Przepusty
w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 6

prof. UZ. dr hab. inż. Adam Wysokowski, kierownik Zakładu Dróg i Mostów, Uniwersytet Zielonogórski
mgr inż. Jerzy Howis, konstruktor, Infrastruktura Komunikacyjna Sp. z o.o., Żmigród

Gama materiałów wykorzystywanych do budowy przepustów jest bardzo szeroka. Dlatego też problematyka ta podzielona została na dwie części. W pierwszej części omówiono zagadnienia wstępne dotyczące materiałów oraz skupiono się na elementach bazujących na wykorzystaniu materiałów mineralnych [1]. W niniejszym artykule opisano natomiast materiały stosowane do budowy przepustów podatnych, czyli konstrukcji gruntowo-powłokowych wykorzystujących tzw. zjawisko przesklepienia.

Rozwój technologii w znaczny sposób zmienił również metody konstruowania przepustów komunikacyjnych. Przepusty z materiałów tradycyjnych, jak cegła, beton, żelbet oraz kamionka, najczęściej o konstrukcji masywnej, znajdują w coraz większym stopniu alternatywę w postaci konstrukcji z materiałów lekkich, m.in. opierających się na technologii tworzyw sztucznych. W artykule omówiono także zagadnienia dotyczące lekkich, podatnych przepustów konstruowanych z blach falistych ze stali i aluminium.

1. Wprowadzenie

Dla przypomnienia oraz dla nowych czytelników, poniżej przytoczono spis wszystkich artykułów na temat przepustów, które sukcesywnie od ponad roku ukazują się w kolejnych edycjach „Nowoczesnego Budownictwa Inżynieryjnego”:

1. ARTYKUŁ WPROWADZAJĄCY
2. ASPEKTY PRAWNE PROJEKTOWANIA, BUDOWY I UTRZYMANIA PRZEPUSTÓW
3. PRZEPUSTY TRADYCYJNE
4. PRZEPUSTY NOWOCZESNE
5. PRZEPUSTY JAKO PRZEJŚCIA DLA ZWIERZĄT
6. MATERIAŁY DO BUDOWY PRZEPUSTÓW – CZ. I
7. **MATERIAŁY DO BUDOWY PRZEPUSTÓW – CZ. II**
8. OBCIĄŻENIA I OBLICZANIE KONSTRUKCJI PRZEPUSTÓW
9. BADANIA PRZEPUSTÓW (LABORATORYJNE I TERENOWE)
10. WYPOSAŻENIE PRZEPUSTÓW
11. STAN TECHNICZNY I UTRZYMANIE PRZEPUSTÓW
12. WZMACNIANIE PRZEPUSTÓW

2. Elementy z polichlorku winylu (PVC) do budowy przepustów

Rury z tworzywa sztucznego zaczęto z powodzeniem wykorzystywać już na początku XX w. Jako pierwsze stosowano rury wykonane z polichlorku winylu PVC. Miało to miejsce w Niemczech, w połowie lat 30. ubiegłego stulecia.

Polichlorek winylu to tworzywo sztuczne, którego historia sięga 1835 r., kiedy to francuski chemik Regnault jako pierwszy otrzymał monomeryczny chlorek winylu – związek, który w normalnych warunkach ciśnienia i temperatury jest lotnym gazem. Około 40 lat później (w 1872 r.) zjawisko przemiany (pod wpływem światła słonecznego) ciekłego, zamkniętego w zatopionych probówkach chlorku winylu w postać proszku zaobserwował i opisał Baumann.

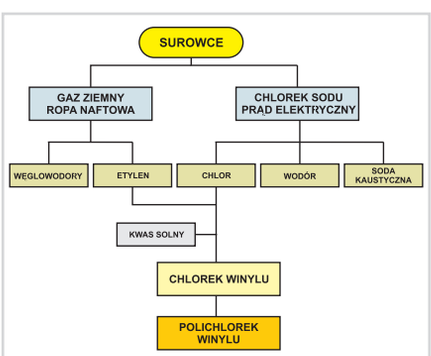
W tabeli 1 przedstawiono wybrane własności materiałowe polichlorku winylu stosowanego do produkcji rur dla potrzeb budownictwa komunikacyjnego.

Tab. 1. Wybrane właściwości PVC do produkcji rur

Właściwość Polichlorku winylu (PVC)	Jednostka	Wartość
Gęstość	g/cm^3	1,38
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	55
Temperatura mięknięcia	°C	76
Współczynnik rozszerzalności liniowej	mm/m °C	0,08
Współczynnik przewodności termicznej	W/mK	0,16

Produkcja PVC aplikowanego do rur przebiega w trzech etapach: wytwarzanie monomeru, polimeryzacja, sporządzanie mieszanki do produkcji wyrobów.

Na rycinie 1 przedstawiono schematyczne etapy produkcji polichlorku winylu.



Ryc. 1. Schemat etapów produkcji polichlorku winylu

Polichlorek winylu jako materiał do budowy przepustów zalicza się do tworzyw o dużej sztywności i niskiej udarności.

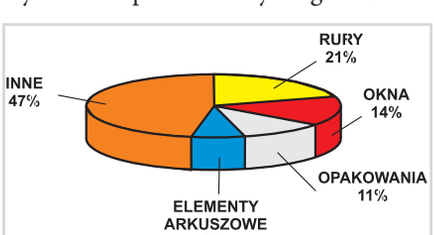
Na rycinie 2 przedstawiono gotowy wyrób z PCV w postaci rury do zastosowania w budownictwie komunikacyjnym.

Ryc. 2. Widok wnętrza rury wykonanej z PCV do budowy przepustu. Widoczna gładka struktura wnętrza rury, fot. Wavin

Do największych wad tego materiału w budownictwie komunikacyjnym należy brak odporności na promienie UV. Ma to bardzo duże znaczenie dla trwałości wykonywanych obiektów inżynierskich.

