym obwodzie rury, po jednej i drugiej stronie płyty, osiągnie $5 \div 10\%$ grubości ścianki rury, należy wówczas (rys. 5-9):

- obniżyć ciśnienie do zera,
- rozpocząć odmierzenie czasu nagrzewania.

Rozpoczyna się faza nagrzewania bezciśnieniowego. Kontrola wskazań manometru ma na celu skorygowanie ewentualnego wzrostania ciśnienia. Dzieje się tak wówczas, kiedy występują wewnętrzne nieszczelności w układzie hydraulicznym.



Rys. 5-9. Wypływka wyrównania

➤ Nagrzewanie

Po włączeniu stopera monter ma obowiązek kontroli prawidłowości przebiegu nagrzewania. Dotyczy to wskazań temperatury płyty grzejnej, manometru, dalszego formowania się wypływką oraz czynników mogących zakłócić proces nagrzewania. Wszelkie nieprawidłowości winny być natychmiast usuwane, a w przypadku wystąpienia błędu zasadniczego, np. odsunięcie od płyty nagrzewanej końcówki, proces należy przerwać i rozpocząć od nowa.

➤ Usunięcie płyty grzejnej

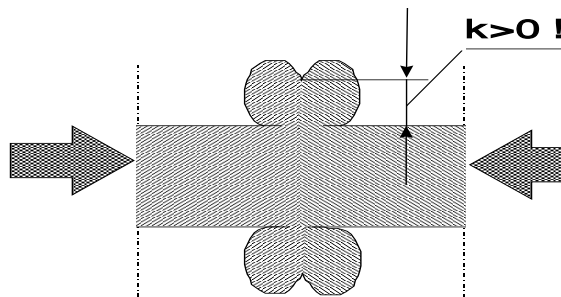
Po upływie czasu nagrzewania należy usunąć płytę z pomiędzy nagrzewanych elementów (czas przestawienia). Ze względu na to, że jest to okazja do powstania poważnych błędów, czynności te trzeba wykonać sprawnie i szybko. Wszystkie czynności od chwili odsunięcia elementów od płyty do chwili dosunięcia ich do siebie nie mogą trwać dłużej niż 6 sekund dla rur o średnicy do 160 mm i do 12 sekund dla rur o średnicy do 355 mm.

Spowodowane jest to przede wszystkim gwałtownym stygnięciem nagrzanego powierzchni (co najmniej 10 °C/s). Częstym zjawiskiem jest przyleganie do jednej z końcówek płyty grzejnej, co powoduje trudności z jej usunięciem. Można temu zaradzić przez delikatne uderzenie w rękojeść płyty grzejnej. Niektóre zgrzewarki posiadają mechanizmy blokujące płytę, co znacznie ułatwia jej wyjęcie.

➤ Narost ciśnienia i studzenie pod ciśnieniem

Po wyjęciu płyty grzejnej i dosunięciu do siebie zgrzewanych elementów należy zwiększać powoli ciśnienie aż do ciśnienia zgrzewania. Czas wzrostu ciśnienia nie może być zbyt krótki i powinien wynosić około 1 s na każdy milimetr grubości ścianki rury. W przypadku zgrzewarek wyposażonych w akumulatory hydrauliczne, co najmniej przez ten czas pompa powinna pracować. Spowodowane jest to formowaniem się wypływką, gdyż zbyt wczesne zmniejszenie ciśnienia może spowodować zapadnięcia w rowku pomiędzy wałeczkami zgrzewiny.

W czasie dociskania nagrzaných powierzchni uplastycznione tworzywo wypływa na zewnątrz tworząc wypływkę. Na obwodzie rury tworzą się dwa przylegające wałeczki (rys. 5-10). W zasadzie powinny być tej samej szerokości, jednak podczas zgrzewania polietylenów o różnym wskaźniku płynięcia szerokość wałeczka dla tworzywa o niższym wskaźniku będzie mniejsza, zaś dla wyższego



Rys. 5-10. Położenie rowka pomiędzy wałeczkami wypływką

większa. Ma to często miejsce przy zgrzewaniu np. rury z kształtką. Tworzywo, z którego wtryskuje się kształtki ma na ogół wskaźnik $0,7 \div 1,3$ g/10 min, a gdy rura jest w grupie 005 – różnice są dość wyraźne. W takiej sytuacji zaleca się, aby w karcie technologicznej zgrzewania zatwierdzonej przez operatora gazociągu przewidziano taką możliwość i określono dopuszczalny rozrzut szerokości. Rozrzut można określić na podstawie zgrzein kontrolnych wykonanych bezpośrednio na budowie, lub tak jak to przewiduje DVS, przyjmując, że $b_1 > 0,7b_2$ (rys. 5-16).

W prawidłowo uformowanej zgrzeinie rowek między wałeczkami winien znaleźć się powyżej obu powierzchni rur (rys. 5-10).

Kontrola położenia rowka pomiędzy wałeczkami jest pierwszym etapem niszczącej (wizualnej) kontroli wypływką. Na tej podstawie monter dokonuje jej klasyfikacji. Później trzeba będzie zmierzyć maksymalną i minimalną szerokość wypływką celem oszacowania rozrzutu szerokości.

Od chwili uformowania się wypływką rozpoczyna się proces studzenia pod ciśnieniem. Ta faza procesu trwa najdłużej, gdyż wynosi około 1,5 min na każdy milimetr grubości ścianki rury. Jest to okazja do wypełnienia karty zgrzein i przygotowania się do następnego zgrzewania. Nie należy zapominać o kontrolowaniu ciśnienia, które w bardzo wielu zgrzewarkach zmniejsza się. Monter ma obowiązek utrzymywania go na stałym poziomie. Spadki poniżej $0,5 \div 1,0$ bar należy już korygować.

➤ Zapis parametrów zgrzewania

Monter ma obowiązek wypełniania na bieżąco karty zgrzein tak, aby w każdej chwili możliwe było skonfrontowanie wpisów do karty z warunkami wykonania zgrzeiny. Jest to szczególnie ważne dla samego montera i leży w jego interesie, gdyż w przypadku jakichkolwiek zastrzeżeń do wykonanych

zgrzein kontrolowany jest protokół zgrzewania. Brak wpisów do karty jest podstawą wpisów do dziennika budowy. Poza tym karta stanowi integralną część dokumentacji powykonawczej budowy.

Opracowano wiele wzorów protokołów zgrzewania. Jedne są mniej, inne bardziej rozbudowane. Każdy jednak musi zawierać informacje niezbędne do weryfikacji prawidłowości wykonania zgrzeiny. Należą do nich:

- data i numer zgrzeiny,
- dane rury,
- warunki pogodowe,
- ciśnienie oporów przemieszczania rury,
- dane tabelaryczne cyklu zgrzewania,
- ustawienia na zgrzewarce,
- pomiary geometrii zgrzeiny.

Dopiero na podstawie tych danych można ocenić prawidłowość warunków wykonania zgrzeiny.

➤ Demontaż zgrzanych elementów

Po upływie czasu studzenia należy:

- obniżyć ciśnienie,
- rozkręcić uchwyty mocujące rurę, przy czym zacząć od uchwytów wewnętrznych,
- zdjąć zaślepkę z końca rury.

W celu pełnej identyfikacji zgrzeiny niezbędne jest jej oznakowanie.

➤ Oznakowanie zgrzeiny i pomiary jej geometrii

Oznakowanie należy nanieść niezmywalnym, kontrastującym z tłem pisakiem, aby napisy były widoczne po ułożeniu rurociągu w wykopie. Oznakowanie musi zawierać co najmniej:

- numer uprawnień zgrzewacza,
- numer zgrzeiny zgodny z kartą zgrzein,
- datę wykonania zgrzeiny.

Po naniesieniu oznakowania dokonuje się pomiarów geometrii zgrzeiny. Należy zmierzyć maksymalną i minimalną szerokość zgrzeiny na całym obwodzie rury, a wyniki pomiarów wpisać do karty zgrzein. Podczas pomiarów należy równocześnie sprawdzić wygląd zgrzeiny.

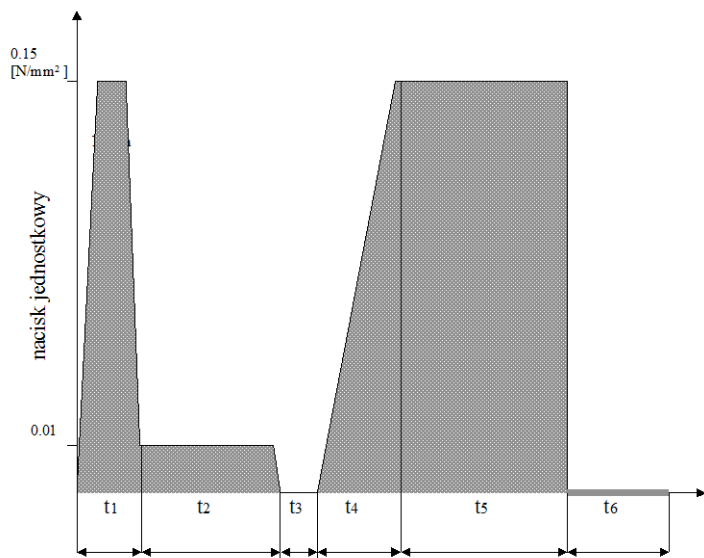
Zakończenie zgrzewania nie oznacza, że zgrzeinę można poddać pełnemu obciążeniu, np. przeprowadzając próbę szczelności. Wewnątrz zgrzeiny utrzymuje się temperatura, przy której tworzywo jest jeszcze miękkie. Powoduje to konieczność odczekania o dodatkowy czas niezbędny na całkowite wystudzenie zgrzeiny. Wynosi on szacunkowo dodatkowe 8 min na milimetr grubości ścianki rury. Jest to szczególnie ważne, gdy temperatury otoczenia przekraczają 25 °C.

