

Badania jakościowe elementów systemów preizolowanych

# Badanie kształtek preizolowanych z rurą osłonową z tworzywa sztucznego

Stowarzyszenie AGFW przeprowadza corocznie badania jakości preizolowanych elementów systemów rurowych. W latach 2006/2007 badano proste rury preizolowane z rurą osłonową z tworzywa sztucznego, a w latach 2007/2008 badaniu poddano preizolowane kolana i trójniki. Wyniki badań pokazują, że żadna z badanych kształtek preizolowanych nie spełniła wszystkich wymagań.

Zgodnie z uchwałą stowarzyszenia AGFW Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. we Frankfurcie nad Menem, aby corocznie przeprowadzać badania jakości preizolowanych elementów systemów rurowych, w latach 2006/2007 badano proste rury preizolowane z rurą osłonową z tworzywa sztucznego [1-3], a w latach 2007/2008 kolana i trójniki preizolowane.

Wyniki badań losowo wybranych kolan i trójników preizolowanych należy traktować jako badania jednostkowe; nie jest możliwa opinia o jakości kształtek z innych serii produkcyjnych, miejsc produkcji itp. Wyniki badań wszystkich zbadanych kształtek pozwalają na opinię o standardzie jakościowym zwykłych dostaw. Podczas tych badań można było sprawdzić - o ile jest to na dostarczonych kształtkach możliwe po wyprodukowaniu – spełnienie wymagań EN 448:2003, EN 14419:2004 oraz AGFW FW 401-4:1999.

Na zlecenie komitetu specjalistycznego AGFW »Wärmeverteilung« badaniom towarzyszył zespół roboczy AGFW »Netzbautechnik«.

Aby pozwolić na szybkie odniesienie do wymagań normy EN 448, w artykule zastosowano strukturę treści wg tej normy. Istotne, podsumowujące wyniki przedstawiono w rozdziale 2. Świadomie zrezygnowano z ustalania ważności poszczególnych wymagań dotyczących kontroli.

**Rolf Besier**, AGFW Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V., Frankfurt am Main, **Armin Böhm**, Vattenfall Europe Berlin Aktiengesellschaft & Co. KG, Berlin, **Thomas Grage** und **Jens Tödter**, Fernwärme-Forschungsinstitut in Hannover e. V. (FFI), Hemmingen, **Hans-Otto Meyer**, Stadtwerke Hannover AG, **Peter Rührer**, Fernwärme Wien GmbH, **Alexander Wagner**, Eon Bayern Wärme GmbH, München, **Jan Wittorf**, Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV Hannover

## 1 Kolana i trójniki preizolowane objęte badaniami

Na zlecenie stowarzyszenia AGFW badania kolan i trójników preizolowanych w cyklu badawczym 2007/2008 przeprowadzono w instytucie Fernwärme-Forschungsinstitut (FFI). Badanie połączeń spawanych na rurach stalowych zlecono zakładowi Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV Hannover. Kształtki poniższych producentów lub dostawców pobrano z dostaw, które dotyczyły konkretnych projektów:

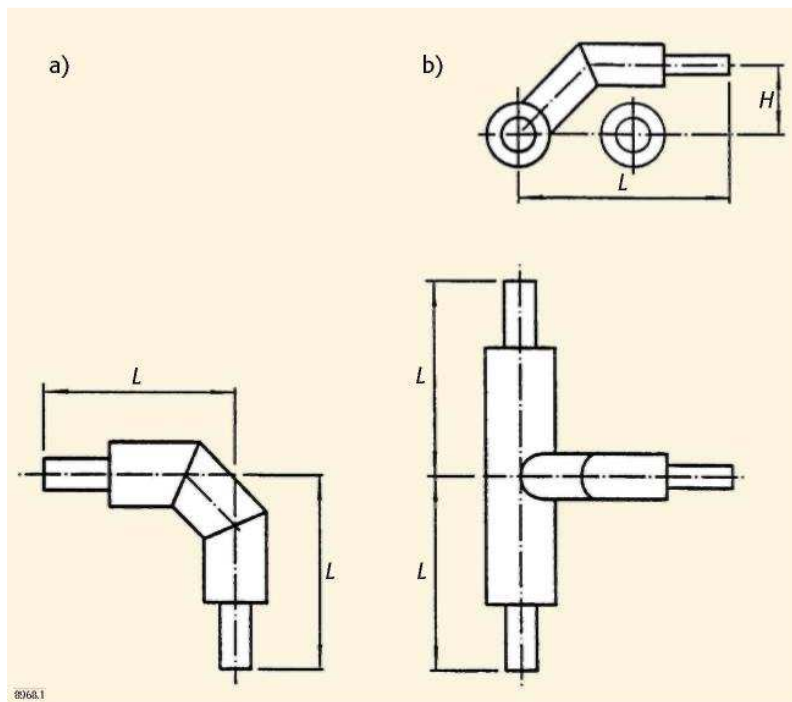
- Brugg Rohrsysteme, Wunstorf (Brugg),
- German Pipe Industrie- und Fernwärmetechnik, Nordhausen (German Pipe),
- Isoplus Fernwärmetechnik, Hohenberg/Austria (Isoplus-H),
- Isoplus Fernwärmetechnik, Sondershausen (Isoplus-S),
- KE Kelit Kunststoffwerk, Linz/Austria (KE Kelit),
- Logstor Ror Polska, Zabrze/Polska (Logstor),
- Zakład Produkcji i Usługowy Międzyrzecz Polskie Rury Preizolowane Sp. z o.o. (Z.P.U.M.).

Kształtki preizolowane z dostaw na miejscu budowy udostępniły do badań następujące firmy:

- Drewag Stadtwerke Dresden GmbH,
- Stadtwerke Duisburg AG,
- Stadtwerke Düsseldorf AG,
- Stadtwerke Flensburg GmbH,
- Städtische Werke Kassel AG,
- Stadtwerke Hannover AG,
- MVV Energie AG, Mannheim,
- Fernwärme Wien GmbH,
- Linz AG,
- Vattenfall Europe Berlin.

Badania prowadzono w identycznych warunkach.

Kształty elementów preizolowanych przedstawiono na rysunku 1, wymiary podano w tabeli 1. Przyporządkowanie średnic rur osłonowych do średnic rur stalowych odpowiada FW 401-3 lub szeregowi izolacyjnemu I producenta systemu.



**Rysunek 1.** Schematyczne przedstawienie badanych kształtek preizolowanych z rurą osłonową z tworzywa sztucznego ( $H$ ,  $L$ : wymiary deklarowane przez producenta)

a) Kolano preizolowane

b) Trójnik preizolowany

Producent/dostawca	Kolano preizolowane DN / $D_A$	Trójnik preizolowany	
		Rura główna DN / $D_A$	Rura odgałęźna DN / $D_A$
Brugg	50 / 125	100 / 200	50 / 125
German Pipe	50 / 125	80 / 160	50 / 125
Isoplus-H	100 / 200	100 / 200	50 / 125
Isoplus-S	50 / 125	100 / 200	50 / 125
KE Kelit	100 / 200	100 / 200	80 / 160
Logstor	50 / 125	100 / 200	50 / 125
Z.P.U.M.	50 / 125	100 / 200	50 / 125

DN : Średnica nominalna stalowej rury przewodowej

$D_A$  : Nominalna średnica zewnętrzna rury osłonowej z polietylenu

**Tabela 1.** Wymiary badanych kształtek preizolowanych

### 1.1 Dokumenty towarzyszące

Dostarczonym kształtkom preizolowanym nie muszą towarzyszyć żadne świadectwa materiałowe dla stalowych rur przewodowych. Można uzgodnić w poszczególnych kontraktach, że przy dostawie należy zamawiającemu wręczyć świadectwa materiałowe producenta.

Wraz z dostawą kształtek do FFI tylko dla ich części przekazano lub dostarczono w uzupełnieniu kopie odbiorowego świadectwa badania 3.1 wg normy EN 10204 dla stalowej rury przewodowej.

Dla trójników preizolowanych firma German Pipe przedłożyła odbiorowe świadectwa badania 3.1 dla rur stalowych i dla trójnika stalowego, a Z.P.U.M. dla rur stalowych.

Dla wszystkich innych badanych kształtek preizolowanych nie było świadectw materiałowych, lub nie można ich było przyporządkować.

Data produkcji, miejsce produkcji oraz dalsze informacje na kształtkach preizolowanych można było uzyskać tylko na zapytanie u producentów.

## 1.2 Oznakowanie

Oznakowanie musi być wykonane w sposób odpowiedni, który nie narusza funkcjonalnych właściwości płaszcza i jest odporne na wszystkie obciążenia podczas manipulowania, magazynowania i użytkowania.

### 1.2.1 Stalowa rura przewodowa

Stalowe rury przewodowe muszą być oznakowane zgodnie z normami EN 10216-2, EN 10217-1 lub -2. To znaczy, że przy średnicy zewnętrznej > 51 mm należy umieścić trwałe oznakowanie przynajmniej na jednym końcu rury stalowej.

Oznakowanie ewentualnie stosowanych kolan lub trójników stalowych nie jest wg EN 448 wymagane.

Oznakowanie, które znajdowało się na wolnych końcach rur stalowych w chwili dostawy, zostało naniesione przez »wybicie stemplem« lub poprzez »wrycie« (tabela 2).

Cecha	Kołano preizolowane							Trójnik preizolowany							
	Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.		Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.
Rury stalowe	-	U	-	+	(+)	+	+	H A	- C	U +	- -	U U	- -	U U	+

+ kompletne oznakowanie; (+) niekompletne oznakowanie; - brak oznakowania; A: rura odgałęźna, C: producent, tworzywo, kod; H: rura główna; U: zmiana oznakowania zakładu;

Tabela 2. Oznakowania na wolnych końcach rur stalowych w stanie przy dostawie

### 1.2.2 Rura osłonowa i kształtki preizolowane

Wg EN 448 producent rur osłonowych musi umieścić na nich następujące dane:

- Surowiec polietylenowy, albo jako nazwę handlową albo kodem,
- Tabela z wartościami MFR, które podaje dostawca surowca,
- Nominalna średnica i nominalna grubość ścianki rury osłonowej,
- Rok i tydzień produkcji (ewentualnie jako kod),
- Producent/znak producenta.

Wg EN 448 producent kształtek preizolowanych musi umieścić na rurach osłonowych następujące dane:

- Nominalna średnica i nominalna grubość ścianki rury osłonowej,
- Kąt gięcia (jeżeli występuje)
- Gatunek stali i symbol stali rury przewodowej
- Producent/znak producenta.
- EN 448,
- Rok i tydzień produkcji (ewentualnie jako kod).

Wg FW 401-4 producent kształtek preizolowanych musi umieścić dodatkowo na rurach osłonowych następujące dane:

- Nominalna średnica i nominalna grubość ścianki rury przewodowej,
- Numer radiogramu (zdjęcia rentgenowskie) z jednoznacznym odniesieniem do odpowiedniego połączenia spawanego na rurze stalowej (ewentualnie kod),
- Typ pianki z podaniem środka spieniającego (np. CO<sub>2</sub>, Pentan),
- Ułożenie przewodów przewodzących impulsy elektryczne w systemach nadzoru i lokalizacji usterek (w przypadku trójników).
- Miejsce produkcji (miejscowość).

Oznakowania, które znajdowały się na rurach osłonowych, wykonano za pomocą kolorowego wytłoczenia (tabela 3). Żadna z kształtek z rurą osłonową z tworzywa sztucznego nie spełniała wymagań dotyczących oznakowania; częściowo brakowało nawet istotnych informacji.

Ponieważ dla danych o dacie produkcji oraz producenta rur osłonowych i kształtek preizolowanych podano każdorazowo tylko jedną informację, należy przyjąć, że wszyscy producenci kształtek preizolowanych sami wyprodukowali zastosowane rury osłonowe.

Żaden z producentów nie umieścił na rurach osłonowych dodatkowych danych wymaganych wg FW 401-4.

