



POLISH ACADEMY OF SCIENCES - MATERIALS SCIENCE COMMITTEE  
SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY OF GLIWICE  
INSTITUTE OF ENGINEERING MATERIALS AND BIOMATERIALS  
ASSOCIATION OF ALUMNI OF SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Conference  
Proceedings

## 11th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ACHIEVEMENTS IN MECHANICAL & MATERIALS ENGINEERING

### Metodyka badań reointarsji jako metody rekonstrukcji rurociągów

G. Wróbel, M. Szymiczek, Ł. Wierzbicki

Katedra Przetwórstwa Materiałów Metalowych i Polimerowych, Politechnika Śląska  
ul. Konarskiego 18a, 44 100 Gliwice, Poland

W pracy przedstawiono charakterystykę technologii ciągnięcia rur polietylenowych wykorzystywanej do rekonstrukcji rurociągów. Dokonano analizy stanu naprężenia rury PE w strefie ciągadła oraz przedstawiono proponowaną metodykę badań.

### 1. WPROWADZENIE

Obecnie, gdy istotna jest jak najmniejsza ingerencja w środowisko i jego ochrona, coraz więcej uwagi poświęca się bezwykopowym technologiom rekonstrukcji rurociągów. Takie rozwiązanie pozwala na redukcję kosztów naprawy starego rurociągu, a także w znacznie mniejszym stopniu jest uciążliwe dla środowiska naturalnego i miejskiego, a w szczególności mieszkańców miast. Renowacji tym sposobem mogą być poddawane wodociągi, rurociągi kanalizacyjne oraz gazociągi.

Obok takich metod renowacji jak np. relininig czy compact pipe, wykorzystuje się także reointarsję, polegającą na wciąganiu rur z tworzywa sztucznego do starych rurociągów żeliwnych, betonowych oraz ich lepkosprężystym osadzeniu. Metoda ta, oparta na technologii obróbki plastycznej metali, wykorzystująca powrót poodkształceniowy rury z tworzywa sztucznego, wydaje się być najprostszą i najtańszą.

### 2. CHARAKTERYSTYKA TECHNOLOGII

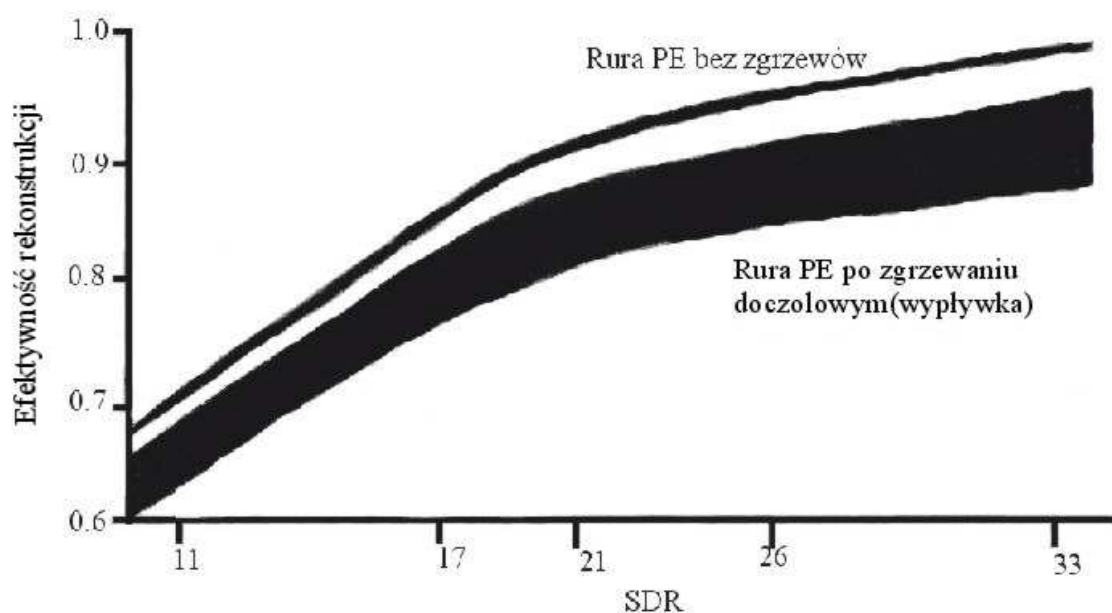
Podstawą renowacji rurociągów jest dążenie do jak najlepszego przylegania wprowadzanej rury PE do wewnętrznej ścianki starej. Takie wymaganie spełnia technologia ciągnięcia rur PE na zimno.

