

ZALETY SIECI WODOCIĄGOWYCH Z POLIETYLENU (PE). NOWE INNOWACYJNE MATERIAŁY PE

1. WPROWADZENIE

Spośród wielu zastosowań, rury polietylenowe (PE) używane na całym świecie do budowy wodociągów i gazociągów, mają szczególny wkład w poprawę niezawodności i jakości sieci. Od ponad 50 lat, kiedy wyprodukowano pierwsze rury, PE odnosi rewelacyjne sukcesy i jest dziś chętnie wybieranym materiałem w powyższych aplikacjach. Łatwość instalacji, niski koszt eksploatacji i brak korozji to tylko kilka z bardzo dobrze znanych powodów ich sukcesu. Kolejnym przyczynkiem do tych sukcesów są ciągłe wysiłki zarówno producentów surowców jak i producentów rur aby jeszcze bardziej podnieść jakość i niezawodność rurociągów. Po opracowaniu materiałów do produkcji rur HDPE takich jak PE63 a później PE80, pierwsze polietyleny klasy PE100 pojawiły się na rynku pod koniec lat 80-tych. Materiały te były kamieniem milowym w rozwoju rur z HDPE, ponieważ umożliwiały wykorzystanie wyższych ciśnień pracy i w tym samym czasie oferowały użytkownikowi końcowemu inne zalety takie jak wysoka odporność na powolny wzrost pęknięć oraz na szybką propagację pęknięć.

Tabela 1. Ewolucja właściwości rur PE

	1 Generacja HDPE	2 Generacja HDPE	3 Generacja MDPE-HDPE	3 Generacja HDPE
Rury stosowane od	1965	1975	1990	1990
Klasyfikacja	PE63	PE80	PE80	PE100
Naprężenia projektowe	5,0 MPa	6,3 MPa	6,3 MPa	8,0 MPa
Punkt przejścia do fazy II 80°C	100-300 H	1000-3000	>10 000	>10 000
Test karbu, 10 4,6 MPa/80°C	10	100-200	>1000	>1000
Szybka propagacja pęknięć/ p_c rura $\phi 110$ SDR11	<3 bar	<3 bar	>10 bar	>10 bar

2. GŁÓWNE CZYNNIKI SUKCESU RUR PE

Pewne kluczowe właściwości, połączone razem, wyjaśniają niesamowity sukces PE na rynku materiałów wykorzystywanych do budowy systemów wodociągowych:

Elastyczność

Unikatowa elastyczność PE umożliwia nawijanie na bębny rur o średnicach do 180 mm, co przy możliwości produkcji długich, nawet kilkuset metrowych odcinków, ułatwia transport i układanie rurociągów. Rury dostarczane w tak długich odcinkach wymagają podczas prac montażowych wykonywanie mniejszej liczby połączeń, umożliwiając szybszą i tańszą instalację, jednocześnie redukując ryzyko wystąpienia nieszczelności. Rury PE łatwo układać nawet w dość krętych wykopach, bez konieczności każdorazowego stosowania kształtek przy zmianie kierunku trasy rurociągu. Ta giętkość oznacza również, że rury PE, w przeciwieństwie do materiałów sztywnych, poddają się ruchom gruntu, co się zwykle zdarza podczas użytkowania systemu rurowego. W ekstremalnych sytuacjach, takich jak trzęsienia ziemi, systemy PE zawsze wykazują najmniejszą awaryjność. Potwierdziły to badania przeprowadzone po znanym trzęsieniu ziemi, które miało miejsce w Japonii w 1995 roku (patrz tabela 2).

Tabela 2. Statystyka uszkodzeń różnych materiałów użytych do budowy sieci gazowej (niskie ciśnienie) spowodowanych trzęsieniem ziemi w Kobe (Japonia) w 1995 roku.

Materiał	Sieć przesyłowa	Sieć rozdzielcza	Przyłącza	Suma
Stal	0	4607	6151	10758
Żeliwo	583	0	33	616
PE	0	0	0	0

Trwałość

Oprócz elastyczności, rury PE charakteryzują się dużą trwałością. Pierwsze systemy korzystające z rur PE zostały zainstalowane ponad 40 lat temu i są nadal w użyciu, chociaż wyprodukowano je z materiału PE pierwszej generacji.

Nowoczesne, niedawno opracowane materiały PE, wykazują, obliczoną metodą ekstrapolacji określoną w normie ISO, oczekiwaną trwałość przekraczającą 100 lat przy transporcie wody o temperaturze nie wyższej niż 20°C. Ich odporność na skutki uszkodzeń, jakich rury mogą doznać podczas prac instalacyjnych, takie jak nacięcia, zarysowania, również poprawiała się na przestrzeni lat. Najnowsze dedykowane surowce do produkcji rur, jak BorSafe HE3490-LS-H (patrz niżej), mogą być uznane nawet za niewrażliwe na skutki uszkodzeń powierzchni zewnętrznej i tym samym pozwalające na układanie rur w bardzo trudnych warunkach.

