

Aniela GLINICKA¹
Katarzyna WASILEWSKA²

BADANIE CECH MECHANICZNYCH NA PRÓBKACH Z RUR STALOWYCH W PŁASZCZU OCHRONNYM PO PROCESIE KOROZJI

W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych cech mechanicznych na próbkach z rur stalowych o średnicach 15 mm i 18 mm. Są one stosowane najczęściej jako przewody w instalacjach. Na zewnętrzną ich powierzchnię w zakładzie produkcji była nałożona warstwa ochronna z polipropylenu. Rury te poddano procesowi korozji w laboratorium w dwóch następujących środowiskach agresywnych: w komorze mgły solnej, w roztworze wodnym kwasu siarkowego. Po procesie korozji zdjęto z nich warstwę ochronną i przeprowadzono badania cech mechanicznych w maszynie wytrzymałościowej Instron 3382. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki tych badań i ich analizę.

STUDYING MECHANICAL PROPERTIES ON SAMPLES FROM STEEL PIPES IN THE PROTECTIVE COAT AFTER THE PROCESS OF THE CORROSION

At this work results of the research on experimental mechanical properties carried out on samples from steel pipes about diameters 15 mm and 18 mm. They are most often applied as wires in installations. There was put protective layer at the unit of the production to their outside surface from the polypropylene. These pipes were corrode in the laboratory in two aggressive circles: in the chamber of the salt fog, in the water solution of the sulphuric acid. After this process of the corrosion protective layer was taken and a conducted research on mechanical properties stayed in the testing Instron 3382 machine. At this work results of these examinations and their analysis were given.

1. WSTĘP

Nieprawidłowa ochrona przed korozją w sytuacji normalnej eksploatacji lub w sytuacji szczególnego zagrożenia eksploatacyjnego, a także brak napraw konserwatorskich może doprowadzić do zniszczeń materiałów i konstrukcji. W efekcie mogą powstawać różnego

¹Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, 00-637 Warszawa ; ul. Armii Ludowej 16, tel. +48 234-65-14, e-mail : A.Glinicka@il.pw.edu.pl

² Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, 00-637 Warszawa, ul. Armii Ludowej 16, e-mail:kasia_gw@tlen.pl

typu zniszczenia korozyjne na powierzchni elementów lub w ich wnętrzu, co ma dalsze konsekwencje. Dlatego przeprowadza się badania w sztucznym lub w naturalnym środowisku korozyjnym mające na celu określenie parametrów związanych z utrzymaniem konstrukcji, a także z oceną wpływu skutków korozji na bezpieczną pracę konstrukcji.

Przykładowo w monografii [1] podano, że 17% uszkodzeń wodociągowej sieci warszawskiej w latach 1971 – 1982 spowodowała korozja. Innym przykładem jest raport NIK z roku 2005 [2], w którym przedstawiono stan techniczny obiektów mostowych w Polsce. Z raportu wynika, że stan techniczny tych obiektów na drogach wojewódzkich został oceniony najniżej, to jest na 2,69 punktu w skali 0 – 5 punktów. Oznacza to, że ich nie naprawienie spowoduje skrócenie czasu eksploatacji (znaczących zniszczeń dokonuje korozja).

Badania korozyjne elementów konstrukcji, przeprowadzone w środowisku naturalnym są długotrwałe, dlatego dopuszcza się badania w laboratorium [3 - 6] w środowiskach agresywnych. Zazwyczaj element w laboratorium jest badany w środowisku bardziej korozyjnym od tego, jakie panuje w naturalnych warunkach jego eksploatacji. Zintensyfikowanie agresywności ośrodka ma na celu skrócenia czasu badań.

W niniejszej pracy jako czynniki agresywne powodujące korozję rur stalowych małych średnic z zewnętrzną warstwą ochronną w postaci płaszczu z polipropylenu przyjęto: mgłą solną i wodny roztwór kwasu siarkowego. W laboratorium spowodowano korozję tych rur w czasie 720 godzin. Po skorodowaniu przygotowano z nich próbki i poddano je testom osiowego rozciągania w maszynie wytrzymałościowej. Celem niniejszego opracowania jest ocena zmian cech mechanicznych materiału rur na skutek działania wymienionych ośrodków korozyjnych.