Obróbka plastyczna tworzyw sztucznych jest takim rodzajem obróbki, w którym ukształtowanie, zmianę własności fizyko-mechanicznych, modyfikację struktury czy wywołanie naprężeń własnych osiąga się przez odkształcenie plastyczne [2]. Ogólnie rzecz ujmując należy zauważyć, że operacjom obróbki plastycznej towarzyszą pewne zjawiska negatywne, do których zalicza się m.in. sprężynowanie czy powrót poodkształceniowy. Ten drugi efekt, w przypadku stosowania ciągnięcia do renowacji rurociągów, okazuje się być korzystnym, ponieważ umożliwia ciasne osadzenie wykładziny polietylenowej wewnątrz odnawianego rurociągu. Ciągnięcie w ten sposób wykorzystane stanowi zatem „obróbkę lepkosprężystą”.

W celu uzyskania jak najlepszego przylegania rury PE (wykorzystuje się rury PE o średnicy nominalnej o  $2 \div 5\%$  większej od średnicy wewnętrznej odnawianego przewodu), przeciąga się rurę przez ciągnadło o kącie stożka roboczego  $10 \div 15^\circ$ , z prędkością  $3 - 5$  m/min. W wyniku tej operacji następuje redukcja średnicy o około  $12\%$ , co pozwala bez dodatkowego oporu wprowadzić rurę PE do odnawianego rurociągu. Po wykonaniu naprawy rura PE rozprężając się podlega wzmocnieniu konstrukcyjnemu w warunkach ciasnego osadzenia w naprawianym rurociągu, co jest szczególnie ważne jeżeli w warunkach oddziaływania czynników gruntowych, istnieje możliwość przekroczenia granicy samonośności.

Ze względu na prowadzenie procesu wciągania na zimno można zauważyć szereg korzyści m.in.: ograniczenie ilości dodatkowego sprzętu, możliwość szybszego zatrzymania procesu, co umożliwi zgrzanie złącza stykowego z dodatkowymi nićmi rurociągu, a następnie wznowienie i dokończenie instalacji.

Istotnym problemem jest efektywność rekonstrukcji, której miarą może być stosunek natężenia przepływu w nowo zainstalowanej rurze do natężenia przepływu w starym przewodzie, przy zachowaniu wartości spadku ciśnienia. Badania przeprowadzone przez ERS British Gas [1] wykazały, że zwiększenie wartości natężenia przepływu można uzyskać przez redukcję grubości ścianki, co obrazuje rysunek 1. Istotną rolę odgrywa także wypływka wewnętrzna będąca wynikiem doczołowego zgrzewania rury. Wypływka stanowi opór przepływu, w związku z czym efektywność rekonstrukcji spada.



Rys.1. Rozkład efektywności rekonstrukcji dla szeregu wymiarowego SDR rur PE [1].

### 3. ANALIZA STANU NAPRĘŻENIA

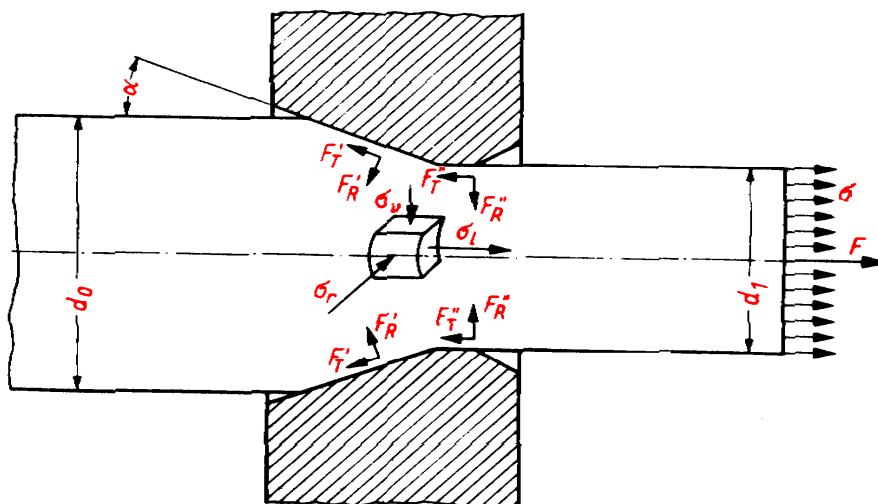
W procesie ciągnięcia następuje odkształcenie materiału, będące efektem działania sił zewnętrznych: czynnych ( $F$  - siła ciągnięcia) i biernych ( $F_r$  - reakcja narzędzia,  $F_t$  - siła tarcia) - rysunek 2. W wyniku działania tych sił występują w materiale ciągniętym

naprężenia wewnętrzne. Dla procesu swobodnego ciągnięcia rur charakterystyczny jest osiowo – symetryczny stan naprężeń, w którym występują [3]:

- naprężenia osiowe (rozciągające)  $\sigma_l$ ,
- naprężenia promieniowe (ściskające)  $\sigma_r$ ,
- naprężenia obwodowe (ściskające)  $\sigma_\phi$ .

Wartość siły ciągnięcia  $F$  zależy od własności materiału ciągniętego, jego wymiarów, wielkości i prędkości odkształcania oraz geometrii narzędzia. Pośrednio w istotny sposób zależy od temperatury procesu.