Materiał ten nadaje się do recyclingu we wszystkich stadiach produkcji, co jest jego niebywałą zaletą. Do odnowy PVC wykorzystuje się termoplastyczność tego materiału.

Na rycinie nr 3 przedstawiono orientacyjnie procentowy udział poszczególnych wyrobów w procesie recyclingu PCV.



Ryc. 3. Procentowy udział poszczególnych wyrobów w procesie recyclingu PCV

3. Elementy z polietylenu (PE i PEHD) do budowy przepustów

Kolejnym omawianym materiałem do budowy przepustów jest polietylen. Rury do wykonywania przepustów z tego materiału wytwarzane są przeważnie z wysokoudarowej odmiany polietylenu HDPE. Skrót HDPE oznacza *high-density polyethylene* (polietylen dużej gęstości). W Polsce jednak przyjęła się do stosowania nazwa PEHD. Materiał ten charakteryzuje się nieuporządkowaną (amorficzną) lub częściowo uporządkowaną (krystaliczną) strukturą wewnętrzną, która ma decydujący wpływ na jego właściwości fizyczne i mechaniczne. Rury wykonane z PEHD cechuje wysoka odporność na działanie różnych substancji chemicznych, co przekłada się na ich trwałość.

Rury polietylenowe produkowane są metodą wytłaczania, polegającą na przeciskaniu przez głowicę formującą uplastycznionego granulatu z dodatkami stabilizatorów.

Ścianka wewnętrzna tak wyprodukowanej rury jest gładka, natomiast jej powierzchnia zewnętrzna przyjmuje formę spiralnego karbu, o wielkości i skoku zwoju zależnego od średnicy produkowanej rury. Taka budowa daje dobrą kombinację parametrów hydraulicznych i wytrzymałościowych.

Zewnętrzne karbowanie rur umożliwia uzyskanie dużej wytrzymałości na ściskanie w połączeniu ze stosunkowo małą masą materiału wzmacniającego. Spiralny kształt karbowania pozwala także na uzyskanie optymalnego rozkładu naprężeń na obwodzie rury przepustowej oraz umożliwia dobre uzupełnienie materiałem przestrzeni znajdującej się pomiędzy karbami.

Najczęściej stosowane typy karbowania pokazano na rycinie 4.

Do podstawowych zalet tego tworzywa, co jest szczególnie ważne w budownictwie komunikacyjnym, możemy zaliczyć m.in.: dobre właściwości hydrauliczne, wysoką odporność na ścieranie, odporność chemiczną, w tym na związki ropopochodne, odporność na korozję i zarastanie roślinnością, wysoką trwałość.

Rury wykonywane z polietylenu są w pełni spawalne, dlatego też można je dowolnie kształtować, łącząc poszczególne ich fragmenty. Tym samym materiał ten pozwala budować przepusty o skomplikowanej geometrii, a także formować końce przepustów pod dowolnym kątem, w zależności od nachylenia skarp lub wymagań dokumentacji projektowej. Takie właściwości rur i możliwości ich obróbki na placu budowy pozwalają na szybką i bezproblemową reakcję na zmiany projektowe bądź inne ewentualne trudności na etapie wykonawstwa przepustu, np. zmiana długości przepustu czy kąta nachylenia skarp.

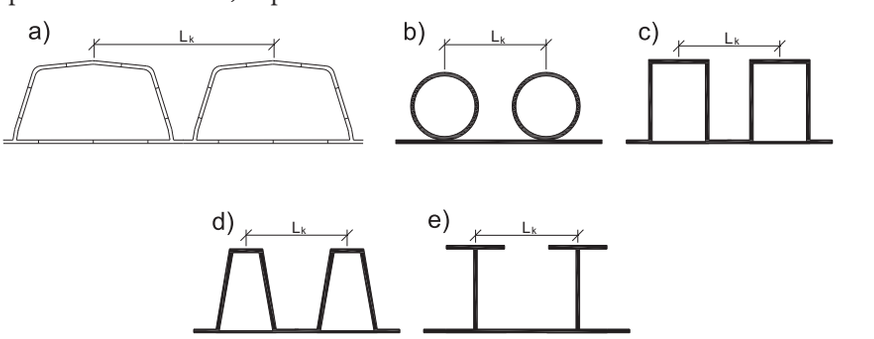
Włókna produkowane na bazie polietylenu należą do jednych z najbardziej odpornych mechanicznie włókien wytwarzanych z tworzyw sztucznych.

Polietylen o wysokiej gęstości (PEHD), w odróżnieniu od tradycyjnego polietylenu (PE), posiada lepsze właściwości mechaniczne, sztywność, twardość oraz odporność na działanie czynników chemicznych.

Właściwości fizykochemiczne polietylenu o zwiększonej gęstości przedstawiono w tabeli 2.

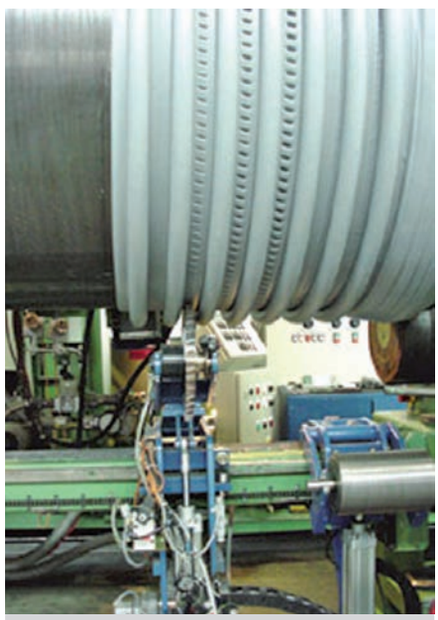
Tab. 2. Przykładowe właściwości fizyczne rur wykonanych z PEHD

