

Analiza wybranych technologii bezwykopowej renowacji sieci wodociągowych i kanalizacyjnych

Mgr inż. Roman Ćwiertnia, AQUANET S.A., mgr inż. Tomasz Ćwiertnia, WUPRINŻ S.A.

1. Wprowadzenie

Zagadnienie renowacji sieci wodociągowych i kanalizacyjnych metodami bezwykopowymi jest optymalnym rozwiązaniem w terenach miejskich i mocno zurbanizowanych, w których nie bez znaczenia pozostaje aspekt społeczny, mający na celu minimalizację utrudnień dla mieszkańców podczas prowadzonych robót. Metody bezwykopowych napraw rurociągów umożliwiają przywrócenie sprawności, szczelności, drożności oraz nośności tych rurociągów, przy stosunkowo niewielkiej ingerencji w otaczające środowisko.

2. Podział ze względu na zakres uszkodzenia rurociągu oraz zakres prowadzonych robót

- **Naprawy punktowe rurociągu** – dokonywane są w przypadku uszkodzeń miejscowych, gdy zachodzi potrzeba odbudowy tylko części rurociągu, której celem jest likwidacja punktowych zarwań, nieszczelności, infiltracji wód gruntowych do rurociągu lub eksfiltracji ścieków do gruntu.
- **Renowacja rurociągu** – odnowienie uszkodzonego odcinka rurociągu polegające na przywróceniu lub poprawieniu jego parametrów konstrukcyjnych (nośność) oraz hydraulicznych (przepustowość), np. poprzez tworzenie po trasie istniejącego rurociągu (często wewnątrz) nowego szczelnego przewodu samonośnego o parametrach spełniających wymagania mechaniczne, hydrauliczne i wytrzymałościowe.
- **Wymiana rurociągu** – usunięcie uszkodzonego lub zniszczonego odcinka rurociągu i zastąpienie go nowym.

3. Naprawy punktowe rurociągów

3.1. Pakery

Naprawa z wykorzystaniem tzw. pakerów umożliwia wykonanie lokalnych napraw rurociągu w sytuacji ich punktowego uszkodzenia lub rozszczelnienia.

Pakery są to urządzenia o kształcie najczęściej cylindrycznym, składające się z korpusu wykonanego przeważnie ze stali kwasoodpornej oraz umieszczonej na jego zewnętrznej stronie powłoki gumowej, charakteryzującej się wysoką trwałością i elastycznością. Średnica i kształt pakera dostosowany



Rys. 1. Pakery do punktowych napraw rurociągów o różnych średnicach [20]

jest do średnicy wewnętrznej i kształtu rurociągu, jednak jest odpowiednio mniejsza, co umożliwia wprowadzenie pakera do przewodu.

Potocznie pakerami nazywane są również wykładziny i maty będące materiałem naprawczym i uszczelniającym wykorzystywanym w tej metodzie.

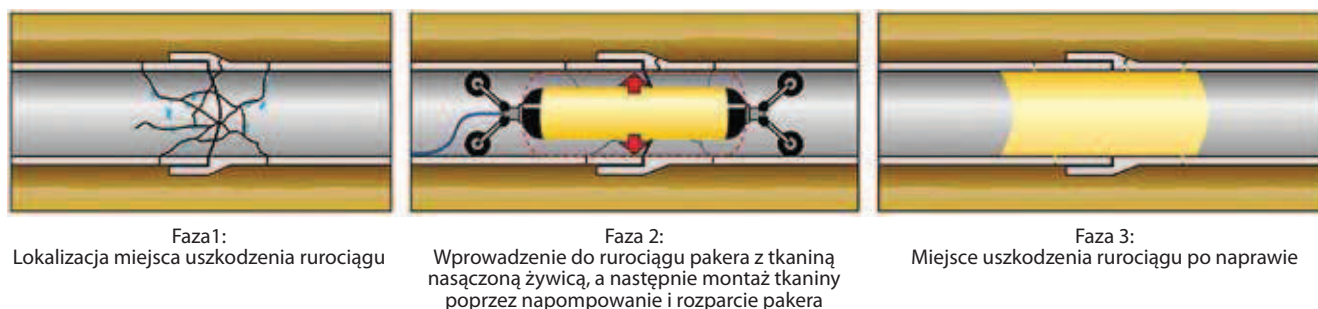
Metoda naprawy z zastosowaniem pakera polega na:

- nałożeniu na paker powłoki (tkaniny poliestrowe z włóknami szklanymi oraz tkaniny poliestrowe) nasączonej żywicą, a następnie, po wcześniejszym oczyszczeniu kanału z osadu, wprowadzeniu do wnętrza rurociągu pakera w miejsce zlokalizowanego uszkodzenia punktowego (aby zapobiec przyklejeniu się tkaniny do pakera, paker przed nałożeniem tkaniny owija się folią);
- doprowadzeniu do pakera sprężonego powietrza, pary lub wody pod ciśnieniem ok. 0,06–0,08 MPa, które to medium powoduje napompowanie pakera i dociśnięcie zewnętrznej powierzchni z powłoką żywiczną do wewnętrznej powierzchni uszkodzonego rurociągu,
- ułożeniu na wewnętrznej powierzchni istniejącego rurociągu (w miejscu jego uszkodzenia) maty nasączonej żywicą i dopasowanej do kształtu remontowanego odcinka rurociągu. Wykładzina z żywicą dopasowuje się i osadza się na ścianach kanału, tworząc nową, szczelną powłokę;
- utwardzeniu dociśniętej powłoki żywicznej. Utwardzona chemicznie mata uszczelnia wszelkie jego punktowe pęknięcia i nieszczelności oraz eliminuje infiltrację i eksfiltrację,
- spuszczeniu medium z pakera i wyciągnięciu go z rurociągu.