2. PRÓBKİ DO BADAŃ

Do badań korozyjnych i następnie do badań mechanicznych przygotowano rury ze stali RST34 zabezpieczone zewnętrzną powłoką z polipropylenu. Rury zostały podzielone na trzy serie: seria pierwsza - nie była poddana korozji, seria druga - była skorodowana w komorze mgły solnej uzyskanej przez rozpuszczenie w wodzie destylowanej soli do stężenia 50g/l [7], seria trzecia - była skorodowana w kuwecie w roztworze wodnym 5% kwasu siarkowego [3]. Wymiary próbek były następujące:

1. próbki nie korodowane:
 - 1.1 DN 15 - średnica 15 mm, grubość ścianki 1,2 mm, długość 301 mm (sztuk 3);
 - 1.2 DN 18 - średnica 18 mm, grubość ścianki 1,2 mm, długość 300 mm (sztuk 3);
2. próbki skorodowane w komorze mgły solnej:
 - 2.1 DN 15 - średnica 15 mm, grubość ścianki 1,2 mm, długość 341mm (sztuk 3);
 - 2.2 DN 18 - średnica 18 mm, grubość ścianki 1,2 mm, długość 426 mm (sztuk 3);
3. próbki skorodowane w roztworze kwasu siarkowego:
 - 3.1 DN 15 średnica 15 mm, grubość ścianki 1,2 mm, długość 341, mm (sztuk 3);
 - 3.2 DN 18 średnica 18 mm, grubość ścianki 1,2 mm, długość 426, mm (sztuk 3).

W rezultacie skorodowania rur stalowych z zewnętrznym płaszczem ochronnym z PP przez okres 720 godzin nie wystąpiła korozja tego płaszczu, a skorodowało tylko wnętrze tych rur. Średni ubytek masy określony w pracy [7] dla rur skorodowanych w komorze mgły solnej był mały, tj. osiągnął wartość największą równą 3%. Na skutek korozji próbek

w obu środowiskach nastąpiło zmniejszenie pola przekroju poprzecznego rur, którego względne średnie wartości wynosiły:

1. próbki nie korodowane:
 - 1.1 DN 15 - $S_o = 0,503 \text{ cm}^2$,
 - 1.2 DN 18 - $S_o = 0,637 \text{ cm}^2$,
2. próbki skorodowane w komorze mgły solnej:
 - 2.1 DN 15 - $S_{o2,1} = 0,488 \text{ cm}^2$, względny ubytek pola przekroju 3,0 %;
 - 2.2 DN 18 - $S_{o2,2} = 0,613 \text{ cm}^2$, względny ubytek pola przekroju 3,7 %;
3. próbki skorodowane w roztworze kwasu siarkowego:
 - 3.1 DN 15 - $S_{o3,1} = 0,394 \text{ cm}^2$, względny ubytek pola przekroju 21,7 %;
 - 3.2 DN 18 - $S_{o3,2} = 0,469 \text{ cm}^2$, względny ubytek pola przekroju 26,4 %.

Z powyższego wynika, że średni względny ubytek pola przekroju próbek korodowanych w kwasie siarkowym był około siedmiokrotnie większy, niż próbek korodowanych w mgłę solnej; a więc działanie kwasem siarkowym było bardziej agresywne. Ponadto stwierdzono, że na próbkach korodowanych w kwasie siarkowym nastąpiły duże ubytki masy na końcach. Po wykonaniu badań korozyjnych płaszcz ochronny z PP zdjęto. Spełnił on swoje zadanie, rury pod powłoką nie były zniszczone. Natomiast powierzchnia nieosłonięta płaszczem z PP uległa w znacznym stopniu procesowi korozji.

