

## Polietylen bimodalny w energetyce

# Rurociągi z materiałów trzeciej generacji

mgr inż. Paweł Pill

Project Manager, KWH Pipe Poland



Realizacja niezwykle ambitnych planów rozwoju polskiej energetyki, która ma przypadać na najbliższe lata, wymaga użycia materiałów gwarantujących wysoką bezawaryjność. Dotychczasowe doświadczenia wynikające ze stosowania rurociągów polietylenowych stanowią dobry punkt wyjścia do projektowania nowych obiektów.

Polietylen po raz pierwszy zsyntetyzował niemiecki chemik Hans von Pechman w 1898 r. Pierwsza możliwa do przeprowadzenia na dużą skalę synteza polietylenu została odkryta przez Erica Fawcetta i Reginalda Gibsona w ICI Chemicals w 1933 r. Polegała ona na działaniu wysokim ciśnieniem (kilkaset atmosfer) na mieszaninę etenu i benzaldehydu i stała się podstawą przemysłowej produkcji LDPE rozpoczętej w 1939 r.

Użycie katalizatorów w syntezie polietylenu, pozwalające na polimeryzację etenu w łagodniejszych przedziałach temperatury i ciśnienia, otworzyło drogę do produkcji polietylenu na szerszą skalę.

W 1951 Robert Banks i John Hogan w Phillips Petroleum użyli jako katalizatora tlenku chromu, co umożliwiło syntezę w temperaturze 150°C przy ciśnieniu 30 atm. W 1954 r. niemiecki chemik Karl Ziegler (Max Planck Institute, Germany) wraz z Giulio Natta (Politechnic Institute in Milan) rozwinęli proces katalizacyjnej polimeryzacji, oparty na chlorkach tytanu i metaloorganicznych związkach glinu. Pozwalał on na syntezę w łagodniejszych warunkach (60°C, 1 atm) niż proces Phillipsa.

Obie metody pozostają w praktyce przemysłowej do dziś.

### Rurociągi ciśnieniowe<sup>1</sup>

Aktualnie rury produkowane są z PE 100, polietylenu bimodalnego, nazywanego polietylenem trzeciej generacji. Polietylen bimodalny charakteryzuje się występowaniem dwóch zróżnicowanych rodzajów łańcuchów cząsteczkowych: krótkich i długich. Występowanie obszarów krystalicznych i amorficznych, a także ich wzajemne proporcje determinują w znacznym stopniu właściwości mechaniczne polietylenu.

Polietyleny bimodalne odznaczają się wysoką wytrzymałością na rozciąganie oraz dużą odpornością na szybką i powolną propagację pęknięć.

Inne zalety systemów PE to:

- wysoka odporność na działanie chemikaliów (ISO/TR 10358<sup>2</sup>),
- odporność na promieniowanie UV (dla PE w kolorze czarnym),
- bardzo duża odporność na ścieranie,
- bardzo niski i niezmienny w czasie współczynnik chropowatości bezwzględnej,
- jednorodność połączeń odcinków rur i kształtek (często umożliwiające rezy-

gnację z bloków oporowych),

- możliwość zastępowania łuków łagodnym wyginaniem rurociągów,
- stuprocentowa szczelność połączeń,
- małe prędkości rozchodzenia się fali uderzeniowej w przypadku wystąpienia zjawiska uderzenia hydraulicznego,
- łatwość montażu bez względu na warunki atmosferyczne (również w temperaturach ujemnych),
- bardzo mały ciężar rur w porównaniu z materiałami tradycyjnymi,
- mała wartość przewodności cieplnej,
- relatywnie niskie koszty instalacji i eksploatacji w stosunku do innych technologii.

### Klasyfikacja

Początkowo wprowadzono klasyfikację polietylenu opartą na gęstości i wskaźniku płynięcia (MFR-Melt Flow Rate).

Rodzaj materiału	Gęstość	MFR
-	kg/m <sup>3</sup>	g/10 min
LLDPE	910-935	0,1-0,3
LDPE	915-925	0,1-0,5
MDPE	926-940	0,7-1,3
HDPE	941-965	0,2-0,7

Tab. 1. Podział ze względu na gęstość i MFR (na podstawie „Polyethylene Pipes in applied engineering”<sup>3</sup>)

Z biegiem lat podział ten musiał być zmieniony, gdyż nie charakteryzował w pełni właściwości użytkowych rur.

