

Biaxialne rury i łączniki GRP FLOWTITE

# Systemy przenoszące siły osiowe

Robert Walczak\*, Mathias Müller\*\*



Połączenia przenoszące siły osiowe w rurach GRP były do tej pory rozpatrywane raczej tylko na płaszczyźnie akademickiej i literatury technicznej. Dotychczasowe zastosowanie tego rodzaju połączeń było jednostkowe i z przyczyn ekonomicznych nieopłacalne. Poniższy referat przedstawia biaxialny system ciśnieniowych rur i połączeń GRP FLOWTITE, przenoszący siły osiowe, które dzięki swej unikalnej konstrukcji zmieniły trend stosowania biaxialnych systemów w kierunku rur GRP.

### Sytuacja rynkowa i jej wymagania

Dotychczasowe i powszechne stosowanie ciśnieniowych systemów jednoosiowych (nieodpornych na przenoszenie sił osiowych) w połączeniu z konstrukcjami oporowymi dawało najbardziej ekonomiczne rozwiązanie budowy rurociągów ciśnieniowych. Jednakże istniejące warunki wodno-gruntowe i rozbudowana infrastruktura podziemna w zurbanizowanych terenach miejskich i przemysłowych, nie zawsze dają możliwość zastosowania tego rozwiązania. Biaxialne produkty FLOWTITE zostały przystosowane do wymagań stawianym systemom ciśnieniowym, co dało ekonomiczne rozwiązanie i ulepszenia związane z instalacją rur, a także otworzyło obszary zastosowań, w których wymagane są tego rodzaju rozwiązania.

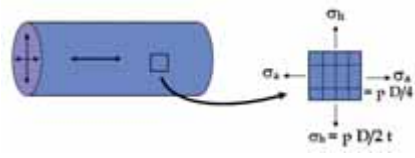
### Technologia produkcji

Technologia produkcji rur, łączników i kształtek FLOWTITE została zaprojektowana w taki sposób, aby system był w stanie przenieść wszystkie siły osiowe, występujące w rurociągu w czasie przepływu medium pod danym ciśnieniem. Do tej pory nie było to możliwe z uwagi na konstrukcję rur i łączników GRP, które nie zapewniały wymaganej wytrzymałości na rozciąganie, szczególnie w dużych średnicach i wysokich ciśnieniach pracy systemu. Jedyną technologią rur GRP spełniającą te kryteria były rury produkowane technologią nawojową o uzwojeniu krzyżowym (np. rury SARPLAST).

### □ Idea projektu konstrukcji biaxialnej

Struktura ścianki rur musi być tak zaprojektowana, aby wytrzymałość na rozciąganie w kierunku obwodowym

była co najwyżej dwukrotnie wyższa od wytrzymałości na rozciąganie w kierunku osiowym.



Rys.1. Konstrukcja biaxialnych rur GRP [1]

To oznacza, że:

$$\frac{\sigma_h}{\sigma_a} = \frac{1}{0,5} \quad (1)$$

Dla rur ciśnieniowych standardowych zależność ta wynosi:  
1/0,17 dla rur PN 6  
1/0,12 dla rur PN 10  
1/0,10 dla rur PN 16

### □ Rura i łączniki

System Biaxial FLOWTITE, tzn. rury i łączniki dwuosiowe, są produkowane metodą nawojową (rys. 2), w Europie są to maszyny CW 2400 lub CW 3000. Komputerowo sterowane podawanie materiału gwarantuje stałe właściwości materiałowe wszystkich rur. Połączenia odporne na działanie sił osiowych (rys. 3), np. połączenia blokowane rdzeniowo (połączenia ze ścinanym rdzeniem), połączenia wtryskowe (połączenia klejone) lub połączenia laminowane i kołnierzowe przenoszą obciążenia osiowe między odcinkami rur – rury dwuosiowe.



