ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1995
Seria: BUDOWNICTWO z. 81 Nr kol. 1292

Józef MENDEC, Maria WYSTRYCHOWSKA, Barbara KLISZCZEWICZ

NOWE ROZWIĄZANIA MATERIAŁOWE I TECHNICZNE RUROCIĄGÓW NA TERENACH GÓRNICZYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono problematykę związaną ze stosowaniem rur i łączników z tworzyw sztucznych w budowie podziemnej infrastruktury komunalnej na terenach górniczych. Zestawiono wymogi analizy statyczno-wytrzymałościowej i kinematycznej. Zaprezentowano połączenia odcinków rurowych i zmodyfikowane łączniki z tworzyw sztucznych.

NEW TECHNICAL AND MATERIAL SOLUTIONS FOR PIPELINES IN THE MINING AREAS

Summary. The article discusses the problem of introducing plastic pipes and pipe joints in the construction of an underground municipal infrastructure in areas of mining activity. The requirements of statistical and strength analysis as well as those of kinematic one are included. Joining of pipe sections and modified plastic pipe joints are presented.

NEUE WERKSTOFFE UND TECHNIK IN ROHRLEITUNGSENTWÜRFEN FÜR BERGBAUGEBIETE

Zusammenfassung. In dieser Abhandlung wurde die Fragengruppe erörtert, die mit der Einführung von Kunststoffröhren und-verbindern in die Bautechnik unterirdischer Kommunalinfrastruktur bergbaulicher Gebiete im Zusammenhang steht. Hierzu sind Anforderungen von Analysen der Statik-Festigkeit, wie auch der Kinematik, zusammengestellt worden. Es wurden auch Kopplungen von Kunststoffrohrabschnitten und modifizierte Kunststoffverbinder vorgeführt.

1. WSTĘP

Wprowadzenie w wielu dziedzinach techniki nowych materiałów i technologii doprowadziło również do poszerzenia asortymentu rur i systemów w budowie szeroko rozumianej podziemnej infrastruktury komunalnej.

Tradycyjne materiały (rury i armatura stalowa oraz żeliwna, rury azbestocementowe, z betonu i betonu sprężonego, kamionka) wypierane są coraz powszechniej przez wyroby z tworzyw sztucznych lub ich kombinację z innymi materiałami (PVC, PE, PP, laminaty, żeliwo sferoidalne, kompozyty ceramiczne itp.). Dotyczy to zarówno rurociągów ciśnieniowych, jak i kanalizacji, systemów telekomunikacyjnych i drenarskich itp. Dotychczasowe doświadczenia realizacyjne i eksploatacyjne wykazały, że w stosunku do rurociągów budowanych z tradycyjnych materiałów, rurociągi z tworzyw sztucznych cechuje wiele zalet, które w bardzo wielu przypadkach pozwalają wyeliminować ich wady. Do zalet tych można zaliczyć m.in.:

- niemal idealną gładkość powierzchni wewnętrznej (niski współczynnik oporu przepływu medium) i zewnętrznej (korzystna współpraca z ruchomym ośrodkiem gruntowym),
- odporność na agresywne oddziaływanie medium i środowiska (rury nie ulegają inkrustacji),
- mały ciężar własny (zmniejszenie kosztu transportu i montażu),
- łatwość łączenia ze sobą w system (zgrzewanie czołowe i łączniki elektrooporowe, klejenie, laminowanie połączeń, fabryczne połączenie kielichowe, zestaw łączników),
- duża zgodność wymiarów w stosunku do danych katalogowych.

Poza wieloma zaletami rury z tworzyw sztucznych wykazują wady - szczególnie związane z cechami mechanicznymi, jak:

- niższa wytrzymałość na rozciąganie,
- występowanie zjawiska pełzania i relaksacji (konieczność różnicowania w obliczeniach modułu sprężystości dla obciążeń krótkotrwałych i dla obciążeń długotrwałych),
- wrażliwość na zewnętrzne uszkodzenia mechaniczne.

Bilans zalet i cech ujemnych rur z tworzyw sztucznych wskazuje wyraźnie na przewagę korzyści technicznych i ekonomicznych przy ich stosowaniu [3].