5.3.3.2. Czasy faz procesu

Zmiany ciśnienia nastawianego na zgrzewarce można przedstawić w postaci zależności nacisku jednostkowego od czasu (rys. 5-11).

Kolejne fazy oznacza się jako:

- t_1 – czas wyrównania (do powstania wypłytki wyrównania o wysokości $5 \div 10\%$ grubości ścianki rury 'e'),
- t_2 – czas nagrzewania (dla PE-HD/MD – 10 s na każdy mm grubości ścianki rury),
- t_3 – czas przestawienia (maks. 6 s),
- t_4 – czas narostu ciśnienia (ok. $1 \div 2$ s na każdy mm grubości ścianki rury),
- t_5 – czas studzenia (1,5 min na każdy mm grubości ścianki rury),
- t_6 – czas do próby ciśnienia (8 min na każdy mm grubości ścianki rury).



Rys. 5-11. Zależność nacisku podczas procesu zgrzewania doczołowego

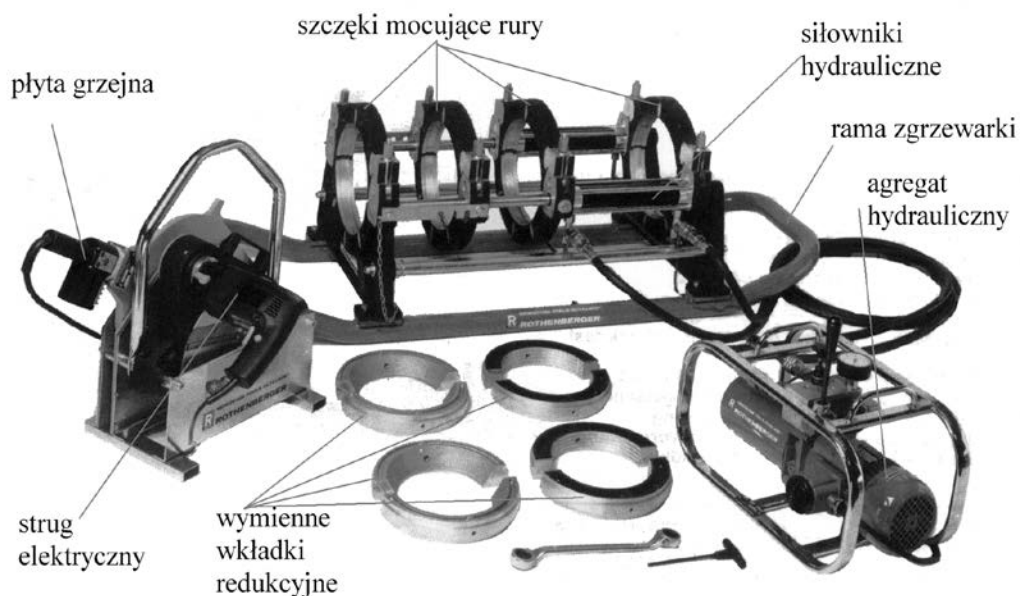
5.3.3.3. Maszyny do zgrzewania (zgrzewarki doczołowe)

Do wykonania wszystkich operacji niezbędnych przy zgrzewaniu konieczne są odpowiednie urządzenia i maszyny. W zależności od stopnia zautomatyzowania zgrzewarki doczołowe mogą być tzw. ręczne, półautomatyczne lub automatyczne. Najprostsze, ręczne, obsługiwane są przez dwie lub więcej osób, a za dobór parametrów zgrzewania odpowiedzialny jest zgrzewacz. Zgrzewarki sterowane mikroprocesorem dobierają parametry zgrzewania na podstawie wprowadzonych danych, a rola zgrzewacza ogranicza się do nadzoru i kontroli dokładności.

W skład zestawu do zgrzewania wchodzi układ mocowania rur, agregat hydrauliczny, strug i płyta grzejna (rys. 5-12).

Układ mocowania rury umożliwia osiowe zamocowanie rur oraz przemieszczanie jednej z nich.

Przemieszczanie i siłę docisku uzyskuje się dzięki siłownikom hydraulicznym, zasilanym z agregatu (pompa, zawory i silnik). Na ogół zgrzewarki konstruowane są na ograniczony zakres zgrzewanych średnic rur. Zakresy te wynoszą do 110 mm, 160 mm, 250 mm, 315 mm i 500 mm do 1600 mm.



Rys. 5-12. Zestaw do zgrzewania doczołowego

Zgrzewarki na większe średnice wykonuje się na zamówienie. W danym zakresie, przy zmianie średnicy rury, wymienia się wkładki w uchwytach. Do splanowania powierzchni czołowych rur i uzyskania ich płaskorównoległości służy strug z napędem elektrycznym. Zakładanie i zdejmowanie struga z przewodnic urządzenia mocującego wykonuje obsługa zgrzewarki. Nagrzanie powierzchni łączonych elementów uzyskuje się za pomocą płyty grzejnej. Pokryta warstwą PTFE płyta ma wbudowany lub znajdujący się w osobnej przystawce regulator temperatury. W układach z rejestracją parametrów zgrzewania jest dodatkowe wyjście na rejestrator.

W tzw. półautomatach płyta grzejna wysuwana jest samoczynnie po upływie czasu nagrzewania. W zgrzewarkach ręcznych włożenie i usunięcie płyty dokonywane jest przez operatora (tzw. czas przestawienia). Zmiana siły docisku stosowanej podczas operacji strugania, nagrzewania i zgrzewania realizowana jest zaworem z płynną regulacją ciśnienia.

Od paru lat rozwój zgrzewarek doczołowych idzie w kierunku zastosowania układów procesorowych. Mają one na celu dobór parametrów procesu zgrzewania niezależnie od obsługi. Spowodowane jest to brakiem skutecznych metod nieniszczących badań jakości zgrzeiny. Gwarancja prawidłowych parametrów zgrzewania jest utożsamiana z prawidłową jakością zgrzeiny. Problemy te zaoocowały koncepcją tzw. rejestratorów procesu, sprzęganych ze zwykłymi zgrzewarkami. Na taśmie o szerokości ok. 7 cm rysowany jest wykres nacisków i temperatur oraz podawane są wartości liczbowe tych parametrów. Zaletą tego typu rozwiązania jest możliwość dołączenia rejestratora do normalnej maszyny i kontrola parametrów przez zgrzewacza.

5.3.3.4. Wymagania

- Należy stosować tylko urządzenia posiadające świadectwo dla danego zastosowania.
- Zgrzewarki podlegają legalizacji raz na rok.

5.3.4. Zgrzewanie elektrooporowe

Zasadą tej metody jest wykorzystanie ciepła wydzielającego się przy przepływie prądu przez drut oporowy do nagrzania wewnętrznej powierzchni kształtki i zewnętrznej rury (rys. 5-13).

Uzwojenie oporowe stanowi integralną część kształtki, a do jego zasilania stosuje się urządzenia (elektrozgrzewarki) działające najczęściej na zasadzie transformatora i wyposażone w odpowiednią automatykę do dozowania energii

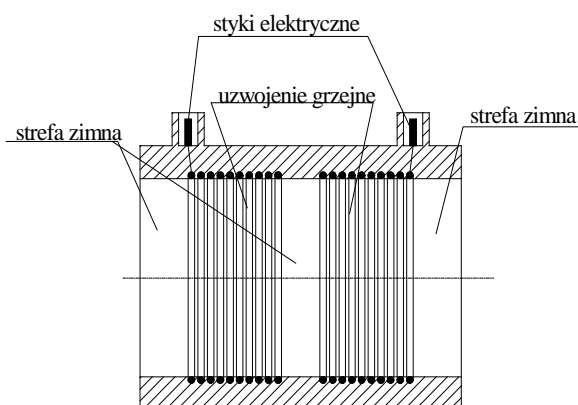
i regulacji czasu nagrzewania. Obszary, w których uzwojenie grzejne nie jest nawinięte na wewnętrznej powierzchni kształtki nazywane są zimnymi strefami. Zapobiegają one wypływowi uplastycznionego PE ze szczeliny pomiędzy wewnętrzną powierzchnią kształtki i zewnętrzną powierzchnią rury.

