

Anna Wróblewska
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

Badania zgrzewalności rur z poliamidu PA11

W ramach realizacji pracy wykonano połączenia rur poliamidowych metodą zgrzewania doczołowego, przy zróżnicowanych parametrach zgrzewania. Otrzymane w ten sposób połączenia zostały poddane badaniom laboratoryjnym mającym na celu oznaczenie ich cech wytrzymałościowych. Zamieszczono uzyskane wyniki badań oraz wnioski z nich płynące.

Research of weldability of polyamide pipes PA11

Joints of polyamide pipes was made within of this work. It was done with method of butt welding with different parameters of welding. Joints received in this way have been tested in laboratory to determined their strength characteristics. Results of tests and conclusions have been presented.

W Polsce sieci gazowe z poliamidu stanowią znikomy procent długości sieci gazowych. Z punktu widzenia efektywności ekonomicznej preferowany jest polietylen.

Dla rur poliamidowych zastosowanie praktyczne ma obecnie technologia, w której połączenia rur i kształtek z poliamidu wykonywane są metodą klejenia. Maksymalne ciśnienie robocze w gazociągach wykonanych wymienioną technologią z PA11 nie powinno przekraczać 4 bar.

Wymagania dotyczące systemów rurowych z poliamidu do rozprowadzania paliw gazowych pod ciśnieniem do 4 bar są zawarte w projekcie normy systemowej ISO CD 15439 „*Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels for maximum operating pressure up to and including 4 bar – Polyamide (PA)*”.

Prace badawcze nad zastosowaniem poliamidu do rozprowadzania paliw gazowych doprowadziły do opracowania technologii produkcji rur i kształtek ze zmodyfikowanego PA11, które mogą być łączone metodą zgrzewania doczołowego i elektrooporowego.

Systemy rurociągowy wykonane tą technologią mogą pracować pod ciśnieniem do 20 bar, podczas gdy maksymalne ciśnienie robocze w gazociągach z polietylenu wy-

nosi 10 bar. Oznacza to możliwość zastosowania rur z PA11 do budowy gazociągów wysokiego ciśnienia. W chwili obecnej technologia ta znajduje się w fazie prototypowej.

Wymagania dotyczące systemów rurowych z poliamidu do rozprowadzania paliw gazowych pod ciśnieniem do 20 bar są zawarte w projekcie normy systemowej ISO CD 22621 „*Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels for maximum operating pressure up to and including 20 bar – Polyamide (PA)*”.

W Laboratorium Tworzyw Sztucznych Instytutu Nafty i Gazu przeprowadzono serię badań laboratoryjnych, celem ustalenia parametrów zgrzewania doczołowego rur z poliamidu PA 11 oraz określenia możliwości stosowania – do łączenia tych rur – zgrzewarek wykorzystywanych do zgrzewania rur polietylenowych.

W ramach realizacji pracy przewidziano wykonanie połączeń rur poliamidowych metodą zgrzewania doczołowego, przy zróżnicowanych parametrach zgrzewania.

Otrzymane w ten sposób połączenia zostały poddane badaniom laboratoryjnym, mającym na celu oznaczenie ich cech wytrzymałościowych. Uzyskane wyniki badań przedstawiono w niniejszym artykule.

Metodyka badań

W oparciu o przeprowadzoną analizę procesu zgrzewania czołowego oraz wieloletnie doświadczenie przy zgrzewaniu doczołowym polietylenu, jak również w oparciu o projekt normy ISO/WD 22621-5, przyjęto wykonanie połączeń zgrzewanych rur poliamidowych PA11 przy

zmiennych parametrach zgrzewania, które zestawiono w tabelicy 1 (temperatura płyty grzejnej, ciśnienie na powierzchni łączonych elementów, temperatura otoczenia).