W warunkach górniczej deformacji terenu zakres i możliwość zastosowania rur z tworzyw sztucznych podlega pewnym ograniczeniom. Barierami są względy wytrzymałościowe, geometria produkowanego asortymentu rur i łączników, sposób połączenia w system.

W analizie warunków pracy rurociągów muszą być uwzględniane zwiększone obciążenia programowe wynikające z górniczej deformacji terenu, wykazujące ponadto czasowo zmienny charakter oddziaływania. Te czynniki muszą być uwzględniane zarówno na etapie projektowania i budowy elementów infrastruktury, jak również na etapie wieloletniego użytkowania.

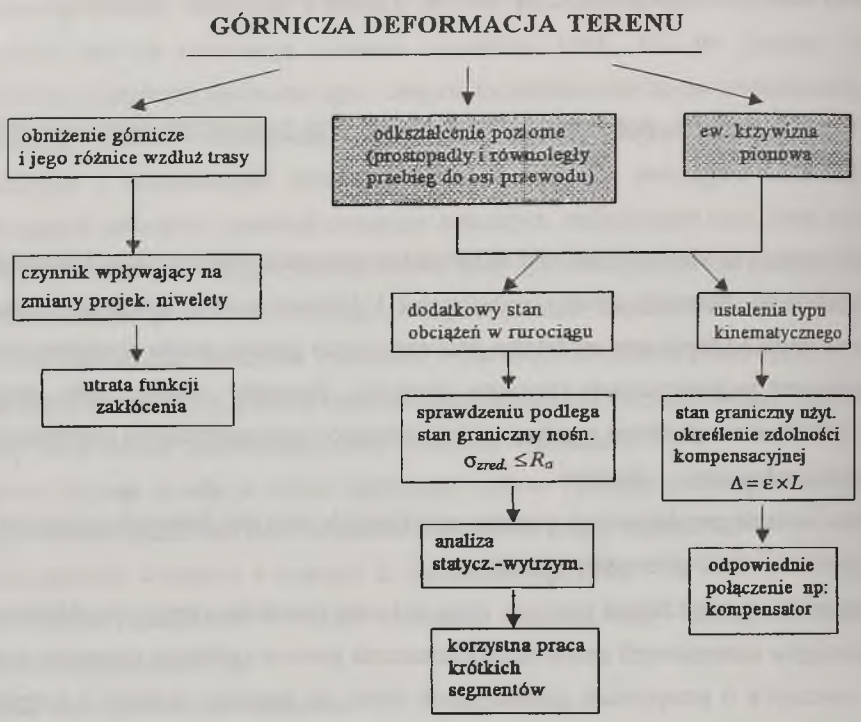
2. INFRASTRUKTURA PODZIEMNA W WARUNKACH GÓRNICZEJ DEFORMACJI TERENU

Zlokalizowana na terenach górniczych infrastruktura komunalna poddana jest oddziaływaniom pochodzącym od deformacji ośrodka gruntowego [1]. Oddziaływanie to polega na górniczym obniżeniu terenu i zmianie jego nachylenia, poziomym ruchu warstwy gruntu względem obiektu liniowego oraz na występowaniu krzywizny górniczej. Parametry opisujące teren górniczy muszą być zatem uwzględniane w pełnej analizie statyczno-wytrzymałościowej i kinematycznej oraz funkcjonalnej sieci i obiektów.

Z punktu widzenia przydatności na potrzeby projektowych obiektów liniowych optymalne jest kierunkowe określanie parametrów górniczych.

W zależności od typu i funkcji rurociągu różna jest waga charakteru górniczych oddziaływań. Dla rurociągów ciśnieniowych istotne będą odkształcenia poziome i górnicza krzywizna terenu, a dla rurociągów o przepływach grawitacyjnych istotne są górnicze obniżenia i nachylenia górnicze. Te ostatnie mogą doprowadzić do zakłóceń technologicznch, natomiast w skrajnym przypadku do utraty funkcji rurociągu lub całego systemu. Kryteria wyboru procedury analizy w zależności od uwzględnianego oddziaływania przedstawiono na rys.1.