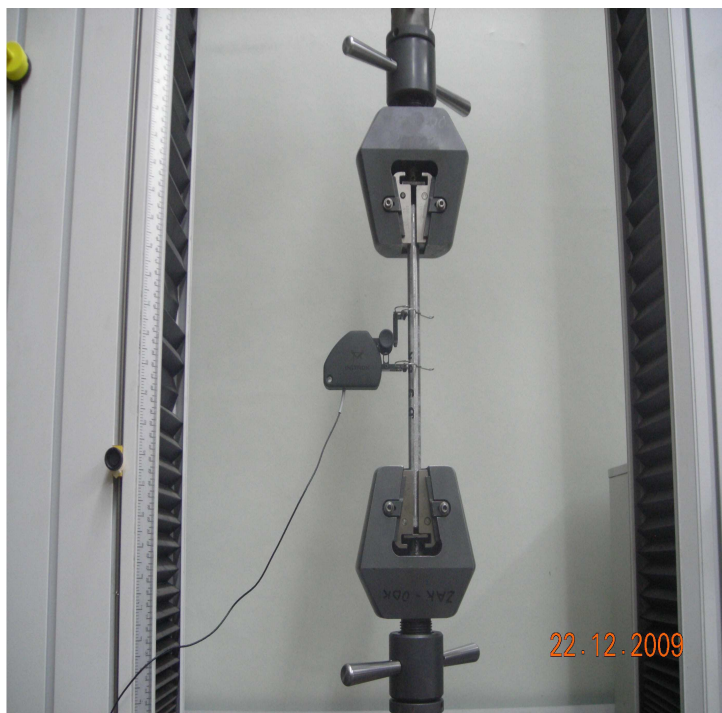
3. BADANIA OSIOWEGO ROZCIĄGANIA

Następnie osiowemu rozciąganiu w maszynie wytrzymałościowej Intron 3382 [8] poddano wszystkie wyżej wymienione próbki. Na rys. 1 zamieszczono zdjęcie stanowiska badawczego. Założono, że prędkość przemieszczenia (prędkość rozciągania próbek) będzie stała i równa 5,0 mm/min, a częstotliwość zbierania danych pomiarowych 5 punktów/sek.



Rys.1. Widok stanowiska badawczego

Na rys. 2 zilustrowano próbkę rozciąganą z nałożonym na nią tensometrem. Wszystkie próby rozciągania przeprowadzono przy użyciu tensometru; wyniki pomiarów (siła - przemieszczenie) rejestrowano rozpoczynając od obciążenia zerowego, a kończąc na obciążeniu zrywającym.



Rys. 2. Widok próbki z tensometrem w trakcie pomiaru

Na rys. 3 zamieszczono przykładowe zdjęcie próbki korodowanej w komorze mgły solnej po jej zerwaniu. Typ zniszczenia sześciu takich próbek był jednakowy, tj. utworzyło się kilka szyjek, a na jednej z nich nastąpiło pęknięcie tylko części obwodu. Tu o pęknięciu zdecydowała nie tylko siła rozciągająca ale też efekty spowodowane korozją wżerową. Ze względu na małą stosunkowo średnicę rur mgła solna była nierównomiernie doprowadzana do wewnętrznej powierzchni, co przyczyniło się najprawdopodobniej do powstania korozji wżerowej, a wżery w znacznym stopniu spowodowały miejscowe osłabienie materiału.