Założono, że zgrzewy będą wykonywane na próbkach rur poliamidowych PA11 tej samej klasy, tego samego

Tablica 1. Parametry zgrzewania próbek rur poliamidowych

Lp.	Numery zgrzewów	Warunki	Temperatura otoczenia [°C]		Temperatura płyty grzewczej [°C]	Ciśnienie zgrzewania [N/mm ²]
1.	A1, F1	Standardowe		23 ± 2	240 ± 20	0,5 ± 0,02
2.	A2, F2	Nominalne	T _{nom}	23 ± 2	260 ± 2	0,5 ± 0,02
3.	A3, F3	Minimum	T _{min}	0 ± 2	265 ± 2	0,6 ± 0,02
4.	A4, F4	Maximum	T _{max}	40 ± 2	255 ± 2	0,4 ± 0,02

szeregu wymiarowego, o tych samych średnicach nominalnych, i wyprodukowane z tego samego surowca przez jednego producenta.

odporności na ciśnienie wewnętrzne oraz wyniki oznaczania odporności na rozciąganie rury PA z wykonanym zgrzewem.

Wykonanie połączeń zgrzewanych doczołowo rur PA11 przy zmiennych parametrach realizacji procesu zgrzewania doczołowego

Z przygotowanych próbek rurowych wykonano zgrzewy doczołowe przy założonych zmiennych parametrach.

Dla celów porównawczych wykonano zgrzewy przy wykorzystaniu dwóch zgrzewarek:

- zgrzewarka nr 1, zgrzewy oznaczone symbolem A;
- zgrzewarka nr 2 (fot. 2), zgrzewy oznaczone symbolem F.

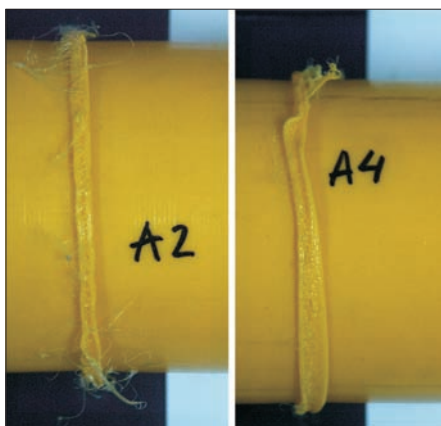
Wytypowane parametry zgrzewania próbek rur poliamidowych zawarte są w tablicy 1: Parametry standardowe, ekstremalne – minimalne i maksymalne.

Uzyskane połączenia zgrzewane doczołowo zgrzewarką nr 1 (ze względu na występujące „przekoszenia” – co ilustruje fotografia 1, wynikające z trudności w utrzymaniu płyty grzewczej w płaszczyźnie prostopadłej do podłużnej osi rur), nie poddawano dalszym badaniom laboratoryjnym.

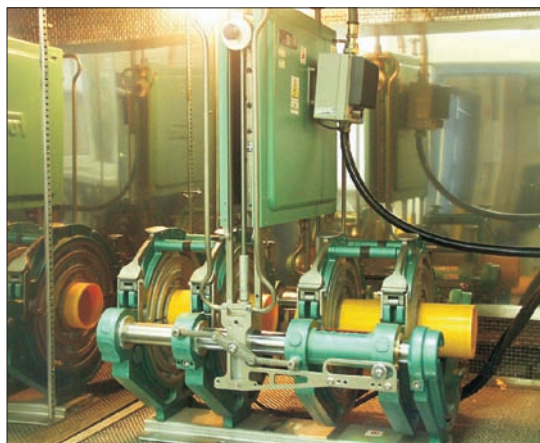
Próbki rurowe, których przykłady ilustruje fotografia 3, poddano badaniom laboratoryjnym:

- oznaczania odporności na ciśnienie wewnętrzne przy próbie hydrostatycznej,
- oznaczania odporności na rozciąganie – wydłużenia względnego przy zerwaniu.

Wyniki badań laboratoryjnych stanowiły podstawę oceny jakości wykonanych połączeń zgrzewanych oraz sprzętu do ich łączenia.