Odporność na korozję

Rury metalowe, np. żeliwne i stalowe ulegają awariom na skutek korozji przy czym prędkość jej rozwoju jest trudna do przewidzenia. Używane czasami powłoki ochronne mogą zostać uszkodzone a to prowadzi do jeszcze większych szybkości korozji. Niektóre rodzaje gleby mogą być przyczyną korozji rur metalowych na zewnętrznej powierzchni. Produkty korozji wpływają na obniżenie jakości wody w rurach żeliwnych i stalowych. Rury PE, ze względu na swoją dużą odporność chemiczną są bardzo odporne na korozję, obniżając w ten sposób koszty eksploatacji systemu i wydłużając jego trwałość.

Szczelność

Ze względu na swoje termoplastyczne właściwości, systemy rurowe z PE mogą być łączone przy użyciu metody zgrzewania elektrooporowego lub zgrzewania doczołowego. Zgrzewanie elektrooporowe jest wykorzystywane głównie do łączenia elementów mniejszych średnic i jest realizowane przy pomocy kształtek elektrooporowych. Do łączenia elementów techniką zgrzewania doczołowego wykorzystywane są zgrzewarki doczołowe, realizujące odpowiedni cykl zgrzewania, w którym istotne są: temperatura, ciśnienie i czas chłodzenia. Połączenia są jednorodne (brak w połączeniu elementów konstrukcyjnych z innymi materiałami), dając w pełni ciągły rurociąg wykonany z jednego tylko materiału – PE – który ma te same właściwości w każdym miejscu. System rurowy ma zdolność przenoszenia obciążeń osiowych, nie ma ryzyka rozłączenia połączeń nawet przy silnych ruchach gruntu i **nie ma potrzeby stosowania bloków oporowych**.



Rysunek 1. Zgrzewanie elektrooporowe (po lewej) i zgrzewanie doczołowego (po prawej).

Mały ciężar

PE charakteryzuje się niską gęstością. W konsekwencji rury PE są lżejsze niż rury z innych materiałów. Na przykład typowa rura ciśnieniowa o średnicy DN 150 mm:

• PE	=	7 kg/m
• Żeliwo sferoidalne	=	24 kg/m
• Stal	=	29 kg/m

Rury PE są więc wygodniejsze i tańsze w transporcie, łatwiejsze i bezpieczniejsze do stosowania na placu budowy, i łatwiejsze w montażu, co wpływa na obniżenie kosztów realizacji inwestycji.

Kompletne systemy PE

Obecnie cała sieć wodociągowa może być wykonana z PE. Zostały opracowane różne rodzaje PE oferujące możliwość optymalnego wykonania poszczególnych jej fragmentów.

Dla małych średnic, gdzie elastyczność i zwijalność są najważniejsze, PE80 o średniej gęstości jest najlepszym rozwiązaniem. BorSafe ME3440, produkowany przy użyciu nowoczesnej technologii bimodalnej, łączy te właściwości z unikalną odpornością na powolny wzrost pęknięć, który może być zainicjowany przez uszkodzenia powierzchni zewnętrznej. To wszystko czyni go najlepiej sprzedawanym surowcem do produkcji rur o mniejszych średnicach, np. rur na przyłącza domowe.

Dla rur większych średnic, PE 100 oferuje dodatkowe zalety. W szczególności większą wytrzymałość, co pozwala na stosowanie cieńszych ścianek w porównaniu do rur wykonanych z PE80. BorSafe HE3490-LS oprócz standardowych właściwości nowoczesnego PE100, podczas wytłaczania nie spływa po wewnętrznej powierzchni rury w takim stopniu, by powodować duże wahania grubości ścianki na jej obwodzie. Umożliwia to produkcję rur o jeszcze większych średnicach i grubościach ścianek, poszerzając w ten sposób obszar ich zastosowań. Dzięki temu specjalnemu materiałowi wyprodukowano rury PE o średnicy 2000mm i ścianie grubości 120 mm.

Borealis ostatnio opracował nowy materiał PE100 BorSafe HE3490-IM przeznaczony do produkcji kształtek ciśnieniowych metodą wtryskową. Ten unikalny materiał umożliwia produkcję kształtek najwyższej jakości.



Rysunek 2. Wytłaczanie rury o średnicy 2m



Rysunek 3. Rury PE nawinięte na bęben

Neutralność względem wody

PE jest materiałem neutralnym względem wody i niewrażliwym na zmianę jej jakości (wartość pH, twardość), co może mieć miejsce podczas użytkowania rurociągu.