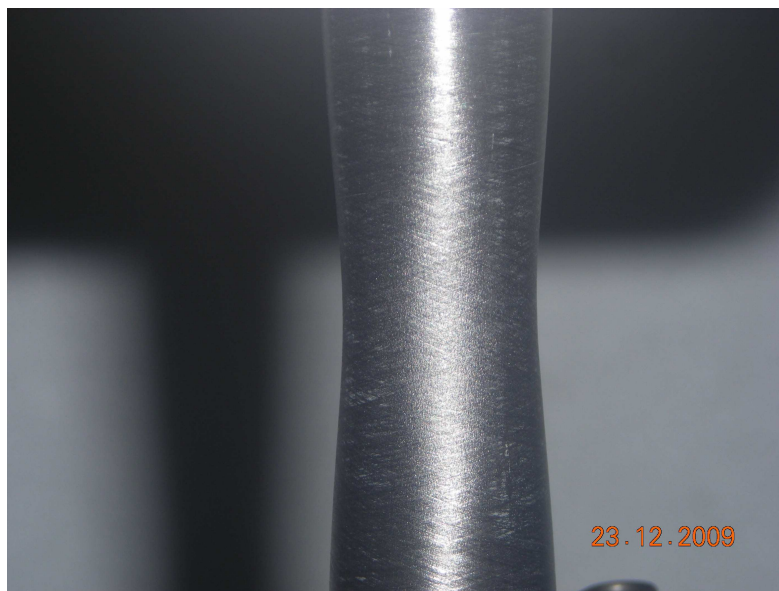
Rys. 3. Widok próbki skorodowanej w komorze mgły solnej po wykonaniu badań wytrzymałościowych

Na rys. 4 zamieszczono przykładowo zdjęcie próbki korodowanej w roztworze kwasu siarkowego po jej zerwaniu. W porównaniu z rys. 3 przewężenie było tu mniejsze.



Rys. 4. Widok próbki skorodowanej w kwasie siarkowym po wykonaniu badań wytrzymałościowych

Na rys. 5 zamieszczono przykładowe zdjęcie próbki nieskorodowanej przy maksymalnym obciążeniu, widoczna jest tu wyraźna jedna szyjka.



Rys. 5. Widok próbki nieskorodowanej po wykonaniu badań wytrzymałościowych

W tab. 1 przedstawiono zestawienie wartości średnich charakterystyk mechanicznych uzyskanych na podstawie prób osiowego rozciągania próbek skorodowanych i nieskorodowanych.

Tab. 1. Zestawienie charakterystyk mechanicznych uzyskanych na podstawie osiowego rozciągania próbek

Seria Próbek	Moduł Younga E [MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie R_m [MPa]	Wytrzymałość przy zerwaniu R_z [MPa]	Spadek $(\Delta E/E)*100\%$	Spadek $(\Delta R_m/R_m)*100\%$
DN15					
1.1	193535,7	279,7	139,9	-	-
2.1	168634,4	237,1	188,7	12,9	15,2
3.1	140109,8	198,6	148,9	27,6	29,0
DN18					
1.2	204217,5	388,2	359,1	-	-
2.2	167436,2	323,8	262,6	18,0	16,6
3.2	191649,5	386,9	381,2	6,2	0,33

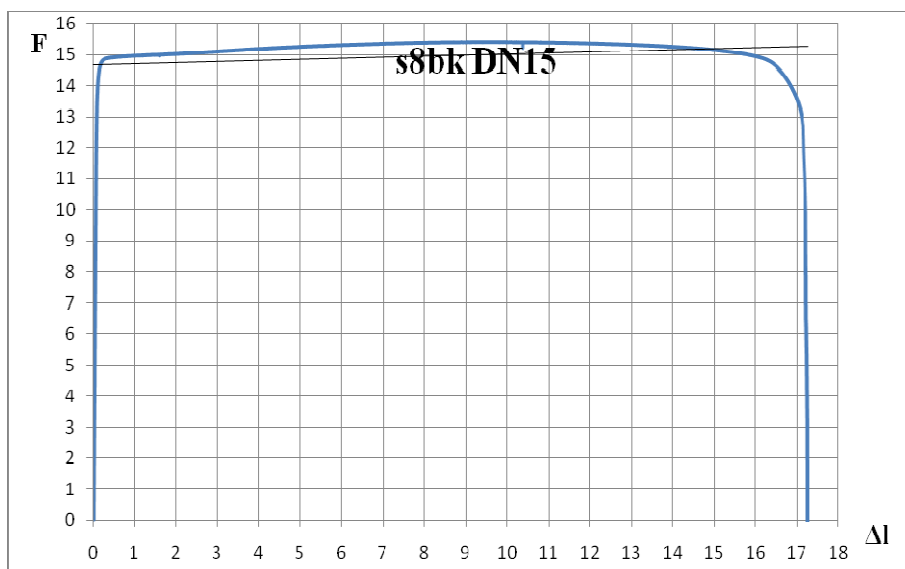
Badana stal RST34 nie ma wyraźnej granicy plastyczności. Charakteryzuje się ona modułem Younga około 200000 MPa i wytrzymałością na rozciąganie określoną na