Wprowadzono klasyfikację w oparciu o normę: PN-EN ISO 12162:2009<sup>4</sup>,

$\sigma_{LCL}$ (MPa)	MRS (MPa)	Klasa
$6,3 \leq \sigma_{LCL} \leq 7,99$	6,3	63
$8 \leq \sigma_{LCL} \leq 9,99$	8	80
$10 \leq \sigma_{LCL} \leq 11,19$	10	100

Tab. 2. Klasyfikacja (fragment) wg PN-EN ISO 12162

gdzie:

MRS - (minimalna wymagana wytrzymałość) – wartość  $\sigma_{LCL}$  zaokrąglona w dół do najbliższej mniejszej wartości z serii R10 lub R20 (szeregi liczb Renarda) wyrażona w [MPa];

$\sigma_{LCL}$  - dolna granica przedziału ufności w temperaturze 20°C przez 50 lat. Wielkość naprężenia [MPa], która może być rozpatrywana jako właściwość danego materiału i oznacza dolną granicę 97,5% przedziału ufności średniego długotrwałego naprężenia obwodowego, wywołanego hydrostatycznym ciśnieniem wody w temp. 20°C w okresie 50 lat, liczona metodami ekstrapolacyjnymi zgodnie z PN-EN ISO 9080:2005<sup>5</sup>.

W normie tej zdefiniowano minimalny współczynnik bezpieczeństwa dla PE C=1,25.

Określono również sposób wyznaczania naprężeń projektowych:  $\sigma_s = MRS/C$

Klasa PE	MRS	$\sigma_s$
-	MPa	MPa
PE 63	6,3	5
PE 80	8	6,3
PE 100	10	8

Tab. 3. Klasy PE i odpowiadające im naprężenia projektowe

### Typoszereg normowy

W normie PN-EN 13244-1÷5:2003 (U)<sup>6</sup> określono właściwości rur z polietylenu (PE) do ciśnieniowych systemów wody użytkowej, kanalizacji deszczowej i sanitarnej - układanych pod ziemią i nad ziemią - oraz do systemów kanalizacji podciśnieniowej.

Podano wymagania dotyczące materiału i zakresu wymiarów nominalnych. Określono właściwości mechaniczne i fizyczne.

W normie PN-EN 12201-1÷5:2003 (U)<sup>7</sup> przedstawiono ogólne wymagania dotyczące systemów przewodów rurowych z polietylenu (PE) do przesyłania wody do spożycia przez ludzi oraz wody przed jej uzdatnieniem.

W normach tych określono również zależności pomiędzy: PN, MRS, SDR, S.

S-serie rurowe, wg ISO 4065<sup>8</sup>

$$S = \frac{SDR - 1}{2}$$

Wskazano metodykę obliczenia ciśnienia nominalnego PN:

$$PN = \frac{20\sigma_s}{SDR - 1} \quad [\text{bar}]$$

gdzie:

SDR - stosunek wymiarów normatywnych (ang. Standard Dimension Ratio) SDR=DN/e

Ustalono również grubości ścianek i tolerancje, dzięki czemu uzyskano tabele wymiarowe rur.

Średnica nominalna DN/OD (mm)	gr. ścianki $e_{min}$ (mm)	SDR	Ciśnienie nominalne PN (bar)
800	58,8	-	12,5
1000	59,3	17	10
1200	57,2	21	8
1400	53,5	26	6
1600	61,2	26	6

Tab. 4. Maksymalne parametry rur PE 100 dla DN≥800 wg norm PN-EN 13244-2 i PN-EN 12201-2

Zastosowania przemysłowe często wymagają użycia rur przeznaczonych dla większych ciśnień niż wynikające z przytoczonych norm.

Producent posiadający duże doświadczenie i nowoczesny sprzęt jest w stanie wyprodukować rury o geometrii znacznie wykraczającej poza ograniczenia normowe.

Istnieje również techniczna możliwość wyprodukowania rur o średnicach innych niż ujęte w normie, dzięki czemu można zoptymalizować parametry pracy systemu przemysłowego.

Średnica nominalna DN/OD (mm)	gr. ścianki $e_{min}$ (mm)	SDR	Ciśnienie nominalne PN (bar)
800	88,9	9	20
1000	90,8	11	16
1200	108,9	11	16
1400	102,9	13,6	12,5
1600	94,1	17	10

Tab. 5. Możliwości produkcyjne firmy KWH Pipe wykraczające poza zakres określony w normach PN-EN 13244-2 i PN-EN 12201-2

Jeżeli system przewodów rurowych z PE 80 lub PE 100 działa w sposób ciągły w stałej temperaturze wyższej niż 20°C, wówczas mają zastosowanie współczynniki obniżenia ciśnienia  $f_t$ , zgodnie z tabelicą A1 (Załącznik A do PN-EN 12201-1 lub do PN-EN 13244-1).

Temperatura °C	Współczynnik $f_t$
20	1
30	0,87
40	0,74

Dopuszczalne ciśnienie robocze PFA wyznacza się wówczas z równania:

$$PFA = f_t PN$$

Jednym z przykładów wykorzystania rurociągów ciśnieniowych PE jest układ chłodzenia bloku ciepłowniczego BC-35 w Elektrociepłowni Tychy, wybudowany w 1999 r. z kotłem fluidalnym z turbogeneratorem o mocy elektrycznej 37 MW i mocy cieplnej 70 MW.

