

37017

Inż. JERZY BUZEK

**Uzasadnienie konieczności znormalizowania
grubości ścianek rur walcowanych, przeznac-
zonych do przewodów wody i gazu, ułożo-
nych w ziemi.**

(Referat na XVII Zjazd Gazowników i Wodociągowców Pol-
skich w Bydgoszczy i Inowrocławiu w r. 1935).

Odbitka
z czasopisma „Gaz i Woda“
tom XV, Nr. 7
1935 r.



~~33845~~

Aka. Nr. 234, 35

Burek

II. 37017



NLB 10449

A) Normy rur żeliwnych.

Na podstawie kilkusetletniego doświadczenia opracowane zostały w roku 1882 przez Związek Inżynierów Niemieckich i Związek Niemieckich Wodociągowców i Gazowników normy rur żeliwnych dla ciśnienia roboczego 10 at i próbnego 20 at. Normy niemieckie przyjęte zostały prawie powszechnie; w Anglii i Ameryce wydane zostały normy dla różnych ciśnień roboczych.

Polski Komitet Normalizacyjny przyjął ze względu na stosunki geograficzne ziem polskich ciśnienie robocze 10 at dla rur normalnych i ustalił grubości ścianek w wysokości grubości ścianek rur niemieckich; nieznaczne odchylenia mieszczą się w granicach tolerancji.

Ciśnienie wewnętrzne natęża tworzywo rur na rozciąganie; jeżeli natężenie przekracza wytrzymałość tworzyw na rozerwanie, rura żeliwna pęka, nie zmieniając przytem praktycznie ani swego obwodu ani grubości, wskutek prawie zupełnej «s z t y w n o ś c i t w o r z y w a». Lecz mylnie byłoby zdanie, jakoby dla grubości ścianki rur wodociągowych było jedynie miarodajne ciśnienie wewnętrzne.

Rozpatrzmy bliżej podstawy obliczenia grubości ścianek, przyjęte przez Polski Komitet Normali-

zacyjny, zgodnie z Międzynarodowym Komitetem Normalizacyjnym.

- 1) Rury żeliwne wodociągowe i gazowe należy uważać za «odlewy jakościowe», wymagające dobrego tworzywa i starannego wykonania. Wytrzymałość żeliwa z tego powodu przepisana została w wysokości 18 kg/mm².
- 2) Rury wodociągowe są odlewami «masowej wytwórczości» i pełnią swą służbę w niejednolitych i bardzo różnych warunkach.

Uwzględniając ten fakt, Polski Komitet Normalizacyjny przepisał słusznie dziesięciokrotny stopień bezpieczeństwa, tak, że obliczenie grubości ścianek przeprowadzać należy przy uwzględnieniu dopuszczalnego natężenia żeliwa:

$$\frac{1800}{10} = 180 \text{ kg na } 1 \text{ cm}^2.$$

Zaznaczyć należy, że Polski Komitet Normalizacyjny przyjął 10-krotny stopień bezpieczeństwa dla rur wszystkich, podczas gdy normy niemieckie przewidują dla rur o dużych średnicach tylko 8-krotny stopień bezpieczeństwa. Dlatego grubość ścianki rur o średnicy 1 200 mm wynosi przy rurach polskich 30 mm, przy rurach niemieckich 28 mm.

- 3) Do obliczenia grubości ścianek rur żeliwnych zastosowano wzór Bacha:

$$s = 0,5 D \left[\sqrt{\frac{Nc + 0,4 p}{Nc - 1,3 p}} - 1 \right]$$

który dla $Nc = 180 \text{ kg/cm}^2$ i $p = 10 \text{ at}$ przetwarza się we wzór:

$$s = 0,025 D.$$

Okazuje się, że obliczone z tego wzoru grubości ścianek rur o małych średnicach są tak małe, że ze względów odlewniczo-technicznych nie zezwalają na wyrób rur o większych długościach, co jest jednak warunkiem zachowania zasady ekonomji, tak przy wyrobie rur, jakoteż przy eksploatacji rurociągu.