Właściwość	Jednostka	Wartość
Gęstość	g/cm^3	0,95-0,96
Wytrzymałość doraźna	MPa	24
Wytrzymałość na granicy plastyczności	MPa	20
Moduł sprężystości	MPa	900
Wydłużenie do zerwania	[%]	350
Temperatura mięknięcia	°C	70
Współczynnik rozszerzalności termicznej	1/K x 10^4	1,4
Współczynnik przewodności termicznej	W/(m x K)	0,45



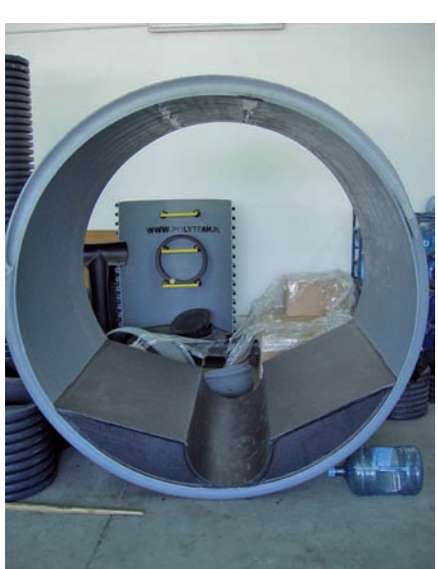
Ryc. 4. Najczęściej spotykane typy przekrojów ścianek profilowanych rur z tworzyw sztucznych [2]: a) Twin wall; b) omega; c) prostokątny; d) trapezowy; e) teowy

Na rycinach 5–7 przedstawiono rury PEHD wykorzystywane do budowy przepustów komunikacyjnych.



Ryc. 5. Etap wykonywania rury z PEHD. Widoczny proces nawijania dodatkowej warstwy (karbów) podnoszącej właściwości mechaniczne rury, fot. Polyteam Sp. z o.o.

Ryc. 6. Gotowe do zastosowania dwuścienne rury z PEHD do budowy przepustów. Widoczna gładka wewnętrzna powierzchnia rur, fot. Polyteam Sp. z o.o.



Ryc. 7. Nowoczesny przekrój rury z PEHD z dodatkową kinetą wewnętrzną, fot. Polyteam Sp. z o.o.

4. Elementy z polipropylenu (PP) do budowy przepustów

Kolejnym tworzywem sztucznym stosowanym do budowy przepustów jest polipropylen (PP). Podobnie jak polietylen, jest termoplastem o strukturze częściowo krystalicznej, ale o zwiększonej wytrzymałości, sztywności i wyższej temperaturze topnienia krystalitów przy niewielkiej gęstości. Polipropylen jest polimerem niepolarnym i charakteryzuje się bardzo dużą odpornością chemiczną. Wykazuje przy tym dobrą odporność na korozję naprężeniową. Jest odporny na kwasy (z wyjątkiem kwasów utleniających), zasady, roztwory soli, rozpuszczalniki i alkohole. Nie jest natomiast odporny na węglowodory aromatyczne i chlorowane, a także benzen i ligroinę.

Technologia wytwarzania rur osłonowych z polipropylenu do budowy przepustów komunikacyjnych jest zbliżona do produkcji rur z polietylenu.

Do budowy przepustów stosowane są na ogół rury dwuścienne. Produkcja odbywa się w procesie współwytłaczania, którego efektem jest gładka wewnętrzna ścianka i zewnętrzna ścianka karbowana. Taka konstrukcja charakteryzuje się relatywnie małą wagą rury przy jednoczesnym uzyskaniu wysokiej sztywności obwodowej. Konstrukcja rury dwuściennej pomaga zapewnić jej elastyczność, dzięki czemu rura może ulegać częściowemu odkształceniu pod dużym obciążeniem, przy jednoczesnym utrzymaniu szczelnych połączeń.

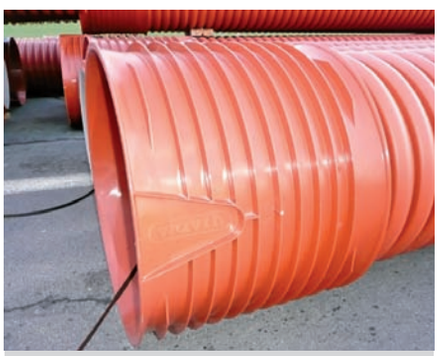
Włókna z polipropylenu charakteryzują się dużą wytrzymałością na zerwanie, elastycznością, małą gęstością oraz znaczną odpornością chemiczną.

Zestawienie właściwości fizykochemicznych polipropylenu do produkcji rur osłonowych przedstawiono w tabeli 3.

Tab. 3. Podstawowe właściwości fizykochemiczne rur wykonanych z PP

Właściwość	Jednostka	Wartość
Gęstość	g/cm	0,91
Wytrzymałość doraźna	MPa	30
Wytrzymałość na granicy plastyczności	MPa	26
Moduł sprężystości	MPa	1000
Wydłużenie do zerwania	[%]	800
Temperatura mięknięcia	°C	90
Współczynnik rozszerzalności termicznej	1/K x 10	1,8
Współczynnik przewodności termicznej	W/(m x K)	0,14

Ryc. 8. Rury z PP firmy Wavin składowane przed wykorzystaniem przy przebudowie drogi nr 94 na Dolnym Śląsku, fot. A. Wysokowski



Ryc. 9. Połączenie kielichowe stosowane w przepustach z PP produkcji firmy Wavin, fot. A. Wysokowski

Ryc. 11. Przykład realizacji przepustu tymczasowego z rur PP. Widoczna możliwość dowolnego formowania wlotu i wylotu przepustu, fot. A. Wysokowski

Na fotografiach zamieszczonych na rycinach 8–11 przedstawiono przykładowe rury PP wykorzystywane do budowy przepustów komunikacyjnych.

5. Elementy z polimerów zbrojonych włóknem szklanym (GRP) do budowy przepustów

Kolejnym, często stosowanym materiałem stosowanym do budowy przepustów jest polimer wzmacniany włóknem szklanym (*Glass Reinforced Polimer*, GRP).