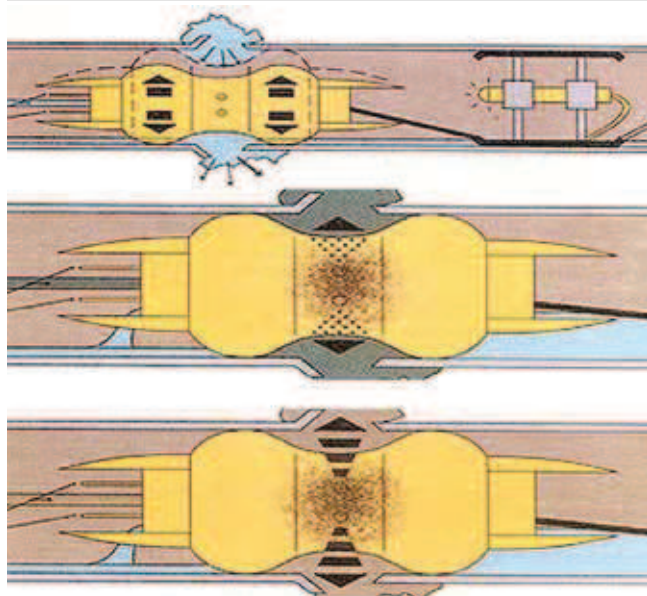
Jednym z mniej znanych i rzadziej stosowanych wariantów napraw punktowych rurociągów z wykorzystaniem pakerów, stosowanym w przypadku zaistnienia nieszczelności na złączach rur, w miejscach wystąpienia zarysowań i pęknięć, jest zastosowanie **pakerów iniekcyjnych**.

Metoda naprawy z zastosowaniem pakera iniekcyjnego polega na:

- wprowadzeniu pakera do wnętrza rurociągu w miejsce zlokalizowanego uszkodzenia punktowego;



Rys. 2. Technologia naprawy miejscowej uszkodzonego rurociągu za pomocą pakera [20]



Rys. 3. Technologia naprawy miejscowej uszkodzonego rurociągu za pomocą pakera inieksyjnego [20]



Rys. 4. Przykładowe rozwiązania powłok sztywnych: tworzywowa (po lewej stronie) oraz stalowa (po prawej stronie) [20]

- napełnieniu powietrzem (pompowanie) dwóch zewnętrznych korków, co powoduje oddzielenie miejsca nieszczelności od pozostałej części kanału;
- wprowadzeniu pod ciśnieniem 0,1–0,3 MPa do zamkniętej przestrzeni między korkami dwuskładnikowego środka inieksyjnego (najczęściej stosowanym iniektem jest żywica akrylowa), który po wprowadzeniu w miejsce nieszczelności polimeryzuje tworząc przezroczysty, elastyczny żel pęczniący w kontakcie z wodą;
- spuszczeniu powietrza z pakera i wyciągnięciu go z rurociągu.

3.2. Powłoki sztywne

Metoda uszczelniania i naprawy powłokami sztywnymi znajduje zastosowanie w przypadku uszkodzeń oraz nieszczelności punktowych rurociągów.

Technologia ta polega na mechanicznym wprowadzeniu do rurociągu w miejsce jego uszkodzenia kształtki – modułu (np. ze stali kwasoodpornej, PCV itp), posiadającej zewnętrzne uszczelnienie na jej krańcach, której średnica zewnętrzna jest dopasowana do wewnętrznej średnicy uszkodzonego rurociągu.

W przypadku, gdy możliwy jest dostęp do miejsca, w którym dokonywana jest naprawa rurociągu, zastosowanie znajdują powłoki sztywne, które za pomocą opaski skręcanej można rozprzeć i dokładnie dopasować do wewnętrznej średnicy naprawianego rurociągu, a tym samym dokładnie uszczelnić. Naprawy z wykorzystaniem tej metody stosowane są w zakresie średnic 150–700 mm.

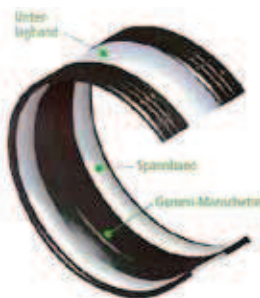


Rys. 5. Przykład powłoki sztywnej uszczelnianej za pomocą opaski skręcanej [20]

3.3. Opaski (manszety) gumowe

Technologia ta jest zbliżona do przedstawionej powyżej z zastosowaniem powłok sztywnych. Różnicę stanowią elementy uszczelniające będące opaskami (manszetami) gumowymi wykonywanymi ze specjalnej gumy o bardzo dobrych właściwościach fizycznych, trwałości oraz odporności chemicznej i termicznej, jak również sposób uszczelnienia opaski w rurociągu.

Uszczelnienie w rurze zapewnia specjalna forma profili z trzema podwójnymi uszczelnieniami żeberkowymi wewnątrz obydwu uszczelek głównych.



Rys. 6. Przykłady opasek (manszet) gumowych uszczelniających [20]



Rys. 7. Przykłady robotów kanalizacyjnych z różnymi rodzajami głowic [20]

Technologia ta przeznaczona jest dla rurociągów stalowych, żeliwnych, żelbetonowych oraz PCV o średnicach od 400 do 3000 mm, przy ciśnieniu panującym w rurociągu $P_w \leq 2$ MPa oraz ciśnieniu zewnętrznym $P_z \leq 0,05$ MPa.