próbkach DN 15 o wartości $R_m=279,7$ MPa oraz na próbkach DN 18 o wartości $R_m=388,2$ MPa. Po korozji, jak widać z tej tabeli, wszystkie wartości charakterystyk mechanicznych zmniejszyły się. Najbardziej agresywne okazało się działanie roztworu kwasu siarkowego na próbki o najmniejszych średnicach, tj. o DN 15.

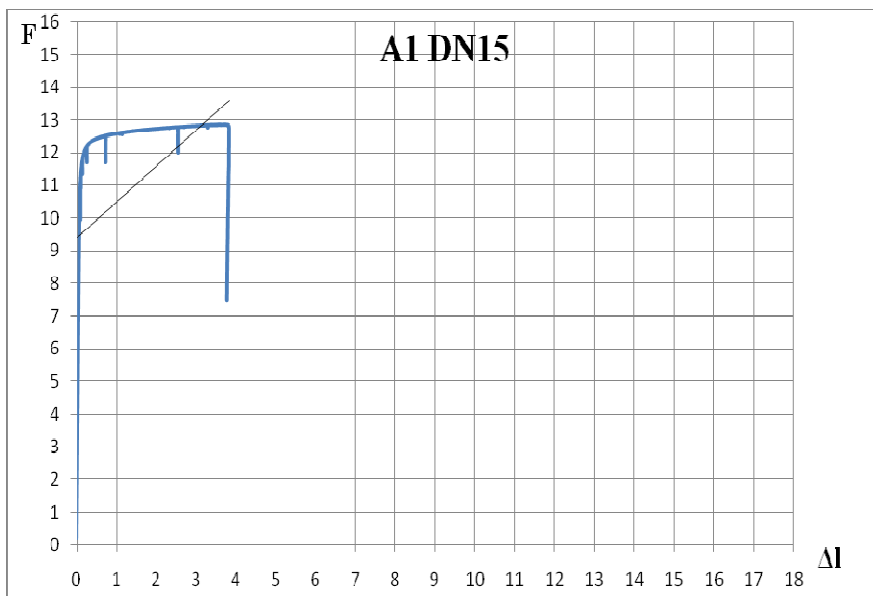
W celu uwidocznienia zmiany odkształcalności rur na skutek korozji pokazano wykresy w relacji siła rozciągająca - wydłużenie, $F - \Delta l$, wybranych próbek DN 15 na rys. 6, 7, 8. Wykres na rys. 6 został sporządzony dla nieskorodowanej rury DN 15, wykres na rys. 7 został sporządzony dla rury DN 15 skorodowanej w mgły solnej, a wykres na rys. 8 został sporządzony dla rury DN 15 skorodowanej w roztworze kwasu siarkowego. Jak ilustrują te wykresy w każdym przypadku nastąpiło zmniejszenie wartości przemieszczeń odpowiadających wytrzymałości na rozciąganie u_m i maksymalnych przemieszczeń, tj. przemieszczeń przy zerwaniu u_z . Średnie maksymalne wydłużenia u_m i u_z dla próbek o DN 15 wynoszą:

- 1.1 próbki nie korodowane: $u_m = 9,3$ mm, $u_z = 16,3$ mm,
- 2.1 próbki skorodowane w komorze mgły solnej: $u_m = 2,5$ mm, $u_z = 2,9$ mm
- 3.1 próbki skorodowane w roztworze kwasu siarkowego: $u_m = 4,7$ mm, $u_z = 6,9$ mm.