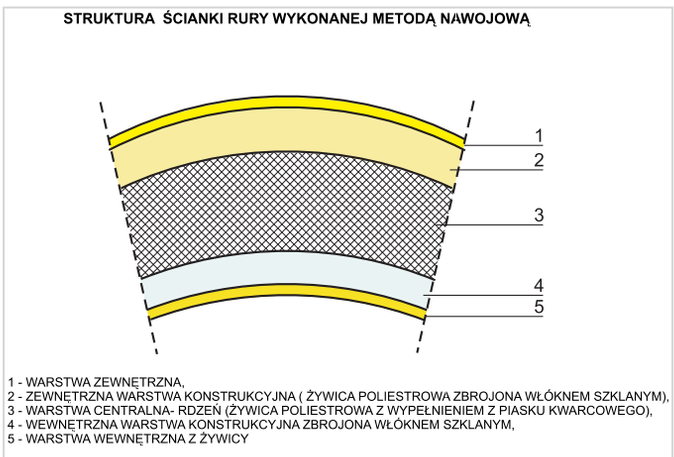
Ogólnie mówiąc, do produkcji rur z GRP stosuje się żywice poliestrowe i włókno szklane, pełniące rolę wewnętrznego zbrojenia rury oraz różnego rodzaju wypełniacze (ryc. 12a). Produkcja rur z GRP odbywa się dwiema metodami, które umożliwiają produkcję rur o kształcie kołowym, jak i niekołowym (w zależności od zastosowanej matrycy). Są to:

- metoda nawojowa, w której na matrycę dowolnego kształtu nawija się maty z włókna szklanego nasączanego żywicą poliestrową (ryc. 12b),
- metoda odlewania odśrodkowego (w skrócie CC), w której do wnętrza obracającej się z dużą prędkością matrycy wprowadza się wszystkie niezbędne materiały do produkcji rury (ryc. 12c). Metoda ta pozwala na uzyskanie jednolitej struktury poszczególnych warstw w całym przekroju oraz bardzo dużej gładkości ścianek wewnętrznych, a co za tym idzie bardzo niskiego współczynnika chropowatości.

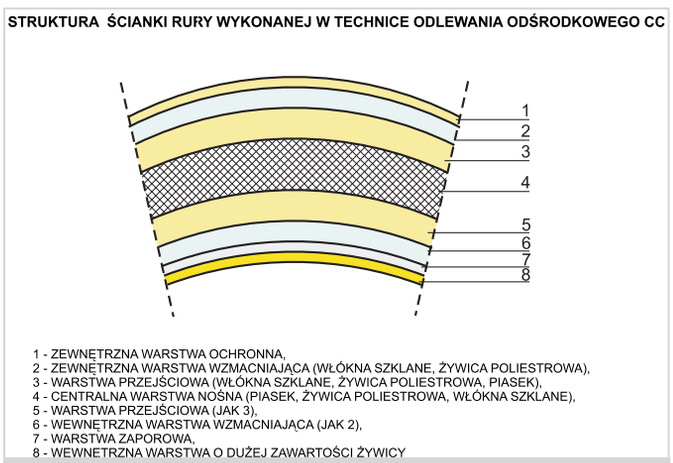
W metodzie nawojowej materiał do wytwarzania rur składa się z nienasyconej żywicy poliestrowej, piasku kwarcowego oraz włókna szklanego. Podczas

Ryc. 10. Przykład realizacji przepustów z PP pod zjazdami na pola w obrębie modernizowanej drogi krajowej, fot. A. Wysokowski

Ryc. 12. Produkcja rur z tworzywa GRP: a) surowce do produkcji rur z tworzywa GRP, b) produkcja metodą nawojową, c) produkcja metodą odlewania odśrodkowego CC



Ryc. 13. Przekrój rury z tworzywa GRP wykonanej metodą nawojową



Ryc. 14. Przekrój rury z tworzywa GRP wykonanej metodą odlewania odśrodkowego CC

produkcji powstaje żywica reakcyjna o trójwymiarowej strukturze sieciowej, która nie ulega uplastycznieniu przy powtórnym podgrzewaniu. Rdzeniem nawojowym jest spirala z taśmy stalowej umożliwiająca produkcję rur o dowolnej długości. Wszystkie materiały surowcowe i pomocnicze nakładane są na wirujący rdzeń. Budowę przekroju ścianki rury wytworzonej tą metodą przedstawiono na rycinie 13.

Do produkcji rur w procesie odlewania odśrodkowego CC stosuje się również nienasycone żywice poliestrowe, cięte włókno szklane oraz węglan wapnia i piasek kwarcowy jako wypełniacze.

Do płynnej żywicy dodawane są cięte włókna szklane oraz wypełniacze. Następnie, po uformowaniu rury, składniki żywicy poddaje się w podwyższonej temperaturze polimeryzacji z wykorzystaniem katalizatora. Twardnienie materiału jest procesem nieodwracalnym, co oznacza, że produkt zalicza się do tworzyw termoutwardzalnych, zachowujących niezmienność wymiarów w warunkach podwyższonej temperatury [3].

Efektem tego procesu jest rura o strukturze ścianki przedstawionej na rycinie 14.

Warstwy nośne tak wykonanej rury umieszczone są po obu stronach osi obojętnej ścianki. Składają się one z ciętych włókien szklanych oraz żywicy i przenoszą siły wewnętrzne od obciążeń zewnętrznych i wewnętrznych. Przestrzeń między tymi warstwami mieści wiele materiału wypełniającego i zwiększa wskaźnik wytrzymałości przy zginaniu. Taki układ warstw pozwala osiągnąć duże nośności rur przy stosunkowo małym zużyciu materiału.