Rury PE mają niski współczynnik tarcia. Typowe wartości chropowatości stosowane przez projektantów sieci wodociągowych to 0,05mm dla PE, podczas gdy dla żeliwa sferoidalnego przyjmowane są wartości z zakresu od 0,5 do 1,0mm. Co więcej, rury PE w przeciwieństwie do rur metalowych nie doświadczają inkrustacji, osadów lub korozji, zmniejszających wewnętrzną średnicę przewodu. Wielkość przepływu wody pozostaje niezmienna przez cały czas.

Właściwości organoleptyczne i stopień mikrobiologicznego wzrostu w rurach jest regularnie kontrolowany przez komórki wewnętrzne i przez zewnętrzne laboratoria, by zapewnić, że rury nie wpływają na smak i zapach transportowanej wody.

Przyjazne środowisku

Z różnych przyczyn, stosowanie rur PE można uznać za przyjazne środowisku. Relatywnie niska waga rur pomaga zmniejszać koszty transportu i montażu rurociągów, w tym ograniczać koszty nośników energii. Trwałość rurociągów i ich szczelność pomagają chronić zasoby wodne. Rury PE mogą być poddane recyklingowi i przetworzone na energię po zakończeniu cyklu ich użytkowania. Charakteryzują się niskim zużyciem energii i niską emisją CO₂ w całym okresie życia produktu.

Nastawienie na innowacyjność i jakość

Innowacyjność odegrała znaczną rolę w sukcesie rur PE. Cała branża PE zawsze starała się poprawiać właściwości materiału, zaś każdą nową jego generację cechowała lepsza charakterystyka w stosunku do poprzedniej. Dobór rur i surowców PE, powinien być zawsze dokonywany z myślą, aby projektowany system miał trwałość przekraczającą 50 lat. Z tego też powodu nie powinno być kompromisów w kwestii jakości i tylko dedykowane, wysokiej jakości surowce PE projektowane specjalnie do tych zastosowań powinny być używane do produkcji rur do transportu wody pitnej. Materiały te muszą spełniać nie tylko wymogi w zakresie długotrwałej wytrzymałości na ciśnienie hydrostatyczne, ale także i inne, jak np. odporność na powolny wzrost pęknięć.

Aby zdefiniować minimalne wymagania w zakresie dystrybucji wody pitnej zostały opracowane międzynarodowe normy, takie jak EN12201 i ISO 4427. W niektórych krajach zostały opracowane systemy certyfikacji jakości i wprowadzone znaki jakości, aby zapewnić, że te wymagania są spełnione zarówno przez producentów materiałów jak i producentów rur. Czasami przy tej okazji jest nawet podnoszony poziom wymagań.

Wszystkie wymienione wyżej elementy są kluczowe dla ciągłego wzrostu wykorzystania PE do budowy sieci wodociągowych.

Przykład awarii wodociągu spowodowanej niską jakością materiału

Niestety, pewne zdarzenia, które doprowadziły do przedwczesnych awarii wynikały z użycia materiałów niskiej jakości w miejsce pełnowartościowych. Przypominają nam one, że stale należy walczyć o jakość.

Ostatnie zdarzenia przy realizacji projektu budowy wodociągu w Azji zwracają uwagę na tą kwestię. W mieście zainstalowano 7 km rur wodociągowych. Po zaledwie kilku tygodniach niektóre z rur zaczęły pękać a w okresie 7 miesięcy odnotowano 15 awarii. Późniejsza analiza wykazała, że rury nie były wyprodukowane z dopuszczonego do stosowania i przebadanego surowca PE100 a także nie spełniały wymagań odpowiednich norm EN czy ISO. Ostatecznie, cały rurociąg należało wymienić, co wiązało się ze zdecydowanie wyższymi kosztami.



Rysunek 4. Uszkodzone rury wyprodukowane z materiału niskiej jakości

3. BORSAFE HE3490-LS-H, NOWY INNOWACYJNY MATERIAŁ PE100 DLA WYMAGAJĄCYCH WARUNKÓW INSTALACJI.

Rury wykonane z dedykowanych nowoczesnych materiałów są uznane za doskonale dostosowane do klasycznych warunków instalacji: otwarty wykop z rurą ułożoną na podsypce z piasku i obsypka wykonywana przy użyciu odpowiednio dobranych materiałów. Jednakże, w ostatnich 10 latach wraz z opracowaniem nowych metod instalacji przed rurami postawiono nowe wyzwania.