Jest nawet dla laika rzeczą zupełnie zrozumiałą, że po pierwsze odlanie rury o średnicy np. 40 mm i o długości 2,5 m przy grubości ścianki 1 mm przy masowej wytwórczości jest niemożliwe, po drugie zaś tak cienka rura, ułożona w ziemi w sposób zwykłe praktykowany, nie mogłaby spełniać swej służby.

Z tego powodu Polski Komitet Normalizacyjny przepisał, według mojego wniosku, dla grubości ścianek obliczonych ze wzoru $s = 0,025 D$ dodatek w wysokości:

$$\frac{1\,200 - D}{1\,200} \times 7;$$

w ten sposób określona została najmniejsza grubość ścianek rur lanych na 8 mm przy średnicy 40 mm.

Ostateczny wzór dla grubości ścianek dla polskich rur normalnych:

$$s = 0,025 D + \frac{1\,200 - D}{1\,200} \times 7 = 0,01916 D + 7.$$

Widzimy, że przy rurach o mniejszych średnicach wytrzymałość mechaniczna żeliwa nie odgrywa decydującej roli przy obliczaniu grubości ścianek rur żeliwnych.

Zdawałoby się, że rura o grubości ścianki, obliczonej z uwzględnieniem 10-krotnego stopnia bez-

pieczeństwa i stosunkowo bardzo dużego dodatku, odlana starannie z dobrego żeliwa, nie może wogóle ani się złamać, ani pęknąć w warunkach pracy wodociągu. Tymczasem jednak w praktyce często się zdarza, że rury o małych średnicach się łamią, rury o średnicach większych pękają. Przyczyną łamania się rur o małych średnicach nie jest nadmierne ciśnienie wewnętrzne, lecz nadmierne natężenie na zginanie wskutek niedokładnego ułożenia rury. Przyczyną pękania rur żeliwnych są bardzo często uderzenia hydrauliczne, spowodowane bądź przypadkiem lub niestosownym sposobem obsługi przewodu ¹⁾.

Uwzględnienie takich wypadków przy wyrobie rur lanych (żebra przy małych średnicach, znaczne pogrubienie ścianek przy średnicach dużych) jest możliwe, ale ze względu na zasady ekonomii niedopuszczalne, chyba, że zamawiający rury potrafi określić ściśle miejsce niebezpieczne i zastosować tam 1 albo kilka rur nienormalnych. Ponieważ żaden kierownik zakładu wodociągowego miejsca niebezpiecznego wskazać nie może, musi się z konieczności pogodzić z przypadkiem złamania albo pęknięcia rury żeliwnej.

B) Rury walcowane względnie spawane z blachy.

Przedstawiłem sprawę ustalenia normalnej grubości ścianek rur żeliwnych przez Polski Komitet Normalizacyjny.

¹⁾ Rury z nieodpowiedniego, zbyt twardego żeliwa lub z nierówną ścianką, obarczone natężeniami wewnętrznymi, pękają już przy próbie rurociągu. Dlatego należy zamawiać rury tylko w odlewniach, które wyrób rur traktują jako specjalność.

Jak przedstawia się sprawa grubości ścianek «rur żelaznych», pracujących w równych warunkach, jak «rury żeliwne normalne»?

Faktem jest, że dotąd ani walcownie lub spawalnie rur, ani wodociągowcy lub gazownicy nie pomyśleli o normalizacji grubości ścianek rur żelaznych, przeznaczonych do przewodów wody lub gazu, ułożonych w ziemi.

Walcownie wzgl. spawalnie rur ustaliły t. zw. «fabryczne grubości ścianek» jedynie na podstawie wytrzymałości żelaza na rozerwanie bez uwzględnienia innych czynników w tej samej mierze, jak to uczynili w pracy zbiorowej wodociągowcy i odlewnicy dla rur żeliwnych. Walcownie i spawalnie kierowały się poza wytrzymałością żelaza na rozerwanie jedynie względami na wykonalność rur wzgl. blachy przy najmniejszych grubościach ścianek rur i względami handlowymi.