Cecha	Kolana preizolowane							Trójnik preizolowany							
	Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.	Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.	
Surowiec polietylenowy	+	+	+	-	+	+	-	H A	- +	- +	+	- + <sup>c</sup>	+	+	- + <sup>c</sup>
Tabela wartości MFR	+	-	-	+	+	o	-	H A	- +	- +	-	+ <sup>c</sup>	-	+	- +
Nominalna średnica i nominalna grubość ścianki rur osłonowych	+	+	+	+	+	+	(+)	H A	- +	+	+	+ <sup>c</sup>	+	+	- +
Rok/tydzień produkcji rur osłonowych/kształtek preizolowanych	- <sup>c</sup>	-	-	- <sup>c</sup>	+ <sup>c</sup>	+	-	H A	- + <sup>c</sup>	-	-	- + <sup>c</sup>	+	+ <sup>c</sup>	- +
Producent/znak producenta rur osłonowych/kształtek preizolowanych	+	+	+	+	o	+	+	H A	- -	- +	+	+ <sup>c</sup>	+	+	- +
Kąt kolana (ewentualnie)	+	-	+	-	+	-	+	A	+	-	+	-	-	-	-
Cechy stali i jakość rury przewodowej	+	(+)	+	-	-	-	+	H A	+	(+)	+	+ <sup>c</sup>	+	+	+
Nominalna średnica i nominalna grubość ścianki rury przewodowej (na rurze osłonowej)	(+)	+	+	-	(+)	+	+		(+)	+	+	-	(+)	-	+
Przyporządkowanie radiogramów do połączeń spawanych	X	-	-	X	X	X	X		-	-	-	-	-	-	-
Typ pianki	-	-	-	-	+	-	+		-	-	-	-	+	-	+
Miejsce produkcji (słownie)	+	+	-	+	-	-	+		+	+	-	+	-	-	+
EN 448	-	-	-	-	+	-	+		-	-	+	-	+	-	+

+ : kompletne oznakowanie; (+) : niekompletne oznakowanie; o : tylko częściowo czytelne, - : brak oznakowania; <sup>c</sup> : kod; A : rura odgałęźna, H: rura główna; X : nie dotyczy

**Tabela 3. Oznakowanie kształtek preizolowanych**

### 1.3 Stalowa rura przewodowa

Wszystkie rury stalowe oraz kształtki ze stali, które stosowane są do produkcji kształtek preizolowanych, muszą być dostarczane do producentów elementów systemów preizolowanych przynajmniej z jednym odbiorowym świadectwem badania 3.1 wg normy EN 10204.

Producenci muszą dokumentować posiadanie świadectwa badań odbiorowych.

Na żądanie należy przekazać świadectwa badań odbiorowych klientowi lub zamawiającemu. Aby w obliczeniach statycznych rur móc przyjmować za podstawę podwyższone względem norm EN 10216-2, 10217-1, 10217-2 i 10253-2 granice plastyczności w podwyższonej temperaturze, w odbiorowym świadectwie badania musi znajdować się odniesienie do EN 253 lub do dawniejszej normy dla rur DIN 1616/1629.

Na temat przedłożonych świadectw materiałowych napisano w rozdziale 1.1.

#### 1.3.1 Jakość

Stosowany materiał musi odpowiadać normie EN 253:2003, tzn. dla rur stalowych jakości materiału P235GH. Po opublikowaniu normy EN 253/A2:2007 dopuszczono dla rur spawanych do DN 300 również jakość materiału P235TR1 i P235TR2. Po opublikowaniu normy EN 10253-2, która między innymi zastąpiła dotychczasowe normy DIN 2605 i 2615, należy używać dla kształtek stalowych jakości materiału P235GH lub P235TR2.

Dane dotyczące jakości stali, które znajdowały się na rurach, przedstawiono w tabeli 4 i tabeli 6.

Na kolanach preizolowanych Brugg, Isoplus-S, KE Kelit i Z.P.U.M. podano jakość stali. W przypadku kolan preizolowanych German Pipe i Isoplus-H rozpoznać można jakość rur stalowych, lecz nie jakość użytych kolan rurowych. Rury stalowe Isoplus-S i Z.P.U.M. oraz kolana z rur stalowych Isoplus-H oznakowane są również normą dotyczącą wyrobu. Uwagę zwraca użyta przez KE Kelit jakość rury stalowej S355 J2H (St52-3 N); nie jest ona wg EN 448 dopuszczalna.

Dane na temat jakości rur stalowych i ewentualnie złączy stalowych w trójnikach preizolowanych znajdują się na wyrobach Brugg, German Pipe (oprócz kolana przyspawanego 45°), Isoplus-H i Z.P.U.M., u KE Kelit można dowiedzieć się tylko o jakości stali trójnika. Oznakowanie normy dotyczącej rur stalowych znajduje się u Z.P.U.M. na rurze głównej i odgałęźnej, u German Pipe i Isoplus-H odpowiednie dane można znaleźć tylko na rurach odgałęźnych.

### 1.3.1.1 Kolana z rury stalowej

Minimalne grubości ścianki muszą odpowiadać grubości ścianki rur prostych. Wg EN 448 wymagana jest dla DN 50 minimalna grubość ścianki 2,9 mm, a wg FW 401 minimalna grubość ścianki 3,2 mm. Wymiary oznaczane są na końcach rury stalowej kolan.

Nominalne grubości ścianki u German Pipe - 3,2 mm (DN 50), Isoplus-S i Z.P.U.M. - 3,6 mm (DN 50), Isoplus-H - 3,6 mm (DN 100) oraz KE Kelit – 4,5 mm (DN 100) odpowiadają wartościom minimalnym wg FW 401 lub są wyższe. Minimalne grubości ścianki u Brugg i Logstor o wartości 2,9 mm (DN 50) sprostają wymaganiom EN 448, lecz nie wymaganiom minimalnym wg FW 401.

Tolerancje grubości ścianki i średnic na końcach kolan stalowych spełniają wymagania we wszystkich kolanach stalowych (tabela 4).

	Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.
Nominalna średnica (DN)	50	50	100	50	100	50	50
Sposób wykonania wg rysunku 2	a)	b)	b)	a)	a)	a)	a)
<b>Rura gięta na zimno</b> Norma dotycząca wyrobu*	b.d.	X	X	EN 10217-2	b.d.	EN 10217-1	EN 10216-2
Materiał *	P235 GH TC1	X	X	P235 GH TC1 A+1C	S355 J2H (St 52- 3 N)	P235 TR1 EW	P235 GH TC1 + N
Położenie szwu wzdłużnego w stosunku do płaszczyzny gięcia	X	X	X	- (75°)	X	- (75°)	X
Minimalna grubość ścianki	+	X	X	- (83 %)	- (59 %)	+	+
Owalizacja	+	X	X	+	+	+	+
Pofałdowanie	- (40 %)	X	X	+	+	+	+
Odchyłka od nominalnego kąta gięcia	+	X	X	+	+	+	+
<b>Kolano dospawane 90°</b>							
Norma dotycząca wyrobu*	X	b.d.	DIN 2605	X	X	X	X
Materiał *	X	St 35.8/l	St 35.8/l	X	X	X	X
Grubość ścianki	X	+	+	X	X	X	X
Średnica	X	+	+	X	X	X	X
Promień gięcia	X	+	+	X	X	X	X
<b>Rury stalowe</b> (do przedłużenia kolana stalowego)							
Norma dotycząca wyrobu*	X	b.d.	b.d.	X	X	X	X
Materiał *	X	P235	St37.0	X	X	X	X

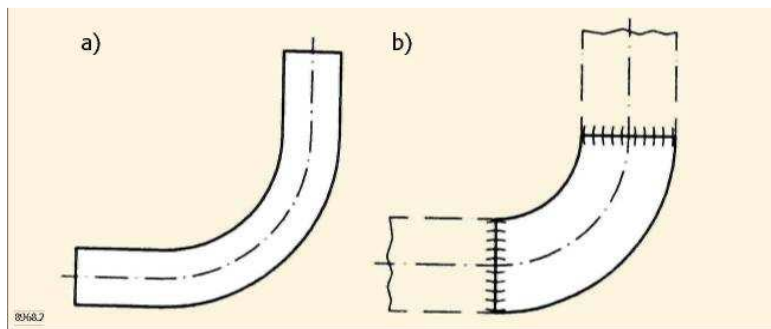
+ : wymagania spełnione; - wymaganie nie spełnione; \* : dane z rury stalowej lub o kształtki preizolowanej;  
b.d. : brak danych; X : nie dotyczy

**Tabela 4.** Sposób wykonania, jakość, wymiary i tolerancje kolan z rury stalowej

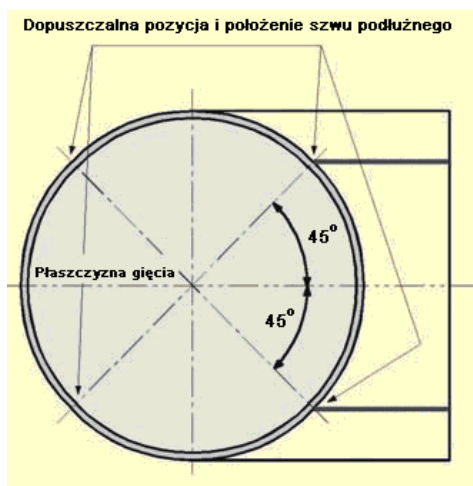
### 1.3.1.1.2 Kolana kształtowane na zimno

Kolana kształtowane na zimno należy wykonywać z rur bez szwu lub rur ze szwem wzdłużnym. W kolanach kształtowanych na zimno z rur ze szwem wzdłużnym szew musi znajdować się pod kątem 45° do płaszczyzny gięcia. Po wykonaniu zgięcia minimalna grubość ścianki zgiętej rury nie może wynosić mniej niż 85 % nominalnej grubości ścianki rury prostej. Maksymalna owalizacja powierzchni zgięcia nie może przekraczać 6 %. Na zginanej powierzchni nie mogą się tworzyć żadne fałdy. Fałdy mogą być dopuszczalne, jeśli największa wysokość pomiędzy najgłębszym i najwyższym punktem fałdy nie przekracza 25 % nominalnej grubości ścianki giętej rury.

W badaniu znajdowały się kształtki, które wykonano sposobami przedstawionymi na rysunku 2. Dopuszczalne położenie szwów w kolanach kształtowanych na zimno, które wykonano z rur stalowych ze szwem wzdłużnym, przedstawiono na rysunku 3.



**Rysunek 2.** Sposób wykonania kolan stalowych  
a) Kolana z rury stalowej kształtowane na zimno  
b) Kolana stalowe z przyspawanymi rurami stalowymi



**Rysunek 3.** Położenie połączeń spawanych w kolanach kształtowanych na zimno z rur stalowych ze szwem wzdłużnym

W kolanach z rury stalowej producentów Isoplus-S i Logstor szwy wzdłużne znajdują się poza dopuszczalnym położeniem, tzn. połączenia spawane znajdują się w obszarze, w którym podczas odkształcania kolana stalowego wskutek wydłużania pod wpływem temperatury występują duże naprężenia.

Grubości ścianki kolan stalowych u Brugg, Logstor oraz Z.P.U.M spełniają wymagania odnośnie minimalnej grubości ścianki. W przypadku kolan stalowych producentów Isoplus-S i KE Kelit granice tolerancji grubości ścianek nie zostały zachowane.

W kolanie stalowym producenta Brugg pofałdowanie z wartością 40% przekracza wyraźnie dopuszczalną wartość maksymalną.

### 1.3.1.1.3 Odchyłka od nominalnego kąta gięcia

Odchyłka od nominalnego kąta gięcia nie może przekraczać w badanych kolanach z rur stalowych  $\pm 2^\circ$ .

Wszystkie kolana z rur stalowych dotrzymywały odchyłek od nominalnego kąta gięcia.

### 1.3.1.2 Trójniki

Aby zagwarantować obciążenie trójników w praktycznej eksploatacji, w FW 401 odradza się stosowanie wersji trójnika preizolowanego z bezpośrednio wspawanym króćcem. Sposób wykonania trójników wg EN 448 przedstawiono w tabeli 5. Obciążenie statyczne jest najwyższe w rozgałęzieniach z kutymi trójnikami i najniższe w trójnikach z wspawanym króćcem.

Sposób wykonania	a)	b)	c)
Ilustracja			
Opis	Kuty trójnik z dospawanymi rurami stalowymi	Rura przelotowa z wyciągniętą szyjką	Bezpośrednio wspawany króćec
Zalecenia wg FW 401-4	+	+	-

**Tabela 5.** Sposób wykonania trójników stalowych

		Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.
Nominalna średnica (DN)	H A	100 50	80 50	100 50	100 50	100 80	100 50	100 50
Sposób wykonania wg tabeli 5		b) z 1	a) z 2	b) z 1	b) z 1	a) z 1	c) z 1 i 3	b) z 1
Rury stalowe (postać dostarczana)	H	bez szwu	bez szwu	ze szwem	bez szwu	ze szwem	ze szwem	bez szwu
	A	bez szwu	bez szwu	bez szwu	bez szwu	bez szwu	ze szwem	bez szwu
Norma dotycząca wyrobu	H	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	EN 10216-1
	A	b.d.	EN 10216-2	EN 10216-2	b.d.	b.d.	b.d.	EN 10216-2
Materiał *	H	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	P235 GH
	A	St37.0	P235 GH	P235 GH	b.d.	b.d.	b.d.	P235 GH
Kolano dospawane 45°				X	X	X	X	X
Norma dotycząca wyrobu		X	b.d.	X	X	X	X	X
Materiał *		X	b.d.	X	X	X	X	X
Trójnik								
Norma dotycząca wyrobu		X	b.d.	X	X	b.d.	X	X
Materiał *		X	St35.8/l	X	X	St35.8/l	X	X

\* : dane z rury stalowej lub z kształtki preizolowanej; H : rura główna; A : rura odgałęźna; b.d. : brak danych;  
X : nie dotyczy; 1 : rura odgałęźna – gięta na zimno; 2 : kolano 45° z przyspawanymi rurami stalowymi;  
3 : półformy dla wzmocnienia rury głównej

**Tabela 6.** Sposób wykonania i jakość stalowej rury przewodowej w trójnikach preizolowanych

### 1.3.2 Grubość ścianki i średnica

Wymagania dotyczące minimalnej grubości ścianki i średnicy, które wymieniono w rozdziale 1.3.1.1, muszą być spełnione również przez trójniki.