Do zalet rur z GRP należy zaliczyć m.in.: wysoką wytrzymałość, sztywność (zatopione w żywicy włókna wzmacniające polepszają stabilność kształtu), wytrzymałość na zginanie i na rozciąganie, wysoką odporność na ścieranie wewnętrznej powierzchni rury podwyższającą trwałość przepustu, dużą odporność na korozję i wysoką odporność chemiczną, dużą odporność na uderzenia mechaniczne, możliwość produkcji kształtów dopasowanych do remontowanych przepustów.

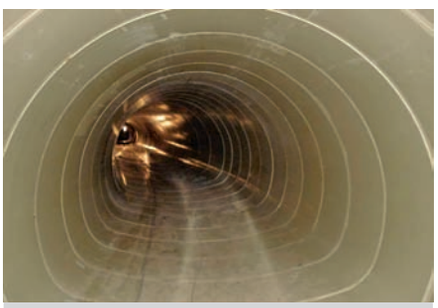
Przykładowe właściwości rur z polimerów zbrojonych włóknem szklanym zestawiono w tabeli 4.

Tab. 4. Podstawowe właściwości rur wykonanych z polimerów zbrojonych włóknem szklanym [3]

Parametr	Jednostka	Wartość
Gęstość	kg/m^3	1600 – 2200
Moduł sprężystości E – krótkotrwały – długotrwały	N/mm^2	 8000 – 24000 5000 – 14000
Maksymalne wydłużenie przy zarwaniu: – obwodowe przy rozciąganiu: początkowe długotrwałe – obwodowe przy zginaniu: początkowe długotrwałe	%	 1,4 0,9 1,9 1,2
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	50 – 450
Współczynnik Poissona	-	0,25 – 0,40
Odporność na ścieranie po 400 000 cykli obciążeniowych	Mm	0,7
Współczynnik rozszerzalności termicznej: – w kierunku wzdłużnym – w kierunku obwodowym: rury bezciśnieniowe rury ciśnieniowe	K^{-1}	 0,30*10^{-4} 0,20*10^{-4} 0,15*10^{-4}
Współczynnik przewodności cieplnej	W/mK	0,19 – 0,30
Lepkość kinematyczna dla temperatury: - 0° - 10°	m^2/s	 1,79*10^{-6} 1,31*10^{-6}
Maksymalna temperatura robocza (żywica poliestrowa- standard): – stała – krótkotrwała	°C	 45 60

Przykładowe realizacje przepustów wykonanych z rur GRP przedstawiono na rycinach 15 i 16.

Ryc. 15. Przepust o dużej średnicy z rur kompozytowych CC-GRP w fazie realizacji, fot. Hobas



Ryc. 16. Wnętrze zrealizowanego przepustu o przekroju niekołowym (Nc-Line) z paneli kompozytowych GRP. Widoczna gładka wewnętrzna powierzchnia rur, fot. Hobas

W celu zapewnienia szczelności połączeń rur osłonowych przepustu, nawet przy względnie ruchomym złączu, szczelina między rurą a złączem musi być wypełniona materiałem ulegającym odwracalnemu odkształceniu. Materiał ten musi być odporny na wodę oraz wiele substancji chemicznych. Nowoczesnym, szeroko stosowanym obecnie na rynku materiałem, doskonale nadającym się do tego celu jest EPDM (terpolimer etylenu z propylenem i dienem).

6. Elementy z blach falistych do budowy przepustów

Konstrukcje przepustów wykonywane z blach falistych zaczęto stosować już pod koniec XIX w. na obszarze USA, a następnie Rosji. Obecnie przepusty z blach falistych spotykane są przeważnie w dwóch postaciach: jako konstrukcje składające się z ocynkowanych blach falistych połączonych ze sobą śrubami oraz jako karbowane rury spiralne produkowane w sposób ciągły z blach ocynkowanych.

Rolę podstawowego materiału spełniają blachy stalowe, ale coraz chętniej także blachy aluminiowe.

6.1. Rury z blach karbowanych zwijanych spiralnie

Taśmy stalowe poddawane są karbowaniu na specjalnie przystosowanej do tego celu giętarce i – w zależności od żądanej średnicy – wyginane oraz jednocześnie łączone za pomocą szwu maszynowego. Przy pomocy pracującej współbieżnie piły, rury przycinane są na wymaganą długość. Łączna długość konstrukcji jest praktycznie nieograniczona dzięki możliwości łączenia rur za pomocą specjalnych złączy.

Dla uzyskania niezbędnej ochrony antykorozyjnej ocynkowane taśmy używane do produkcji pokryte są specjalną folią Trenchcoat™. Powłoka ta znacznie podwyższa stopień ochrony antykorozyjnej w agresywnym otoczeniu o wysokim stężeniu różnych związków chemicznych. Została opracowana w taki sposób, aby połączyć zalety ocynkowanej taśmy stalowej z doskonałą odpornością chemiczną i własnościami polimerów (więcej na ten temat w materiałach firmy Voestalpine).

Proces produkcji karbowanych rur spiralnych przedstawiono na rycinach 17 i 18.

Ryc. 17. Taśma stalowa do wykonywania karbowanych rur spiralnych w trakcie wykorzystywania do produkcji w firmie ViaCon, fot. A. Wysokowski

Ryc. 18. Końcowy etap produkcji stalowych rur karbowanych w firmie ViaCon, fot. A. Wysokowski

Na rycinie 19 przedstawiono stalowe rury spiralne przygotowane do wbudowania w nasyp drogowy. Rycina 20 przedstawia przykładowy przepust tymczasowy.