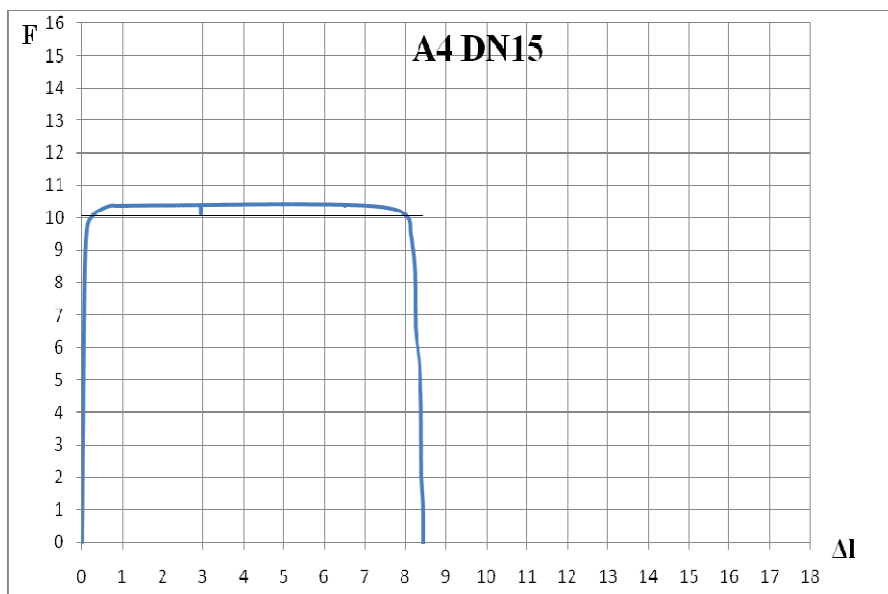
Oznacza to, że materiał, który był ciągliwy, po korozji stał się mniej ciągliwy (w niektórych przypadkach prawie kuchy).



Rys. 6. Wykres zależności siła rozciągająca F – wydłużenie Δl uzyskany z badania próbki nieskorodowanej DN 15

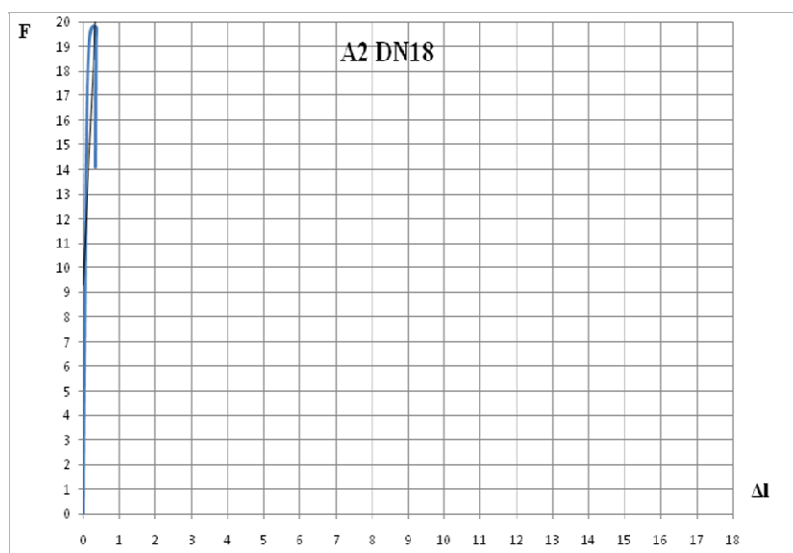


Rys. 7. Wykres zależności siła rozciągająca F – wydłużenie Δl uzyskany z badania próbki DN 15 skorodowanej w komorze mgły solnej