Wymiary i tolerancje grubości ścianki i średnicy zostały dotrzymane na wszystkich rurach stalowych, kolanach stalowych oraz stalowych trójnikach. W wyrobie Z.P.U.M. nominalna grubość ścianki rury głównej z wartością 4,0 mm lub rury odgałęźnej z wartością 3,6 mm jest większa, niż wymagana minimalna nominalna grubość ścianki 3,6 mm lub 2,9 mm (3,2 mm wg FW 401). Również w przypadku trójników German Pipe, KE Kelit, Isoplus-H i Isoplus-S grubości ścianki rury odgałęźnej z wartościami 3,2, 4,0, 3,2 i 3,6 mm odpowiadają wymaganej minimalnej nominalnej grubości ścianki 2,9 mm (3,2 mm wg FW 401) lub są wyższe.

#### 1.3.2.1 Rury stalowe

Tolerancje grubości ścianek i średnic rur stalowych na końcach spełniają wymagania normy.

#### 1.3.2.2 Trójniki kute

Trójniki kute German Pipe i KE Kelit odpowiadają wymaganiom dotyczącym grubości ścianek, średnicy i oznakowania.

#### 1.3.2.3 Trójniki spawane

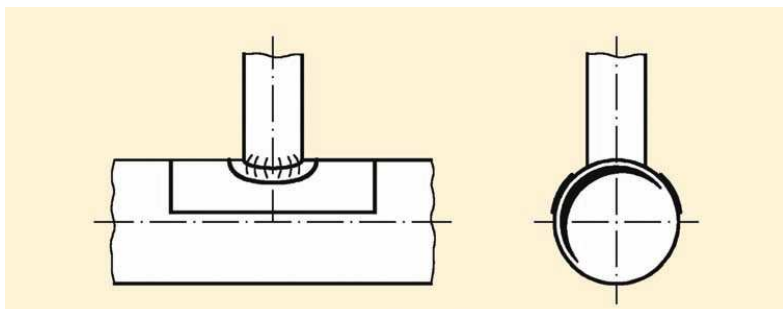
Trójniki spawane muszą być wykonane albo z zastosowaniem nasadki siodłowej, albo przez wyciągnięcie szyjki, do której dospawane zostaje odgałęzienie, lub poprzez bezpośrednie dospawanie odgałęzienia do rury głównej. Grubość ścianki szyjki musi odpowiadać przynajmniej grubości ścianki rury odgałęźnej. Kołnierz musi być wyciągnięty na stronie przeciwnej do strony ze szwem na rurze głównej.

Na trójnikach Brugg, Isoplus-H, Isoplus-S i Z.P.U.M. odgałęzienie wykonano poprzez wyciągnięcie kołnierza na rurze głównej.

Położenie szwu wzdłużnego na rurze głównej znajduje się u Isoplus-H naprzeciwko odgałęzienia. Wszyscy inni producenci stosowali rury stalowe bez szwów.

U Logstor rura odgałęźna wspawana jest bezpośrednio w rurę główną. Na rurze głównej przyspawana jest przerywanymi spoinami pachwinowymi płyta stalowa, dopasowana do średnicy zewnętrznej rury głównej (rysunek 4). Nie jest ona

zespawana z rurą odgałęźną, a zatem nie tworzy kołnierza wzmacniającego przeciw ciśnieniu wewnętrznemu. Za pomocą tego konstrukcyjnego rozwiązania powinna nastąpić z jednej strony kompensacja osłabienia rury głównej względem naprężeń osiowych, a z drugiej strony dobra elastyczna odkształcalność w obszarze rury odgałęźnej. Na podstawie aktualnego stanu dyskusji w gremium normatywnym CEN TC107/JWG1 nie można tego wykonania potwierdzić obecnie pod względem statycznym.



**Rysunek 4.** Wzmocnienie rury głównej w celu przejścia naprężeń wzdłużnych w trójniku Logstor

#### 1.3.2.4 Odchylenie kąta między rurą odgałęźną i rurą główną

Rury odgałęźne muszą łączyć się z rurą główną pod kątem prostym, przy czym odchylenie nie może wynosić więcej, niż  $\pm 2^\circ$ .

We wszystkich trójnikach kąty mieszczą się w dopuszczalnym zakresie.

#### 1.3.3 Połączenia spawane w kształtkach stalowych

Badanie wizualne powierzchni i badania radiograficzne należy przeprowadzić na całej długości połączeń spawanych i muszą one odpowiadać poziomowi jakości B (»wymagania ostre«) wg EN 25817:1992.

Badanie szczelności należy przeprowadzić za pomocą wody lub sprężonego powietrza.

Wszystkie spoiny doczołowe na trójnikach badano wizualnie zgodnie z EN 970 i radiograficznie zgodnie z EN 1435. Spoiny pachwinowe badano wyłącznie wizualnie. Niezgodności, które przekraczały dopuszczalne wartości graniczne, kwalifikowano jako wady.

Z 15 badanych połączeń spawanych na trójnikach tylko 6 połączeń spełniało wymagania. Odnosząc się do elementów trzeba nawet stwierdzić, że żaden z elementów nie zaliczył pozytywnie badania połączeń spawanych (tabela 7).

	Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.
Badanie wizualne (VT)	- (504)	- (502)	- (5013 502)	- (402)	- (5013 502)	- (503 602)	- (5013 502 602)
Badanie radiograficzne (RT)	+	+	+	- (4013)	- (2016 402 517)	niemożliwe do zbadania	+
Wynik ogólny	-	-	-	-	-	-	-
+ spełnione; - nie spełnione; Numery niezgodności wg ISO 6520-1: 2011 Pęcherz/porowatość 502 Nadlew spoiny – szew doczołowy 2016 Pęcherz podłużny/pęcherz kanalikowy 503 Nadlew spoiny – szew pachwinowy 4013 Przeklejenie graniowe 504 Wyciek 402 Brak przetopu 517 Niewłaściwe ponowne rozpoczęcie spawania 5013 Obustronne wklęsnięcie grani 602 Rozprysk							

**Tabela 7.** Wyniki badań spoin spawalniczych na trójnikach

Ponieważ połączenia spawane poddano tylko badaniu wizualnemu (spoiny pachwinowe) lub badaniu wizualnemu i radiograficznemu (spoiny doczołowe), to nie można ponadto wykluczyć, że w spoinach nie mogłoby być innych wad, na przykład brak wtopu, które byłoby trudno stwierdzić wybranymi metodami badań. Przykłady wykrytych niezgodności przedstawiono na rysunku 5. Jako szczególnie krytyczne należy traktować niezgodności wymienione w tabeli 8.

Techniczno-spawalnicze wykonanie trójnika Logstor nie pozwala zbadać niezgodności »sensownie« pod względem technicznym.





**Rysunek 5.** Przykłady niezgodności; a) (2011, 517) gniazdo pęcherzy, niewłaściwe ponowne rozpoczęcie spawania; b) (402) brak przetopu; c) (502) nadlew spoiny

Niezgodności wg ISO 6520-1	Określenie niezgodności	Problem	Przyczyna
2016	Pęcherz podłużny/pęcherz kanalikowy	Niebezpieczeństwo szczelności	<ul style="list-style-type: none"> <li>Niedostateczna sprawność manualna</li> <li>Zabrudzenia w obszarze spoinowanym</li> <li>Niedostateczna osłona gazowa</li> </ul>
402	Brak przetopu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Niebezpieczeństwo tworzenia się rys</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Niedostateczna sprawność manualna</li> </ul>
5013	Obustronne wklęsnięcie grani	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zagrożenie przez zwiększone działanie korozji</li> <li>Erozje</li> <li>Oslabienie przekroju poprzecznego spoiny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nieprawidłowe parametry spawania</li> <li>Nieprawidłowe przygotowanie spoiny</li> </ul>
502	Nadlew spoiny – spoina doczołowa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Skok sztywności w rurociągu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Niedostateczna sprawność manualna</li> </ul>
503	Nadlew spoiny – spoina pachwinowa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Niebezpieczeństwo tworzenia się rys</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nieprawidłowe parametry spawania</li> </ul>
504	Wyciek		

**Tabela 8.** Krytyczne niezgodności spawalnicze, problemy i przyczyny

### 1.3.4 Jakość i cechy powierzchni

Przed zapiankowaniem należy oczyścić zewnętrzną powierzchnię rur, aby była wolna od rdzy, zawałców, olejów, tłuszczów, kurzu, powłok malarskich, wilgoci i innych zanieczyszczeń. Przed czyszczeniem powierzchnia zewnętrzna rury musi odpowiadać stopniom skorodowania A, B lub C wg ISO 8501-1:1988; nie może być na niej korozji wżerowej.

W badaniu dokonano kontroli wizualnej powierzchni rur stalowych na wolnych końcach rur i po usunięciu pianki PUR na wszystkich elementach ze stalową rurą przewodową. Wyniki przedstawiono w tabeli 9. Nie stwierdzono korozji wżerowej.

	Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.
Kolano preizolowane	-	-	-	-	-	-	+
Trójnik preizolowany	-	(+)	-	-	-	-	+

+ : Powierzchnie wolne od rdzy, piaskowane; (+): Powierzchnie tylko częściowo wolne od rdzy; - : Powierzchnie nie są wolne od rdzy

**Tabela 9.** Jakość powierzchni stalowej rury przewodowej

### 1.4 Rura osłonowa z polietylenu

Minimalna grubość ścianki rury osłonowej przed zapiankowaniem musi wynosić 3,0 mm lub 3,2 mm (dla nominalnej średnicy zewnętrznej 200 mm).

Wszystkie rury osłonowe spełniają wymagania dotyczące średnicy i grubości ścianek.

#### 1.4.1 Gęstość i skład polietylenu

Odmienne od normy EN 253 gęstość badano na próbkach z zapiankowanych rur osłonowych z polietylenu. Wynikiem

badania była wartość średnia z pomiarów na trzech próbkach.

Gęstość rur osłonowych z polietylenu badano w wielu miejscach kształtek. Na wszystkich próbkach gęstość była powyżej wartości minimalnej 944 kg/ m<sup>3</sup>.

#### 1.4.1.1 Wskaźnik szybkości płynięcia

Aby ułatwić zgrzewanie kształtek z polietylenu producent musi podawać wskaźnik szybkości płynięcia MFR dla rur polietylenowych. Wskaźniki szybkości płynięcia przy zgrzewaniu rur polietylenowych mogą różnić się najwyżej o 0,5 g na 10 min.

Nie zbadano wskaźników szybkości płynięcia; dokonano jedynie sprawdzenia, czy wartość MRF (Melt Flow Rate) została podana na rurze osłonowej zgodnie z wymaganiami; patrz rozdział 1.2.2. Informacje podane na rurach osłonowych przedstawiono w tabeli 3 i w tabeli 10.

	Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.
Kolano preizolowane	005	b.d.	b.d.	005	005	o	b.d.
Trójkąt preizolowany	005*	b.d.	005*	MFR 005	b.d.	MFR 0,2-0,7*	MFR 003*

o : nie w pełni czytelne; b.d.: brak danych; \* : dane na rurze odgałęźnej

**Tabela 10.** Wskaźniki szybkości płynięcia podane na kształtkach preizolowanych

Jedynie u Brugg, Isoplus-S i Logstor wymagane informacje znajdowały się zarówno na kolanach preizolowanych, jak i na trójkątach. U Isoplus-H, KE Kelit i Z.P.U.M. informacja znajdowała się na jednej z kształtek preizolowanych. U German Pipe nie było żadnych danych. Wraz z informacją MFR 0,2-0,7 podawany jest wg EN ISO 1133 bezpośrednio wskaźnik szybkości płynięcia w g/10 min w warunkach badawczych T (5 kg, 190 °C). Podane informacje 003 lub 005 odnoszą się do grupy wskaźnika płynięcia MFR wg DIN 16776-1. Przykładowo grupa wskaźnika płynięcia 005 odpowiada wskaźnikowi szybkości płynięcia 0,4 – 0,7 g/10 min.