Rurociąg wody chłodzącej 2x200m PE80 DNxe=1000x47,7 SDR 21 PN6,3 na odcinku pomiędzy komorą turbin a komorą chłodzenia.



Wykorzystanie otwartego układu chłodzenia stanowi lepszą, w porównaniu do chłodni kominowych, opcję ze względu na: wyższą sprawność wytwarzania, wyższą wydajność maksymalną, mniejsze zajęcie terenu, ograniczenie ubytków wody.

Podstawowym problemem w tym przypadku jest zapewnienie dostatecznej ilości wody chłodzącej. Wykorzystanie otwartego układu chłodzenia jest możliwe wzdłuż Wisły, Odry i ich głównych dopływów, a także na wybrzeżu morskim.

Bardzo dobrym rozwiązaniem jest chłodzenie wodą morską. Wymaga ono jednak stosowania materiałów odpornych na korozję i tu rurociągi polietylenowe znajdują szerokie zastosowanie.

### Rurociągi niskociśnieniowe

W przypadku otwartego układu chłodzenia potrzebne są rurociągi o średnicach większych niż 1600 mm, a jednocześnie pracujące przy ciśnieniach zazwyczaj nieprzekraczających 2 bar. W tej sytuacji dobrym rozwiązaniem jest zastosowanie rur polietylenowych strukturalnych niskociśnieniowych. Firma KWH Pipe opracowała specjalny system Weholite LP, przeznaczony do tego typu rozwiązań o średnicach DN=ID (wewnętrznych), w zakresie 1200-3300mm. Rurociągi łączone są metodą automatycznego spawania ekstruzyjnego.



System ten zachowuje wszystkie zalety typowe dla rurociągów polietylenowych ciśnieniowych, a dodatkowo dzięki opatentowanej metodzie wypełniania profilu może być zatapiający (w celu posadowienia na dnie rzeki, jeziora bądź morza) bez użycia zewnętrznych obciążników betonowych, co znacznie ułatwia proces instalowania rurociągów poboru i zrzutu wody chłodzącej.

Ciekawym przykładem wykorzystania wody morskiej w procesie chłodzenia jest zrealizowana w 2009 roku budowa elektrowni obiegu kombinowanego 420 MW CombiGolfe w Fossur-Mer (Francja).



Ujęcie wody stanowią dwa rurociągi niskociśnieniowe Weholite ID 2200 mm o długościach po 205 m każdy. Po procesie chłodzenia zrzut wody prowadzony jest rurociągiem Weholite ID 2400 o długości 860 m.



Rurociągi te wyprodukowane zostały w fabryce KWH w Polsce. Posadowienie na dnie morskim rurociągów z wypełnionym profilem (specjalną zaprawą betonową) nastąpiło poprzez „swobodne zatapiać”.

Kolejnym przykładem wykorzystania rurociągów o ścianie strukturalnej Weholite jest zrealizowana w 2009 r. Elektrociepłownia Keljonlahti (Finlandia) na biomasę o mocy cieplnej 200 MW i elektrycznej 210 MW.

Źródłem wody chłodzącej jest woda z pobliskiego jeziora Päijänne pobierana rurociągiem o średnicy ID 3000 mm i długości 240 m. Po procesie chłodzenia woda odprowadzana jest rurą o średnicy ID 3000 mm i długości 1475 m.



Rurociągi posadowione zostały na dnie jeziora metodą „swobodnego zatapiać”, a dociążenie uzyskano poprzez wypełnienie profilu rury specjalną mieszaniną betonową.



Ze względu na bardzo dobre właściwości użytkowe, jak i dotychczasowe znakomite referencje przemysłowe, rurociągi polietylenowe znajdują coraz szersze zastosowanie w energetyce.

### Literatura

- JANSON L.-E.: *Plastics Pipes for Water Supply and Sewage Disposal*, 4th edition, Borealis, Stockholm 2003
- ISO/TR 10358:1993 *Plastics pipes and fittings - Combined chemical-resistance classification table*
- Polyethylene Pipes in applied engineering*, Dinar Grann-Meyer
- PN-EN ISO 12162:2009 *Materiały termoplastyczne na rury i kształtki do zastosowań ciśnieniowych - Klasyfikacja, oznaczenie i współczynnik projektowy*.
- PN-EN ISO 9080:2005 *Systemy przewodów rurowych i rur osłonowych z tworzyw sztucznych - Oznaczenie przez ekstrapolację długotrwałej wytrzymałości hydrostatycznej materiałów termoplastycznych w postaci rur*
- PN-EN 13244-1÷5:2003 (U) *Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do ciśnieniowych rurociągów do wody użytkowej i kanalizacji deszczowej oraz sanitarnej, układane pod ziemią i nad ziemią - Polietylen (PE)*
- PN-EN 12201-1÷5:2003 (U) *Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do przesyłania wody*.
- ISO 4065 *Thermoplastics pipes - Universal wall thickness table*.