Technologie bezwykopowe

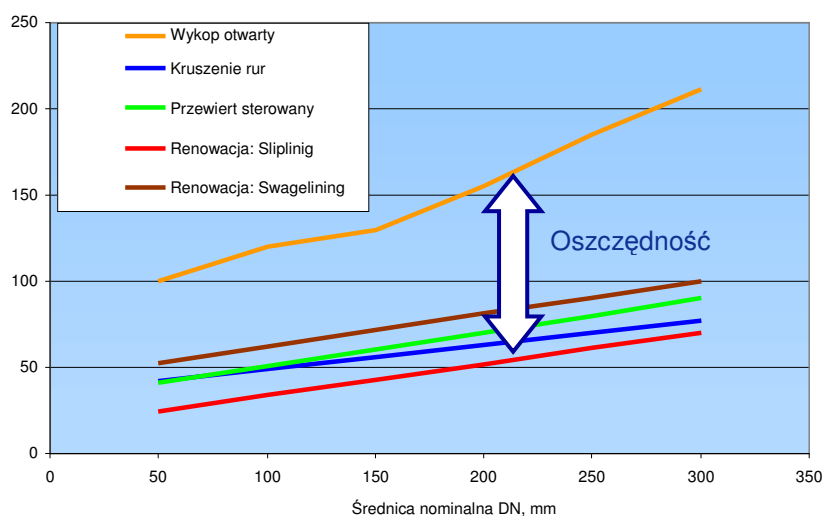
Zostało opracowanych wiele nowoczesnych technik (kruszenie rur, przewiertu sterowane, renowacje itp.), które łączą szybkość i niższy koszt realizacji prac (nawet do 60% mniej niż metoda tradycyjna). Jednocześnie ograniczają one do minimum uciążliwość prac dla otoczenia, co jest szczególnie ważne na obszarach miejskich. Oferują nowe możliwości tak przy renowacji jak i wymianie starych rurociągów. Ze względu na swoje własności, PE jest podstawowym materiałem dla tych metod.

Jednakże, techniki te mogą narażać rury na kontakt z obiektami twardymi lub o ostrych krawędziach. W takich przypadkach mogą okazać się zbyt agresywne i wymagające w stosunku do materiału rur.



Rysunek 5. Technologie bezwykopowe.

Różne technologie bezwykopowe w porównaniu do tradycyjnej metody układania rurociągów w wykopie otwartym pozwalają na obniżenie kosztów instalacji (patrz rysunek 6).



Rysunek 6. Technologie bezwykopowe i metoda tradycyjna – porównanie kosztów.

Układanie bez podsypki i obsypki piaskowej

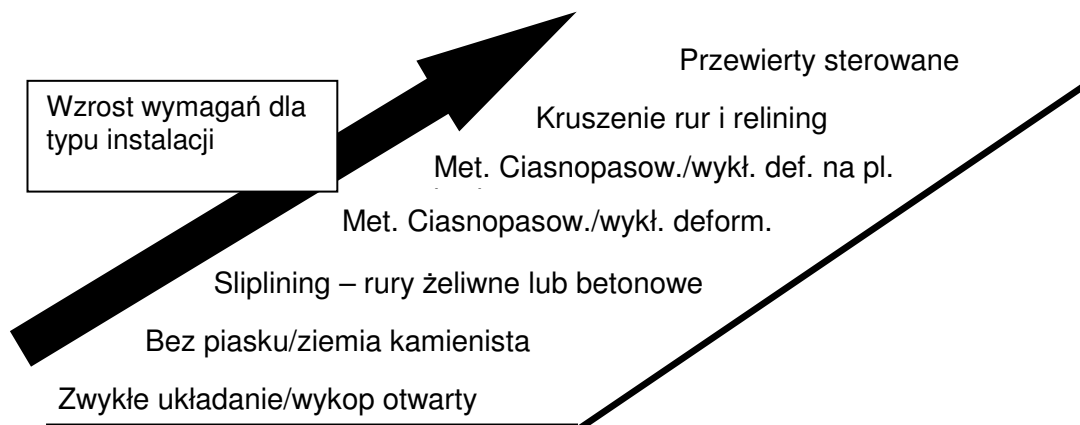
W różnych krajach europejskich istnieje tendencja, aby przy montażu rurociągów w wykopach otwartych odchodzić od standardowego układania z podsypką i obsypką z piasku na rzecz układania rurociągu z wykorzystaniem tylko rodzimego materiału gruntowego. W zależności od rodzaju gruntu w obszarze instalacji, na rury mogą być wywierane większe naprężenia.



Rysunek 7. Wodociąg układany bez podsypki z piasku

W porównaniu ze standardowym sposobem, układanie rurociągów bez podsypki i obsypki z piasku tworzy możliwości dla dodatkowych oszczędności w kosztach instalacji. Potencjalna obniżka całkowitego kosztu instalacji na poziomie 50% jest osiągalna, ponieważ większość wydatków jest związana z przygotowaniem wykopu, instalacją rury, zasypaniem wykopu i odtworzeniem nawierzchni. Koszt rury to zazwyczaj od 10 do 15% całkowitego kosztu instalacji.

Nowe wymagające warunki instalacji rurociągów popchnęły rozwój materiałów PE w kierunku doskonalenia ich właściwości, zwłaszcza ich **odporności na powolny wzrost pęknięć**, a następnie tworzenia nowych rodzajów rur wykorzystujących najlepsze z tych materiałów, czasem w konstrukcjach wielowarstwowych. Rury tego typu łącząc w swej konstrukcji najlepsze materiały spełniające specyficzne warunki obciążeń, zapewniają odpowiedni poziom ochrony i długotrwałą wytrzymałość.