#### 1.4.1.2 Wytrzymałość termiczna

Nie można było przeprowadzić tego badania na kształtkach preizolowanych.

#### 1.4.1.3 Długookresowe zachowanie mechaniczne surowców

Nie można było przeprowadzić tego badania na kształtkach preizolowanych.

#### 1.4.1.4 Zastosowanie opracowanego materiału

Nie można było przeprowadzić tego badania na kształtkach preizolowanych.

### 1.4.2 Właściwości rury osłonowej z polietylenu

#### 1.4.2.1 Średnica i grubość ścianki

Średnica zewnętrzna rury osłonowej z polietylenu w każdym punkcie musi znajdować się w przedziale między średnicą minimalną (nominalna średnica zewnętrzna), a dopuszczalnym wzrostem średnicy po wypiankowaniu (ø125-132, ø160-168, ø200-206). Minimalna grubość ścianki rury osłonowej z polietylenu musi wynosić w każdym punkcie przynajmniej 3,0 lub 3,2 mm (nominalna średnica zewnętrzna 200).

Tolerancje średnic zewnętrznych znajdują się we wszystkich kształtkach preizolowanych wyraźnie poniżej dopuszczalnych wartości granicznych.

Grubości ścianek wszystkich kształtek preizolowanych spełniają wymagania minimalne; w większości kształtek zmierzono wyraźnie grubsze ścianki (tabela 11). Mogłoby to stanowić produkcyjno-techniczną zaletę, jak wytrzymałość na ciśnienie podczas piankowania i jakość połączeń zgrzewanych metodą doczołową.

Nominalna średnica zewnętrzna $D_A$ w mm	Minimalna grubość ścianki		Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.
125	3,0	B	+ (>5)	+ (>4)	+	+ (>4)	+	+ (>4)	+ (>4)
		T	+ (>5)	+ (>4)	+ (>4)	+ (>4)	+	+ (>4)	+ (>3,2)
160	3,0	B	+	+	+	+	+ (>3)	+	+
		T	+	+ (>4)	+	+	+	+	+
200	3,2	B	+	+	+ (>4)	+	+ (>3,2)	+	+
		T	+ (>6)	+	+ (>4)	+ (>4)	+ (>5)	+ (>5)	+

+ : wymagania spełnione; B : kolano preizolowane; T : trójnik preizolowany

**Tabela 11.** Grubości ścianek rur osłonowych z polietylenu

#### 1.4.2.2 Wygląd, jakość powierzchni, końce rur

Powierzchnie wewnętrzne i zewnętrzne rur osłonowych wytłaczanych z polietylenu muszą być czyste i nie mogą wykazywać żadnych nierówności lub innych uszkodzeń, które utrudniałyby zastosowanie zgodnie z przeznaczeniem. Końce rur muszą być ucięte starannie i pod kątem prostym do osi rury z tolerancją 2,5°. W oparciu o normę EN 253 powierzchnie zewnętrzne rur preizolowanych poddano badaniu wizualnemu bez posilkowania się powiększeniem.

Wygląd, jakość powierzchni oraz końce rur osłonowych na wszystkich kształtkach odpowiadały wymaganiom.

#### 1.4.2.3 Wydłużenie przy zerwaniu

Wydłużenie przy zerwaniu w próbie rozciągania musi wynosić przynajmniej 350 % i należy je wyznaczyć dla posiadanych średnic rur osłonowych każdorazowo na 5 próbkach. Próbkę należy wyciąć w kierunku osi dłuższej i powinny być równomiernie rozłożone na obwodzie rury osłonowej na tym samym przekroju poprzecznym.

5 próbek, wyciętych każdorazowo na jednym przekroju poprzecznym, spełniło wymagania we wszystkich kształtkach.

#### 1.4.2.4 Zmiany po obróbce cieplnej

Nie można było przeprowadzić tego badania na kształtkach preizolowanych.

#### 1.4.2.5 Długookresowe zachowanie mechaniczne płaszcza osłonowego

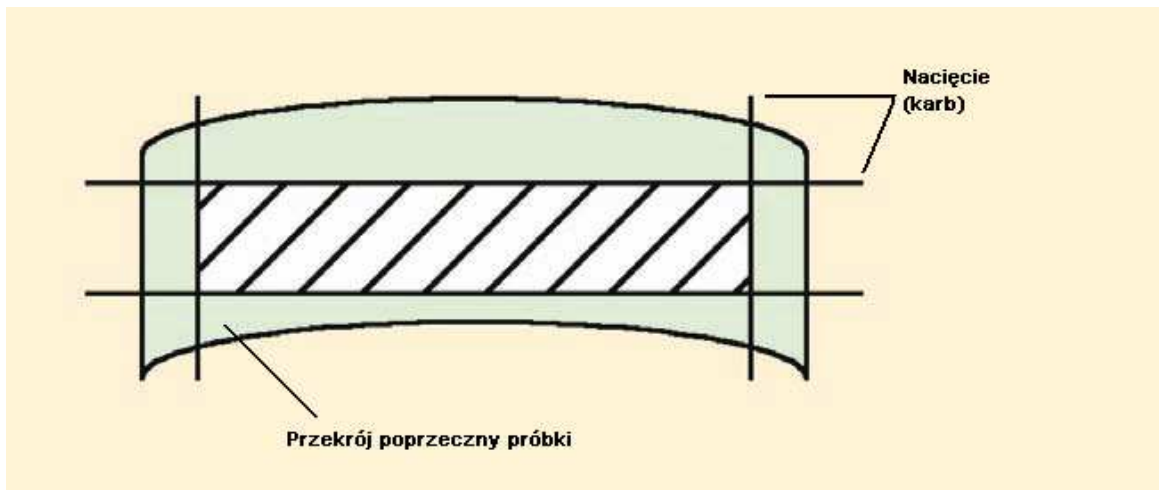
Z powodu ograniczonych środków finansowych na to badanie zrezygnowano z badania długookresowego zachowania mechanicznego (CLT – Constant Load Test).

Z wyników z badania rur prostych [2] można wywieść, że równoważną opinię można uzyskać również w czasowo krótszej próbie mającej na celu ustalenie wytrzymałości na pęknięcie naprężeniowe (FNCT).

#### 1.4.2.6 Odporność na działanie karbu przy stałym obciążeniu

W badaniu odporności na działanie karbu przy stałym obciążeniu (FNCT – Full Notch Creep Test) badano cztery próbki w temperaturze 80 °C pod stałym naprężeniem rozciągającym 4 MPa w wodnym roztworze z 2% zawartością tlenku. Próbkę wycięto w kierunku podłużnym z miejsc na tym samym przekroju poprzecznym równomiernie rozłożonych na obwodzie rury osłonowej z polietylenu. Próbkę zaopatrzono w nacięcie na obwodzie, które z powodu kształtu próbki było różnej głębokości (rysunek 6). Przedział czasu do chwili zawiedzenia dla wszystkich próbek nie może być krótszy niż 300 h.

Podobnie jak podczas badania rur prostych wystąpiły wyraźne różnice jakości (tabela 12). Podczas gdy Logstor we wszystkich próbkach oraz Brugg z wyjątkiem jednej próbki uzyskały wyniki pozytywne, to w przypadku German Pipe i KE Kelit należy stwierdzić, że rury osłonowe lub tworzywa polietylenowe zastosowane do kolan lub trójników prawdopodobnie pochodziły z różnych źródeł. U Isoplus-H i Isoplus-S wymagań nie spełniła żadna próbka, a u Z.P.U.M. tylko jedna próbka spełniła wymagania. Ponieważ przygotowanie i przeprowadzenie badania na wszystkich próbkach wykonano jednakowo, to należy wykluczyć istotny wpływ na wyniki.



**Rysunek 6.** Ilustracja zasady wykonania nacięć na przekroju próbki pobranej z rury osłonowej z PE.

	Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.
Kolano	+ (4/4)	- (0/4)	- (0/4)	- (0/4)	- (0/4)	+ (4/4)	- (1/4)
Trójnik	- (3/4)	+ (4/4)	- (0/4)	- (0/4)	+ (4/4)	+ (4/4)	- (0/4)
+ : spełnione; - : nie spełnione; 0/4: 0 z 4 próbek spełniło wymagania							

**Tabela 12.** Wyniki badania FNCT na rurach osłonowych z polietylenu

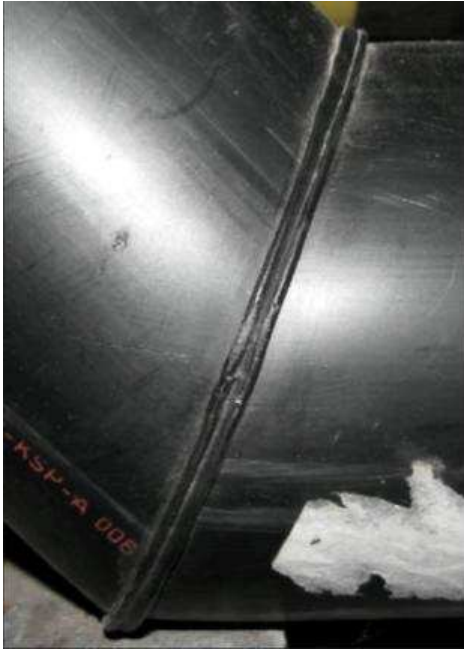
### 1.5 Połączenia zgrzewane polietylenu

Nieniszczące metody badawcze oraz badania krótkookresowe powodujące zniszczenie pozwalają tylko na ograniczoną opinię o jakości spoin zgrzewanych w przypadku połączeń zgrzewanych polietylenu. Jedynie próby żywotności wg np. DVS 2207-5 pozwalają na wypowiedzi dotyczące wyznaczenia długookresowego czynnika spoinowego. Ponieważ badania długookresowe połączeń zgrzewanych polietylenu nie są przewidziane w EN 448, i z drugiej strony oznaczają również odpowiedni nakład finansowy, wobec tego nie przeprowadzono badań w celu wyznaczenia długoczasowych współczynników spoina.

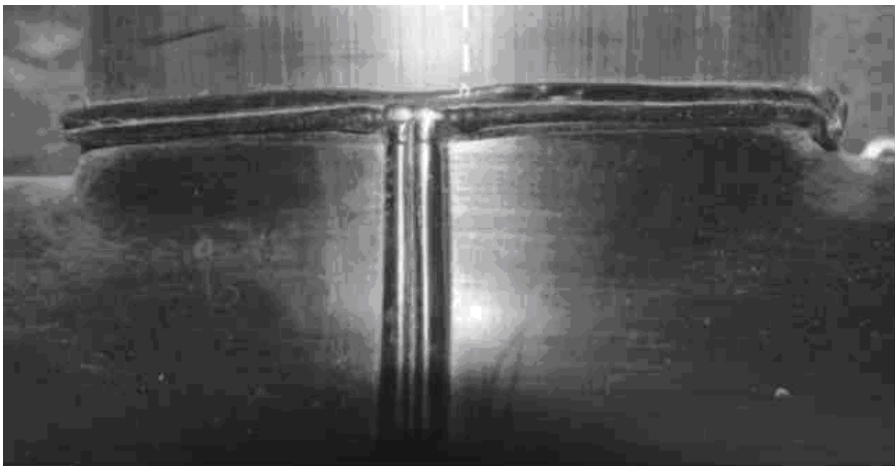
#### 1.5.1 Wygląd zewnętrzny

Wymagania dotyczące wyglądu zewnętrznego dla stosowanych fabrycznie metod zgrzewania doczołowego i w strumieniu gorącego gazu są wymienione w EN 448.