Analiza statyczno-wytrzymałościowa rurociągów na terenach górniczych uwzględnia podatność pierścienia rurowego oraz współpracę odkształcającej się rury z ośrodkiem gruntowym. Analizę przeprowadza się zgodnie z założeniami metody stanów granicznych. Uwzględnia się zarówno



Rys.1. Wybór kryteriów analizy
Fig.1. The choice of analysis criteria

stan graniczny nośności, jak i stan graniczny użytkowania, z rozróżnieniem dodatkowo stanu granicznego deformacji podłużnych i stanu granicznego deformacji poprzecznych przewodu rurowego. W stanie granicznym nośności sprawdzeniu podlega kryterialny warunek nieprzekroczenia nośności w przekrojach krytycznych. Natomiast w stanie granicznym użytkowania konfrontowana jest możliwość dwuzwrotnego ruchu w połączeniach segmentu rurowego nie powodującego zniszczenia lub utraty szczelności tego połączenia (stan graniczny deformacji podłużnych) oraz warunek nieprzekroczenia odkształcenia dopuszczalnego (stan graniczny deformacji poprzecznych).

Zastosowanie tworzyw sztucznych do budowy sieci rurociągów o różnym przeznaczeniu wymaga analizy statyczno-wytrzymałościowej i kinematycznej, przy czym uwzględnia się zarówno cechy fizyczne materiału, jak również możliwości kształtowania poszczególnych odcinków i doboru łączników w aspekcie kinematycznym.

Pod względem konstrucyjnym wyróżnić można trzy zasadnicze typy systemów rurowych:

- rurociągi ciągłe,
- rurociągi tworzone z dłuższych odcinków międzydylatacyjnych,
- rurociągi samozdylatowane, składające się z krótkich segmentów.

Do realizacji tych systemów na terenach górniczych szczególnie korzystne jest właśnie stosowanie tworzyw sztucznych. Powszechnie dostępne są rury z PVC, PE, PP oraz rury z laminatów poliestrowych zbrojonych włóknem szklanym zarówno produkcji krajowej, jak i importowane [4],[5]. Występuje znaczne zróżnicowanie średnic, długości fabrycznych oraz typów połączeń w system.

Przegląd niektórych połączeń odcinków rurowych przedstawiono w zestawieniu - rys. 2.

3. MODYFIKACJA ŁĄCZNIKÓW Z DOSTOSOWANIEM DO WARUNKÓW GÓRNICZYCH

Stosowanie podziału rurociągu na wydylatowane odcinki, których długość wynika z uprzednio przeprowadzonej analizy statyczno-wytrzymałościowej, lub przyjmowanie a priori fabrycznych segmentów krótkich, wymaga przeprowadzenia pełnej analizy kinematycznej w rejonie ruchomego łącznika - dylatacji [2].

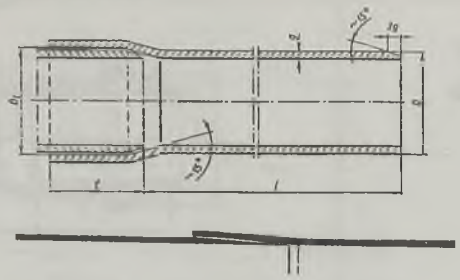
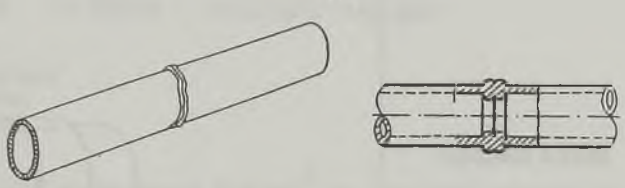
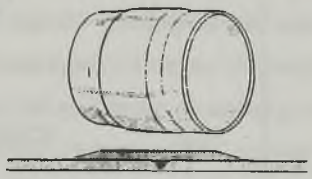
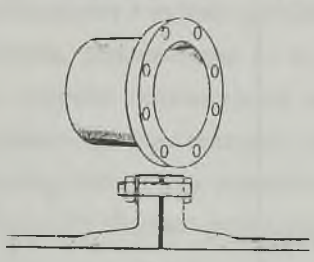
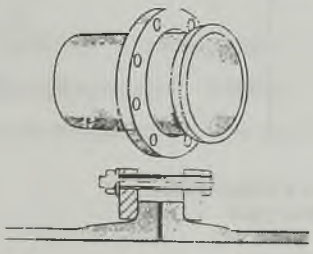
Zasadniczym kryterium oceny cech kinematycznych rurociągu utworzonego z elementów posiadających możliwość względnego, dwuzwrotnego ruchu wzdłuż osi w obrębie połączeń jest określenie geometrycznych parametrów tego ruchu. Wartości te zależą od intensywności wpływów deformacyjnych terenu górniczego (odkształcenia poziome) w kierunku pokrywającym się z osią rurociągu oraz wzajemnych odległości połączeń - długości segmentów, lub fabrycznych długości rur, lub odstępów między elementami kompensującymi wynikającymi z przebiegu trasy, załomów i bloków oporowych, rozmieszczenia armatury itp.