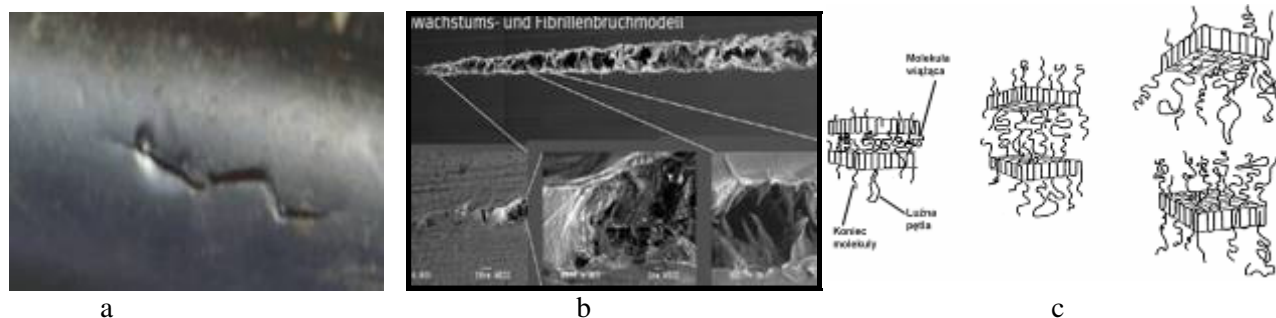


Rysunek 8. Wzrost wymagań w zależności od typu instalacji.

Odporność rur PE na powolny wzrost pęknięć

Spośród różnych wymagań dla rur ciśnieniowych PE, odporność na powolny wzrost pęknięć staje się niezwykle istotna, jeśli chodzi o warunki instalacji. W praktyce dwie podstawowe sytuacje mogą wywołać zjawisko powolnego wzrostu pęknięć w ciśnieniowej rurze z PE:

- Pierwszym są zarysowania lub nacięcia zewnętrznej powierzchni rury powstałe przed instalacją, wskutek niewłaściwego składowania lub przemieszczania rur na placu budowy, lub też podczas instalacji, kiedy to rura mogła być przypadkowo uszkodzona. Powszechnie stosowana zasada mówi, że rura z uszkodzeniem zewnętrznej powierzchni sięgającym głębiej niż 10% grubości ścianki nie powinna być instalowana z przyczyn bezpieczeństwa; praktycznie nie jesteśmy w stanie wykluczyć możliwości, że część uszkodzeń nie zostanie wykryta podczas kontroli jakości na miejscu przed instalacją rury.
- Drugą podstawową przyczyną są „naciski punktowe”: w wyniku bezpośredniego kontaktu z zewnętrzną powierzchnią rury dużego i relatywnie twardego elementu (np. dużego kamienia), w ściance rury pojawiają się dodatkowe naprężenia. Wraz z upływem czasu, po przeciwnej stronie ścianki rury, w wyniku jednoczesnego występowania naprężeń od ciśnienia wewnętrznego i naprężeń od nacisku elementu z zewnątrz może zostać zainicjowane pęknięcie, które powoli będzie propagować w głąb ścianki (od wewnątrz na zewnątrz).



Rysunek 9. Zjawisko powolnego wzrostu pęknięć :

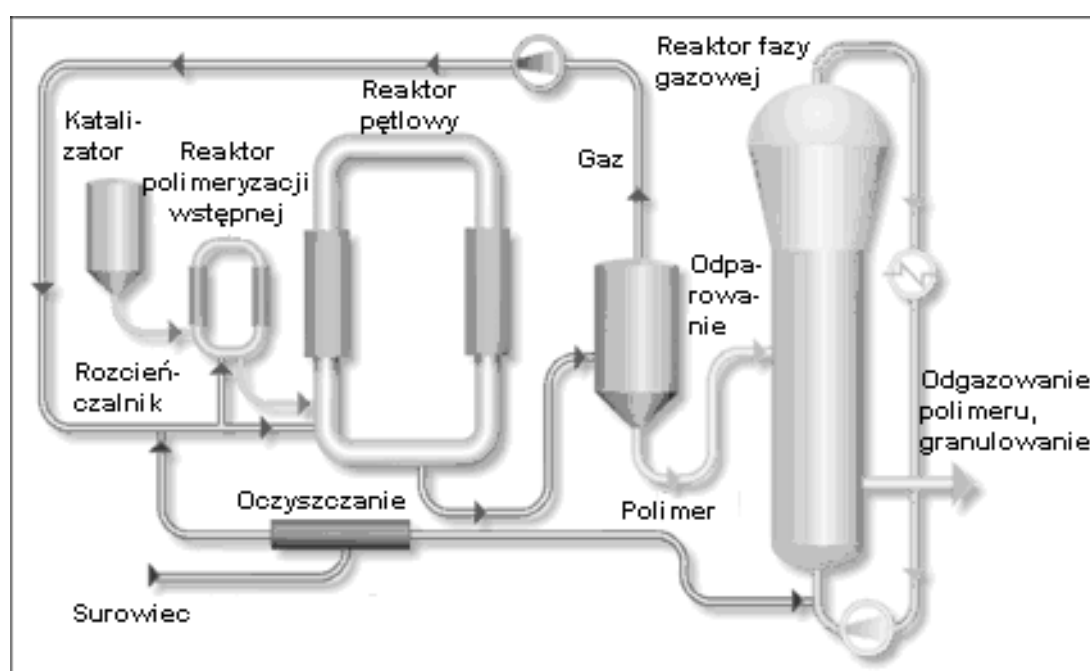
- uszkodzenie rury o niskiej jakości po 7 latach eksploatacji;
- miejsce uszkodzenia widziane pod mikroskopem;
- schemat mechanizmu zjawiska, rozdzielanie się obszarów krystalicznych polimeru