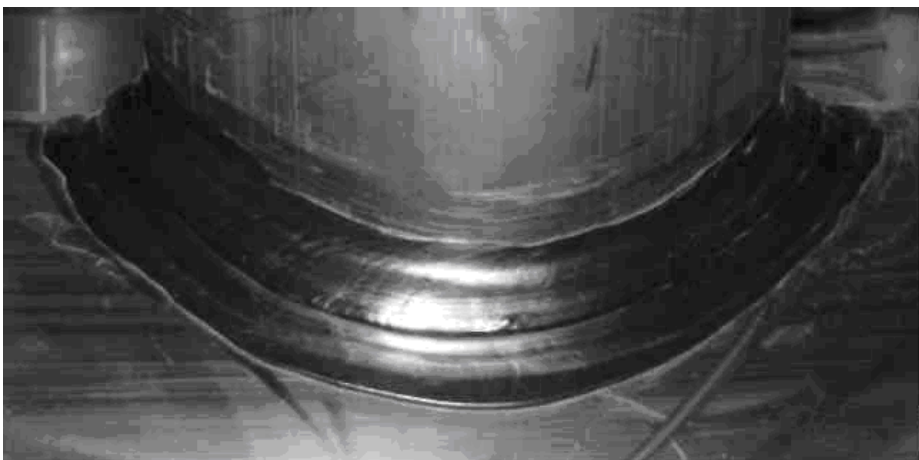
Żadna kształtka preizolowana nie spełniła wymagań dotyczących wyglądu zewnętrznego we wszystkich obszarach połączeń spawanych (rysunek 7). Na trójnikach KE Kelit i Logstor płaszcz polietylenowy rury głównej zaopatrzony jest w »wyciągniętą szyjkę«, aby rurę osłonową odgałęzienia można było zgrzać metodą doczołową (rysunek 8). W innych trójnikach rura osłonowa odgałęzienia zostaje połączona za pomocą obwodowej spoiny pachwinowej do płaszcza rury głównej (metoda zgrzewania w strumieniu gorącego gazu) (rysunek 9).



**Rysunek 7.** Połączenie zgrzewane metodą doczołową na kolanie preizolowanym



**Rysunek 8.** Połączenie zgrzewane metodą doczołową na trójniku preizolowanym



**Rysunek 9.** Połączenie zgrzewane w strumieniu gorącego gazu na trójniku preizolowanym

### 1.5.2 Próba zginania

W próbie zginania połączeń zgrzewanych doczołowych zbadano 6 próbek z tych samych spoin zgrzewanych. Aż do osiągnięcia minimalnego kąta zgięcia – dla grubości ścianek będących w dyspozycji rur osłonowych z polietylenu wynosi on  $160^\circ$  - w spoinie nie mogą wystąpić żadne rysy i pęknięcia.

Próbę zginania przeprowadzono każdorazowo na jednym połączeniu zgrzewanym na kolanach preizolowanych i trójkach. Wszystkie próbki z badanych połączeń zgrzewanych doczołowo spełniły wymagania.

Nie przeprowadzono próby zginania na połączeniach zgrzewanych w strumieniu gorącego gazu.

### 1.5.3 Krótkookresowa próba rozciągania

W krótkookresowej próbie rozciągania wyznaczany jest wg DVS 2207-5 krótkoczasowy współczynnik spoinienia. W tym celu ustala się na 4 próbkach z tych samych połączeń zgrzewanych lub z tego samego przekroju poprzecznego niezgrzanego obszaru rury osłonowej (próbki odniesienia) siły zrywające w chwili zrywania próbek. Z wartości średnich sił zrywających próbki zgrzane i próbki niezgrzane wyznaczany jest krótkoczasowy współczynnik spoinienia. W metodzie doczołowej krótkoczasowy współczynnik spoinienia musi wynosić przynajmniej 0,9, a w metodzie zgrzewania strumieniem gorącego gazu przynajmniej 0,8.

Na wszystkich kształtkach wyznaczono krótkoczasowy współczynnik spoinienia dla połączeń zgrzewanych doczołowo.

Wyniki wynosiły od 0,84 do 1,21 (tabela 13). Brugg i Isoplus-S nie spełniły minimalnych wymagań każdorazowo na jednej kształtce preizolowanej.

	Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Keltit	Logstor	Z.P.U.M.
Kolano	+ (0,97)	+ (1,02)	+ (1,00)	- (0,84)	+ (0,95)	+ (0,95)	+ (1,21)
Trójk	- (0,85)	+ (0,95)	+ (0,96)	+ (1,11)	+ (0,92)	+ (0,95)	+ (0,94)

+ : wymagania spełnione ( $f_z \geq 0,9$ ); - : wymagania nie spełnione; (0,97) : wyznaczony krótkoczasowy współczynnik spoinienia

**Tabela 13.** Wyniki krótkoczasowego współczynnika spoinienia ( $f_z$ ) w próbie rozciągania dla metody zgrzewania doczołowego

## 1.6 Izolacja ze sztywnej pianki PUR

### 1.6.1 Skład

Wybór surowców, ich skład i warunki produkcji leżą w zakresie odpowiedzialności producenta zespołów rurowych. Producent musi przechowywać dokumenty, które dokumentują użyte surowce, zastosowane proporcje mieszania i przeprowadzone badania.

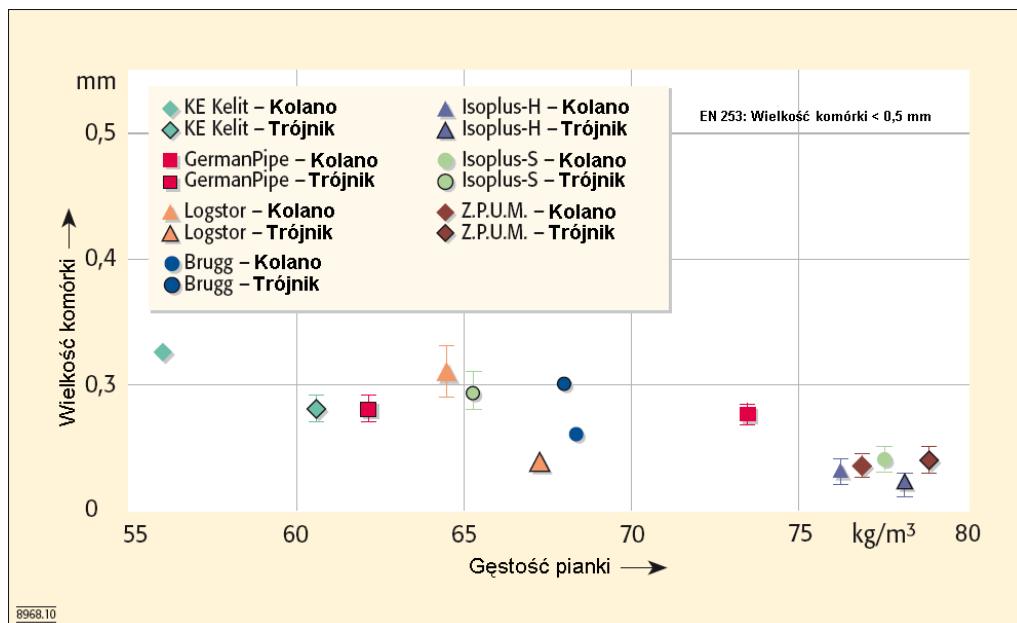
Od producentów nie zażądano potwierdzenia spełnienia tych wymagań.

### 1.6.2 Struktura komórkowa

Sztywna pianka PUR musi posiadać jednolitą strukturę bez skaz. Wymiar przeciętnej komórki w kierunku promieniowym musi wynosić  $<0,5$  mm. Wymiar ten uzyskuje się jako iloraz z odcinka mierzącego 10 mm, który leży w kierunku promieniowym w środku izolacji i liczby komórek policzonych wzdłuż mierzonego odcinka. Wyznaczana i podawana jest średnia wartość z pomiarów na trzech próbkach. Stosunek komórek otwartych do zamkniętych należy wyznaczyć na szóstanie o długości krawędzi 25 mm. Zawartość komórek zamkniętych musi stanowić przynajmniej 88%.

We wszystkich kształtkach preizolowanych wymagania dotyczące struktury komórek zostały spełnione.

Wszystkie kształtki spełniły wymagania odnośnie wielkości komórek (rysunek 10). Rozrzut wielkości komórek na każdy przekrój poprzeczny i kształtkę jest niewielki i porównywalny z wynikami badań dla prostych rur preizolowanych z rurą osłonową z tworzywa sztucznego [1]. Nie badano zawartości komórek zamkniętych.



Rysunek 10. Wielkości komórek izolacji ze sztywnej pianki PUR

### 1.6.3 Gęstość pianki

W celu badania gęstości pianki pobiera się trzy próbki, równomiernie rozłożone na obwodzie, ze środka na promieniu izolacji. Każdy sześciąt musi posiadać wymiary 30 mm x 30 mm x t, przy czym t jest maksymalną możliwą grubością, która nie może jednak przekroczyć 30 mm. Gęstość każdej próbki musi wynosić przynajmniej 60 kg/m<sup>3</sup>.

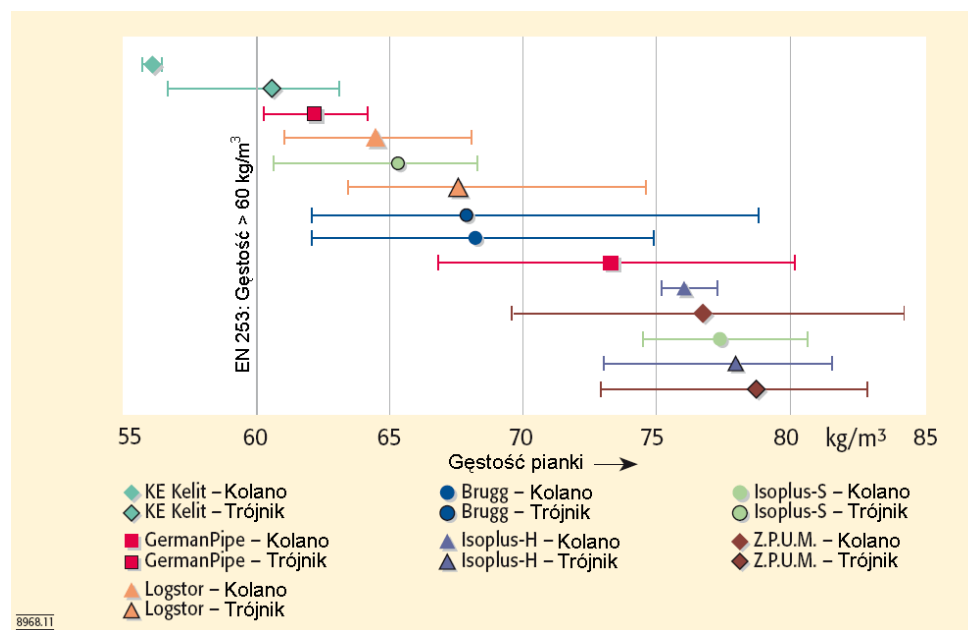
W ramach tego badania wyznaczano gęstość pianki na wszystkich kolanach preizolowanych na dwóch przekrojach poprzecznych, a na trójnikach na trzech przekrojach poprzecznych.

W kolanach KE Kelit gęstości pianki były dla obu przekrojów i dla jednego przekroju na trójniku poniżej wartości minimalnej.

Wszystkie inne kształtki preizolowane spełniły wymagania. Rysunek 11 ilustruje, że rozrzut średniej gęstości pianki dla każdej kształtki wynosi do 30 kg/m<sup>3</sup>. W porównaniu do wyników rur produkowanych w sposób nieciągły rozrzut jest ogółem wyraźnie większy [1].

Podczas, gdy producenci jak KE Kelit dążą najwidoczniej, aby ustawić gęstość pianki w obszarze minimalnych wymagań, to inni producenci, jak Isoplus-H i Z.P.U.M. wysuwają na pierwszy plan bezpieczne sprostanie naprężeniom ściskającym, które występują podczas użytkowania sieci.

Na ilustracji wyników rozdziału 1.6 przedstawiono parametry właściwości w zależności średnich wartości arytmetycznych gęstości pianki.



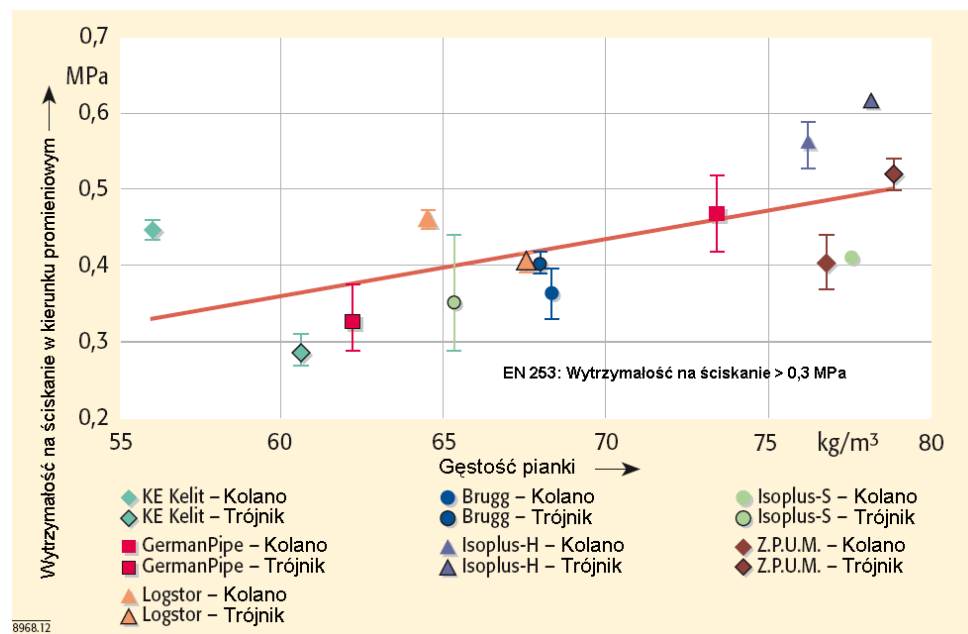
Rysunek 11. Gęstość pianki

#### 1.6.4 Wytrzymałość na ściskanie

Wytrzymałość na ściskanie w kierunku promieniowym wyznaczana jest na sześciacie o wymiarach  $30\text{ mm} \times 30\text{ mm} \times t$ . Przy tym  $t$  jest możliwie największym wymiarem w kierunku promieniowym do osi podłużnej, maksymalnie jednak  $20\text{ mm}$ . Naprężenie ściskające każdego sześciangu nie może wynosić w kierunku promieniowym mniej niż  $0,3\text{ MPa}$  przy  $10\%$  odkształcenia względnego.