Manszety wprowadza się do rurociągu przez komorę roboczą lub studzienkę kanalizacyjną, a następnie transportuje się na miejsce zabudowy pierścienia rozprężnego. Manszety z krawędziami uszczelniającymi należy położyć dokładnie na czystą i gładką powierzchnię rury oraz odpowiednio ustawić za pomocą dwóch taśm rozprężnych.

Pasowanie manszety polega na założeniu do taśm rozprężnych hydraulicznego pierścienia rozprężnego, który należy delikatnie naprężyć. Następnie montuje się trzpień zabezpieczający i napina między ścianką rury a prasą. Przez powolne pompowanie pompą hydrauliczną i równoczesne uderzenie w pierścienie zaciskowe należy równomiernie zwiększać ciśnienie aż do czasu, gdy nie stwierdzi się już spadku ciśnienia na manometrze. Następnie należy włożyć odpowiedni element pomiędzy części zamka.

3.4. Naprawy kanałów z zastosowaniem robotów

W przypadku miejscowych awarii rurociągów nieprzełazowych ($DN \leq 1000$ mm), takich jak:

- infiltracja wody gruntowej do kanału,
- przerastanie korzeni do wnętrza kanału,
- wystawanie do wnętrza kanału rury przykanalika i zmniejszenie przekroju poprzecznego kanału,
- cofnięty przykanalik,
- ubytki w ścianach kanału,
- pęknięcia wzdłużne lub poprzeczne kanału,
- twarde osady denne

wykorzystywane są tzw. roboty kanalizacyjne, których zakres zastosowania obejmuje m.in.:

- frezowanie,
- wiercenie,
- szlifowanie,
- usuwanie osadów,
- wycinanie korzeni,
- wykonywanie iniekcji oraz wtłaczanie zapraw kompozytowych,
- natryskiwanie powłok uszczelniających,
- wzmacnianie konstrukcji kanału.

Robot wprowadzany jest do kanału poprzez studzienki i komory kanalizacyjne, a jego praca monitorowana jest za pomocą zainstalowanej kamery.

3.5. Naprawy punktowe kanałów przełazowych

Naprawy konstrukcji kolektorów z zastosowaniem modyfikowanych zapraw mineralnych, obejmują m.in.:

- uzupełnienie ubytków spoin konstrukcji (w przypadku kolektorów murowanych) i połączeń,
- naprawę ubytków spoin konstrukcji (w przypadku kolektorów murowanych) i połączeń,
- zabezpieczenie zbrojenia konstrukcyjnego kolektora,
- naprawę ubytków konstrukcji żelbetonowych,
- iniekcje wzmacniające i uszczelniające konstrukcje i połączenia.

4. Renowacja rurociągów

4.1. Technologie ciasno pasowane

Do technologii ciasno pasowanych (ang. *Close Fit*) zalicza się metody odnowy przewodów, w których po zakończeniu renowacji powłoka renowacyjna ściśle przylega do wewnętrznej powierzchni odnawianego przewodu. Technologie te stosuje się do renowacji przewodów kanalizacyjnych, wodociągowych, gazowych oraz instalacji przemysłowych.

Technologię tą, ze względu na sposób wprowadzania rury renowacyjnej do odnawianego rurociągu, podzielić można na grupy:

- z zastosowaniem „rękawów” (CIPP),
- Uliner/Compact pipe/Rauliner (od nazw producentów),
- swagelining.

4.2. Technologie z zastosowaniem „rękawów” (CIPP)

Renowacje rurociągów z zastosowaniem technologii tzw. „rękawów” (wykładziny CIPP – ang. *Cured In Place Pipe* – **ur utwardzanych na miejscu**) polegają na formowaniu wewnątrz istniejącego przewodu nowej utwardzonej powłoki. Wydajność tej technologii pozwala na efektywną rehabilitację długich odcinków uszkodzonych i nieuszczelnionych przewodów, o średnicach od DN 200–3000 mm. Ograniczenie wynika jedynie z dużego ciężaru rękawa. Grubość wykładziny wynosi od kilku do kilkudziesięciu milimetrów i wynika z obliczeń statyczno-wytrzymałościowych.

Metoda przeznaczona jest do bezwykopowej renowacji rurociągów wykonanych z rur: kamionkowych, żelbetonowych, betonowych, żeliwnych, stalowych lub tworzyw sztucznych.

W metodzie tej, do istniejącego rurociągu wprowadza się elastyczny rękaw, który po uformowaniu i podgrzaniu różnego rodzaju medium (w zależności od rodzaju rękawa), utwardza



Rys. 8. Wprowadzenie rękawa do kanału poprzez studzienkę kanalizacyjną [10]



Rys. 9. Przykład rękawa przed jego nasączeniem żywicą [20]



Rys. 10. Rękaw nasączo-ny żywicą po wprowadzeniu do kanału przed rozprężeniem [20]



Rys. 11. Rękaw po wprowadzeniu do kanału przed i po rozprężeniu i dostosowaniu kształtu [20]

się i przywiera do wewnętrznej ścianki przewodu poddawanego renowacji, dopasowując się do jego kształtu. Utwardzona wykładzina pełni rolę zastępczego kanału, pokrywa pęknięcia, uszczelnia kanał i zapobiega infiltracji wód oraz eksfiltracji ścieków.

Rękawy wykonane są z materiału kompozytowego składającego się z włókniny syntetycznej lub tkaniny z włókien szklanych, nasyconej żywicą poliestrową (UP), epoksydową (EP) lub winyloestrową (VE). Rękaw od strony zewnętrznej powleczony jest najczęściej folią z poliuretanu (PU) lub z polietylenu (PE). Nasycenie wykładziny (rękawa) żywicą może odbywać się u producenta (rękawy dostarczane są do miejsca wbudowania w specjalnych chłodniach) lub na placu budowy.