Rozmiar szczeliny silnie wpływa na wytrzymałość i szczelność połączenia. Zbyt duża szczelina prowadzi do nadmiernego wzrostu temperatury drutu, przegrzaniu polietylenu i spadku wytrzymałości złącza. Z tego powodu konieczne jest kalibrowanie końcówki rury ciętej ze zwoju, gdyż dopuszczalna tolerancja owalności dla rur w zwojach, która może wynosić około 6%, dla potrzeb zgrzewania elektrooporowego nie może przekroczyć 1,5%.

Również niebezpieczne zjawisko powstaje podczas zgrzewania rur o dużych średnicach (>160 mm). Na skutek skurczu wtórnego końcówka rury ma mniejszą średnicę, co powoduje zbyt duży luz wewnątrz stref grzejnych. W efekcie może prowadzić to do nieszczelności. Najprostszym sposobem zapobiegania temu zjawisku jest obcięcie zbieżnej końcówki rury lub przechowywaniu rur ze specjalnymi zaślepkami stabilizującymi.

Metoda elektrooporowa cieszy się dużą popularnością z powodu bardzo szerokiej gamy kształtek. Szczególnym przykładem może być tutaj siodło z nawiertką do wykonania przyłącza pod pełnym ciśnieniem gazu.

W Europie jest wielu znanych producentów kształtek. Każdy z producentów wprowadzając na rynek swoje kształtki opracował własny system. Różnice w poszczególnych systemach obejmują wartość napięcia zasilania, sposób kodowania parametrów zgrzewania, kształt złączy elektrycznych i inne. Niedogodność ta może być wyeliminowana w przypadku posiadania urządzenia uniwersalnego.



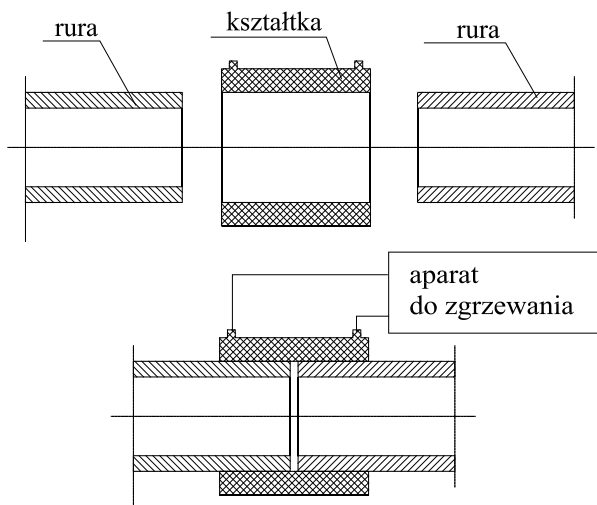
Rys. 5-13. Mufka elektrooporowa

Metoda elektrooporowa wymaga szczególnej sumienności przygotowania połączenia, gdyż o ile po wykonaniu zgrzeiny metodą doczołową jesteśmy w stanie ocenić zgrzeinę przez jej wygląd, to nieszczelność połączenia elektrooporowego wykazują dopiero próby szczelności.

Z wymienionych wyżej powodów kształtki muszą być mocowane nieruchomo w czasie całego procesu nagrzewania

i studzenia, zgrzewanie elektrooporowe można prowadzić, gdy temperatura w miejscu zgrzewania jest zgodna z zaleceniami producenta kształtki oraz końce rur i kształtki są suche (nie może osiadać wilgoć na kształtkach).

Jeżeli połączenie elektrooporowe wykonane jest prawidłowo wówczas, wytrzymałość długotrwała zgrzeiny elektrooporowej jest większa od wytrzymałości rury.



Rys. 5-14. Zasada zgrzewania elektrooporowego

Schemat zgrzewania przedstawia rysunek 5-14, a kolejność czynności przy wykonywaniu zgrzewania powinna być następująca:

5.3.4.1. Przebieg procesu

- ★ Przygotować aparat i miejsce do zgrzewania (ewentualnie rozpiąć namiot lub osłony).
- ★ Oczyszczyć końce rur z piasku, gliny itp.
- ★ Zaznaczyć obszar cyklinowania mufy lub siodła.
- ★ Zaznaczony obszar zestrugać cykliną do całkowitego usunięcia linii znakowych. Podczas strugania powinien powstawać wiór o grubości co najmniej 0,1 mm.
- ★ Jeżeli zachodzi taka konieczność, przetrzeć oba końce rur papierem niewłóknistym zwilżonym odpowiednim zmywaczem (zawartość wody poniżej 0,1%).
- ★ Przetrzeć wewnętrzną powierzchnię kształtki.

-
- ★ Zaznaczyć głębokość wsunięcia rury do kształtki (połowa długości kształtki).
 - ★ W zależności od systemu zamocować rury z kształtką lub siodełko w uchwycie.
 - ★ Połączyć przewody z aparatu do złączki.
 - ★ Włączyć aparat.
 - ★ W zależności od systemu ustawić i sprawdzić napięcie zasilania kształtki i czas nagrzewania oraz wpisać te dane do karty technologicznej.
 - ★ Włączyć nagrzewanie kształtki i kontrolować przebieg nagrzewania.
 - ★ Po zgrzaniu wyłączyć aparat.
 - ★ Zdjąć przewody.
 - ★ Na rurze oznaczyć numer uprawnień, numer zgrzeiny, datę i czas nagrzewania tak, aby były widoczne po montażu rurociągu.
 - ★ Wypełnić kartę zgrzein.
 - ★ Pozostawić kształtkę w uchwytach przez czas 1,5 min na 1 mm grubości ścianki rury.
 - ★ Próbę szczelności można przeprowadzać po czasie nie krótszym niż 8 min na każdy milimetr grubości ścianki rury.

5.3.4.2. Parametry procesu

Parametrami zgrzewania kształtek elektrooporowych są napięcie (prąd) zasilania oraz czas nagrzewania. Oba te parametry ustala producent kształtki i w żadnym przypadku nie mogą być zmieniane. Gdy temperatura w miejscu zgrzewania jest inna niż 20 °C, wprowadzana jest przez aparat do zgrzewania korekta czasu nagrzewania uwzględniająca różnicę temperatur. W takim przypadku wyświetlany przez aparat czas nagrzewania różni się od deklarowanego na kształtce. W żadnym przypadku nie wolno zmieniać tej wartości.

5.3.4.3. Maszyny do zgrzewania (elektrozgrzewarki)

Maszyny te działają na zasadzie sterowanego mikroprocesorem transformatora. Zasilane napięciem 220 V na wyjściu, w zależności od systemu, podają stabilizowane napięcie lub natężenie. Kontrolowana jest również całkowita ilość energii dostarczana do kształtki. Wprowadzenie parametrów zgrzewania zależy od systemu dla danego typu kształtki. Obecnie dąży się do wyeliminowania możliwości pomyłki zgrzewacza przez obowiązkowe nanoszenie kodu paskowego na kształtkę. Aparat wyposażony w czytnik kodu paskowego, po wczytaniu przez zgrzewacza kodu ustawia właściwe dla danej kształtki parametry zgrzewania.

Wszystkie dane wprowadzane do zgrzewarki przechowywane są w pamięci wewnętrznej, stanowiąc w ten sposób protokół zgrzeiny. Zbędna jest wtedy karta zgrzein, gdyż możliwy jest wydruk pamięci na standardowej drukarce podłączonej do zgrzewarki.

5.3.4.4. Wymagania

- Należy stosować tylko urządzenia posiadające świadectwo dla danego zastosowania.
- Wartość napięcia zasilającego kształtkę nie może być wyższa od 48 V.
- Zaleca się stosowanie urządzeń z automatyczną korektą czasu nagrzewania na temperaturę otoczenia.
- Zgrzewarki podlegają legalizacji raz na rok.

5.3.5. Dokumentacja technologiczna zgrzewania

Prowadzenie przez zgrzewacza prac montażowych uwarunkowane jest posiadaniem odpowiednich kart technologicznych zgrzewania (WPS), w których zapisane są wszystkie wartości parametrów zgrzewania. Karty technologiczne opracowywane są przez odpowiednie służby wykonawcy. Przykładowe karty dla zgrzewania doczołowego i elektrooporowego przedstawione są na kolejnych stronach.

INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA ZGRZEWANIA (WPS) ZŁĄCZA ZGRZEWANEGO TERMOPLASTYCZNYCH TWORZYW SZTUCZNYCH		KARTA NR 1				
METODA ZGRZEWANIA Zgrzewanie doczolowe	SYMBOL METODY ZGRZEWANIA HS					
GATUNEK ŁĄCZONYCH MATERIAŁÓW PE-HD/MD	POSTAĆ MATERIAŁU Rura lub kształtka					
	ŚREDNICA ŁĄCZONYCH MATERIAŁÓW do 315 mm					
SZKIC OPERACYJNY ZŁĄCZA ZGRZEWANEGO						
PARAMETRY ZGRZEWANIA						
PE-HD						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Temperatura płyty grzejnej: 210 °C 2. Wypływka wyrównania: 5÷10%e [mm] 3. Czas nagrzewania: 10e [s] dla 20 °C (korekta wg tabeli) 4. Czas przestawienia: maks. 6 s 5. Czas narostu ciśnienia: 1e [s] 6. Czas studzenia pod ciśnieniem: 1,5e [min] 7. Ciśnienia nastawione na zgrzewarce: wg producenta maszyny, zgodnie z dokumentacją techniczną zgrzewarki 						
Korekta czasów nagrzewania w zależności od temperatury						
Dane rury (D/e)	Czas nagrzewania dla temperatury [°C]					
	5	10	15	20	25	30
WARUNKI WYKONYWANIA ZŁĄCZA						
Temperatura w miejscu zgrzewania: nie mniej niż 5 °C, sucho, bezwietrznie						

KOLEJNOŚĆ CZYNNOŚCI PRZY ZGRZEWANIU

1. Oczyszczenie powierzchni rur.
2. Zaślepienie ruchomego końca rury.
3. Zamocowanie rur napisem na wierzchu rury.
4. Założenie i równomierne dokręcenie szczęk.
5. Sprawdzenie i zapis siły oporu przemieszczania rury (ciśnienie ciągu).
6. Ustawienie czasu nagrzewania (10 s/mm ścianki rury przy 20 °C).
7. Oczyszczenie powierzchni struga.
8. Założenie i włączenie struga (kable poza częściami ruchomymi).
9. Dojazd rur i zestruganie powierzchni czołowych rur do chwili uzyskania ciągłego wióra na całym obwodzie rury.
10. Odjazd rury, wyłączenie struga i odczekanie do zatrzymania, zdjęcie struga.
11. Usunięcie haczykiem wiórów z powierzchni rur i spod maszyny.
12. Sprawdzenie dokręcenia zewnętrznych szczęk.
13. Ustawienie ciśnienia zgrzewania (do ciśnienia zgrzewania dodać ciśnienie ciągu).
14. Sprawdzenie przylegania rur przy pełnym ciśnieniu zgrzewania (szczelina do 0,5 mm, przemieszczenie ścianki 10% grubości).
15. Sprawdzenie temperatury płyty grzejnej: 210 ± 10 °C.
16. Oczyszczenie płyty rolką ręcznika.
17. Rozsuniecie rur, założenie płyty grzejnej, ustawienie ciśnienia zgrzewania.
18. Sprawdzenie wypłytki wyrównania ($5 \div 10\%$ gr. ścianki).
19. Obniżenie ciśnienia do zera.
20. Uruchomienie stopera do pomiaru czasu nagrzewania.
21. Kontrola ciśnienia podczas nagrzewania.
22. Po upływie czasu nagrzewania rozsunięcie rur, wyjęcie płyty.
23. Dosunięcie rur (czas przestawienia krótszy niż 6 s).
24. Wzrost ciśnienia do ciśnienia zgrzewania.
25. Kontrola ciśnienia podczas studzenia zgrzeiny (czas studzenia 1,5e [min]).
26. Wypełnienie karty zgrzein.
27. Po upływie czasu studzenia zmniejszenie ciśnienia.
28. Odkręcenie szczęk (wpierw wewnętrznych).
29. Zdjęcie zaślepki.
30. Oznaczenie zgrzeiny na rurze.
31. Pomiar szerokości wypłytki i wpis do karty B_{\max} i B_{\min} .
32. Wizualna ocena jakości zgrzeiny i sprawdzenie jej geometrii.

UWAGI

W razie niekorzystnych warunków atmosferycznych zabezpieczyć miejsce zgrzewania, np. namiotem, osłonami itp.

OPRACOWAŁ

SPRAWDZIŁ

ZATWIERDZIŁ

INSTRUKCJA TECHNOLOGICZNA ZGRZEWANIA (WPS) ZŁĄCZA ZGRZEWANEGO TERMOPLASTYCZNYCH TWORZYW SZTUCZNYCH		KARTA NR 2
METODA ZGRZEWANIA Zgrzewanie elektrooporowe	SYMBOL METODY ZGRZEWANIA HM	
GATUNEK ŁĄCZONYCH MATERIAŁÓW PE-HD/MD	POSTAĆ MATERIAŁU Rura, kształtka	
	ŚREDNICA ŁĄCZONYCH MATERIAŁÓW do 315 mm	
SZKIC OPERACYJNY ZŁĄCZA ZGRZEWANEGO		
		
PARAMETRY ZGRZEWANIA		
Napięcie zasilania i czas nagrzewania wg danych producenta kształtki elektrooporowej, czas studzenia 1,5e [min], czas do próby szczelności- 8e [min].		
WARUNKI WYKONYWANIA ZŁĄCZA		
Sucho, temperatura w zależności od wymagań producenta kształtki		
KOLEJNOŚĆ CZYNNOŚCI PRZY ZGRZEWANIU:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Przygotować miejsce do zgrzewania. 2. Oczyszczyć końcówki rury z zanieczyszczeń. 3. Obciąć prostopadłe do osi końcówkę rury. 4. Jeżeli rura jest owalna założyć na rurę kalibrator. 5. Zaznaczyć pisakiem głębokość wsunięcia kształtki lub obszar cyklinowania siodła. 6. Zaznaczyć pisakiem obszar cyklinowania. 7. Cyklinować do momentu usunięcia pasków zaznaczonych pisakiem. 8. Sprawdzić poprawność usunięcia warstwy wierzchniej. 9. W razie konieczności przetrzeć powierzchnię cyklinowaną i wewnątrz kształtki lub siodła papierem niewłóknistym zwilżonym zmywaczem np. acetonem. 10. Zaznaczyć głębokość wsunięcia kształtki. 11. Wsunąć końcówki rury do kształtki do zaznaczonego śladu. 12. Zamocować uchwyty mocujące kształtkę lub siodło. 13. Podłączyć przewody zasilające kształtkę. 14. Włączyć elektrogrzewarkę. 15. W zależności od systemu wprowadzić dane nagrzewania kształtki. 16. Uruchomić elektrogrzewarkę i kontrolować proces nagrzewania. 17. Po zakończeniu procesu nagrzewania wyłączyć elektrogrzewarkę i zdjąć przewody zasilające. 18. Pozostawić kształtkę w uchwytach przez czas około 1,5e [min]. 19. Zapisać na rurze numer zgrzeiny, datę wykonania i numer uprawnień zgrzewacza. 20. Wpisać do karty zgrzeiny parametry zgrzewania kształtki. 21. Ocenić wizualnie jakość połączenia. 		
OPRACOWAŁ	SPRAWDZIŁ	ZATWIERDZIŁ

Celem kontroli parametrów zgrzewania przez samego zgrzewacza, jak również przez służby kontrolne, zgrzewacz ma obowiązek zapisywania wszystkich najważniejszych parametrów wpływających na jakość zgrzeiny. Wartości te wpisywane są do karty zgrzein.

Za wpisy do karty zgrzein odpowiedzialny jest zgrzewacz i zobowiązany do wypełniania jej na bieżąco, gdyż karta jest integralną częścią dokumentacji wykonawczej. Wszelkie sprawy sporne rozstrzygane są na podstawie dokonanych w niej wpisów. Umożliwia to bieżącą kontrolę prac montażowych przez konfrontację oznaczeń zgrzeiny na rurze.

Wpisy do karty muszą być zgodne z oznaczeniami zgrzeiny na rurze.

Kolejnymi niezbędnymi dokumentami są zaświadczenia o kalibracji zgrzewarek oraz uprawnienia zgrzewaczy. Ze względu na ograniczony czas ważności tych dokumentów powinny być aktualne w trakcie prowadzenia budowy.

5.4. Kontrola połączeń zgrzewanych

Celem zapewnienia odpowiedniej jakości połączeń zgrzewanych konieczne jest spełnienie wymagań w stosunku do każdego elementu tworzącego system. Podstawowe znaczenie w tym przypadku mają:

- materiały i urządzenia do zgrzewania,
- kwalifikacje zgrzewaczy,
- system nadzoru i kontroli.

Konieczność kontroli na wszystkich tych etapach spowodowana jest brakiem jednoznacznych nieniszczących metod określania jakości zgrzeiny. Do dyspozycji pozostają techniki wizualne oceny kształtu i geometrii zgrzeiny. Prawidłowa ocena zgrzeiny wymaga wprawy i doświadczenia, gdyż różne materiały mogą dawać czasami wypływkę odbiegającą kształtem od normy.

Należy zaznaczyć, że podstawowe znaczenie mają karty zgrzein i one stanowią zasadniczy dokument potwierdzający jakość zgrzeiny, jeżeli zostały zachowane prawidłowe parametry procesu zgrzewania.

Wszystkie inne metody kontroli są jedynie pomocnicze i nie mogą przesądzać o jakości zgrzeiny. Wyjątkiem w tym przypadku są badania długotrwałe niszczące. Znane są następujące metody kontroli jakości zgrzeiny:

- badania nieniszczące, w tym oględziny i pomiary,
- badania niszczące.

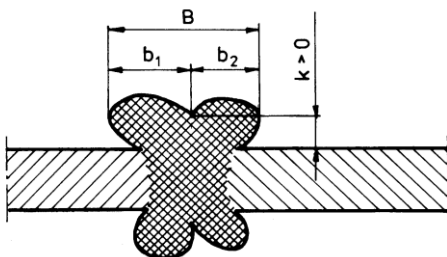
Oględzinom podlegają wszystkie połączenia zgrzewane. Pomiarów geometrii zgrzeiny dokonuje się tylko dla zgrzein doczołowych. Pomiarów należy dokonywać przyrządem o dokładności nie mniejszej niż 0,1 mm.