Ryc. 19. Stalowe karbowane spiralne rury przepustowe gotowe do wbudowania w nasyp drogowy, fot. A. Wysokowski

Ryc. 20. Przykład przepustu tymczasowego wykonanego ze stalowej rury spiralnej, fot. A. Wysokowski

6.2. Rury z blach falistych wykonywane z segmentów

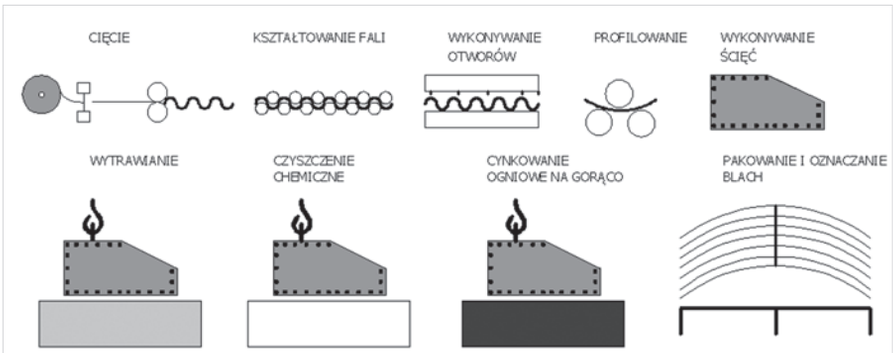
Segmenty przepustu w postaci arkuszy blach formowane są w procesie walcowania na zimno. Jednocześnie wierci się otwory na śruby mocujące. Po uformowaniu blach wykonuje się ścięcia krawędzi nadających odpowiednie skosy. Końcowym procesem produkcji jest zabezpieczenie antykorozyjne blach poprzez cynkowanie ogniowe, po uprzednim wytrawieniu i oczyszczeniu arkuszy. Segmenty blaszane łączone są następnie za pomocą specjalnych śrub.

Stosowany falisty kształt przekroju poprzecznego blach zwiększa sztywność przekroju przy jednoczesnej jego sprężystości, co jest szczególnie ważne w trakcie wykonywania konstrukcji.

Na rycinie 21 przedstawiono proces produkcji przepustów ze stalowych blach falistych typu Multiplate.

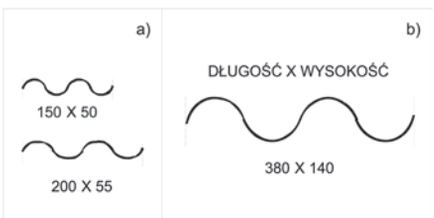
Blachy produkowane są w różnych rozmiarach fal. Ich wielkość dobiera projektant, biorąc pod uwagę wymaganą przez rurę osłonową sztywność.

Na rycinie 22 przedstawiono najczęściej stosowane do wykonywania przepustów z blach falistych rodzaje fal w blachach.



Ryc. 21. Schemat procesu produkcji przepustu ze stalowych blach falistych, ryc. ViaCon

Ryc. 25. Obiekt wykonany ze stalowych blach falistych Multiplate, fot. A. Wysokowski



Ryc. 22. Typowe wymiary fal dla blach falistych stosowanych do budowy przepustów: a) dla typowych przepustów Multiplate, b) dla typu Supercor

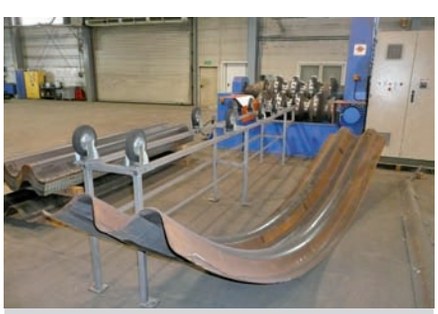
Ryc. 24. Przepust drogowy z blach falistych Multiplate w fazie realizacji. Widoczne połączenia śrubowe poszczególnych segmentów konstrukcji, fot. A Wysokowski

Ryc. 26. Przykład przejścia dla zwierząt o dużej średnicy wykonany ze stalowych blach falistych Multiplate, fot. A. Wysokowski

Wymiary blach, rozstaw oraz liczba otworów przeznaczonych na śruby mocujące zależą od profilu fali, przekroju poprzecznego konstrukcji oraz jego wymiarów.

Arkusze łączy się ze sobą za pomocą ocynkowanych śrub. Sposób połączeń jest opracowany indywidualnie przez producenta konstrukcji oraz dobrany do typu konstrukcji. Śruby, nakrętki i podkładki powinny być zgodne z wymaganiami zawartymi w deklarowanych przez producentów normach.

Ryciny 23 i 24 przedstawiają przepusty Multiplate z blach falistych na etapie produkcji i montażu.



Ryc. 23. Element przepustu Multiplate o dużej średnicy wykonany ze stalowych blach falistych w fazie walcowania w firmie ViaCon, fot. A. Wysokowski

Arkusze blach falistych charakteryzują się różną grubością, różnymi profilami sfalowania i różnym zakrzywieniem arkuszy, zależnym od wielkości przekroju poprzecznego obiektu oraz od grubości warstwy naziomu nad przepustem. Gatunek stali wykorzystywanej do produkcji blachy jest określany przez producenta wyrobu. Według [5] blachy faliste produkowane powinny być ze stali o granicy plastyczności od 235 do 400 MPa, np. o symbolu S235JR lub stal S355J2GE.

Wybrane parametry wytrzymałościowe tych gatunków stali przedstawiono w tabeli 5.

Tab. 5. Parametry wytrzymałościowe stali stosowanej do produkcji blach falistych

Gatunek stali	Grubość wyrobu [mm]	Granica plastyczności [MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]
S235JR	do 3	235	360÷510
	3÷100		340÷470
S355J2G3	do 3	355	510÷680
	3÷100		490÷630

Na rycinach 25 i 26 przedstawiono przykładowe realizacje przepustów wykonanych ze stalowych blach falistych.

W ostatnich latach do wykonywania przepustów z blach falistych stosuje się również blachy wykonywane ze stopów aluminium. Technologia ta rozpowszechnia się w coraz większym stopniu ze względu na trwałość korozyjną tego typu konstrukcji. Zaczęto ją stosować szerzej najpierw w Kanadzie, a następnie w innych krajach. Trzeba jednak wziąć pod uwagę dużą liczbę stopów aluminium, które w znaczny sposób różnią się najważniejszymi parametrami, takimi jak wytrzymałość, odporność na korozję, możliwość obróbki itp. Z tego względu najczęściej stosowanym stopem aluminium jest stop o granicy plastyczności 165 MPa.