Rys. 2. Ciągła nawojowa produkcja rury przewodowej i części łącznikowej, CW 2400

Schemat połączenia	Zakres średnic i ciśnień
	DN 150 – 250 PN 16
	DN 300 – 400 – 800 – 1200 (1400) PN 16, 10, 6
	<b>Połączenie wtryskowe (klejone)</b> DN 300 – 1400 (2400) PN 16, 10, 6 (wymiar zależne od DN)

Rys. 3. Nowoczesne, odporne na działanie sił osiowych połączenia FLOWTITE; zastosowania połączeń blokowanych rdzeniowo oraz połączeń wtryskowych

Połączenie blokowane rdzeniowo wymaga zwiększonej grubości ścianki na końcu rury, tak aby mógł się zmieścić rdzeń ścinany. Wyzwaniem było tu zapewnienie tej dodatkowej grubości ścianki na końcu rury w sposób pozwalający zoptymalizować zużycie materiału. W tym celu oprogramowanie maszyny nawojowej zostało specjalnie przystosowane. Obecnie rury o grubszych końcach mogą być wytwarzane w sposób ciągły przy minimalnym zużyciu materiału. Średnica zewnętrzna rury głównej mieści się w ramach standardu dla rur jednoosiowych, co umożliwia bezpośrednie przejście między odcinkami rur dwuosiowych i jednoosiowych z wykorzystaniem standardowego łącznika. Poliamidowy pręt ścinany po obu stronach połączenia zapewnia odporność połączenia blokowanego klinowo na działanie sił osiowych. Połączenia są dostarczane standardowo z łącznikami zainstalowanymi po jednej stronie. Dzięki temu technicy w terenie muszą tylko wprowadzić drugi pręt ścinany, aby zapewnić odporność całego układu na działanie sił osiowych.



Rys. 4. Połączenie blokowane klinowo, DN 600/800 PN 6, Amersfoort-NL



Rys. 5. Połączenie blokowane klinowo, DN 400 PN 16, Nösiwag-A

System ten produkowany metodą nawojową, składający się z rury i połączenia, jest obecnie dostępny jako System FLOWTITE do rozmiaru DN 1200. W odróżnieniu od połączenia blokowanego klinowo, połączenie klejone (rys. 6) nie wymaga dodatkowej grubości ścianki, ponieważ nie jest wymagane miejsce na ścinany rdzeń (patrz rys. 3).



Rys. 6. DN 1400 PN 10, projekt rurociągu odpornego na działanie sił osiowych Zalew Leuna, wykop otwarty w Geiseltal z rurociągiem łączonym za pomocą połączenia wtryskowego

Ten system połączeń jest zoptymalizowany w celu uzyskania niskiego zużycia materiału i zapewnienia, szczególnie w przypadku dużych rozmiarów nominalnych, bardzo stabilny pod względem wymiarowym oraz - w zakresie rozmiarów nominalnych (np. rys. 6) - bardzo ekonomiczny system połączeń rur dwuosiowych, w odróżnieniu od połączeń laminowanych. Podczas realizacji wspomnianego powyżej projektu Leuna-Geiseltal do wykonania połączeń klejonych rur DN 1400 PN 10 potrzebny był tylko jeden dzień, podczas gdy wykonanie połączeń laminowanych wymagało całego tygodnia. Wykwalifikowani i przeszkoleni

pracownicy, posiadający certyfikaty DVS, wykorzystują technologię wtryskową FLOWTITE przy wykonywaniu połączeń bezpośrednio w terenie (rys. 7, odporny na działanie sił osiowych ciśnieniowy rurociąg kanalizacyjny DN 300 - 700 PN 10 Buxtehude-Hamburg o długości ok. 27,5 km). Wysokiej jakości, pozbawione wad połączenie wymaga podobnych warunków, jak w przypadku wykorzystania w terenie procesu laminowania.

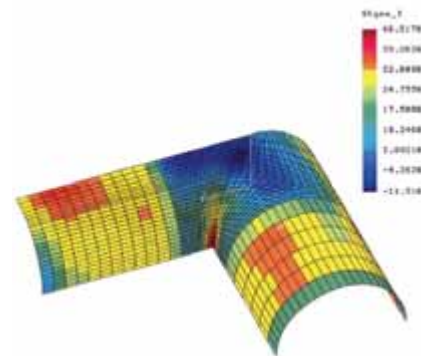


Rys. 7. Wykwalifikowany personel wykonujący połączenie wtryskowe, odporny na działanie sił osiowych rurociąg ciśnieniowy Buxtehude-Hamburg DN 700 PN 10