5.4.1. Zgrzeiny doczołowe

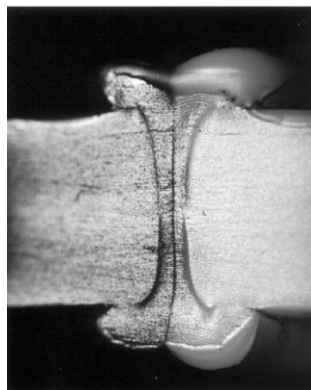
W ramach oceny wizualnej dokonuje się oględzin wypływkę i pomiarów geometrii zgrzeiny. Ocenic należy:

- kształt wałeczków (równomierność na obwodzie),
 - gładkość i jednorodność wypływkę (brak widocznych gołym okiem rys, pęcherzy, pęknięć i smug),
 - brak szczelin, szczególnie w rowku między wałeczkami,
-

- dopuszczalna odchyłka załamania osi w miejscu zgrzewania nie może być większa niż 1 mm na długości 300 mm od połączenia.



Rys. 5-15. Zależności geometryczne zgrzeiny doczołowej



Rys. 5-16. Przekrój zgrzeiny doczołowej

Zależności geometryczne przedstawia rysunek 5-15, a przekrój zgrzeiny prawidłowej rysunek 5-16.

Kryteria prawidłowej geometrii zgrzeiny są następujące:

1. wysokość rowka (k) pomiędzy walczykami:

$$k > 0$$

2. po obliczeniu wartości średniej (B_{sr}):

$$B_{\text{sr}} = (B_{\text{max}} + B_{\text{min}})/2$$

należy sprawdzić, czy:

$$B_{\text{max}} \leq 1,1B_{\text{sr}}$$

$$B_{\text{min}} \geq 0,9B_{\text{sr}}$$

gdzie:

B_{max} – maksymalna szerokość zgrzeiny zmierzona na całym obwodzie rury,

B_{min} – minimalna szerokość zgrzeiny zmierzona na całym obwodzie rury,

3. szerokość zgrzeiny (B_{sr}):

$$B_{\text{sr}} = (0,7 \div 1,0)e$$

gdzie: e – nominalna grubość ścianki rury,

4. szerokości walczyków powinny spełniać warunek:

$$b_1 \geq 0,7b_2$$

5.4.2. Połączenia elektrooporowe

Na całym obwodzie rury na długości, co najmniej 1 cm od krawędzi kształtki, powinny być widoczne ślady usuwania (cyklinowania) warstwy wierzchniej rury.

Wypłyvky kontrolne, znajdujące się w kształtce elektrooporowej, powinny być w położeniu przewidzianym przez producenta kształtki jako położenie po nagraniu kształtki.

5.4.3. Inne badania nieniszczące

W grupie badań nieniszczących stosowane są również metody rentgenograficzne i ultradźwiękowe. Obie te metody stosowane są do wykrywania obcych wtrąceń i pęcherzy przy grubości ścianki rury większej niż ok. 25 mm.

5.4.4. Badania niszczące

Badania niszczące przeprowadza się najczęściej:

- gdy zachodzi uzasadnione podejrzenie mniejszej wytrzymałości zgrzeiny, spowodowanej istotnymi uchybieniami w procedurze zgrzewania,
- gdy wygląd wypłyvky budzi wątpliwości co do jej jakości, pomimo zachowania parametrów zgrzewania,
- w sprawach spornych.

Badaniom poddaje się odcinek rury ze zgrzeiną kontrolną wykonaną w odległości $2d_n$ od końca rury. Całkowita długość rury do badań nie może być mniejsza niż $6d_n$.

Do badań niszczących zaliczane są:

- pomiar wytrzymałości doraźnej,
- pomiar wytrzymałości długotrwałej.

5.4.5. Pomiary wytrzymałości doraźnej

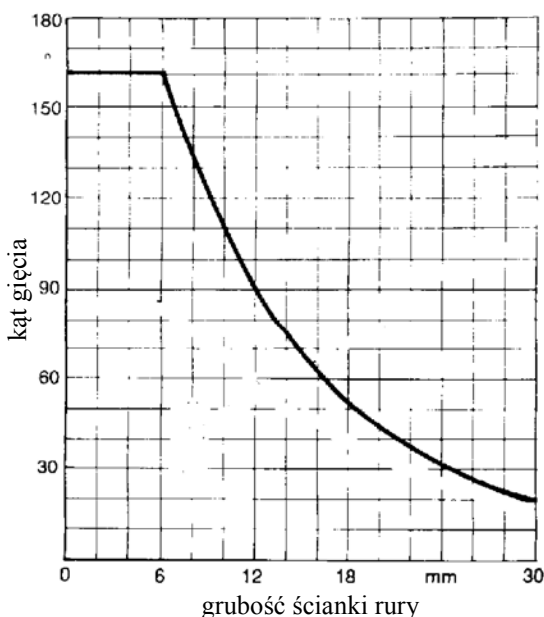
W ramach badań wytrzymałości doraźnej przeprowadza się badania:

- statycznej i dynamicznej wytrzymałości na rozciąganie,
 - statycznej (kąta gięcia) i dynamicznej (udarności) wytrzymałości na zginanie.
-

Współczynnik wytrzymałości doraźnej zgrzeiny doczołowej dla PE-HD/MD przy próbie statycznego rozciągania nie powinien być mniejszy niż 0,9 wytrzymałości materiału rodzimego rury.

Dobłą miarą jakości zgrzeiny jest dopuszczalny kąta gięcia. Zasady przeprowadzenia takiej próby zamieszczone są w wytycznych DVS (2203/5) oraz UDT (WDT-ST-1/00).

Rysunek 5-17 przedstawia minimalne kąty gięcia dla PE-HD/MD.



Rys. 5-17. Minimalne kąty gięcia dla próbek z PE-HD/MD

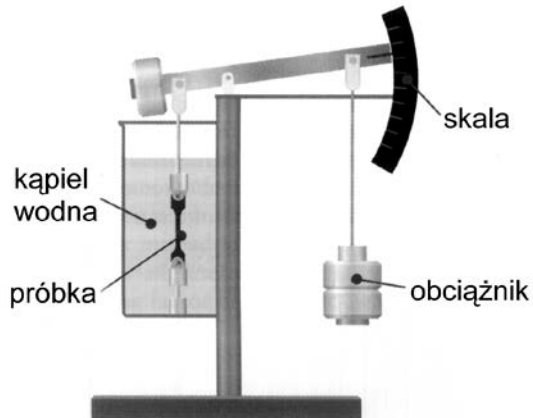
5.4.6. Pomiary wytrzymałości długotrwałej

Ze względu na długi czas badań (od 1 do 100 godz.) tego typu próby przeprowadza się w przypadkach spornych i w celach poznawczych. Poważną ich zaletą jest pomiar realnej wytrzymałości zgrzeiny oraz możliwość symulowania naturalnych warunków eksploatacji (np. dwuosiowy stan naprężenia).

Stosowane są badania:

- długotrwałej wytrzymałości na rozciąganie (pomiar pełzania),
- wytrzymałości na ciśnienie wewnętrzne.

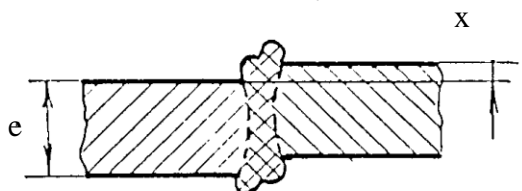
Pomiary wytrzymałość na rozciąganie przeprowadza się na stanowisku, którego schemat przedstawia rysunek 5-18.



Rys. 5-18. Szkic urządzenia do pomiarów wytrzymałości długotrwałej

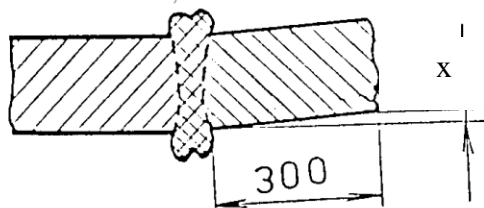
Wytrzymałość długotrwała złącza doczołowego nie może być mniejsza niż 0,8 wytrzymałości materiału rury dla PE-HD/MD, w przypadku badań na rozciąganie i wytrzymałości na ciśnienie wewnętrzne.

Podstawowe wady zgrzein i ich przyczyny przedstawiają rysunki od 5-19 do 5-24.