Na wszystkich kształtkach wyznaczano naprężenie ściskające w dwóch (kolana preizolowane) lub trzech (trójniki preizolowane) przekrojach poprzecznych.

W dwóch przekrojach poprzecznych trójników KE Kelit oraz każdorazowo w jednym przekroju poprzecznym trójnika German Pipe i Isoplus-S wymagania nie zostały spełnione. We wszystkich innych kształtkach wymagania zostały spełnione. Wraz ze wzrastającą gęstością zwiększa się zgodnie z tendencją również wytrzymałość na ściskanie (rysunek 12).



Rysunek 12. Wytrzymałość na ściskanie w kierunku promieniowym

#### 1.6.5 Chłonność wody

Chłonność wody wyznaczana jest na 3 sześciangach o krawędzi  $25\text{ mm}$ , pobranych równomiernie z obwodu. Próbki o masie wyjściowej  $m_0$  zanurzane są przez  $90\text{ minut}$  w gotującej wodzie, a następnie schładzane przez  $1\text{ h}$  w pojemniku z wodą o temperaturze  $23\text{ °C}$ . Woda na powierzchni sześciangu usuwana jest w sposób zdefiniowany, zanim wyznaczona zostanie masa  $m_1$ . Chłonność wody nie może przekraczać  $10\%$  objętości wyjściowej. Wynikiem badania jest wartość średnia z pomiarów na trzech próbkach.

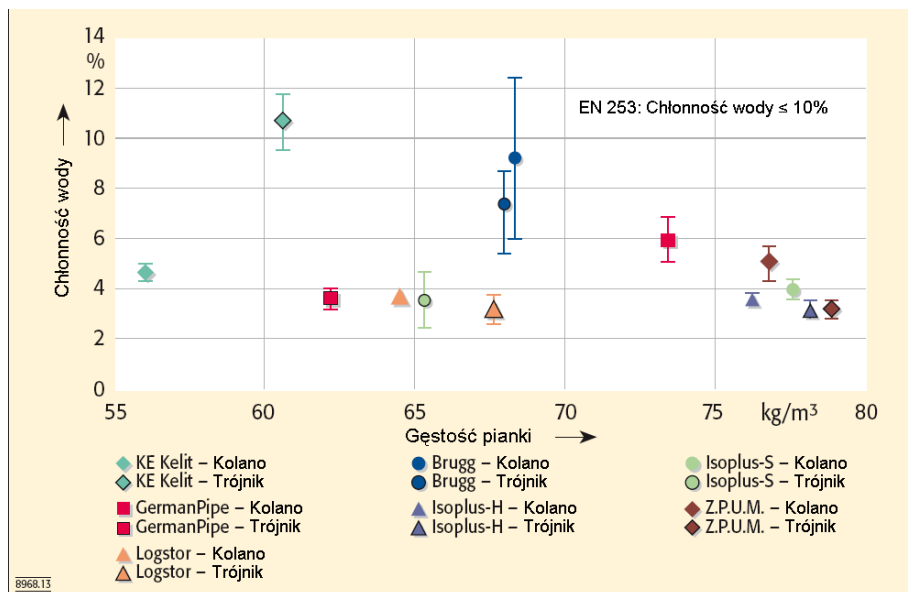
Chłonność wody wyznaczano na wszystkich kształtkach preizolowanych na dwóch (kolana preizolowane) lub na trzech (trójniki preizolowane) przekrojach poprzecznych.

Badanie to w sposób porównywalny i prosty pozwala na pierwszą jakościową ocenę sztywnej pianki PUR. Jeśli wartości chłonności wody są wyraźnie poniżej  $10\%$ , to można oczekiwać wystarczającej jakości. Jeśli wartości znajdują się powyżej tej granicy, to można spodziewać się problemów z innymi właściwościami.

W przypadku trójnika KE Kelit średnie wartości dla dwóch przekrojów oraz w przypadku kolana preizolowanego Brugg w jednym przekroju poprzecznym znajdują się powyżej wartości granicznych. Wszystkie inne kształtki preizolowane spełniają wymagania (rysunek 13).

W porównaniu z badaniami na prostych rurach preizolowanych rozrzut wyników jest wyraźnie większy. Zgodnie z tendencją wyniki badań wykazują wartości, które są wyraźnie wyższe, niż chłonność wody prostych odcinków rur preizolowanych [1].





Rysunek 13. Chłonność wody

### 1.6.6 Spodziewany czas wytrzymałości na temperaturę i długookresowa wytrzymałość temperaturowa

Wyznaczenie czasu wytrzymałości na temperaturę przeprowadza się zgodnie z EN 448 na prostych odcinkach rur preizolowanych, które produkowane są na tym samym systemie piankowym. Badania tego nie można przeprowadzić na będących w dyspozycji kształtkach preizolowanych.

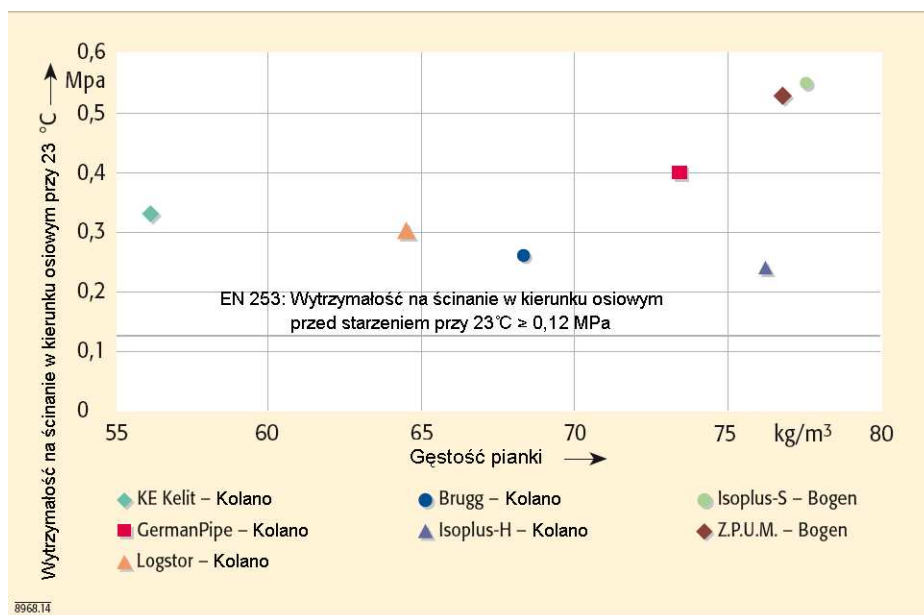
### 1.6.7 Wytrzymałość na ścinanie

Wytrzymałość na ścinanie jest zdolnością do stawienia oporu sile ścinającej pomiędzy rurą osłonową z polietylenu i stalową rurą przewodową, tzn. do stawienia oporu obciążeniom ścinającym w kierunku osiowym bez zniszczenia zespolenia, które powstają wskutek zmian temperatury wody grzewczej w czasie eksploatacji sieci. Zarówno w stanie przed starzeniem, jak i po starzeniu należy wykazać w badaniu w temperaturze pokojowej wytrzymałość na ścinanie w kierunku osiowym  $T_{ak,23°C} \geq 0,12$  MPa, a w badaniu przy  $140\text{ °C}$   $T_{ak,140°C} \geq 0,08$  MPa.

W przypadku kolan i trójników preizolowanych dominują w czasie eksploatacji sieci najczęściej obciążenia ściskające w kierunku promieniowym z powodu przesunięć w obszarach poślizgowych.

Ponieważ wykonanie badania wytrzymałości na ścinanie zgodnie z normą nie jest możliwe na będących w dyspozycji kształtkach preizolowanych, wytrzymałość na ścinanie w kierunku osiowym wyznaczono przy temperaturze  $23\text{ °C}$  na próbce z jednego obszaru końcowego kolan preizolowanych.

Wszystkie wyniki były powyżej wymaganej wartości minimalnej (rysunek 14).



Rysunek 14. Wytrzymałość na ścinanie w kierunku osiowym

### 1.6.8 Przewodność cieplna w stanie przed starzeniem

Na będących w dyspozycji kształtkach preizolowanych nie można było przeprowadzić badania przewodności cieplnej zgodnie z normą.

## 1.7 Zespół kształtek rurowych

### 1.7.1 Końce kształtek

#### 1.7.1.1 Końce rur przewodowych

Końce rur stalowych muszą być przygotowane do spawania w warunkach budowy i nie posiadać izolacji termicznej na długości co najmniej 150 mm. W odniesieniu do podawanych przez producentów wymiarów nominalnych (deklaracje) wolnych końców rur stalowych przyjmuje się w oparciu o normę EN 253 jako dopuszczalną tolerancję  $\pm 10$  mm. Wg FW 401-3 wymagane są wolne końce rur przewodowych o długości  $200 \pm 50$  mm.

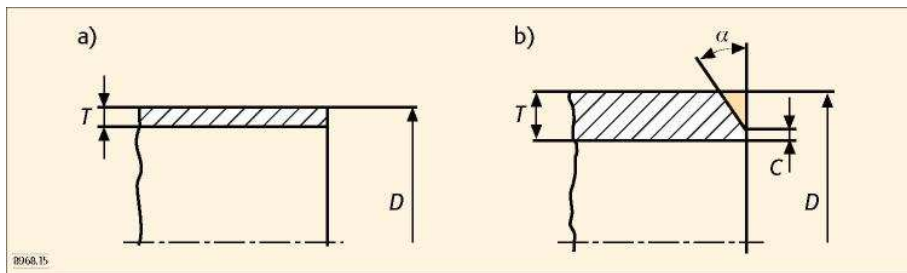
Przygotowanie końców kształtek preizolowanych do spawania należy wykonać wg ISO 6761:1981 (rysunek 15).

Wyniki badania podsumowano w tabeli 14. W przypadku »prawdopodobnie« ciętych rur stalowych i przygotowanych do spawania przez producenta trójniki preizolowane Brugg, Isoplus-S i Logstor posiadały niedostateczną geometrię.

Wszystkie końce rur stalowych były zaopatrzone do transportu i magazynowania w nakładki ochronne.

Wolne końce rur stalowych w kształtkach German Pipe, Isoplus-H, Isoplus-S oraz Z.P.U.M. były pokryte powłoką w rodzaju tłuszczu, lakieru lub wosku. W przeciwieństwie do nich wolne końce rur stalowych w kształtkach Brugg, KE Kelit oraz Logstor nie posiadały żadnej powłoki na powierzchni zewnętrznej.

Kolana preizolowane Brugg i trójniki preizolowane KE Kelit nie spełniają wymagań dotyczących wolnych końców rur wg EN 448 i FW 401 (tabela 15).