Drugim czynnikiem analizy jest graniczna wielkość ruchu w obrębie połączenia przy zachowaniu jego szczelności. Wynika ona z konstrukcji i geometrii łącznika - kompensatora. W rurociągach wykonanych z rur kielichowych istnieje swoboda ograniczonego wymiarowo podłużnego przesuwu i obrotu rur względem siebie [4]. Istniejące luzy wymiarowe w połączeniu kielichowym oraz długości handlowe pojedynczych rur umożliwiają pominięcie w analizie kinematycznej wpływu górniczej krzywizny terenu na zdolności kompensacyjne rurociągu. Dla rur o innym typie połączenia ciągłego zachodzi konieczność zastosowania odpowiednich nasuwek kompensacyjnych.

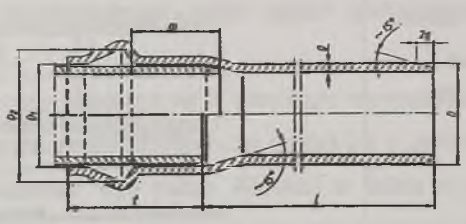
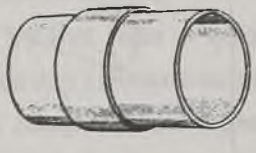
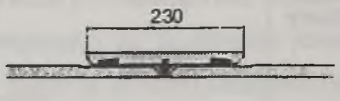
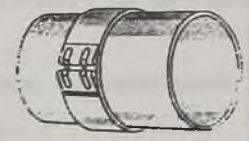
Szczegółowa analiza kinematyczna łącznikow pozwala określić dopuszczalne wartości odkształcenia terenu (kategorię górniczą terenu) jako funkcję długości segmentu i średnic rurociągów przy standardowych wymiarach kielichów rur lub odpowiednio zaprojektowanej długości nasuwki kompensacyjnej.

Położenie bosego końca rury w kompensatorze w obrębie niecki górniczej (dynamicznej) przedstawiono w sposób poglądowy na rys. 3.

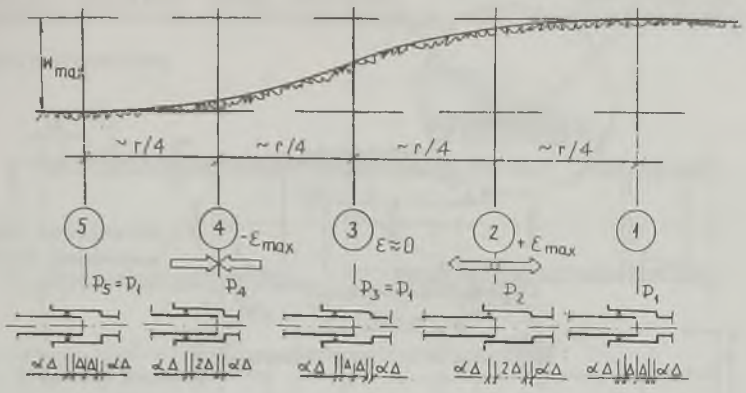
POŁĄCZENIE RUR

Typ połączenia	Połączenie ciągłe - schemat
kielichowe - klejone PVC laminat poliestrowy PP	
zgrzewanie czołowe PE	
laminowane laminat poliestrowy PP	
połączenie kołnie- rzowe laminat poliestrowy	
połączenie z zastoso- waniem łączników pośrednich laminat poliestrowy PP	