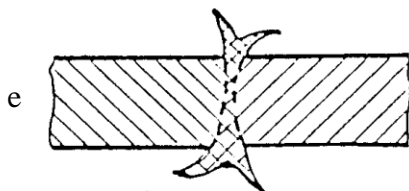
Niewłaściwe dopasowanie powierzchni czołowych rur:

$$x < 0,1e$$



Załamanie osi rury w miejscu zgrzewania:

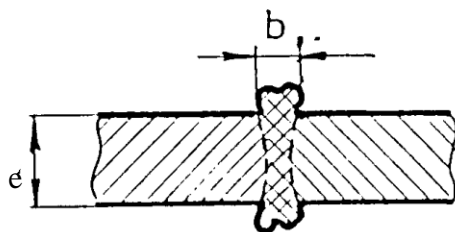
$$x < 1 \text{ mm}$$



Niewłaściwy kształt wypłytki z powodu:

- za niskiej temperatury,
- za krótkiego czasu nagrzewania,
- za wysokiego nacisku.

⇒ Wada niedopuszczalna

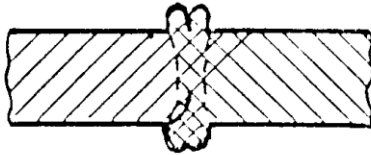


Zgrzeina zbyt wąska:

- za krótki czas nagrzewania,
- za niska temperatura,
- za mały docisk.

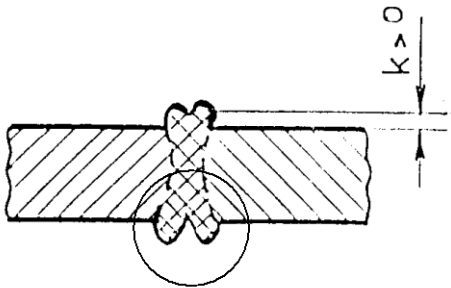
$$0,7e < b < e$$

Rys. 5-19. Wady zgrzein doczołowych



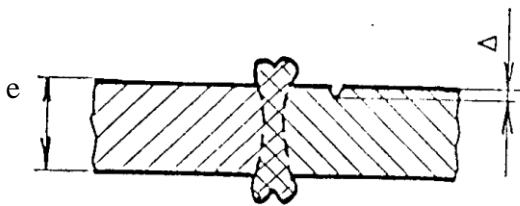
Pęknięcia w zgrzeinie na skutek zbyt krótkiego studzenia.

⇒ Wada niedopuszczalna



Karb w grani z powodu zbyt krótkiego nagrzewania przy wyrównaniu lub krótkiego czasu studzenia.

⇒ Wada niedopuszczalna

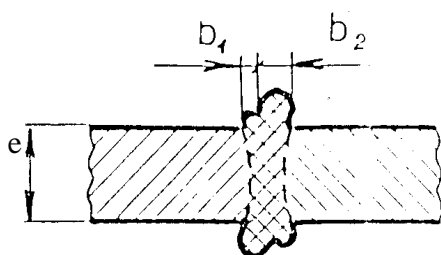


Uszkodzenia od złego mocowania w szczękach:

$$\Delta < 0,1e$$

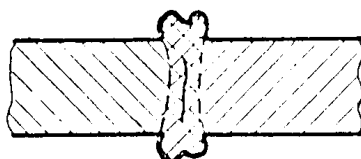
$$\Delta < 0,5 \text{ mm}$$

Rys. 5-20. Wady zgrzein doczołowych



Niewłaściwe przygotowanie brzegów:

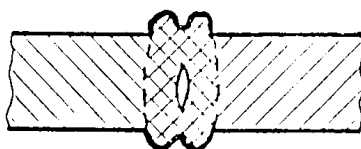
$$b_1 > 0,7b_2$$



Przyklejenie międzyzgrzei-
nowe na skutek:

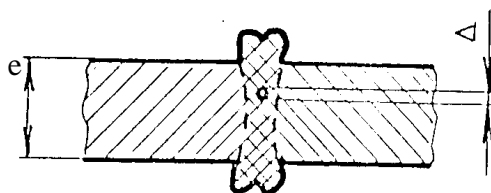
- zanieczyszczone brzegi,
- za niska temperatura,
- zbyt długi czas przesta-
wienia.

⇒ Wada niedopuszczalna



Rozwarstwienie przy zbyt
małym docisku.

⇒ Wada niedopuszczalna

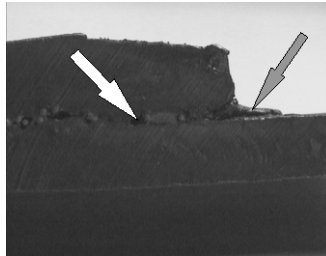


Pęcherze na skutek:

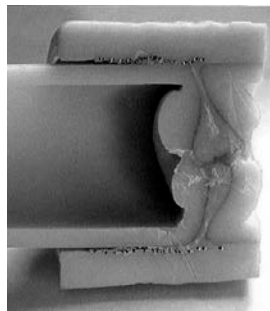
- wilgoci,
- zanieczyszczeń.

⇒ Wada niedopuszczalna

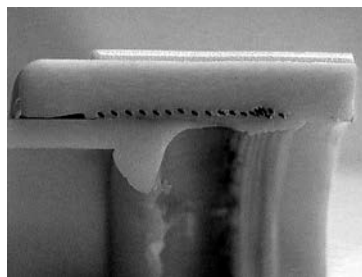
Rys. 5-21. Wady zgrzein doczołowych



Rys. 5-22. Pory i wycieki tworzywa



Rys. 5-23. Za duży luz pomiędzy rurą i kształtką



Rys. 5-24. Za płytko wsunięta rura do kształtki

6. Pytania kontrolne

1. Synteza polimeru polega na:
 - a) łączeniu się merów
 - b) łączeniu się atomów
 - c) rozpadzie makrocząsteczki

 2. W wyniku syntezy monomeru powstają:
 - a) mery
 - b) makrocząsteczki
 - c) kryształy polimerowe

 3. Warunkiem powstania polimeru z monomeru są odpowiednio:
 - a) skład monomeru
 - b) ciśnienie
 - c) temperatura
 - d) wielkość reaktora
 - e) katalizator

 4. Tworzywo sztuczne powstaje z:
 - a) polimeru podstawowego
 - b) dodatków
 - c) dwóch różnych polimerów

 5. Jakie polimery uzyskuje się z:
 - a) chlorku winylu
 - b) etylenu
 - c) propylenu
 - d) styrenu

 6. Dopisać skróty następujących polimerów:
 - a) polietylen
 - b) polipropylen
 - c) polibuten
-

-
7. Struktura polimeru termoplastycznego tworzona jest z:
 - a) splecionych makrocząsteczek liniowych
 - b) połączonych makrocząsteczek
 - c) monomeru i napełniacza

 8. Właściwości użytkowe termoplastów wraz ze wzrostem temperatury:
 - a) nie zmieniają się
 - b) pogarszają się
 - c) poprawiają się

 9. Za kryształy polimerowe uznaje się regularnie ułożone:
 - a) atomy
 - b) mery
 - c) makrocząsteczki

 10. Tworzywa termoplastyczne mogą mieć strukturę:
 - a) amorficzną
 - b) krystaliczną
 - c) usieciowaną

 11. Ogrzewanie polimerów liniowych powoduje:
 - a) rozpad makrocząsteczki
 - c) łączenie się makrocząsteczek
 - d) prostowanie się makrocząsteczek

 12. W polimerach krystalicznych podczas ogrzewania:
 - a) nie zachodzą zmiany struktury
 - b) zachodzą częściowe zmiany struktury
 - c) następuje przemiana struktury krystalicznej w amorficzną

 13. Jeżeli po podgrzaniu tworzywo krystaliczne prędko chłodzimy, to:
 - a) zmniejszy się ilość fazy krystalicznej
 - b) zwiększy się ilość fazy krystalicznej
 - c) nie zajdą żadne zmiany
-

14. Tworzywa krystaliczne to:

- a) ABS
- c) PE
- d) PB
- e) PVC
- f) PVDF

15. Rury najczęściej wytwarzane są z:

- a) duroplastów
- b) elastomerów
- c) termoplastów

16. PE-HD i PE-LD różnią się:

- a) gęstością
- c) barwą
- d) wytrzymałością

17. Wytrzymałość PE zależy od:

- a) barwy
- b) stopnia krystaliczności
- c) gęstości

18. Rury do gazu, wody lub na instalacje przemysłowe produkuje się z:

- a) PE-LD
- b) PE-HD
- c) PE-MD
- d) PE-LLD

19. PE należy do grupy tworzyw:

- a) termoplastycznych,
 - b) duroplastów,
 - c) elastomerów.
-

-
20. Jako PE-HD oznacza się polietylen o gęstości:
- niskiej
 - średniej
 - wysokiej
21. Jako PE-MD oznacza się polietylen o gęstości:
- niskiej
 - średniej
 - wysokiej
22. Jako PE-LD oznacza się polietylen o gęstości:
- niskiej
 - średniej
 - wysokiej
23. Wytrzymałość doraźna określa właściwości podczas obciążeń:
- chwilowych
 - długotrwałych
 - chwilowych i długotrwałych
24. Wytrzymałość długotrwałą:
- wyznacza się w badaniach doraźnych
 - nie można wyznaczyć w badaniach doraźnych
 - wyznacza się z podstawie krzywych naprężenie–temperatura–czas,
25. Właściwości tworzyw sztucznych przy długotrwałym obciążeniu są:
- takie same
 - pogarszają się
 - poprawiają się
26. Pełzaniem nazywamy:
- wzrost wydłużenia przy wzroście naprężenia
 - wzrost wydłużenia przy stałym naprężeniu
 - wzrost wydłużenia przy spadku naprężenia
-