Fot. 1. Próbkę rurową połączoną metodą zgrzewania doczołowego zgrzewarką nr 1



Fot. 2. Zgrzewarka doczołowa nr 2 do zgrzewania rur z tworzyw sztucznych, podczas wykonywania połączenia w warunkach minimalnych – zgrzew F3



Fot. 3. Próbkę rurową połączoną metodą zgrzewania doczołowego zgrzewarką nr 2

Przeprowadzenie badań laboratoryjnych wykonanych połączeń zgrzewanych

W celu realizacji założonego programu badań przewidziano wykorzystanie aparatury badawczej stanowiącej wyposażenie Laboratorium Tworzyw Sztucznych Instytutu Nafty i Gazu.



Fot. 4. Stanowisko do oznaczania wydłużenia względnego rur przy zerwaniu

Badania były wykonane na stanowiskach badawczych, które ilustrują fotografie: maszyna wytrzymałościowa ZWICK – typ 1456 (fot. 4) oraz aparat P59 TE do badania odporności hydrostatycznej (fot. 5).



Fot. 5. Stanowisko do badania odporności hydrostatycznej

Opis przebiegu badań

Przygotowane próbki rurowe z wykonanym zgrzewem poddawano badaniu odporności na ciśnienie wewnętrzne przy próbie hydrostatycznej.

Oznaczenie odporności na ciśnienie wewnętrzne przy próbie hydrostatycznej

Badanie przeprowadzono na próbkach, po ich wcześniejszym kondycjonowaniu. Poddano je działaniu określonego stałego wewnętrznego ciśnienia hydrostatycznego, w określonym czasie (lub do momentu ich zniszczenia).

Wytrzymałość na ciśnienie wewnętrzne przy próbie hydrostatycznej oznaczano w termostатовanej wannie w temperaturze 80°C, pod ciśnieniem 11,5 MPa; minimalny czas do uszkodzenia wynosił 165 h.

Parametry badania zostały ustalone tak, jak dla połączeń zgrzewanych stosowanych w systemach przewodów rurowych o maksymalnym ciśnieniu roboczym do 20 bar włącznie, według projektu normy ISO/WD 22621-5.

Wyniki badań przedstawiono w tabelicy 2. Jak wynika z tabelicy 2, postawione wymagania zostały spełnione dla wszystkich próbek. W czasie 165 h próbki wykazały brak nieszczelności i pęknięć.

Oznaczenie odporności na rozciąganie

Odpowiednio przygotowaną próbkę – wyciętą z rury ze zgrzewem – umieszczono w szczękach maszyny wytrzymałościowej i poddano rozciąganiu z prędkością 25 mm/min do czasu zerwania próbki. W czasie badania rejestrowano naprężenie przy granicy plastyczności i wydłużenie przy zerwaniu próbki. Założono parametry badania jak dla rur poliamidowych PA11 według projektu normy ISO/CD 15439-2.2. Zakładana wymagana wartość wydłużenia do zerwania wynosi $\geq 200\%$.

Uzyskane wyniki badań wydłużenia względ-

Tabela 2. Zestawienie wyników badań odporności na ciśnienie wewnętrzne

Lp.	Próbka	Parametry badania			Wyniki prób [h]
		Ciśnienie [MPa]	Temperatura [°C]	Czas [h]	
1.	F1	11,5	80	165	POZYTYWNY Zachowana szczelność, Brak uszkodzenia
2.	F2	11,5	80	165	
3.	F3	11,5	80	165	
4.	F4	11,5	80	165	

Tablica 3. Wyniki badań wydłużenia względnego przy zerwaniu

Lp.	Próbka	Parametry badania			Wyniki prób	
		Temperatura [°C]	Wilgotność [%]	Prędkość testowania [mm/min]	Wymagane [%]	Uzyskane [%]
1.	F1	23 (±2)	50 (±5)	25	200	272,30
2.	F2	23 (±2)	50 (±5)	25	200	225,53
3.	F3	23 (±2)	50 (±5)	25	200	273,81
4.	F4	23 (±2)	50 (±5)	25	200	225,26

nego przy zerwaniu przedstawiono w tablicy 3. Jak wynika z tablicy 3-postawione wymagania zostały spełnione

dla wszystkich próbek – uzyskano pozytywne wyniki badania.