W tabeli nr 6 zestawiono przykładowe parametry wytrzymałościowe dla stopu aluminium 5052-H141, najczęściej wykorzystywanego do produkcji blach falistych zgodnie z [7].

Tab. 6. Parametry wytrzymałościowe stopu aluminium 5052-H141

Grubość wyrobu [mm]	Granica plastyczności [MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]
2,54÷3,81	245	165
4,44÷6,35	235	165

Do zasadniczych zalet stosowania tego materiału [6] do produkcji blach falistych można zaliczyć wysoką wytrzymałość, odporność na korozję, mały ciężar rur pozwalający na łatwy transport i montaż, uniwersalność stosowania, minimalizację kosztów utrzymania tak wykonanych obiektów.

Ten materiał do budowy przepustów budzi również zainteresowanie w Polsce. Przy okazji warto nadmienić, że obecnie w Zakładzie Dróg i Mostów Uniwersytetu Zielonogórskiego powstaje praca doktorska na ten temat.

7. Materiały stosowane do wykonywania elementów wyposażenia przepustów

Jak już wspomniano we wcześniejszych artykułach na przedmiotowy temat, konstrukcja przepustu to nie tylko rury osłonowe i zasypka ziemna, ale również elementy im towarzyszące, tj. głowice, skrzydełka, umocnienie dna oraz – w przypadku przejść dla zwierząt – elementy wyposażenia, np. półki, siatki naprowadzające.

Podobnie jak w przypadku zasadniczych materiałów do budowy przepustów, tak i tu można zauważyć dużą różnorodność stosowanych materiałów. W przypadku skrzydełek będzie to tradycyjny beton, betonowe elementy prefabrykowane, ciosy kamienne, gabiony, grodzice z tworzyw sztucznych itp.

Z uwagi na szeroki zakres tematyczny wymagający omówienia, a także fakt, że jedna z kolejnych części niniejszej serii artykułów dotyczyć będzie wyposażenia, proponuje się, aby temat ten został omówiony przy tej okazji.

8. Podsumowanie

Z przedstawionego w obu artykułach zestawienia na temat materiałów do budowy przepustów widać ich dużą różnorodność, poczynając od materiałów tradycyjnych, a skończywszy na materiałach nowoczesnych, wprowadzonych ostatnio do praktyki inżynierskiej.

Idea stosowania materiałów tradycyjnych, masywnych, opierała się na wykorzystywaniu sztywności rury osłonowej, a zasypka stanowiła jedynie element korpusu drogowego. Obecnie stosowanie lekkich rur osłonowych wykorzystuje zjawisko przesklepienia. Tym samym wysokie wymagania stawiane są zarówno rurom osłonowym, jak i samej zasypce gruntowej, która w tym przypadku stanowi element konstrukcyjny.

Tak duża różnorodność materiałów jest bardzo korzystna dla inwestorów, gdyż umożliwia im wybór konstrukcji w zależności od potrzeb i możliwości finansowych, co wiąże się również z trwałością i kosztem utrzymania tak wykonanej konstrukcji. Jednocześnie sytuacja ta stawia przed projektantami konieczność znajomości specyfiki szeroko dostępnych wyrobów, tak aby konstrukcje były zaprojektowane optymalnie – z wykorzystaniem ich zalet, ale również bezpieczne i trwałe.

Wiąże się to ściśle z koniecznością upowszechniania wiedzy na przedmiotowy temat. Służą temu m.in. coraz częściej odbywające się seminaria i szkolenia na temat przepustów i przejść dla zwierząt, gdzie zagadnienia te są również poruszane.

TRADYCYJNIE ZAPRASZAMY DO ZAPOZNANIA SIĘ Z NASTĘPNYM ARTYKUŁEM, KTÓRY BĘDZIE DOTYCZYŁ DALSZYCH ASPEKTÓW TECHNICZNYCH ZWIĄZANYCH Z PRZEPUSTAMI.

ZOSTANIE ON ZAMIESZCZONY W KOLEJNYM NUMERZE „NOWOCZESNEGO BUDOWNICTWA INŻYNIERYJNEGO”.

Literatura

1. Wysokowski A., Howis J.: *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 1. Artykuł wprowadzający.* „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2008, nr 2 (17), s. 52–56; Wysokowski A., Howis J.: *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 2. Aspekty prawne projektowania, budowy i utrzymania przepustów.* „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2008, nr 3 (18), s. 68–73.; Wysokowski A., Kubiak Z., Howis J.: *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 3. Przepusty tra-*

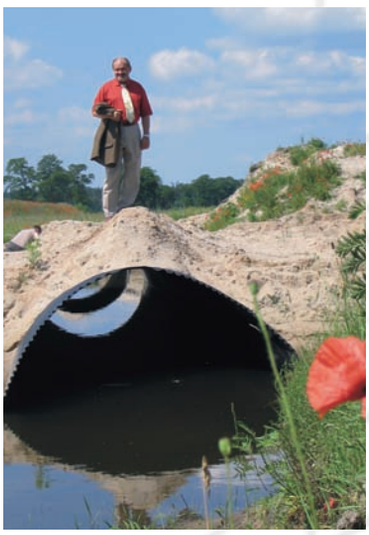
X JUBILEUSZOWA ŚWIĄTECZNA DROGOWO-MOSTOWA ŻMIGRODZKA SESJA NAUKOWA

PRZEPUSTY I PRZEJŚCIA DLA ZWIERZĄT W INFRASTRUKTURZE KOMUNIKACYJNEJ

Żmigród, 9 grudnia (środa) 2009 r.

Już po raz dziesiąty, jak co roku w okresie Świąt Bożego Narodzenia planowana jest organizacja Sesji Naukowej o tematyce drogowo – mostowej. Tym razem będzie to Sesja Jubileuszowa.