Technologie z zastosowaniem rękawów, ze względu na ich skład i budowę, można podzielić na:

- rękawy z włókniny poliestrowej o strukturze filcowej nasączone żywicami,
- rękaw z włókna szklanego nasycone żywicami, oraz ze względu na sposób ich utwardzania:
 - rękawy utwardzane termicznie (gorącą wodą lub parą),
 - rękawy utwardzane promieniami UV.

Technologia CIPP sprawdza się najlepiej w miejscach, gdzie konieczne jest podniesienie nośności kanału przy jednoczesnym braku możliwości zmniejszenia średnicy (włókno szklane posiada bardzo dobre parametry konstrukcyjne).

4.3. Rękaw z włókna szklanego utwardzany lampami UV

Pod względem wydajności roboczej, możliwości poprawy konstrukcji przewodu w aspektach uciążliwości społecznej i środowiskowej najlepszą metodą z tej grupy jest wykonywanie rękawa z włókna szklanego utwardzanego lampami UV.

Technologia ta polega na wprowadzeniu wciągarką do wcześniej wyczyszczonego przewodu folii poślizgowej, a następnie wciągany jest z kontrolowaną prędkością i siłą uciągu specjalny rękaw z włókna szklanego, który nasączony jest żywicą renowacyjną (poliestrową UP lub winyloestrową VE).

Tak przygotowany fabrycznie rękaw zostaje rozprężony za pomocą powietrza pod dużym ciśnieniem. W ten sposób uzyskuje on kształt rury poddawanej renowacji.

Następnym etapem procesu jest wprowadzenie wózka z lampami UV, które inicjują reakcję żywicy.

W pełni kontrolowane postępowanie utwardzania żywicy i naprawy kanalizacji kończy się na wyfrezowaniu zalepionych przyłączy kanalizacyjnych specjalistycznym robotem.



Rys. 12. Utwardzanie rękawa za pomocą lamp UV [20]



Rys. 13. Inwersyjny montaż rękawa w rurociągu [20]



Rys. 14. Wieże służące do wprowadzania rękawa do rurociągu poprzez napełnianie go wodą [20]



Rys. 15. Bębny inwersyjne służące do wprowadzania rękawa pod ciśnieniem wytwarzanym w bębnie [20]

4.4. Rękaw filcowy utwardzany gorącą wodą

Jest to metoda polegająca na umiejscowieniu w kanale za pomocą inwersji rękawa filcowego nasączonego żywicą (poliestrową UP, epoksydową EP lub winyloestrową VE).

Aby sprawnie wprowadzić materiał renowacyjny do kanału, na potrzeby renowacji buduje się specjalne wieże, które pozwalają wykorzystać ciśnienie statyczne wody do rozłożenia się rękawa w kanale.

W nowszej wersji tego sposobu można stosować tzw. bębny inwersyjne, które pozwalają zaoszczędzić miejsce i czas dla wykonawcy.

Rękaw filcowy bardzo dobrze układa się w kanałach jajowych i wszelkich kanałach o niestandardowej strukturze. Po umiejscowieniu rękawa następuje utwardzanie żywicy, co wiąże się z podniesieniem temperatury wody.

Wysoka temperatura pozwala żywicy rozpocząć proces utwardzania. Podobnie jak w przypadku technologii opartej na promieniowaniu UV proces kończy się na wykonaniu otwarcia przyłączy, które zostały zaślepienie przez rękaw.

4.5. Rękaw z włókna szklanego utwardzany gorącą parą

Technologia instalacji rękawa szklanego utwardzanego parą wodną jest techniką łączącą w sobie cechy metod rękawa filcowego utwardzanego gorącą wodą oraz z włókna szklanego utwardzanego światłem UV.

Proces instalacji (po ówczesnym przygotowaniu kanału) zaczyna się od wciągnięcia cienkiej folii poślizgowej, która pozwala na sprawne umiejscowienie docelowego rękawa w kanale.

Następnie, poprzez specjalne węże ciśnieniowe, doprowadza się gorącą parę o specjalnych parametrach, kontrolując przy tym przeprowadzenie wygrzewania rękawa.

Istotną zaletą techniki (podobnie jak w przypadku CIPP UV) jest użyty materiał z włókna szklanego pozwalający na uzyskanie, kosztem tylko niewielkiego przewężenia kanału, wysokiej wartości sztywności obwodowej.

4.6. Uliner/Compact pipe/Rauliner/Omega liner

Technologia Uliner, Rauliner, Compact pipe lub Omega liner (nazewnictwo w zależności od producenta rury renowacyjnej) polega na wprowadzeniu do istniejącego rurociągu poddawane renowacji rury PEHD o przekroju poprzecznym w kształcie litery „C” („U”), dzięki czemu zmniejszają się jej wymiary gabarytowe, co ułatwia wciągnięcie jej do wnętrza naprawianego przewodu.

Końce rury są wyposażone w odpowiednie końcówki podłączeniowe, którymi do jej wnętrza doprowadzana jest najpierw gorąca para wodna, a następnie sprężone powietrze.