Wodociągowcy i gazownicy dotąd nie poddali krytyce «fabrycznych grubości ścianek» rur żelaznych. Dlaczego? Poprostu z tej przyczyny, że z jednej strony wytrzymałość żelaza jest rzeczywiście większa — prawie podwójna — niż wytrzymałość żeliwa, z drugiej zaś strony żelazo jest ciągliwe i wypadki złamania lub pękania rur nie mogą być tak niebezpieczne, jak przy «kruchych» rurach żeliwnych.

Takie rozumowanie byłoby zupełnie słuszne, gdyby nie fakt, niezaprzeczony przez nikogo, że żelazo mniej jest odporne na korozję niż żeliwo.

Zagadnienie mniejszej odporności żelaza na korozję starano się załatwić przez różne sposoby izolacji rur żelaznych. Fakt pozostał jednak faktem,

że rury żelazne, nawet przy najlepszej i najstaranniej wykonanej izolacji, jednak nie mogą nigdy równać się z rurami żeliwnymi co do trwałości i odporności na korozję.

Przed 27 laty, kiedy nie było dowodów uzyskanych z doświadczenia, wystarczyło odrzucić wprost przypuszczenie, jakoby żelazo kute mogło być mniej odporne na rdzewienie niż żeliwo, na podstawie większej gęstości żelaza (7,85) a mniejszej gęstości żeliwa (7,25)²⁾. Dzisiaj taki argument już nikomu nie wystarcza i mniejszej odporności żelaza nie tłumaczy.

Postaram się wytłumaczyć i objaśnić mniejszą odporność żelaza na korozję w sposób następujący, posługując się wynikami badań znanych i wybitnych metaloznawców:

1) I. Czochrański mówi w swej książce³⁾:

«Przy metalach, jak np. żelazo, ulegających przy wydłużeniu na zimno łatwiej działaniu środka rozpuszczającego, spostrzegamy, że warstwy otaczające pojedyncze ziarna szybciej się rozpuszczają niż wewnątrz ziarna i że w miejscach lepiszcza są widoczne pod mikroskopem wytrawione szczeliny.»

Już w r. 1928 wyciągnąłem z wyników badań Czochrańskiego wnioszek, że rury żelazne czy stalowe nie tylko dlatego są mniej odporne na rdzewie-

²⁾ Otto Lueger, *Wasserversorgung der Städte*. Str. 59.

³⁾ I. Czochrański, *Moderne Metallkunde*. Str. 110 (1924).

nie, że są «żelazne» lub «stalowe», lecz także dlatego, że są walcowane⁴⁾.

Niestety, walcownie nie uznały za stosowne bliżej zająć się wynikami badań Czochralskiego i moim wnioskiem.

Dlatego przytoczę wyniki badań Pietscha, Holzhauera i Dusolda, o których mówi w swej książce prof. dr Piwowarsky⁵⁾:

«Metale i stopy z wyraźną strukturą ziarnistą wykazują znacznie mniejszą odporność na działanie powietrza, gazów i cieczy «na granicach ziarn» niż wewnątrz ziarna. Udało się Pietschowi doświadczalnie wykazać, że korozja rozpoczyna się na granicach ziarn nawet przy najstaranniej ujednoliconej powierzchni bardzo miękkiego żelaza. Metale ciągliwe z wyraźnymi grancami ziarn wykazują to niekorzystne zjawisko, że korozja w cieczach kwaśnych lub słonych postępuje wzdłuż granic ziarn, wskutek czego spada wytrzymałość i wydłużenie nawet poniżej 20% pierwotnych liczb; w ten sposób korzyść, jakaby wynikała ze stosowania tworzywa o wyższej wytrzymałości, częściowo znika.

Oprócz tego wywierają wszelkie odkształcenia na zimno i uszkodzenia powierzchni metali ciągliwych jak najgorszy wpływ na odporność tych metali na wpływy chemiczne. Każde odkształcenie, chociażby nieznaczne, wywołane prostowaniem lub kuciem na zimno, jest mniej

⁴⁾ *Gaz i Woda* 8 (1928).