Z analizy procesu wynika, że materiał w strefie ciągadła zostaje częściowo uplastyczniony. Po opuszczeniu ciągadła ma miejsce szybki wzrost średnicy lub pęcznienie, dlatego pozostawia się rurę pod obciążeniem.



Rys. 2. Siły i naprężenia w procesie ciągnięcia [3]

Zwolnienie naciągu powoduje powrót rury PE do wymiarów pierwotnych. Naturalny powrót rury do początkowych wymiarów następuje w efekcie powrotu lepkosprężystego. Na przebieg procesu składa się gwałtowniejszy powrót sprężysty po wyjściu z strefy ciągadła oraz po zwolnieniu naciągu. W pozostałym okresie następuje wolniejszy powrót w warunkach ustalonego naciągu lub jego braku – po całkowitym zwolnieniu rury. Ostatecznie ma to zapewnić ciasne osadzenie wciąganej rury PE wewnątrz rekonstruowanego rurociągu. W analizie procesu nie można jednak pominąć odkształceń trwałych, powodujących trwałe zmniejszenie średnicy wprowadzanej rury. Odkształcenia te są wynikiem częściowego uplastycznienia materiału w strefie ciągadła.

Rzeczywiste naprężenia w ściance wciąganej rury zależą od prędkości ciągnięcia. Prędkość ta wpływa na czas przebywania rury w ciągadle oraz na prędkość odkształceń, a także na wielkość odkształceń plastycznych. Można zatem wysunąć wniosek, iż skuteczna realizacja procesu ciągnięcia możliwa jest dzięki odpowiednio dobranej prędkości ciągnięcia, umożliwiającej wprowadzenie rury do rekonstruowanego rurociągu przy jednoczesnym powrocie poodkształceniowym.

#### 4. METODYKA BADAŃ

W ramach pracy podjęto próbę stworzenia podstaw racjonalnego doboru warunków ciągnięcia rur jako bezwykopowej metody rekonstrukcji rurociągów. Oceny dokonano w oparciu o dane literaturowe oraz o wstępnie opracowany model uwzględniający parametry procesu, tzn. siłę i prędkość ciągnięcia, parametry geometryczne ciąkadła, własności materiału, z którego wykonana jest rura, a także jej wymiary.

Opracowany model matematyczno – fizyczny ma pozwolić na określenie przebiegu zmian średnicy rury PEHD po wyjściu ze strefy ciąkadła, a w związku z tym dokonanie oceny efektywności rekonstrukcji. Istotnym problemem wydaje się być powiązanie panującego w rurze, w strefie ciąkadła stanu naprężenia z własnościami lepkosprężystymi materiału oraz znalezienie powiązania pomiędzy stanem naprężenia a siłą i prędkością ciągnięcia. Model ten należałoby poddać weryfikacji praktycznej. Docelowo stałby się on narzędziem wspomagania procesu optymalnego doboru cech konstrukcyjnych osadzanej rury, oczka ciągarskiego oraz parametrów procesu osadzania (rekonstrukcji).

W ramach badań laboratoryjnych należy wyznaczyć charakterystyki materiałowe tworzywa, z którego wykonane są wciągane rury oraz krzywe pełzania i relaksacji. Charakterystyki wyznaczono w próbie statycznego rozciągania a próbki do badań wykonano zgodnie z normą PN-EN ISO 3167. W ten sposób określono naprężenie na granicy plastyczności, moduł Younga oraz wydłużenie na granicy plastyczności. Problemem, na razie nie do końca rozwiązany, jest wyznaczenie krzywych pełzania i relaksacji. Badanie te powinny być wykonane w pierwszej kolejności, gdyż na ich podstawie można oszacować siłę ciągnięcia dla wymaganej efektywności rekonstrukcji. Następnie należy zweryfikować otrzymane wartości siły ciągnięcia przez wykonanie prób w warunkach zbliżonych do rzeczywistych, tzn. ciągnięcie odcinków rur PEHD przez ciąkadło o kącie tworzącej 15° i redukcji średnicy 10, 15, 20 %. Wszystkie badania zostaną przeprowadzone na maszynie wytrzymałościowej Heckert FPZ 100.

#### 5. PODSUMOWANIE

Proponowana metodyka badań pozwoli na optymalny dobór parametrów reointarsji, co pozwoli na skrócenia procesu ciągnięcia rur w aspekcie optymalizacji operacji rekonstrukcji rurociągu.

#### LITERATURA

1. Behenna L.B., Hicks K.: Swagelining – the ERS. Died, buried and forgotten. Gas Engineering & Managment. 1993
2. Bielefeldt K.: Wpływ walcowania i głębokiego tłoczenia na niektóre własności mechaniczne krajowego poliwęglanu i politrioksanu. Praca doktorska. Zielona Góra – Wrocław 1976r
3. Grochowski E., Grosman F.: Maszyny ciągarskie. Wydawnictwo Śląsk 1976.
4. Saechtling: Tworzywa sztuczne. Poradnik. WNT Warszawa 2000.