Para wodna (poprzez odpowiednio długi proces nagrzewania) powoduje termiczny proces rewersji, tj. wyzwala „pamięć kształtu” tworzywa, na skutek czego rura powraca do jej pierwotnego, okrągłego kształtu. Następnie, sprężone powietrze



Rys. 16. Rura renowacyjna po zainstalowaniu w rurociągu poddawane renowacji [17]



Rys. 17. Rura renowacyjna po rewersji i utwardzeniu w rurociągu poddawane renowacji [17]

sprawia, że uplastyczniona rura rozszerza się i zaczyna się stykać z wewnętrzną powierzchnią odnawianego rurociągu na całym jego obwodzie oraz schłodzenie uplastycznionej wykładziny, uzyskując w ten sposób efekt ciasnego pasowania. Po schłodzeniu do temperatury otoczenia uzyskuje się nowy przewód osadzony w starym rurociągu.

Dzięki znacznej podatności rury na zginanie, można ją wprowadzić do odnawianego rurociągu poprzez niewielkich wymiarów komorę roboczą (nadawczą) lub studzienki i komory kanalizacyjne.

Metoda ta umożliwi renowację rurociągów w zakresie średnic od 100 do 500 mm.

4.7. Swagelining

Technologia polega na ciasnym osadzeniu wykładziny (rurociągu) PEHD we wnętrzu rurociągu poddawane renowacji. W odróżnieniu od technologii uliner wykładzinę w metodzie swagelining stanowi standardowa rura polietylenowa.

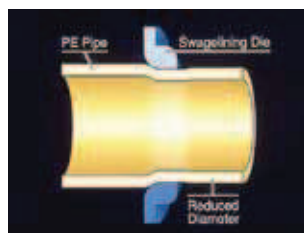
Podstawową cechą w tej technologii jest odkształcenie wykładziny polegające na czasowym zmniejszeniu średnicy z jej jednoczesnym wydłużeniem, co ma na celu umożliwienie wprowadzenia przygotowanego odcinka wykładziny do wnętrza starego rurociągu. W tym celu, standardowe rury polietylenowe o średnicy zewnętrznej nieznacznie większej od średnicy wewnętrznej odnawianego rurociągu przeciągane są przez pierścień redukcyjny tzw. „ciągadło”, w wyniku czego następuje redukcja jej przekroju poprzecznego. Odkształcona czasowo wykładzina może być bez trudu przeciągnięta przez rurociąg poddawany renowacji. Proces ten odbywa się pod stałą kontrolą siły wciągającej, co chroni materiał PE przed przeciążeniem i zerwaniem.

Po zakończeniu instalacji wykładziny w starym rurociągu nowa rura (wykładzina) odkształcona w pierwszym etapie procesu zostaje odciążona poprzez odłączenie wciągarki. Występujące w rurze naprężenia wewnętrzne powodują samoistny powrót rury do wymiarów początkowych, co powoduje ściśle przyleganie nowej rury PEHD do ścianek starego rurociągu. W ten sposób uzyskiwany jest efekt „ciasnego pasowania”.

Ze względu na specyfikę montażu wykładziny, technologia swageliningu wykorzystywana jest do renowacji odcinków prostoliniowych o średnicach DN100–1200 i długości do 500 m.

4.8. Technologie luźno pasowane (relining)

W odróżnieniu od metody ciasno pasowanej, renowacja rurociągów w technologii luźno pasowanej polega na wsunięciu bądź wciągnięciu do rurociągu poddawane renowacji



Rys. 18. Wprowadzanie wraz ze zmniejszeniem średnicy nowego rurociągu PE do rurociągu poddawane renowacji [20]



nowych rur zmniejszonych o 1–2 dymensje w stosunku do starego przewodu.

Następnie powstają w ten sposób przestrzeń międzyrurową pomiędzy starą rurą (zewnętrzną – istniejącą) a nową (wewnętrzną) rurą wypełnia się odpowiednio dobranym iniektem, dzięki czemu nowe rury zostają unieruchomione, a tak powstała konstrukcja przejmie obciążenia statyczne i dynamiczne remontowanego rurociągu.

Wypełnienie przestrzeni międzyrurowej iniektem, w zależności od konsystencji iniektu oraz długości odcinka rurociągu, na jaki należy wprowadzić mieszankę wypełniającą, może odbywać się w sposób grawitacyjny (od czoła remontowanego odcinka) lub ciśnieniowy (przewodami wprowadzonymi do przestrzeni międzyrurowej lub poprzez dysze zamontowane w rurze reliningowej).

Metoda ta może być wykorzystywana przy renowacji rurociągów kanalizacyjnych, wodociągowych, gazowych i instalacji przemysłowych, bez większych ograniczeń w zakresie średnic i długości odcinków.

Jednak podstawowym warunkiem umożliwiającym zastosowanie technologii ciasno pasowanej jest możliwość lub konieczność redukcji przekroju poprzecznego remontowanego rurociągu.

4.9. Relining długi (sliplining)

Technologia reliningu długiego polega na wprowadzeniu do uszkodzonego kanału nowej samonośnej rury najczęściej z polietylenu PEHD. Odcinki rur przygotowuje się łącząc je ze sobą na powierzchni terenu poprzez zgrzewanie doczołowe, aż do osiągnięcia wymaganego wymiaru (długości) niezbędnego do przeciągnięcia nowej rury pomiędzy dwoma lub więcej komorami roboczymi (studzienkami kanalizacyjnymi lub wykopami montażowymi).

Wielkość wykopu startowego, uzależniona jest od promienia ugięcia oraz średnicy wciąganej rury oraz od głębokości remontowanego odcinka rurociągu. Po wciągnięciu rury następuje proces iniekcji tzn. wypełnienia wolnej przestrzeni międzyrurowej mieszanką iniekcyjną, która oprócz funkcji stabilizacyjnej, pełni również funkcję zabezpieczenia przed zawaleniem się uszkodzonego odcinka rurociągu oraz zabezpiecza przed wyporem rurociągu w przypadku dostania się wody do wolnej przestrzeni między rurociągiem a kanałem.