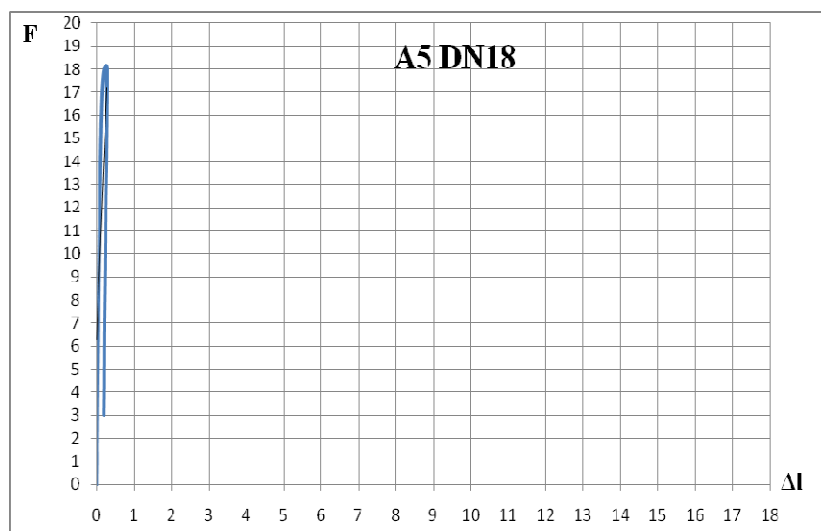


Rys. 8. Wykres zależności siła rozciągająca F – wydłużenie Δl uzyskany z badania próbki DN 15 skorodowanej w kwasie siarkowym

Przykładowe wykresy F - Δl wybranych rozciąganych skorodowanych próbek DN 18 pokazano na rys. 9 i 10. Jak widać odkształcalność skorodowanego materiału jest tu bardzo mała; został on zniszczony przez korozję.



Rys. 9. Wykres zależności siła rozciągająca F – wydłużenie Δl uzyskany z badania próbki DN 18 skorodowanej w komorze mgły solnej



Rys. 10. Wykres zależności siła rozciągająca F – wydłużenie Δl uzyskany z badania próbki DN 18 skorodowanej w kwasie siarkowym

4. WNIOSKI

Rury stalowe małych średnic w jednostronnym zewnętrznym płaszczu ochronnym z PP ulegają w znacznym stopniu korozji na skutek działania na nie roztworem kwasu siarkowego i mgłą solną w czasie maksymalnym przewidzianym przez normy. Korozja następuje tylko na wewnętrznej ich powierzchni. Jest to korozja powierzchniowa z wżerami lokalnymi. Spośród dwóch stosowanych środowisk korozyjnych bardziej agresywny okazał się być kwas siarkowy.

W wyniku testów osiowego rozciągania próbek rurowych stwierdzono, że wartości charakterystyk mechanicznych takich jak moduł Younga, wytrzymałość na rozciąganie i wytrzymałość przy zerwaniu zmniejszyły się. W pracy określono te wartości. Przedstawiono także wykresy zależności siła – przemieszczenie badanych próbek i określono sposób ich zniszczenia. Korozja ma wpływ zarówno na sposób zniszczenia próbek jak i na relację siła – przemieszczenie. Można stwierdzić, że skorodowane rury wykazały mniejszą nośność graniczną przy rozciąganiu, a ich maksymalne odkształcenia uzyskane w czasie prób bardzo się zmniejszyły. Takie zniszczenie uniemożliwia dalszą eksploatację elementów.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Kwietniewski M., Roman M., Kloss-Trębakiewicz H.: *Niezawodność wodociągów i kanalizacji*. Warszawa, Arkady 1993.
- [2] Raport NIK nr138/2005.
- [3] Norma PN-76/H-04601 *Korozja metali. Badania laboratoryjne w cieczach i roztworach temperaturze otoczenia*.
- [4] Norma PN-76/H-04624 *Badania laboratoryjne przyśpieszone w kwaśnej mgłę solnej*.
- [5] Norma PN-EN ISO 7384 *Badania korozyjne w sztucznej atmosferze*.
- [6] Norma PN-85 H-04640 *Badania korozyjne laboratoryjne przyspieszone*.
- [7] A. Glinicka, K. Wasilewska: *Wybrane efekty korozji rur stalowych w płaszczu ochronnym*. Logistyka 6/2009, CD, s.1-8.
- [8] Instron, Series IX Software: *Reference Manual - Software*, M12 - 13984 - EN, Copyright 2002 Instron Corporation.