Optymalizacja właściwości surowca: proces polimeryzacji

W przemyśle rurowym elastyczność procesu produkcji polietylenu bimodalnego (lub multimodalnego) umożliwiła w znacznym stopniu wytwarzanie materiałów o ściśle określonych parametrach. Na strukturę polimeru i właściwości produktu końcowego wpływa wybór katalizatora, typ komonomeru, jego zawartość i jego rozkład wzdłuż łańcuchów polimerów a także dobór parametrów procesu w każdym reaktorze. Zmiana tych wartości umożliwia optymalizację parametrów surowca PE ze względu na właściwości przetwórcze lub jego przeznaczenie.

Proces bimodalny składa się z dwóch reaktorów polimeryzacyjnych połączonych szeregowo.

Rysunek 10 pokazuje uproszczony schemat procesu bimodalnego. Przedstawiono niskociśnieniowy reaktor pętlowy z zawiesziną Borstar[®] oraz proces reakcji fazy gazowej. Katalizator jest dostarczany do pierwszego reaktora, gdzie polimer jest formowany w postaci cząstek proszku poprzez polimeryzację monomeru etylenu z odpowiednimi ilościami komonomeru a następnie kontynuując proces przechodzi do włączonego szeregowo drugiego reaktora.



Rysunek 10. Bimodalny proces polimeryzacji Borealis Borstar

Podstawowymi zaletami tego procesu są:

- Niezależne sterowanie reaktorów pod kątem dystrybucji komonomeru i dostosowania rozkładu ciężaru cząsteczkowego
- Operacja odparowywania stosowana pomiędzy reaktorami gwarantuje niezależne kompozycje mieszanek reakcji. Mogą być produkowane materiały w szerokim zakresie gęstości od LLDPE do HDPE.
- W zależności od potrzeby mogą być stosowane różne komonomery, np. buten lub heksen.
- Liczba stopowa MFR₂ surowców z różnych reaktorów może się zmieniać w bardzo szerokim zakresie od <<0,1 do ponad 1000 g/10min.
- Proces oferuje wielką elastyczność względem typu komonomeru, który może być wprowadzony do właściwych regionów polimeru. Na przykład, wykorzystanie heksenu w bimodalnym procesie Borstar owocuje polimerami charakteryzującymi się niezwykle wysoką odpornością na powolny wzrost pęknięć.

Borsafe™HE3490-LS-H

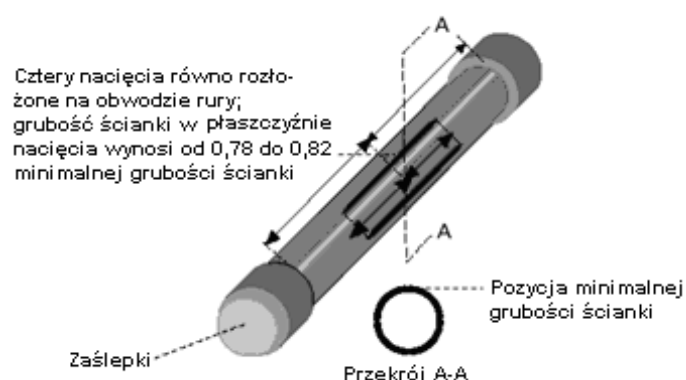
Stosowanie do powyższych informacji, z pomocą technologii Borstar możliwe jest stworzenie surowca, który umożliwi producentowi wytłoczenie rur o dowolnej średnicy od 20 mm do ponad 2000mm i grubość ścianki >100mm. Materiał ten nie tylko umożliwia wyprodukowanie rury o dowolnej średnicy, ale także posiada doskonałą odporność na uszkodzenia wywoływane obciążeniami udarowymi (np. szybką propagację pęknięć), doskonałą odporność na działanie ciśnienia wewnętrznego udowodnioną oznaczeniem klasy PE100 zgodnym ze standardową metodą ekstrapolacji ISO 9080.