4.10. Relining krótki (shortlining)

Metoda ta polega na wprowadzeniu do wnętrza starego rurociągu krótkich samonośnych segmentów (modułów) rurowych



Rys. 19. Instalacja nowego rurociągu z PE poprzez wciągnięcie do rurociągu poddawane renowacji [20]

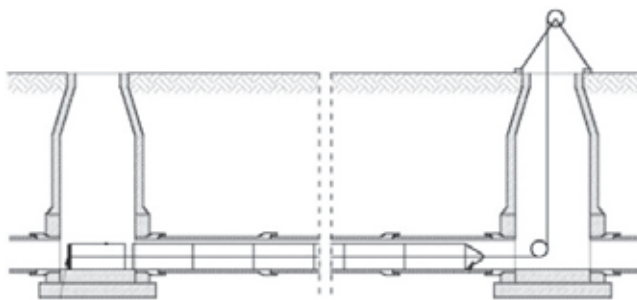
przez istniejące studnie lub komory robocze (wykopy montażowe).

W zależności od rodzaju, kształtu i wymiarów istniejącego rurociągu poddawane renowacji transport modułów w starym rurociągu odbywa się metodą przeciągania za pomocą wciągarki linowej w kierunku komory odbiorczej lub za pomocą specjalnie skonstruowanego wózka transportowego (dla dużych średnic).

W przypadku renowacji rurociągów o przekrojach kołowych jako moduły wykorzystuje się rury kanalizacyjne z takich materiałów jak GRP, PEHD, PCV. W zależności dopuszczalnej redukcji przekroju kanału, moduły łączone są za pomocą połączeń kielichowe lub połączeń zlicowanych.

Technologia reliningu krótkiego daje również możliwość renowacji kanałów o przekrojach niekołowych, np. jajowych, paszczowych, dzwonowych, itd. W przypadku skomplikowanych kształtów rurociągu segmenty (moduły) wykonywane są indywidualnie jako odwzorowanie kształtu rurociągu poddawane renowacji. Najczęściej stosowanym materiałem przy tego typu konstrukcjach jest GRP.

Podobnie jak w przypadku slipliningu, po zainstalowaniu w rurociągu poddanym renowacji segmentów (modułów) rurowych, następuje proces iniekcji, tzn. wypełnienia wolnej przestrzeni



Rys. 20. Instalacja segmentów (modułów) rurowych za pomocą wciągarki [20]



Rys. 21. Montaż poszczególnych modułów w komorze roboczej [16]



Rys. 22. Relining krótki kanałów o przekrojach niekołowych [15]



Rys. 23. Po lewej: moduły rurowe wraz z zestawem montażowym; po prawej: montaż modułu poprzez właz kanalizacyjny [17]

międzyrurowej mieszanką iniekcijną. Należy zwrócić szczególną uwagę na zabezpieczenie (rozparcie i zaklinowanie) modułów przed wyporem podczas iniektowania.

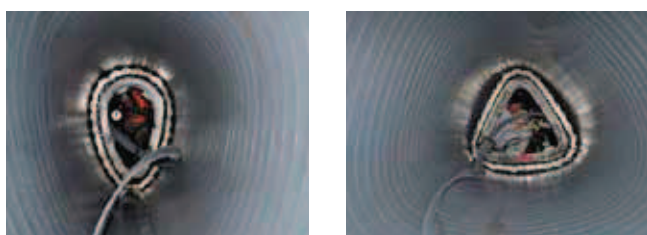
W przypadku shortliningu istnieje również możliwość renowacji istniejącego kanału bez konieczności wykonywania komór roboczych (montażowych), dzięki czemu nie ma konieczności wykonywania jakichkolwiek prac ziemnych, a nawet bez zatrzymywania przepływu ścieków. Warunkiem w tym przypadku jest, że odcinki rur renowacyjnych posiadają długość całkowitą ok. 50–58 cm (w zależności od producenta modułów), co pozwala prowadzić prace z wnętrza istniejących studzienek kanalizacyjnej. Metoda ta ma jednak ograniczenie co do średnicy modułów, tzn. musi być ona mniejsza niż średnica otworu włazowego studzienki lub komory.

4.11. Technologia rury spiralnie zwijanej, tzw. SPR

Technologia SPR wykorzystuje specjalnie przygotowany profil (uźebrowaną taśmę) z tworzywa sztucznego (PCV, PEHD) o wysokiej sztywności, która za pomocą maszyny nawojowej zwinia go spiralnie i formuje w istniejącym rurociągu w nową powłokę rurową. Kolejne zwoje profilu są łączone ze sobą kształtowo w procesie nawijania dzięki zintegrowanym w profilu elementom kształtowym zamykającym. Istnieje też możliwość wzmocnienia profilu paskiem stalowym, dzięki czemu nowo powstała powłoka rurowa jest samonośna.