27. Relaksacja to:
- spadek naprężeń przy stałym odkształceniu
 - spadek naprężeń przy spadku odkształcenia
 - spadek wydłużenia przy spadku naprężenia
28. Relaksacja i pełzanie są to zjawiska występujące:
- jednocześnie
 - niezależnie od siebie
 - zamiennie
29. Rury w kręgach:
- sprężyście rozwijają się same
 - trzeba je prostować
 - należy poczekać na ich rozwinięcie
30. Polietylen klasy 80 (PE 80) ma MRS równy:
- 6,3 MPa
 - 8,0 MPa
 - 10,0 MPa
31. Wytrzymałość długotrwała zostaje wyznaczona dla:
- 50 lat i 20 °C
 - 165 godz. i 80 °C
 - 1000 godz. i 40 °C
32. Podsypka pod rurę jest niezbędna gdyż:
- kiedy jej nie będzie rura się odkształci
 - należy wyrównać dno wykopu
 - rura może zostać porysowana przy przesuwaniu
33. Obsypka wokół rury:
- powinna zostać zagęszczona
 - jest zbędna
 - wykonuje się ją w zależności od klasy gruntu
34. Nасыpka na rurze:
- jest zbędna
 - wykonywana jest z rodzimego gruntu
 - wykonywana jest z piasku bez kamieni
 - ma na celu wyrównanie nacisków na rurę
-

-
35. Rury nawinięte w kręgi składowane są:
- poziomo
 - pionowo
 - oparte o ścianę
36. Rozszerzalność termiczna tworzyw jest w zakresie:
- $0,01 \div 0,08 \text{ mm/m} \cdot \text{K}$
 - $0,08 \div 0,2 \text{ mm/m} \cdot \text{K}$
 - $0,2 \div 0,5 \text{ mm/m} \cdot \text{K}$
37. Po włożeniu nagrzanej od słońca rury do wykopu nastąpi:
- skrócenie rury
 - wydłużenie rury
 - relaksacja naprężeń
38. Zgrzewanie ostatniego odcinka rurociągu dokonuje się:
- bezpośrednio po ułożeniu rury w wykopie
 - po wystudzeniu rury
 - w dowolnej chwili
39. Odporność na ścieranie dla PE-HD :
- rośnie z temperaturą
 - maleje z temperaturą
 - nie zależy od temperatury
40. Polietylen elektryzuje się:
- dobrze
 - źle
 - bardzo słabo
41. Jeżeli jest wysoka oporność powierzchniowa tworzywa to:
- następuje jego elektryzowanie
 - ładunki mogą przepływać po powierzchni
 - powierzchnia rozładowuje się sama
42. Odporność chemiczna tworzyw zależy od:
- rodzaju tworzywa
 - rodzaju, stężenia i temperatury medium
 - grubości ścianki rury
-

43. PE ma zmniejszoną odporność na:
- silne kwasy
 - silne zasady
 - produkty ropopochodne
44. Tworzywa sztuczne stanowią dla par i gazów:
- dobrą barierę
 - złą barierę
 - barierę zależną od rodzaju tworzywa i gazu
45. Pod wpływem promieniowania w tworzywach:
- następują zmiany strukturalne
 - następuje poprawa właściwości
 - po pewnym czasie właściwości się pogarszają
46. Czas składowania rur z PE bez stabilizatora UV jest:
- dowolny
 - ograniczony do 2 lat
 - ograniczony do 20 lat
47. MFR oznacza:
- ciężar cząsteczkowy
 - gęstość
 - wskaźnik prędkości płynięcia PE
48. Jeżeli rura z PE znajduje się nad powierzchnią ziemi to:
- zostaje nagrzana od słońca
 - nagrzewa się słabo
 - może zostać uszkodzona mechanicznie
 - nie ma możliwości jej uszkodzenia
 - należy ją zabezpieczyć izolacją termiczną
 - wymaga stalowej rury ochronnej
49. Dopuszczalny promień gięcia rury z PE w temperaturze 20 °C wynosi:
- 10D
 - 20D
 - 30D
-

-
50. Udarność tworzywa zależy od:
- temperatury
 - kształtu próbek
 - metody pomiaru
51. Polietylen staje się kruchy:
- poniżej $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - około $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - około $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$
52. Rury z tworzyw sztucznych:
- są odporne na zarysowania
 - można zarysować je tylko ostrym narzędziem
 - nie są odporne na zarysowania
53. Przy wsuwaniu rury z tworzywa do stalowej rury należy:
- zachować szczególną ostrożność
 - zabezpieczyć rurę przed porysowaniem
 - założyć na rurę specjalne ślizgi
 - ewentualnie stosować dodatkową rurę osłonową
54. Dopuszczalne zarysowanie na powierzchni rury może wynosić:
- 10% grubości ścianki
 - 0,5 mm
 - 10% grubości ścianki i mniej niż 0,5 mm
55. Dopuszczalna wysokość składowania rur PE wynosi:
- 0,5 m.
 - 1,0 m
 - 1,5 m
56. Do prostowania lub kalibrowania rur z PE można używać:
- powietrza o dowolnej temperaturze
 - powietrza o temperaturze do $100\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - gorącej gliceryny
 - gorącej wody
-

57. W połączeniach kołnierзовych z tworzyw sztucznych stosowane są uszczelki z:
- a) materiałów sztywnych
 - b) materiałów częściowo elastycznych
 - c) elastomerów
58. Grupa MFR 005 obejmuje wskaźnik płynięcia PE:
- a) $0,1 \div 0,5$ g/10 min
 - b) $0,5 \div 1,0$ g/10 min
 - c) $0,4 \div 0,7$ g/10 min
59. Grupa MFR 010 obejmuje wskaźnik płynięcia PE:
- a) $0,7 \div 1,3$ g/10 min
 - b) $1,0 \div 1,5$ g/10 min
 - c) $0,1 \div 1,0$ g/10 min
60. Do transportu gazu ziemnego stosowane mogą być rury wykonane z:
- a) PE-LD
 - b) PE-HD
 - c) PP
 - d) PE-MD
 - e) PVDF
 - f) ABS
 - g) PVC-H
 - h) PA
61. Rury wytwarzane są metodą:
- a) wtryskiwania
 - b) wytłaczania
 - c) rozdmuchu
62. Kształtki produkuje się metodą:
- a) wtryskiwania
 - b) wytłaczania
 - c) prasowania
 - d) zgrzewania segmentowego
63. Armatura metalowa montowana do rurociągu wymaga:
- a) specjalnego mocowania
 - b) wyrównania dna wykopu
 - c) przestrzegania technologii montażu połączeń
-

-
64. Zalecanymi połączeniami armatury z tworzywa z przewodem rurowym są połączenia:
- kołnierzowe
 - zgrzewane
 - zaciskowe
65. Korpusy armatury metalowej zaleca się łączyć z przewodem rurowym połączeniem:
- kołnierzowym z króćcem z PE
 - kołnierzowym ze złączki kołnierzowej PE–stal
 - złączką zaciskową
66. Oznaczenie na rurze:
- może być
 - musi być
 - zależy od producenta
67. SDR oznacza:
- ciśnienie nominalne
 - stosunek D/e danej rury
 - standardową średnicę zewnętrzną
68. Tolerancje średnicy rury i grubości ścianki są:
- dodatnie
 - dodatnie i ujemne
 - ujemne
69. Oznaczenie PN oznacza:
- długotrwałe ciśnienie wody
 - dopuszczalne ciśnienie gazu
 - długotrwałe ciśnienie dowolnego medium
70. Jakim wartościom typoszeregu ciśnieniowego PN odpowiada typoszereg wymiarowy SDR (dla PE 80):
- PN 4 to SDR 17,6
 - PN 6 to SDR 17,6
 - PN 10 to SDR 11
-

71. Rury z tworzyw termoplastycznych mogą pracować przy ciśnieniach:
- 2,5÷10 bar
 - 1,6÷16 bar
 - 1,6÷25 bar
72. Podczas zgrzewania zachodzi zjawisko:
- termodyfuzji
 - łączenia się łańcuchów
 - łączenia się makrocząsteczek
73. Jeżeli w połączeniu kołnierзовym jest króciec z PE to:
- stosujemy uszczelkę z elastomeru
 - stosujemy uszczelkę z klingierytu
 - dokręcamy śruby do uzyskania szczelności
 - dokręcamy śruby kluczem dynamometrycznym
 - istotna jest kolejność dokręcania śrub
74. Za które z niżej wymienionych czynników odpowiedzialny jest zgrzewacz:
- nacisk jednostkowy
 - średnica rury
 - temperatura otoczenia
 - temperatura elementu grzejnego
 - czasy operacji
 - rodzaj zgrzewarki
 - rodzaj tworzywa
 - czystość
 - grupa MFR tworzywa
75. Zgrzewanie doczołowe zalecane jest do łączenia rur o średnicy:
- 50 mm i więcej
 - 63 mm i więcej
 - 90 mm i więcej
76. Dopuszczalna szczelina pomiędzy elementami zgrzewanymi doczołowo może wynosić:
- 0,1 mm
 - 0,5 mm
 - 1,0 mm
-