Rysunek 15. Przygotowanie końców rur w kształtkach do spawania wg ISO 6761:1981

a) Prosto cięte końce rur przy grubości ścianek  $\leq 3,2$  mm

b) Końce rur ukosowane przy grubości ścianki  $3,2\text{ mm} < T \leq 22,2\text{ mm}$ ;  $\alpha = 30-35^\circ$ ; wysokość progu  $c = 1,6 \pm 0,8$  mm

		Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.
Kolano preizolowane		+ (2,9)	+ (3,2)	+ (3,6)	+ (3,6)	+ (4,5)	+ (2,9)	+ (3,6)
Trójnik preizolowany	H	G (3,6)	+ (3,2)	+ (3,6)	G (3,6)	+ (3,6)	G (3,6)	+ (4,0)
	A	+ (2,9)	+ (3,2)	+ (3,2)	G (3,6)	+ (4,0)	+ (2,9)	+ (3,6)

+ : wymagania spełnione; A : rura odgałęźna; G: niedostateczna geometria ukosowania; H : rura główna; (2,9) : nominalna grubość ścianki

Tabela 14. Przygotowanie końców rury stalowej do spawania

		Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.
Zmierzona długość wolnych końców rury stalowej	B	- (140 143)	+ (204 206)	+ (211 214)	+ (227 230)	+ (155 173)	+ (203 204)	+ (155 156)
	T	+ (153 157 165)	+ (195 199 201)	+ (153 216 222)	+ (192 201 202)	- (145 155 161)	+ (203 208 215)	+ (153 160 165)

+ : wymagania spełnione; - : wymagania nie spełnione; (140, 143) : zmierzone długości wolnych końców rur stalowych; B : kolano preizolowane; T : trójnik preizolowany

Tabela 15. Długości wolnych końców rur przewodowych w mm

### 1.7.1.2 Odchylenia od współosiowości

Odległość między linią środkową rury przewodowej i płaszczem osłonowym na końcach kształtek nie może przekraczać 3,0 mm lub 5,0 mm (nominalna średnica zewnętrzna rury osłonowej 200 mm).

Wszystkie kształtki spełniają wymagania z nieznacznym odchyleniem od współosiowości.

### 1.7.1.3 Odchylenia kątowe rury przewodowej względem płaszcza osłonowego

Odchylenie kątowe końców rur przewodowych pozbawionych izolacji i płaszczem nie może przekraczać 2° na długości 100 mm licząc od końca rury.

Wszystkie kształtki zespołów rurowych spełniają wymagania przy odchyleniu kąta <1°.

### 1.7.1.4 Kąt między segmentami płaszcza osłonowego oraz minimalna długość wolnych końców rur osłonowych

Maksymalny kąt między dwoma stykającymi się segmentami płaszcza kolana nie może przekraczać 45°. Oznacza to, że dla kąta zgięcia kolana 45° konstrukcja rury osłonowej musi być wykonana z co najmniej dwóch segmentów (jedno połączenie zgrzewane doczołowo), a przy kącie zgięcia kolana 90° z co najmniej trzech segmentów (dwa połączenia zgrzewane doczołowo).

Długość końców kształtek preizolowanych pozbawionych płaszcza osłonowego nie może wynosić mniej niż 200 mm.

Producenci Brugg, KE Kelit oraz Logstor wykonywali segmentowane kolana z minimalną możliwą liczbą segmentów (tabela 16). Może to, jak w przypadku kolana preizolowanego KE Kelit i trójnika Logstor, prowadzić do tego, że minimalna grubość izolacji termicznej nie zostanie osiągnięta. W przypadku minimalnej liczby segmentów może zostać przekroczony ze względu na tolerancję podczas produkcji również maksymalny dopuszczalny kąt 45° pomiędzy segmentami w kolanach 90°, jak w kolanach Brugg i Logstor.

German Pipe, Isoplus-H, Isoplus-S oraz Z.P.U.M. stosują w kolanach z segmentowanymi rurami osłonowymi więcej segmentów, niż to minimalnie konieczne. Dzięki temu z całą pewnością spełnione zostają wymagania dotyczące maksymalnego dopuszczalnego kąta i grubości izolacji termicznej.

Wszystkie kształtki preizolowane posiadają wystarczającą długość wolnych końców rur osłonowych.

		Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.
Nominalna średnica zewnętrzna	B	125	125	200	125	200	125	125
Liczba segmentów kolana (kolano 90°)		3	4	4	4	3	3	4
Kąt między segmentami		-	+	+	+	+	-	+
Minimalna długość końców rury osłonowej		+	+	+	+	+	+	+
Minimalna grubość izolacji termicznej		+	+	+	+	<50 %	+	+
Nominalna średnica zewnętrzna	T	125	125	125	125	160	125	125
Liczba segmentów kolana (kolano 45°)		2	3	3	3	2	2	3
Kąt między segmentami		+	+	+	+	+	+	+
Minimalna długość końców rury		+	+	+	+	+	+	+
Minimalna grubość izolacji termicznej		+	+	+	+	+	<15mm	+

+ : wymagania spełnione; - : wymagania nie spełnione; B : kolano preizolowane; T : trójnik preizolowany

Tabela 16. Wykonanie segmentów z rur osłonowych na kolanach preizolowanych

### 1.7.2 Szczelność spajanej rury osłonowej

Płaszcz osłonowy musi być szczelny. Jeśli po wypiankowaniu pojawi się pianka PUR po zewnętrznej stronie miejsca zgrzewania, należy usunąć cały płaszcz i sprawdzić cały szereg produkcyjny.

Na żadnej kształtce nie stwierdzono pojawienia się sztywnej pianki PUR na zewnątrz.

### 1.7.3 Minimalna grubość izolacji termicznej łuków

Grubość izolacji termicznej łuków składających się z segmentów rur polietylenowych nie może wynosić w żadnym punkcie mniej niż 50 % nominalnej grubości izolacji i wynosić w żadnym punkcie mniej niż 15 mm.

Jak przedstawiono w rozdziale 1.7.1.4, minimalne grubości izolacji termicznej nie zostały osiągnięte w kolanie preizolowanym KE Kelit i w kolanie trójnika preizolowanego Logstor.

### 1.7.4 Tolerancje głównych wymiarów kształtek

Tolerancje dla podawanych przez producentów głównych wymiarów kształtek przedstawionych na rysunku 2 wynoszą dla długości (L)  $\pm 20$  mm i dla skoku wysokości (H)  $\pm 10$  mm.

Zmierzone główne wymiary dla kształtek z rurą osłonową z polietylenu przedstawiono w tabeli 17.

		Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.
<b>Kolano preizolowane</b>								
Wymiary zgodnie z tabelą 1		50/125	50/125	100/200	50/125	100/200	50/125	50/125
Zmierzona długość (L)		+ (1001 1008)	+ (1003 1009)	+ (983 983)	+ (1010 1017)	+ (989 999)	- (978 980)	+ (1009 1012)
Wymiar nominalny (L) wg danych producenta		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
<b>Trójnik preizolowany</b>								
Wymiary zgodnie z tabelą 1	H	100/200	80/160	100/200	100/200	100/200	100/200	100/200
	A	50/125	50/125	50/125	50/125	80/160	50/125	50/125
Zmierzona długość (L)		- (497 503 1105)	- (494 507 783)	- (497 505 788)	- (500 500 694)	- (743 754 748)	- (697 704 1026)	- (596 603 1060)
Wymiar nominalny (L) wg danych producenta		500 500 - <sup>c</sup>	500 500 - <sup>c</sup>	500 500 717	500 500 717	750 750 625	700 700 1000	600 600 900
Zmierzony skok wysokości (H)		- (244)	- (225)	- (251)	+ (237)	- (246)	- (212)	- (225)
Wymiar nominalny (H) wg danych producenta		- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	232,5 <sup>a</sup>	232,5 <sup>a</sup>	260 <sup>b</sup>	212,5- 242,5 <sup>d</sup>	- <sup>c</sup>
+: wymagania spełnione; -: wymagania nie spełnione; - : a : wzór wg danych producenta: $H = (D_A \text{ rura główna z PE} + D_A \text{ rura odgałęźna z PE})/2+70$ b : wzór wg danych producenta: $H = (D_A \text{ rura główna z PE} + D_A \text{ rura odgałęźna z PE})/2+80$ c : Dane katalogowe obowiązują dla takich samych średnic nominalnych rury głównej i odgałęźnej; wg danych producenta »wymiar nominalny zmienia się przy różnych średnicach nominalnych« d : wzór z danych producenta: $H = (D_A \text{ rura główna z PE} + D_A \text{ rura odgałęźna z PE})/2+(50...80)$ H : rura główna; A : rura odgałęźna; (500, 500, 694) : zmierzone wymiary główne								

**Tabela 17. Wymiary główne**

Dla mierzonych kolan preizolowanych wszyscy producenci podali 1000 mm jako główny wymiar dla długości ramienia. Z wyjątkiem Logstor wszyscy producenci utrzymali tolerancję wymiarów głównych.

Brugg, German Pipe i Z.P.U.M. podali tylko wymiary główne dla trójników, w których średnice nominalne rury głównej i odgałęźnej są identyczne. W przypadku niepodania wymiarów głównych sklasyfikowano tolerancję wymiarów głównych jako niespełnioną. W przypadku długości rury odgałęźnej Isoplus-H, Isoplus-S, KE Kelit oraz Z.P.U.M. przekroczyły tolerancje. Logstor podaje w swoim katalogu produktów dla trójników tolerancje długości odgałęźnienia ( $\pm 50$  mm) i skoku wysokości (50-80 mm, tzn. tolerancję 30 mm), które są powyżej dopuszczalnych tolerancji wg EN 448.

### 1.7.5 Miejsca zakończenia izolacji

Wskutek obkurczenia się pianki PUR po wyprodukowaniu mogą występować zgodnie z FW 401 zarówno na rurze osłonowej, jak i na rurach stalowych tylko ograniczone objawy odrywania w obszarze zakończeń kształtek preizolowanych. Muszą one być w kierunku osiowym tak ograniczone, żeby można je było całkowicie usunąć przez wycinanie końców pianki w ramach montażu połączeń zgrzewanych.

Na żadnej z kształtek preizolowanych nie stwierdzono objawów oderwania pianki.

### 1.8 Systemy nadzoru i lokalizacji usterek

Wg EN 14419 i FW 401 do kształtek preizolowanych można wbudowywać tylko przewody bez połączeń. Należy je tak umieścić w izolacji termicznej rury, żeby nie dochodziło do elektrycznego styku między poszczególnymi przewodami oraz między przewodami i rurą przewodową. Odległość między przewodami i rurą przewodową powinna wynosić przynajmniej 10 mm. Aby zapewnić dobre poprowadzenie podczas produkcji i aby wykluczyć styk elektryczny, przewody można prowadzić w prowadnicach utrzymujących odległość.

Przewody, które wychodzą po stronie czołowej elementu rurowego, muszą być przynajmniej 20 mm dłuższe, niż rura przewodowa. Końce przewodów muszą być zabezpieczone przed uszkodzeniami podczas transportu i magazynowania.

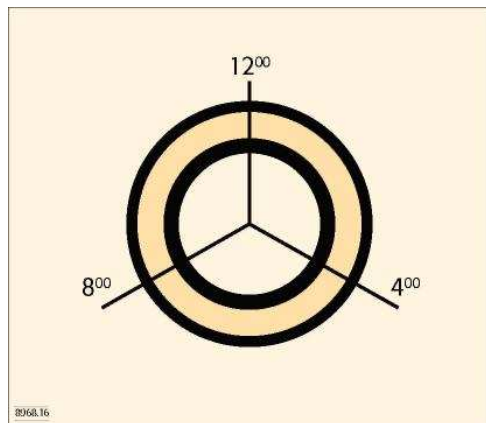
W kolanie Isoplus-S przewody nie były nawinięte. We wszystkich innych kształtkach preizolowanych przewody były nawinięte. Przewody umocowano na końcach kształtek tylko w kształtkach Logstor i częściowo KE Kelit.

Pozostałe wymagania dotyczące długości przewodów, bezstykowości i przewodzenia elektrycznego zostały spełnione we wszystkich kształtkach (tabela 18).

	Kolano preizolowane							Trójkąt preizolowany						
	Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.	Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.
Typ przewodów	B	H	K	AB	K+BEK	B	B	B	H	K	K	K+BEK	H	B
Liczba przewodów	2	2	2	2	2+2	2	2	2	2	2	2	2+2	2	2
Miejsce wbudowania wg rysunku 16	3 (oba)	2	1/1 1	2	2/5 3	2/8	3/9	8	12/3	10/12	7/11	9/11 8	11/1	11/12
Bezstykowość elektryczna	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Przewodzenie elektryczne	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Odległość przewodów od rury przewodowej	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Długość przewodów	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ochrona przewodów														
• związana	+	+	+	(+)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
• umocowana	-	-	-	-	(+)	+	-	-	-	-	-	(+)	+	-
Przewodzenie elektryczne	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

+ : spełnione; (+) : częściowo spełnione; - : nie spełnione  
 AB : System firmy AB-Isotronic; B : System firmy Brandes; BEK : System firmy KE Kelit; H : System T60/1 firmy Hagenuk;  
 K : »System nordycki« z nieizolowanym przewodem miedzianym

**Tabela 18.** Badanie przewodów w systemach nadzoru i lokalizacji usterek



**Rysunek 16.** Miejsce wbudowania przewodów systemów nadzoru i lokalizacji usterek

## 2 Podsumowanie

Żadna z badanych kształtek preizolowanych nie spełniła wszystkich wymagań (tabela 19). Nie należy się jednak spodziewać, aby zawiodły one w eksploatacji. Wiele z tych wad powinno zostać jednak rozpoznanych w badaniu wizualnym podczas konsekwentnej kontroli jakości – jak to określono w EN 448, załącznik A »Wytyczne dotyczące nadzoru i kontroli«. Zakłady produkcyjne Isoplus-H, Isoplus-S, Logstor i Z.P.U.M. są certyfikowane zgodnie z EHP/001. W postępowaniu tym producenci zobowiązali się stosować jako standard minimalny wytyczne dotyczące nadzoru i kontroli, które zawarte są w normach EN jako załączniki informacyjne.