Metoda ta ma zastosowanie w renowacji rurociągów o przekroju kołowym oraz niekołowym, w średnicach do 5500 mm (w zależności od konstrukcji i profilu uźebrowania taśmy). W zależności od warunków, jakie panują w miejscu przeprowadzanej renowacji, można zastosować jedną z dwóch procedur układania powłoki, tzn. maszyną pchającą lub maszyną samojezdną:

- technologia układania profilu maszyną pchającą odbywa się bez udziału człowieka. Maszyna układająca jest umieszczana w istniejącej studzience na kanale poddawany



Rys. 24. Formowanie za pomocą maszyny nowej powłoki z taśmy wewnątrz istniejącego rurociągu [18]

renowacji, natomiast profil (taśma) jest podawany do maszyny układającej ze szpuli znajdującej się na powierzchni terenu. W miarę jak profil jest wprowadzany spiralnie przez maszynę układającą, krawędzie kolejnych zwojów łączą się ze sobą, tworząc rurę wewnątrz istniejącego rurociągu;

- technologia układania profilu maszyną samojezdną odbywa się z udziałem człowieka. Maszyna układająca jest umieszczana w istniejącej studzience na kanale poddawany renowacji lub w dowolnym miejscu wewnątrz tego rurociągu. Profil jest podawany do maszyny ze środka szpuli specjalnie zaprojektowanej do tego procesu. Następnie maszyna obraca się, przesuując się wewnątrz rurociągu i spiralnie układa profil (taśmę), tworząc za nią rurę. Ponieważ w metodzie tej nowa powłoka rurowa pozostaje za maszyną, nie występują opory tarcia między materiałem SPR a istniejącym rurociągiem, dzięki czemu możliwe jest prowadzenie renowacji na długich odcinkach.

Podobnie jak w przypadku wyżej omawianych metod nową powłokę rurową można wykonać jako ciasno lub luźno pasowaną.

5. Technologie wyburzeniowe, technologie pozwalające na zwiększenie średnicy rurociągu

Technologie wyburzeniowe (wymiana rurociągu) polegają na usunięciu istniejącego uszkodzonego lub zniszczonego odcinka rurociągu i zastąpienie go nowym. W niektórych przypadkach technologie te pozwalają również na zwiększenie średnicy rurociągu, a tym samym na znaczne poprawienie parametrów hydraulicznych i przepustowości.

5.1. Burstlining/cracking (kraking) statyczny

Burstlining, zwany także crackinglem (krakingiem) statycznym, jest technologią umożliwiającą wymianę rurociągów poprzez wciąganie przy użyciu wysokiej mocy wciągarek oraz specjalnych głowic tnących, nowych rur tworzywowych w miejsce niszczonych i rozpychanych rur starych (kawałki starej rury są wciskane w grunt).

Jest to jedyna technologia, która pozwala na wymianę lub wydajne zwiększenie średnicy rurociągu (o jedną lub dwie dymensje) oraz taka, która nie wymaga często kłopotliwego czyszczenia istniejącego przewodu.

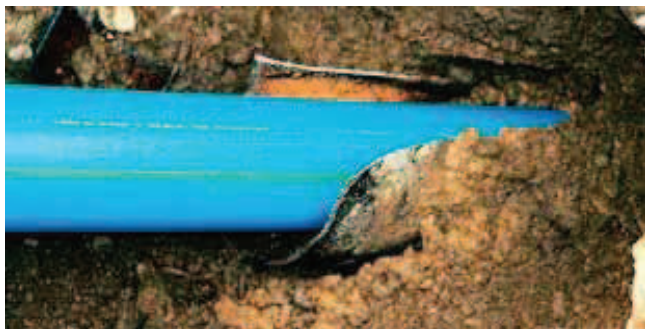
Nowy rurociąg stanowi zazwyczaj rura segmentowa (PVC, PE) lub rura ciągła polietylenowa z wzmocnioną powierzchnią zewnętrzną. Ma to na celu zabezpieczenie nowo powstałego



Rys. 25. Wciąganie głowicy kruszącej wraz nowym rurociągiem o większej średnicy do istniejącego rurociągu o mniejszej średnicy [20]



Rys. 26. Burstlining (kraking) przy zastosowaniu głowicy kruszącej do rury kamionkowej [20]



Rys. 27. Burstlining (kraking) przy zastosowaniu głowicy tnącej do rury stalowej [20]

rurociągu przed wystąpieniem zjawiska karbu i propagacji pęknięć.

Wymiana odcinka rurociągu wymaga wykonania dwóch komór roboczych, którymi mogą być np. wykopy lub studzienki kanalizacyjne, pomiędzy którymi przeprowadza się stalowych żerdź. Następnie instalowane są noże tnące wraz z głowicą poszerzającą, do której przymocowuje się nową rurę. Nóż tnący jest w sposób statyczny ciągnięty w kierunku komory odbiorczej, w wyniku czego niszczonej jest stary rurociąg. W trakcie przeciągania głowica poszerzająca rozpycha grunt wciskając w niego kawałki pokruszonej rury i w ten sposób w utworzoną przestrzeń wprowadzana jest rura nowa.

Po zakończeniu prac nowy rurociąg w pełni przejmuje wszelkie funkcje starego, tzn. jest samonośny oraz zapewnia wymaganą wydajność hydrauliczną. W wyniku zastosowania krakingu statycznego kalibracyjnego uzyskujemy efekt podobny do tego, jaki otrzymujemy w wyniku renowacji kanału metodą ciasnopasowaną lub za pomocą rękawa.

Technologia ta znajduje zastosowanie w przypadku wymiany istniejących rurociągów wykonanych przede wszystkim z materiałów kruchych, takich jak: kamionka, beton, azbestocement.

W przypadku rurociągów ze stali lub żeliwa głowica zaopatrzona jest w specjalne noże rolkowe. Głowica nie kruszy istniejącego rurociągu, tylko go rozcina, a następnie rozgina go na boki, tworząc w ten sposób przestrzeń dla wciągnięcia nowego przewodu.

Rury z PVC i innych tworzyw sztucznych mogą być wymieniane przy zastosowaniu głowic stożkowych jak i głowic zaopatrzonych w noże stożkowe.