Odporność na powolny wzrost pęknięć (SCG)

Wiadomo, że odporność na SCG jest kluczowym parametrem warunkującym trwałość rur. Można udowodnić w tzw. teście karbu, że ten nowy materiał dokonał kolejnego kroku, o co najmniej jedną dekadę w odporności na powolny wzrost pęknięć. Można również wykazać jego niespotykaną odporność na SCG we wszystkich rodzajach badań, którym materiał był dotychczas poddawany.

Test karbu (NPT)

Test karbu jest najpopularniejszą metodą badania odporności na powolny wzrost pęknięć w Europie. Na zewnętrznej powierzchni rury są wykonywane frezem cztery równo rozłożone i równoległe do jej osi nacięcia w kształcie litery „V” głębokie na 20% grubości ścianki. Tak przygotowana próbka zostaje poddana działaniu ciśnienia wewnętrznego. Zastosowanie temperatury 80°C ma na celu przyspieszenie momentu wystąpienia pęknięcia.



Rysunek 11. Test karbu.

W teście karbu rury wykonane z BorSafe HE3490-LS-H wytrzymały ponad 20 000 godzin, 40-krotnie więcej niż wymagania Stowarzyszenia PE100+ i ponad 120-krotnie więcej niż wymóg normy.

Co to oznacza w rzeczywistych warunkach instalacji? ISO 9080, norma międzynarodowa określająca sposób badania długotrwałej wytrzymałości na ciśnienie wewnętrzne rur PE, zdefiniowała współczynniki ekstrapolacji pomiędzy temperaturami materiału. Pomiędzy 80°C (temperatura testu) i 20°C (standardowo przyjmowana temperatura robocza rur wodociągowych) współczynnik ekstrapolacji wynosi 100. Oznacza to, że awaria po więcej niż 20 000 h w 80°C jest równoznaczna z wystąpieniem awarii w temperaturze 20°C po 2 milionach godzin, czyli 225 latach lub temu, że rura wykonana z BorSafe HE3490-LS-H, z czterema karbami na głębokość 20% grubości ścianki, nadal ma oczekiwaną trwałość przekraczającą 200 lat!!!

Tabela 3. Podsumowanie wyników testów polietylenu **BorSafe™HE3490-LS-H**.

	Norma	Warunki testu	Wynik	Wymagania
NPT (a)	ISO 13479	80°C / 9,2 bar	> 18000 h	165 h ¹ 500h ²
FNCT (b)	ISO DIS 16770-3	80°C / 4 MPa / Arkopal	ca. 6000 h	>3500 h ³
ACT (c)		90°C / NM-5	ca. 4000 h	330 h ⁴
PENT (d)	ASTM F-1473	80°C / 4,4 MPa	>10000 h	50 h

- a) Test karbu
b) Test pełzania z pełnym karbem
c) Przyspieszony test pełzania
d) Próba rozciągania z karbem uniwersytetu w Pensylwanii

1 = Wymóg normy EN 1555 i normy EN 12201

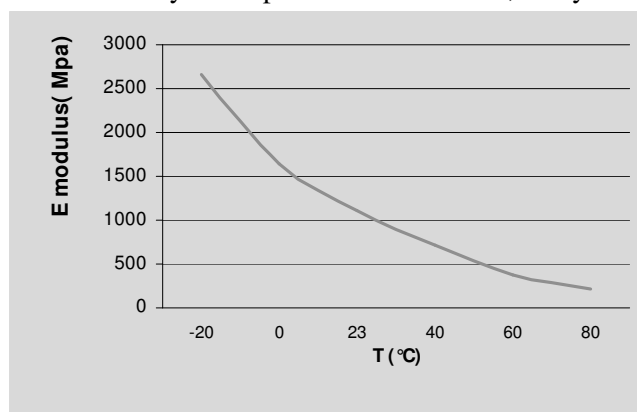
2 = Wymóg Stowarzyszenia PE100+

3 = Wymóg DVGW dla rur układanych bez podsypki i obsypki piaskowej

4 = Tymczasowy wymóg DVGW dla rur układanych bez podsypki i obsypki piaskowej

4. BORSAFE ME3420, NOWE ELASTYCZNY MATERIAŁ PE80 DLA MAŁYCH ŚREDNIC

Jak opisano wcześniej, rury o małych średnicach dostarczane są w długich odcinkach zwiniętych w kręgi, co wiąże się z wieloma korzyściami. Rury są nawijane bezpośrednio po wytłoczeniu, wewnątrz hali wytłaczania. Rozwijanie rur na placu budowy może być czasem utrudnione, zwłaszcza w niższych temperaturach otoczenia, kiedy twardość rur rośnie.