Cecha		Brugg	German Pipe	Isoplus-H	Isoplus-S	KE Kelit	Logstor	Z.P.U.M.
Dokumenty towarzyszące	B	o	o	o	o	o	o	o
	T	o	(+)	o	o	o	o	+
Oznakowanie rur stalowych	B	-	+	-	+	(+)	+	+
	T	(+)	+	-	+	-	+	+
Rura osłonowa i kształtka preizolowana	B	-	-	-	-	-	-	-
	T	-	-	-	-	-	-	(+)
Rura stalowa i kolano z rury stalowej	B	-	(+)	(+)	-	-	-	+
Rury stalowe i trójniki stalowe	T	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Spawanie	T	-	-	-	-	-	-	-
Jakość powierzchni zewnętrznej rur stalowej i kształtek ze stali	B	-	-	-	-	-	-	+
	T	-	(+)	-	-	-	-	+
Rury osłonowe z polietylenu	B	+	-	-	-	-	+	-
	T	-	+	-	-	+	+	-
Połączenie zgrzewane polietylenu		-	-	-	-	-	-	-
Sztynna pianka PUR	B	-	+	+	+	-	+	+
	T	+	+	+	-	-	+	+
Kształtki preizolowane	B	-	+	+	+	+	-	+
	T	+	+	-	-	-	-	-
Systemy nadzoru i lokalizacji usterek		+	+	+	+	+	+	+

+ : wymagania spełnione; (+) : wymagania częściowo spełnione; - : wymagania nie spełnione;  
B : kolano preizolowane; T : trójnik preizolowany

**Tabela 19. Podsumowanie wyników badań**

Z powodu niekompletnego oznakowania na kształtkach preizolowanych istnieje możliwość omyłkowej zamiany lub np. brakujące dane o wskaźniku szybkości płynięcia dla rur osłonowych z polietylenu mogą być przyczyną wystąpienia szkód w dłuższym okresie. Ponieważ odbiorowe świadectwa badania 3.1 wg EN 10204 dla stalowych rur przewodowych przekazywano klientom tylko na żądanie, to nie można z całą pewnością przekonać się o jakości rur przewodowych. Należy mieć nadzieję, że – jak przewidziano w EN 253 – producenci stosują tylko stalowe rury przewodowe z materiałów o ustalonej i odpowiednio potwierdzonej jakości. Brakujące oznakowanie sposobu wykonania na wszystkich trójnikach preizolowanych (trójnik kuty, trójnik z wyciąganą szyjką lub bezpośrednio wspawane odgańlenie), nie pozwala na wyciągnięcie wniosków na miejscu budowy odnośnie obciążeń statycznych rur (patrz FW 401-11). Kompletnie oznakowanie na rurach osłonowych powinno być możliwe do wykonania przez producentów bez wyjątkowych nakładów.

Od kompetentnych oferentów systemów rurowych można by było oczekiwać rozmieszczenia spawanych szwów wzdłużnych na kolanach ze stali kształtowanych na zimno w obszarach o obniżonych naprężeniach. W przypadku opanowanych procesów roboczych można by utrzymywać pofałdowanie po stronie wewnętrznej kolana oraz zmniejszoną grubość ścianki na stronie zewnętrznej kolana w dopuszczalnych granicach.

Żaden z producentów nie wykonuje w »postaci podstawowej« niezalecanej wg FW 401 postaci trójnika preizolowanego z bezpośrednio dospawaną rurą odgańleną. Rozwiązanie konstrukcyjne Logstora ma w zamiarze zachować obciążenie »niezakłóconej« rury w kierunku osiowym poprzez wzmocnienie rury głównej w obszarze odgańlenia i jednocześnie zwiększyć odkształcalność odgańlenia. Jednak rozwiązanie to nie znajduje wg aktualnego stanu dyskusji potwierdzenia w obliczeniach statycznych. Ponadto nie jest możliwe sensowne zbadanie radiograficzne spoiny pachwinowej między rurą główną i odgańleną.

Należy stosować tylko jakość stali, która jest dopuszczalna wg EN 253 i EN 448 (P235). Przy innych materiałach, jak w przypadku KE Kelit (rury stalowe z S355 J2H / S152-3N) należy zachować odpowiednie temperatury podczas spawania.

Przed wszystkim badane połączenia spawane rur stalowych na trójnikach nie spełniły 60 % wymagań. Odnosząc to do elementów konstrukcyjnych należy stwierdzić, że żaden z elementów nie spełnił badań połączeń spawanych.

Z wykonanych badań FNCT na rurach osłonowych wystarczającą jakość materiału potwierdzono tylko dla jednego producenta zarówno w przypadku kolana preizolowanych, jak i trójników. Inni oferenci zastosowali do kształtek prawdopodobnie albo polietylen o różnej jakości oraz/lub nie prowadzą w wystarczającym zakresie badań długookresowych materiałów polietylenowych.

Przy właściwościach pianki izolacyjnej zwraca znowu uwagę, że producenci dążą do tego, aby albo realizować minimalną gęstość pianki albo dzięki zwiększonej gęstości pianki móc w pewny sposób opanować występujące podczas eksploatacji obciążenia ściskające. Przy niskiej gęstości pianki każdorazowo jedna kształtka German Pipe, Isoplus-S i KE Kelit nie osiągnęła wymaganej wytrzymałości na ściskanie. U KE Kelit występują – jak przy badaniu prostych rur preizolowanych – wyraźniejsze odchylenia, niż u innych oferentów. Zgodnie z tendencją chłonność wody sztywnej pianki PUR w kształtkach jest wyższa, niż w przypadku prostych rur preizolowanych.

Ponieważ dzięki dostatecznie grubej warstwie izolacji termicznej długookresowe obciążenie termiczne rury osłonowej z polietylenu i połączeń zgrzewanych pozostaje wystarczająco niskie i w związku z tym opóźnieniu ulegają procesy starzenia, to powinny być zachowane odpowiednie parametry minimalne. Jeśli producent - prawdopodobnie ze względu na koszty - wykonuje konstrukcję rur osłonowych z polietylenu w obszarze kolana z minimalną liczbą segmentów, to należy badać w zwiększonym zakresie utrzymanie tolerancji kątów i grubości izolacji.

Odchylenia graniczne wymiarów głównych nie są dotrzymywane w szczególności przy długości odgałęzień i przy skoku wysokości trójników preizolowanych. Albo nie można było uzyskać żadnych konkretnych danych z informacji dostępnych u producenta, albo jak w przypadku Logstor podano fabrycznie większe tolerancje, niż w EN 448.

Wraz z każdą kształtką preizolowaną klient otrzymuje »black box«; tzn. nie może on na ogół stwierdzić budowy konstrukcji i jej wewnętrznego wykonania bez badań niszczących. Zleceniodawcom lub zamawiającym elementy systemów preizolowanych zalecamy przeprowadzanie szczegółowych badań wizualnych dostarczonych elementów. Dodatkowo należy przy większych dostawach lub przy zleceniach rocznych badać w kwalifikowanych laboratoriach przypadkowo wybrane z dostawy elementy systemu preizolowanego pod względem spełnienia również wymagań minimalnych właściwych dla materiału. Udokumentowane wyniki badań należy uwzględniać jako kryterium wyboru przy kolejnych przydziałach zleceń.

### 3 Przepisy techniczne

- AGFW FW 401-3: Układanie i statyka rur osłonowych z tworzywa sztucznego do sieci ciepłowniczych; Część 3: elementy; proste rury preizolowane
- AGFW FW 401-4: Układanie i statyka rur osłonowych z tworzywa sztucznego do sieci ciepłowniczych; Część 4: elementy; kształtki zespołów rurowych
- DIN 1626: Rury okrągłe ze szwem ze stali niestopowej do specjalnych wymagań; Warunki techniczne dostaw (wycofana, zastąpiona przez EN 10217)
- DIN 1629: Rury okrągłe bez szwu ze stali niestopowej do specjalnych wymagań; Warunki techniczne dostaw (wycofana, zastąpiona przez EN 10216)
- DIN 2605: Kształtki do przyspawania; Kolana z rur (wycofana; zastąpiona przez EN 10253)
- DIN 2615: Kształtki do przyspawania; Trójniki (wycofana; zastąpiona przez EN 10253)
- DIN 16776-1: Tłoczywa polietylenowe – Część 1: Podział i nazwy
- DVS 2207-5: Zgrzewanie tworzyw termoplastycznych; Zgrzewanie rur osłonowych z polietylenu; Rury i elementy rurowciągów
- EHP/001: Certification guidelines for quality assessment of district heating pipes
- EN 253: Sieci ciepłownicze – System preizolowanych zespolonych rur do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie – Zespół rurowy ze stalowej rury przewodowej, izolacji cieplnej z poliuretanu i płaszczka osłonowego z polietylenu
- EN 448: Sieci ciepłownicze – System preizolowanych zespolonych rur do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie – Zespół rurowy ze stalowej rury przewodowej, izolacji cieplnej z poliuretanu i płaszczka osłonowego z polietylenu
- EN 970: Nieniszczące badania szwów spawanych - badanie wzrokowe
- EN 1435: Badania nieniszczące złączy spawanych -- Badania radiograficzne złączy spawanych
- EN 10204: Wyroby metalowe – Rodzaje dokumentów kontroli
- EN 10216-2: Rury stalowe bez szwu do zastosowań ciśnieniowych - Warunki techniczne dostawy - Rury ze stali niestopowych z określonymi własnościami w temperaturze podwyższonej
- EN 10217-1: Rury stalowe ze szwem do zastosowań ciśnieniowych - Warunki techniczne dostawy - Rury ze stali niestopowych z określonymi własnościami w temperaturze pokojowej
- EN 10217-2: Rury stalowe ze szwem do zastosowań ciśnieniowych - Warunki techniczne dostawy - Rury ze stali niestopowych z określonymi własnościami w temperaturze podwyższonej
- EN 10253-2: Kształtki rurowe do przyspawania doczołowego - Część 2: Stale niestopowe i stopowe ferrytyczne ze specjalnymi wymaganiami dotyczącymi kontroli
- EN 14419: Sieci ciepłownicze - System preizolowanych zespolonych rur do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie - System kontroli i sygnalizacji zagrożenia stanów awaryjnych
- EN 25817: Złącza stalowe spawane łukowo. Wytyczne do określania poziomów jakości według niezgodności spawalniczych (wycofana; zastąpiona przez EN ISO 5817)
- EN ISO 1133: Tworzywa sztuczne - Oznaczanie masowego wskaźnika szybkości płynięcia (MFR) i objętościowego wskaźnika szybkości płynięcia (MVR) tworzyw termoplastycznych
- EN ISO 6520-1: Spawanie i procesy pokrewne - Klasyfikacja geometrycznych niezgodności spawalniczych w metalach - Część 1: Spawanie
- ISO 6761: Rury stalowe - Przygotowanie końców rur i kształtek do spawania

- ISO 8501: Przygotowanie podłoży stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów - Wzrokowa ocena czystości powierzchni - Część 1: Stopnie skorodowania i stopnie przygotowania niepokrytych podłoży stalowych oraz podłoży stalowych po całkowitym usunięciu wcześniej nałożonych powłok.

#### Piśmiennictwo

- [1] *Besier, R.; Böhm, A.; Grage, T.; Meyer, H.-O.; Rüher, P.; Wagner, A.*: Prüfung von geraden Kunststoffmantelrohren - Qualitätsprüfung von KMR-Systembauteilen. *EuroHeat&Power* 5/2007.
- [2] *Besier, R.; Böhm, A.; Grage, T.; Meyer, H.-O.; Rüher, P.; Wagner, A.*: Prüfung von geraden Kunststoffmantelrohren - Qualitätsprüfung von KMR-Systembauteilen - Teil 2. *EuroHeat&Power* 10/2007.
- [3] *Besier, R.; Böhm, A.; Grage, T.; Meyer, H.-O.; Rüher, P.; Wagner, A.*: Straight preinsulated bonded pipes – Quality tests on preinsulated bonded pipe system components. *EuroHeat&Power* English Edition I/2008.
- 
-