POŁĄCZENIE RUR

Typ połączenia	Połączenie uszczelkowe - schemat
kielichowe z uszczelką PVC	
mufa z laminatu laminat poliestrowy	 
mufa stalowa laminat poliestrowy	

Rys.2. Połączenia rur z tworzyw sztucznych
Fig.2. Joining of plastic pipes

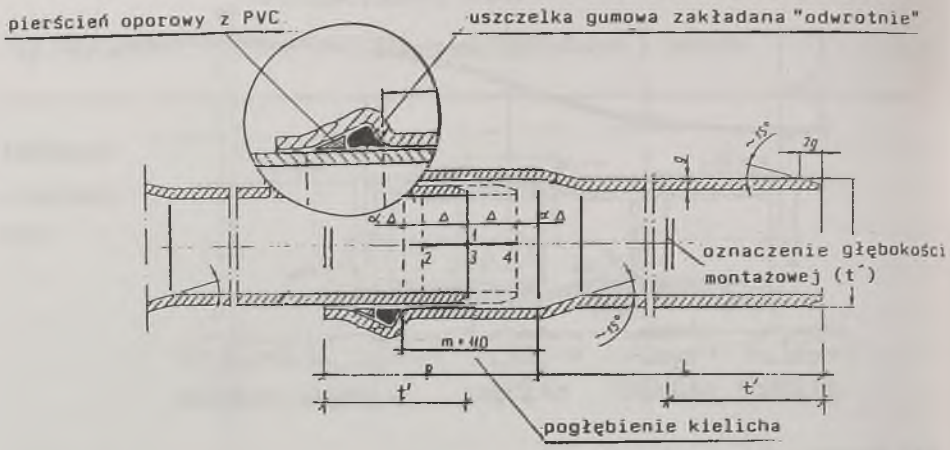


Rys.3. Poglądowy ruch segmentów rurowych
Fig.3. A view on motion of pipe elements

Analiza wymogów kinematycznych dwuzwrotnych łączników rur prowadzi do modyfikacji połączenia kielichowego (opracowanego dla terenów górniczych) lub zastosowania nasuwki kompensacyjnej. Istnieje tendencja, aby na rurociągach z tworzyw sztucznych stosowane były łączniki, w tym kompensatory, z tych samych lub podobnych co rurociąg materiałów.

ZTS "Gamrat" Jasło, wiodący producent rur kielichowych z PVC, we współpracy z autorami niniejszego artykułu, dokonał modyfikacji i produkuje rury z wydłużonym kielichem - rury typu "G". Modyfikacja polega na pogłębieniu kielicha, przystosowując go do przejęcia ruchu wynikającego z IV kategorii intensywności wpływów deformacyjnych oraz na korekcie elementów uszczelniających (wprowadzono dodatkowo pierścień centrujący z PVC). Wszystkie elementy składające się na modyfikację łącznika kielichowego przedstawiono na rys. 4. Analogicznie zmodyfikowano produkowany przez ZTS "Gamrat" łącznik dwukielichowy oraz nasuwkę kompensacyjną.

Trwają obecnie prace nad podjęciem produkcji i wdrożeniem w system nasuwki kompensacyjnej z laminatów poliestrowych wzmacnianych włóknem szklanym, która wyeliminuje stosowanie nasuwek stalowych na rurociągach z tworzyw sztucznych. Prototyp



Rys.4. Połączenie kielichowe rur z PCV - typ "G"
Fig.4. Pictorial dislocation of PVC pipes, type "G"

nasuwki wykonanej w firmie NODRCAP PLASTIC z Gdańska, według projektu ideowego autorów niniejszego artykułu - rys.5, poddawany jest obecnie badaniom poligonowym.