6. Renowacja i naprawa przyłączy kanalizacyjnych z zastosowaniem profili kapeluszowych

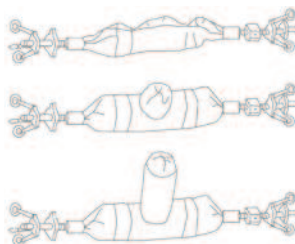
Zastosowanie technologii profili kapeluszowych do napraw uszkodzonych miejsc włączeń przykanalików do kanału głównego polega na wbudowaniu w miejscu włączenia specjalnego kapelusza wykonanego z powłoki tekstylnej nasączonej żywicą.

Technologia ta umożliwia naprawę (uszczelnienie i wzmocnienie) miejsca włączenia przyłącza zarówno podczas renowacji całego kanału, jak również w przypadku renowacji tylko samego przykanalika.

Renowacja przykanalików wykonywana jest od strony kanału głównego. Wprowadzenie kształtki kapeluszowej odby-



Rys. 28. Przykład profili kapeluszowych do renowacji przyłączy kanalizacyjnych [20]



Rys. 29. Montaż kształtki kapeluszowej w przykanaliku [20]



Rys. 30. Profil kapeluszowy po utwardzeniu – widok od strony kanału głównego [20]

wa się w systemie inwersyjnym za pomocą właczanego powietrza lub innego medium:

Po stwardnieniu wykładziny kapelusza miejsce włączenia przyłącza do kanału głównego jest w 100% szczelne.

7. Technologie natryskowe

Technologie natryskowe polegają na ręcznym lub mechanicznym nanoszeniu chemicznych powłok renowacyjnych na wewnętrzne powierzchnie rurociągów, komór i obiektów kanalizacyjnych, które uległy uszkodzeniu lub zniszczeniu na skutek destrukcyjnego oddziaływania medium transportowanego w rurociągu.

Do podstawowych metod natryskowych należą:

- cementowanie,
- natrysk z żywicy epoksydowej,
- natrysk żywicy poliuretanowej.

8. Podsumowanie

Przedstawiona w artykule problematyka staje się coraz bardziej istotnym i ważnym zagadnieniem dla właścicieli i eksploatatorów sieci wodociągowych i kanalizacyjnych, a prezentowane technologie renowacyjne stanowią niekiedy jedyne narzędzie umożliwiające przewrócenie pełnej sprawności eksploatacyjnej tych sieci.

Należy również pamiętać, iż wybór odpowiedniej metody, adekwatnej do powstałego uszkodzenia ma niebagatelne znaczenie dla minimalizacji kosztów oraz jak największego ograniczenia uciążliwości prowadzonych robót.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Kuliczkowski A., Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska, Wydawnictwo Seidel – Przywecki Sp. z o.o., Piaseczno, 2010
- [2] Lewandowska M. na podst. Kuliczkowski A., Problemy bezodkrywkowej odnowy przewodów kanalizacyjnych, Kielce, 2004
- [3] Wróbel G., Pusz A., Szymiczek M., Michalik K., Swagelining as a method of trenchless pipelines rehabilitation
- [4] Rehabilitacja rurociągów. Instrukcja techniczna, Wavin Metalplast – Buk Sp. z o.o., 2005
- [5] Bezwykopowe metody rehabilitacji i budowy nowych rurociągów. Wytczne do projektowania w oparciu o ofertę Wavin Metalplast – Buk Sp. z o.o., 2003
- [6] Przyjazne środowisku technologie bezwykopowe. Informacja techniczna, Nordic Renovation, 2007
- [7] Ćwiertnia R., Ćwiertnia T., Wydawnictwo Magazyn instalatora – Technologie bezwykopowe, luty 2016
- [8] Wydawnictwo Inżynieria bezwykopowa
- [9] Materiały reklamowe firmy WUPRINŻ SA
- [10] Materiały reklamowe firmy TERLAN Sp. z o.o.
- [11] Materiały reklamowe firmy ZISBD
- [12] Materiały reklamowe firmy Infra SA
- [13] Materiały reklamowe firmy TECO Sp. z o.o.
- [14] Materiały reklamowe firmy Preuss Pipe Rehabilitation Polska Sp. z o.o.
- [15] Materiały reklamowe firmy AMIANTIT Poland Sp. z o.o.
- [16] Materiały reklamowe firmy Uponor Infra Sp. z o.o.
- [17] Materiały reklamowe firmy Wavin Polska SA
- [18] Materiały reklamowe firmy Sekisui SPR Poland Sp. z o.o.
- [19] Materiały reklamowe firmy UNIMARK Sp. z o.o.
- [20] Materiały pobrane z Internetu



**64. Konferencja Naukowa
Komitetu Inżynierii Lądowej
i Wodnej PAN
oraz Komitetu Nauki PZITB
Krynica Zdrój, 16-20.09.2018 r.**

Tematyka części problemowej

INŻYNIERIA KOLEJOWA - SZANSE I WYZWANIA

- Rozwój infrastruktury kolejowej
- Koleje dużych prędkości
- Obiekty inżynierskie
- Zagadnienia środowiskowe w transporcie szynowym
- Statyka i dynamika dróg szynowych
- BIM w kolejnictwie
- Infrastruktura tramwajowa

Tematyka części ogólnej

PROBLEMY NAUKOWE BUDOWNICTWA

- Budownictwo hydrotechniczne
- Budownictwo ogólne
- Fizyka budowli
- Geotechnika
- Inżynieria komunikacyjna
- Inżynieria materiałów budowlanych
- Inżynieria przedsięwzięć budowlanych
- Konstrukcje betonowe
- Konstrukcje metalowe
- Mechanika konstrukcji i materiałów