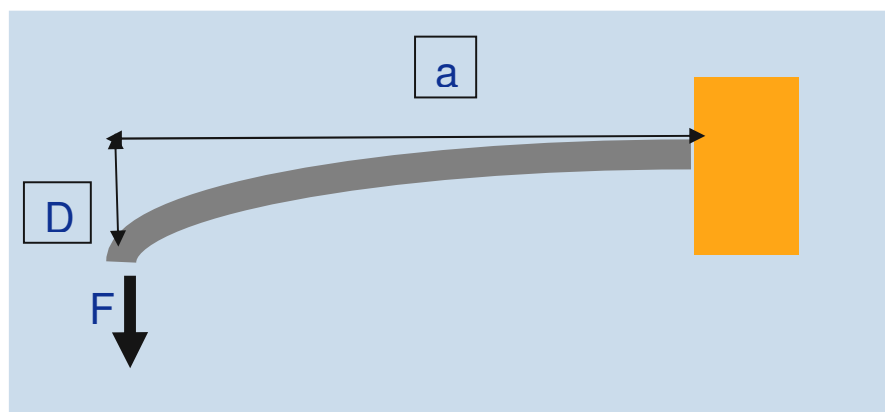


Rysunek 12. Elastyczność PE w różnych temperaturach

Bardzo często rury o małych średnicach są stosowane przy wykonywaniu przyłączy domowych. Elastyczność rury w tym przypadku ułatwia omijanie przeszkód oraz pomaga podłączyć ją do wodomierza.

Przy wzroście elastyczności zmniejsza się siła potrzebna do wygięcia rury, co przedstawiono na rysunku 13. Czyni to instalację szybszą, łatwiejszą i bardziej niezawodną. Rury o większej elastyczności łatwiej jest zgrzewać metodą elektrooporową, ponieważ współosiowe ustawienie dwóch rur będzie wymagać mniejszej siły.

Jest to wyraźnie widoczne, gdy porównuje się siłę potrzebną do ugięcia o 50mm swobodnego końca 1m rury wykonanej z różnych materiałów (patrz rysunek 13). Rury wykonane z BorSafe ME3420 zginają się do 60% łatwiej.



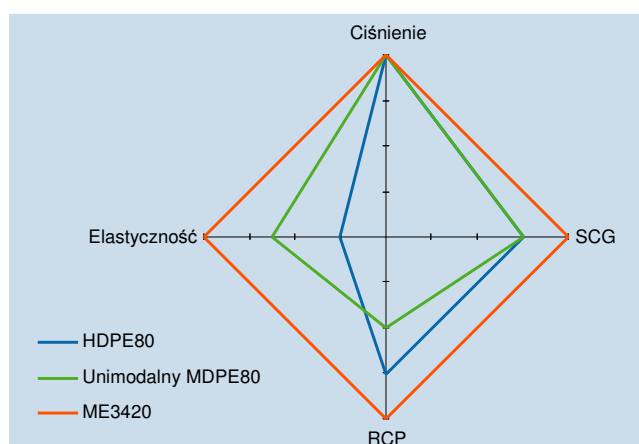
	ME3420	MDPE80	HDPE80
E mod	700	880	1100
Wymagana siła	F	$125 \% \times F$	$157\% \times F$

Rysunek 13. Większa elastyczność ME3420 w porównaniu z typowym PE80

Zrównoważone właściwości:

Poprawa elastyczności nie wymagała kompromisu z innymi kluczowymi właściwościami, takimi jak wytrzymałość na ciśnienie wewnętrzne lub odporność na powolny wzrost pęknięć.

BorSafe ME3420 wykazuje najlepszą równowagę właściwości w porównaniu ze wszystkimi materiałami PE80, co czyni go idealnym do produkcji rur o małych średnicach.



Rysunek 15. Dobra równowaga właściwości BorSafe ME3420

5. PODSUMOWANIE

Rury PE stały się podstawowym materiałem wykorzystywanym do budowy sieci wodociągowych. Ich unikalne właściwości czynią je doskonale dostosowanymi do solidnego, długotrwałego i bezpiecznego transportu wody pitnej. Na przestrzeni lat, materiały PE ciągle polepszały swoje właściwości aby oferować wyższy poziom pracy, a wychodząc naprzeciw różnym problemom opracowano konkretne rozwiązania.

Ostatnio wprowadzono na rynek dwa nowe materiały przynoszące korzyści całemu łańcuchowi wartości. BorSafe HE3490-LS-H, PE100 dla bardzo wymagających rodzajów instalacji takich jak technologie bezwykopowe, czy układanie bez podsypki i obsypki piaskowej. BorSafe ME3420, to bardzo elastyczne PE80 do łatwiejszej instalacji rur o mniejszych średnicach, np. przyłączy domowych.