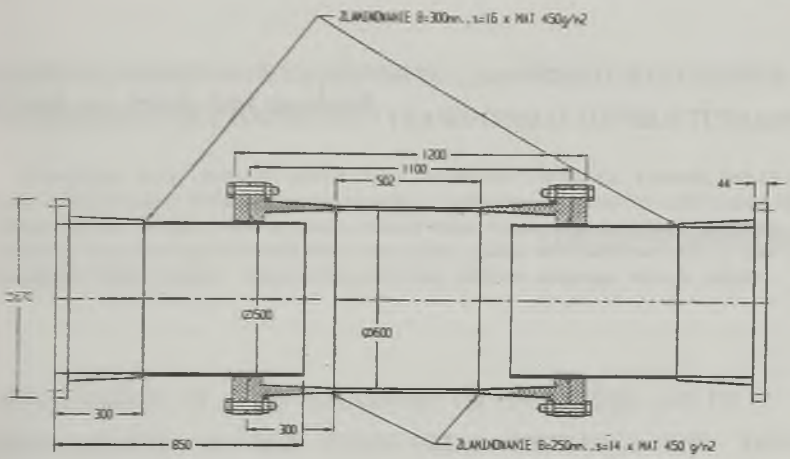
4. PODSUMOWANIE

Szerokie stosowanie rur z tworzyw sztucznych, głównie zmodyfikowanych geometrycznie, na terenach górniczych jest technicznie i ekonomicznie uzasadnione. Proste i złożone elementy muszą być poddawane analizie oddziaływań deformacyjnych.

W związku ze znaczną pracochłonnością takich analiz autorzy opracowali programy komputerowe wspomagające projektowanie rurociągów na terenach górniczych.

Doświadczenia projektowe, wykonawcze i eksploatacyjne, jak również dotychczasowe badania laboratoryjne i terenowe związane z wprowadzeniem rur i łączników z tworzyw sztucznych na

terenach górniczych, wskazują jednoznacznie na konieczność sukcesywnego eliminowania tradycyjnych materiałów i rozwiązań konstrukcyjnych w budowie nowej i rozbudowie istniejącej infrastruktury komunalnej.



Rys.5. Prototyp nasuwki firmy NORDCAP PLASTIC
Fig.5. Prototype of a muff joint of the NORDCAP PLASTIC company

LITERATURA

[1] Praca zbiorowa: Ochrona powierzchni przd szkodami górniczymi. Wyd. "Śląsk", Katowice 1980.

[2] Praca zbiorowa: Badania i wytyczne stosowania rur z PVC na terenach eksploatacji górniczej w zakresie średnic do 450 mm oraz docelowo do 630 mm. Politechnika Śląska, Katedra Komunikacji Lądowej, Zakład Geodezji i Ochrony Infrastrukrury Komunalnej, Politechnika Śląska, Gliwice 1992.

[3] Materiały sympozjum naukowo-technicznego: Materiały z tworzyw sztucznych do budowy sieci instalacji wodnych. Organizator: Zakład Wodociągów i Kanalizacji Instytutu Inżynierii Wody i Ścieków Politechniki Śląskiej, Gliwice - Buk 1994.

[4] PN-74/C-89200: Rury z nieplastyfikowanego polichlorku winylu.

[5] Katalogi firmowe wyrobów.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Karol Kuś

Wpłynęło do Redakcji 24.05.1995 r.

Abstract

Peculiar working conditions of the municipal infrastructure in the mining areas result in the fact that traditional materials and construction solutions applied in the construction of underground pipelines should be substituted with new ones. Due to its physical properties particularly useful prove to be plastics (PVC, PE, PP and polyester laminates reinforced with glass fibre). Pipelines made of plastics and applied in the conditions of mining deformation of the subsoil must undergo statistical, strength and kinematic analysis each time because of an increased loading resulting from mining activity. The analysis should include the interaction between a flexible pipe ring and the subsoil. The article presents plastic pipes produced at the momoent together with possible applications of pipe joints in the mining areas as well as geometrically modified joining elements.