#### Testowanie

Systemy laminowane oparte na warstwach wieloosiowych miały bardzo ograniczone wymiary podczas testów wykorzystania rur dwuosiowych. Liczne testy zostały przeprowadzone na tych systemach, na systemie rur oraz na połączeniach (rys. 8 i 9, projekt rurociągu odpornego na działanie sił osiowych DN 1200 PN w Goochland, Virginia, USA). Systemy rur dwuosiowych FLOWTITE nadają się do budowy wodociągów, jak wykazał TZW Karlsruhe w przypadku najmniejszego rozmiaru DN 150 PN 16 dla projektów wodociagowych w Szwajcarii. W ramach tych projektów zbadano również i potwierdzono zachowanie pod wpływem udaru, co jest ważną cechą w regionie Alp (rys. 10). Połączenia wtryskowe zostały po raz pierwszy wykorzystane w rurociągu DN 1400 PN 10 Leuna-Geiseltal i uzyskały certyfikat TÜV SÜD z Monachium. Testy długotrwałe zostały przeprowadzone we współpracy z KIWA - Holandia w celu przedłużenia istniejącej aprobaty KIWA-KOMO dla zastosowań ciśnieniowych w oparciu o normy EN. W odróżnieniu od systemów jednoosiowych, systemy dwuosiowe (biaxialne) są testowane wewnętrznie, tzn. każda standardowa rura ciśnieniowa i każdy standardowy łącznik ciśnieniowy musi przejść badanie szczelności przy podwójnym ciśnieniu nominalnym w czasie 2 minut. Gwarantuje to, że systemy rur dwuosio-

wych oparte na technologii FLOWTITE pozostaną symbolem jakości, podobnie jak znane systemy rur jednoosiowych produkowanych przez zakłady produkcyjne Amitech.



Rys. 8. Symulacja komputerowa naprężeń występujących w dwuosiowym połączeniu trójnikowym DN 1200 PN 6 [2]



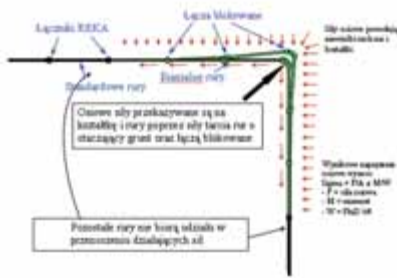
Rys. 9. Testowanie kołnierzowego dwuosiowego połączenia trójnikowego DN 1200 PN 6 z połączeniem blokowanym klinowo do późniejszego wykorzystania w projekcie rurociągu odpornego na działanie sił osiowych w Goochland, Virginia, USA [2]



Rys. 10. Testowanie rury dwuosiowej DN 150 PN 16, badanie zachowania pod wpływem udaru przeprowadzone po kontrolowanym teście ciśnieniowym [2]

#### Obsługa techniczna

Jak pokazano na rys. 11, dla odcinków, które mają być zabezpieczone, dział konstrukcyjny firmy Amitech wykonuje obliczenia zgodnie z arkuszem DVGW GW 368, datowanym na czerwiec 2002 r. Odpowiednie formularze są przekazywane klientowi jako część zapewnianej obsługi technicznej. W obliczeniach są uwzględniane warunki lokalne w miejscu instalacji.



Rys. 11. Zachowanie pozabawionej elementów oporowych, podziemnej rury ciśnieniowej na łuku 90° (odcinki zabezpieczone zostały zaznaczone na szkicu kolorem zielonym) [1]

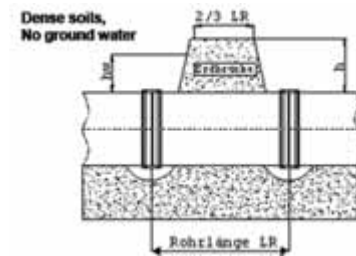
Tabela 1 zawiera ogólne warunki i wymagania zgodne z GW 368. W celu zwiększenia bezpieczeństwa zaleca się zabezpieczenie co najmniej 12 m po obu stronach łuku, kształtki rurowej, rozgałęzienia, zaślepionego końca lub zmiany przekroju. Jak wynika z tabeli 1, rurociąg jest zainstalowany pod ziemią na swojej całej długości.

DN	100	150	200	300	500	700	800
łuk							
90°	12	12	12	14	27	38	43
60°	12	12	12	12	23	34	39
45°	12	12	12	12	19	30	36
30°	12	12	12	12	12	23	29
11°	12	12	12	12	12	12	12

Tabela 1. Liczba odcinków rur ciśnieniowych wymagających zabezpieczenia po obu stronach łuku dla połączeń odpornych na działanie sił osiowych do DN 800 PN 10

Liczba odcinków rur wymagających zabezpieczenia po obu stronach łuku **L (m)** dla następujących założeń:

Współczynnik tarcia:	$\mu = 0,50$
Dopuszczalny nacisk gruntu:	50 kN/m <sup>2</sup>
Przykrycie rury:	1,30 m <b>Zasada obliczania:</b> Rura przykryta na dwóch trzecich długości. <b>Praktyka:</b> Rura przykryta całkowicie.
Ciśnienie badania:	15 bar
Długość:	6 m
Sztwność:	SN 5000, SN 10000



Dla zwiększenia bezpieczeństwa obliczono opór gruntu dla dwóch z trzech części całkowitej długości rury, co daje w wyniku obliczenia przykrycie gruntem dwóch trzecich rury. Jeżeli warunki gruntowe są zmienne, np. gdy występują grunty lekkie lub wysoki poziom wód gruntowych (do poziomu górnej linii podstawy), liczba odcinków rur wymagających zabezpieczenia może być większa niż podano w tabeli 1. Szczególnie duże korzyści z naszej obsługi technicznej, obejmującej szczegółowe projektowanie instalacji z wykorzystaniem CAD oraz dostosowaną do potrzeb produkcję odcinków i segmentów, odnoszą klienci

realizujący duże projekty. W przypadku, gdy wymagane są projekty specjalne o dużych rozmiarach nominalnych i wyższych ciśnieniach, grupa Amiantit może oprzeć się na firmie Sarplast-Italy, która pomagała w realizacji projektu Delfland (DN 1500 oraz rozmiar specjalny DN 1936 PN 6), polegającego na instalacji w Holandii ciśnieniowego rurociągu kanalizacyjnego z połączeniami blokowanymi klinowo.

#### Inne obszary zastosowań

Dzięki zastosowaniu rur i łączników przenoszących siły osiowe zmontowany rurociąg można traktować jako jedną nierozłączną całość. Oprócz tradycyjnych instalacji ciśnieniowych podziemnych, wspomnianych w referacie, istnieje możliwość stosowania tych systemów w projektach, gdzie metoda instalacji wymaga od stosowanych rur i połączeń przenoszenia sił osiowych.

#### Rurociągi podwodne

Jednym z przykładów zastosowania są rurociągi spławiane w głąb zbiorników wodnych i posadawiane na dnie, gdzie instalacja wymaga stosowania rur o wysokiej wytrzymałości na naprężenia osiowe i gnące, jak również elastyczności układu, którą w tym przypadku zapewniają połączenia blokowane. Tak złożony układ sił występuje w zmontowanym rurociągu w czasie jego holowania i zatapiania na dno zbiornika. Blokowane łączenie odcinków rur przebiega bardzo szybko i nie wymaga specjalnych zabezpieczeń w czasie łączenia związanych

z warunkami atmosferycznymi, które z kolei są wymagane w przypadku spawania lub zgrzewania innego rodzaju rur.



Rys. 12. Wprowadzanie zmontowanej rury [3]

#### Technologie bezwykopowe

Kolejnym obszarem zastosowań dla systemów biaxialnych jest renowacja rurociągów podziemnych metodą sliplining poprzez wciąganie nowej rury do wnętrza rury naprawianej. Aby przeprowadzić montaż rur metodą wciągania (holowania), zarówno rury, jak i połączenia, muszą być zdolne przenieść wszystkie siły osiowe, wynikające z osiowego holowania rurociągu. Dodatkowym atutem jest fakt, iż połączenia blokowane są na tyle elastyczne, by móc skompensować wszystkie nierówności i załamania powierzchni wewnętrznej naprawianego rurociągu w określonych granicach.



Rys. 13. Montaż rur łącznikiem blokowanym przed wsunięciem do starego rurociągu

Kolejnym krokiem zastosowania tego rodzaju rur i połączeń mogą okazać się technologie HDD i związane z nimi aplikacje.

#### Literatura:

[1] Rys. 1, Rys. 11; Högni Jónsson, artykuł *Systemy rur dwuosiowych – Możliwości i rozwój*, luty 2000.

[2] Rys. 8, Rys. 9, Rys. 10; *Flowtite Technology AS*, Dział Badawczo-Rozwojowy, Högni Jónsson, Gudmundur Pálsson, 2003.

[3] Rys. 12, Gudmundur Pálsson, referat: *GRP Marine outfalls – A Fresh Look at Laying Techniques*. Marine Waste Water Discharges 2000 – GENOVA ITALY.

\*Robert Walczak,  
**Amitech Poland Sp. z o.o.**  
ul. Nowy Świat 20a  
80-299 Gdańsk

\*\*Mathias Müller,  
**Amitech Germany GmbH**  
Mochau OT Großsteinbach