-
77. Maksymalne przesunięcie ścianki zgrzewanych elementów może wynosić:
- 0,2 grubości ścianki, lecz nie więcej niż 2 mm
 - 0,1 grubości ścianki, lecz nie więcej niż 1 mm
 - 0,1 grubości ścianki
78. Nacisk wyrównania w stosunku do nacisku zgrzewania jest:
- taki sam
 - większy
 - mniejszy
79. Wysokość wypływki wyrównania na całym obwodzie rury nie powinna być mniejsza niż:
- 0,2 grubości ścianki rury
 - 0,1 grubości ścianki rury
 - 0,05 grubości ścianki rury
80. Wysokość wypływki po zgrzaniu liczona jest od powierzchni rury do:
- górnjej krawędzi wypływki
 - szczeliny pomiędzy wałeczkami
 - powierzchni drugiej rury
81. Jeżeli grubość ścianki rury wynosi 8,2 mm i temperatura otoczenia 10 °C, to czasy dla niżej wymienionych faz procesu zgrzewania powinny trwać:
- wyrównania
 - nagrzewania
 - przestawienia
 - narostu ciśnienia
 - studzenia pod ciśnieniem
 - do próby szczelności
82. Odczytana z napisu na rurze średnica i grubość ścianki potrzebna jest zgrzewaczowi aby:
- obliczyć SDR
 - określić PN rury
 - obliczyć dopuszczalne przemieszczenia ścianki
 - dobrać czasy operacji zgrzewania
 - określić jakość zgrzeiny
 - dobrać nacisk jednostkowy
 - określić dopuszczalne zarysowania na rurze
-

83. Metodą ultradźwiękową można wykryć:
- wtrącenia i pęcherze
 - zmiany struktury
 - stopień krystaliczności
84. Wytrzymałości zgrzeiny możemy określić na podstawie:
- rentgenografii
 - badań ultradźwiękowych
 - badań niszczących
85. Najczęstszą przyczyną błędów przy zgrzewaniu elektrooporowym są:
- wady maszyny
 - błędy kształtu rury lub kształtki
 - błędy obsługi
86. Zgrzewaniem elektrooporowym można zgrzewać elementy o średnicy:
- 20 mm i więcej
 - 63 mm i więcej
 - 90 mm i więcej
87. Systemy złączek elektrooporowych są:
- takie same
 - różne
 - zamienne
88. Najczęściej spotykane napięcia zasilania elektrokształtek to:
- 10 V
 - 12 V
 - 24 V
 - 36 V
 - 39,5 V
89. Jeżeli kształtka elektrooporowa przeznaczona jest na napięcie 39,5 V, to:
- należy zasilać ją tylko takim napięciem
 - można zasilać niższym wydłużając proporcjonalnie czas nagrzewania
 - można zasilać wyższym skracając proporcjonalnie czas nagrzewania
-

-
90. Kształtki elektrooporowe po zgrzaniu:
- a) nie można wykryć czy były zgrzewane
 - b) można sprawdzić wizualnie czy były zgrzewane
 - c) trzeba sprawdzić przyrządem ich zgrzanie
 - d) są na pewno szczelne
 - e) ich szczelność wykaże próba szczelności
91. Siodełko elektrooporowe:
- a) nawiercamy po zgrzaniu dopóki jest jeszcze plastyczna rura
 - b) nawiercamy przed zgrzewaniem
 - c) po zgrzaniu odczekujemy do wystudzenia i nawiercamy
 - d) nawiercamy po wykonaniu próby szczelności przyłącza
92. Doczołowo można zgrzewać rury, których MFR wynosi:
- a) $0,4 \div 0,7$
 - b) $0,7 \div 1,3$
 - c) $0,4 \div 1,3$
93. Kształtkami elektrooporowymi można zgrzewać rury lub kształtki, których MFR wynosi:
- a) $0,4 \div 0,7$
 - b) $0,7 \div 1,3$
 - c) $0,4 \div 1,3$
94. Wymianę uszkodzonego odcinka rurociągu można wykonać:
- a) zgrzewarką doczołową
 - b) metodą mufową
 - c) elektrokształtką bez wewnętrznego krawężnika
95. Szerokość wypływki powinna wynosić nie mniej niż:
- a) 0,5 grubości ścianki rury
 - b) 0,7 grubości ścianki rury
 - c) 1,0 grubości ścianki rury
96. Tolerancja szerokości zgrzeiny nie powinna być większa niż:
- a) $\pm 10\%$ średniej szerokości zgrzeiny
 - b) $\pm 20\%$ średniej szerokości zgrzeiny
 - c) $\pm 30\%$ średniej szerokości zgrzeiny
-

97. Temperatura płyty grzejnej przy zgrzewaniu doczołowym PE-HD powinna wynosić:
- 190÷220 °C
 - 210 ±10 °C
 - 210 °C
98. Jeżeli temperatura otoczenia jest inna niż 20 °C, to:
- korygujemy czas nagrzewania
 - zmieniamy temperaturę płyty grzejnej
 - zmniejszamy nacisk przy nagrzewaniu
99. Nacisk jednostkowy przy nagrzewaniu i przy zgrzewaniu PE-HD powinien wynosić:
- 0,01 N/mm² i 0,1 N/mm²
 - 0,1 N/mm² i 0,15 N/mm²
 - 0,01 N/mm² i 0,15 N/mm²
100. Powierzchnię rury przed zgrzewaniem złączką elektrooporową należy:
- zetrzeć pilnikiem
 - zestrugać cykliną
 - przetrzeć papierem ściernym
 - przetrzeć papierem zwilżonym specjalnym zmywaczem
101. Złączkę elektrooporową należy podłączyć do aparatu do zgrzewania:
- przed włączeniem aparatu
 - w dowolnej chwili
 - po włączeniu aparatu
102. Po zgrzaniu kształtki elektrooporowej wpierw:
- odłączamy kształtkę
 - wyłączamy aparat
 - zdejmujemy obejmy mocujące kształtkę
103. Czas pozostawienia kształtki elektrooporowej w uchwytach nie powinien być krótszy niż:
- 1 min na każdy milimetr grubości ścianki rury
 - 1,5 min na każdy milimetr grubości ścianki rury
 - 3 min na każdy milimetr grubości ścianki rury
-

-
104. Próbe ciśnieniową lub wykonanie nawiercenia po zgrzaniu złączki elektrooporowej można przeprowadzić nie wcześniej niż po czasie:
- 4 min na każdy milimetr grubości ścianki rury
 - 6 min na każdy milimetr grubości ścianki rury
 - 8 min na każdy milimetr grubości ścianki rury
105. Jaką rolę spełnia UDT:
- projektuje urządzenia
 - sprawuje nadzór nad urządzeniami niebezpiecznymi w eksploatacji
 - prowadzi prace badawcze
106. Symbol zgrzewania doczołowego to:
- HM
 - HMS
 - HS
107. Świadczenie uprawniające spawacza lub zgrzewacza wydaje się na:
- 1 rok
 - 2 lata
 - bezterminowo
108. Symbol zgrzewania elektrooporowego to:
- HS
 - HMS
 - HM
109. Egzamin spawacza lub zgrzewacza tworzyw sztucznych przeprowadza się wg :
- normy europejskiej PN-EN 287
 - warunków technicznych UDT: WDT-ST-1/00
 - przepisów DVS
110. Świadczenie uprawniające może być cofnięte spawaczowi lub zgrzewaczowi, jeżeli będzie miał przerwę w spawaniu lub zgrzewaniu więcej niż:
- 6 miesięcy
 - 1 rok
 - 2 lata
-

111. Instrukcję technologiczną spawania lub zgrzewania opracowuje:
- projektant
 - zakład wytwarzający i uzgadnia z UDT
 - spawacz lub zgrzewacz i uzgadnia z UDT
112. Jakim badaniom poddawane są złącza próbne:
- badaniom radiograficznym
 - badaniom radiograficznym i próbom gięcia
 - badaniom wizualnym i próbom gięcia
113. Odchylenie kątowe łączonych elementów nie może być większe niż:
- 3 mm na długości 300 mm
 - 1 mm na długości 300 mm
 - 2 mm na długości 300 mm
114. Parametry spawania lub zgrzewania ustala się:
- na podstawie instrukcji technologicznej WPS
 - na podstawie własnego doświadczenia
 - w oparciu o rysunek konstrukcyjny
115. Próby zginania uznaje się za dodatnie, jeżeli próbka osiągnie kąt gięcia:
- nie mniejszy 180°
 - nie mniejszy niż 10°
 - nie mniejszy niż wyznaczony z odpowiedniego wykresu
116. Pęknięcia i ostre karby:
- są dopuszczalne w wypływcę
 - są niedopuszczalne
 - są dopuszczalne w materiale rodzimym
117. Szerokości wałeczków zgrzeiny:
- mogą być różne w odpowiednim zakresie
 - muszą być takie same
 - zależą od grubości ścianek zgrzewanych rur
-