Wnioski

Wykonane połączenia zgrzewane doczołowo wykazały podczas próby rozciągania (przy parametrach badania zgodnych z wymaganiami stawianymi jak dla rur z PA11) we wszystkich przypadkach wytrzymałość spełniającą wymagania.

Podczas próby odporności na ciśnienie wewnętrzne uzyskano wyniki pozytywne, przy ekstremalnych parametrach badania zgodnych z wymaganiami stawianymi jak dla połączeń zgrzewanych doczołowo stosowanych w systemach przewodów rurowych o maksymalnym ciśnieniu roboczym do 20 bar włącznie.

Pozytywne wyniki prób wytrzymałościowych zgrzewów wykonanych przy zakładanych ekstremalnych parametrach, przedstawionych w tablicy 1, dają podstawę do ich akceptowalności.

Przeprowadzona analiza wyników badań wykazała możliwość zastosowania metody zgrzewania doczołowego do łączenia rur poliamidowych.

Przeprowadzone badania wykazały możliwość (przy pewnych obostrzeniach) wykorzystania do zgrzewania rur poliamidowych sprzętu używanego do zgrzewania rur polietylenowych.

Do chwili obecnej w Polsce brak jest normatywu określającego kryteria kwalifikacji zgrzewu doczołowego wykonanego z rur PA11 ze względu na geometrię wypłytki zgrzewu – tak, jak jest to już w przypadku rur polietylenowych. Celowe wydaje się podjęcie prac badawczych nad wykorzystaniem badań nieniszczących (ocena wyglądu zewnętrznego zgrzewu, geometria wypłytki) do kontroli połączeń zgrzewanych rur i kształtek z poliamidu.

Recenzent: doc. dr inż. Andrzej Froński

Literatura

- [1] Wróblewska A.: *Kryteria oceny połączeń zgrzewanych rur i kształtek PE, stosowanych w sieciach gazowych*. Konferencja Naukowo-Techniczna. Poznań, luty 1997, s. 358-373.
- [2] Klupa A., Czopek J.J., Wróblewska A.: *Zastosowanie tworzyw sztucznych do budowy i renowacji sieci gazowych*. Проблеми нафтогазової промисловості. Збірник наукових праць. Київ 2006. s. 361-374.
- [3] *Optimization of Parameters Influencing Butt Fusion Integrity in Polyamide-11 Pipe*. Arkema Inc. 900 First Avenue King of Prussia, PA 19406-0936. May 3, 2004.
- [4] Kuliczkowski A., Kubicka U.: *Tendencje materiałowe i konstrukcyjne w rozwoju rur tworzywowych*. Inżynieria Bezwykopowa. Nr. 3, s. 48-50, 2003.
- [5] Lohmar Degussa J. AG: *Polyamide-12 for high pressure gas installations*. Germany 23rd World Gas Conference, Amsterdam June 7-9, 2006.
- [6] Mason J., Jarnecke D., Garner B., Sorensen T.: *Coiled Polyamide-11 High Pressure Gas Pipe Costs Less to Install and Operate Than Steel Stick Pipe*. AJ Pipeline & Gas Journal, December 2006, www.pgionline.com.
- [7] Mason J., Chen J., O'Brien G.: *Technical Review of Ril-san® Polyamide-11 High Pressure Natural Gas Pipe Field Installations, Coiling Studies and Pipe Durability Testing*. Presented at Plastics Pipes XII April 19-22, 2004 Milan, Italy.
- [8] *Polyamide-11 Pipe for High-Pressure Applications*. GTI-Reports November 2002.



Mgr inż. Anna WRÓBLEWSKA – Absolwentka Wydziału Paliw i Energii AGH. Pracownik Zakładu Przesyłania i Dystrybucji Gazu INiG – Laboratorium Tworzyw Sztucznych. W działalności zawodowej koncentruje się głównie na badaniach laboratoryjnych rur, kształtek i armatury z tworzyw sztucznych, stosowanych w sieciach gazowych.