Podobnie jak w dwóch ostatnich latach dotyczyła ona będzie przepustów i przejść dla zwierząt w budownictwie komunikacyjnym. Tematyka Sesji jest istotna z uwagi na szerokie wprowadzanie nowych technologii i rozwiązań materiałowych w przedmiotowych budowlach. Wiąże to się również z koniecznością udoskonalania metod obliczeń tego typu konstrukcji. Wszystko to ma na celu podniesienie bezpieczeństwa użytkowników, trwałości, ekonomiki, przy zapewnieniu współdziałania z naturą.



Zagadnienia te są obecnie bardzo istotne przy budowie nowych, przebudowie oraz wzmacnianiu tych obiektów. Jest to aktualne z punktu widzenia rozwoju naszej infrastruktury komunikacyjnej: budowy autostrad, dróg ekspresowych, przebudowy linii kolejowych a także kolei dużych prędkości.

Organizatorzy wyrażają nadzieję, że organizowana Sesja - w tym roku jubileuszowa- zgromadzi liczne grono specjalistów będąc okazją do miłego spotkania i wymiany doświadczeń jak w latach poprzednich a jej wyniki będą co najmniej równie owocne.

Zgodnie z tradycją osoby zainteresowane zapraszamy do wygłoszenia referatów. Chęć przygotowania referatów (w tym sponsorowanych) z podaniem tytułu i słów kluczowych prosimy zgłaszać do organizatorów drogą elektroniczną w terminie do 31 października. Jednocześnie informujemy, że referaty przygotowane na Sesję będą mogły być opublikowane w czasopismach będących patronami medialnymi Sesji.

Ramowy program Sesji wraz z kartą zgłoszenia uczestnictwa oraz informacją hotelową można uzyskać za pośrednictwem naszej strony internetowej

www.infra-kom.eu

INFRASTRUKTURA KOMUNIKACYJNA

Badania - Szkolenia - Konsulting Sp. z o. o.

ul. Przemysłowa 2, 55-140 Żmigród
tel. (071) 385 31 00, fax (071) 385 30 68
email: infra-kom@infra-kom.eu

dycyjne. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne" 2008, nr 4 (19), s. 54–59.; Wysokowski A., Howis J.: *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 4. Przepusty nowoczesne*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne" 2008, nr 5 (20), s. 84–88.; Wysokowski A., Howis J.: *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 5. Przepusty jako przejścia dla zwierząt*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne" 2009, nr 1 (22), s. 70–75.; Wysokowski A., Howis J.: *Przepusty w infrastrukturze komunikacyjnej – cz. 6. Materiały do budowy przepustów – cz. I*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne" 2009, nr 3 (24), s. 99–104.

2. Jasiński W., Łęgosz A., Nowak A., Pryga-Szulc A., Wysokowski A.: *Zalecenia projektowe i technologiczne dla podatnych drogowych konstrukcji inżynierskich z tworzyw sztucznych*. GDDKiA-IBDiM. Żmigród 2006
3. Kolonko A., Madryas C., Wysocki L.: *Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych*. Politechnika Wrocławska. Wrocław 2002.
4. Kuliczkowski A.: *Rury kanalizacyjne. Własności materiałowe*. Monografie, Studia, Rozprawy nr 28. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej. Kielce 2001.
5. Rowińska W., Wysokowski A., Pryga A.: *Zalecenia projektowe i technologiczne dla podatnych konstrukcji inżynierskich z blach falistych*. GDDKiA-IBDiM. Żmigród 2004.
6. Wysokowski A., Łęgosz A., Siwowski A., Janusz L.: *Full Scale Testing Program of Large-Diameter Multi-Plate Corrugated Culverts Made From Aluminium Plate*. Materiały Międzynarodowej Konferencji Aluminium 2005. Kliczków, listopad 2005.
7. ASTM B 746/B 746M: Standard Specification for Corrugated Aluminium Alloy Structural Plate for Field-Bolted Pipe, Pipe-Arches. Arches.
8. Katalogi i materiały informacyjne firm produkujących materiały do budowy przepustów.

R E K L A M A

HKL BAUMASCHINEN POLSKA Sp. z o.o.

sprzedaż, wynajem, serwis maszyn budowlanych i wiertniczych, autoryzowany przedstawiciel marek:

NEW HOLLAND CONSTRUCTION
dsb Innocrush the crushing company
ASTRA
TT-GROUP

HKL Baumaschinen Polska Sp. z o.o.
Ul. Szarych Szeregów 23
60-462 Poznań
Tel. 061 665 79 00
Fax 061 842 57 01
Adresy oddziałów na www.hkl.pl
Infolinia: 0 801 011 455

GEORADARY IDS

Kompleksowe rozwiązania do badań mostów, tuneli, dróg i konstrukcji inżynierskich

IDS INGEGNERIA DEI SISTEMI S.p.A.

IBIS – jedyny na świecie radar interferencyjny do zdalnych pomiarów statycznych i dynamicznych przemieszczeń:

- pomiar częstotliwości rezonansowej i fal modalnych
- ciągły obraz statycznych i dynamicznych przemieszczeń
- pomiary w czasie rzeczywistym
- dokładność pomiaru pomiędzy 1/100 i 1/10 milimetra
- częstotliwość pracy do 50 Hz
- zdalne, kompleksowe i szybkie badanie

ALADDIN – „rentgen" dla konstrukcji:

- prześwietlanie konstrukcji betonowych
- lokalizacja zbrojeń
- wykrywanie spękań i niejednorodności
- ocena grubości warstw

SEJS com s.c.

Wyłączny przedstawiciel w Polsce:
SEJSCOM s.c.
31-826 Kraków
os. Złotej Jesieni 6 pok. 59

tel. 012 642 86 70
fax 012 642 86 71
tel. kom. 0694 197 440
e-mail: info@georadary.pl

www.georadary.pl