⁵⁾ Piwowarsky. *Allgemeine Metallkunde*. Str. 206÷7 (1934).

scem niebezpiecznym, mało odpornym na korozję, która raz rozpoczęta łatwo wywołuje głębokie lokalne wygryzienia.

Jak bardzo niebezpieczny jest wpływ wszelkich odkształceń na zimno widać z tego faktu, że nawet stale nierdzewiejące z zawartością ponad 13% Cr wskutek nadmiernego natężenia mechanicznego tracą zupełnie swą odporność na rdzewienie.»

Wobec takich faktów jest rzeczą wprost niedopuszczalną operować wyłącznie wytrzymałością mechaniczną na korzyść rur blaszanych, jeżeli one są przeznaczone do przewodów ułożonych w ziemi.

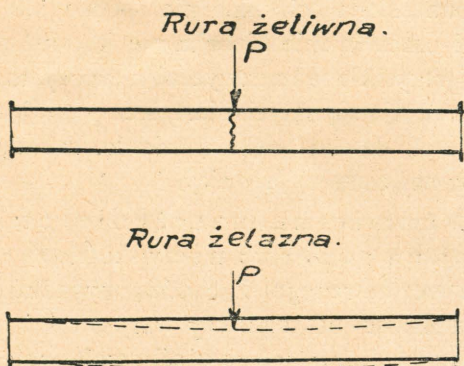
Już podczas wykonania rur walcowanych wzgl. spawanych, tworzywo rur narażone jest zawsze na odkształcenia na zimno przy prostowaniu rur, przy zaopatrywaniu je w kielichy czy kołnierze.

Lecz nie na tem koniec; gorzej jest, że odkształcenia rur walcowanych lub spawanych z blachy zachodzą podczas samej służby przewodów z nich wykonanych, o ile grubość ścianki jest niedostateczna.

Rozpatrzmy pokolei wypadki nadmiernego natężenia rur w warunkach pracy wodociągu.

1) Nadmierne natężenie na gięcie występuje w wypadku za płytkiego ułożenia przewodu, tak, że nadmierne obciążenie jezdni przenosi się na rurę i łamie ją wzgl. wygina.

Rura żeliwna łamie się, a rura żelazna wygina się:



Rys. 1. Zachowanie się rury żeliwnej i stalowej nadmiernie nałożonej na gięcie.

Łamanie się rur żeliwnych uważane jest za ich wielką wadę, przede wszystkim przez walcownie rur i niektórych nowicjuszków w wodociągarstwie; wytrawni praktycy wodociągowcy nie martwią się tem bardzo, zabezpieczają rurociąg od wstrząsów ulicznych, układają w miejscach zagrożonych rury jak najstaranniej i uniemożliwiają dalsze wypadki.

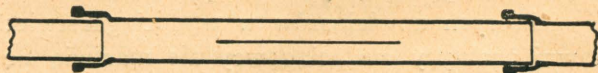
Wygięcie rury żelaznej wskutek nadmiernego obciążenia uważane było dotąd za jej dużą zaletę; jeżeli jednak bliżej zbadamy skutki wygięcia się rury, spostrzeżemy, że o żadnej zaletie nie można tu mówić: po pierwsze wskutek wygięcia się rury następuje odkształcenie tworzywa, po drugie rozerwanie albo co najmniej rozluźnienie osłony jutowej, po trzecie rozluźnienie uszczelnienia kielichowego.

Tworzywo wskutek odkształcenia staje się w myśl powyżej przytoczonych wyników badań mniej odporne na korozję, ponadto rozerwana lub

uszkodzona osłona ochronna nie spełnia już swego zadania i uszczelnienie kielicha nie jest już pewne; niestety, wszystkie te nadzwyczaj niekorzystne skutki nie ujawniają się natychmiast, lecz powoli, wyrządzają jednak daleko większą szkodę, niż złamanie rury żeliwnej o małej średnicy.

2) Nadmierne napięcie tworzywa rury na rozerwanie wskutek za dużego ciśnienia wewnętrznego. Zachodzą wypadki dwojakie, w zależności od tego, czy wzrost ciśnienia odbywał się powoli, czy też nastąpił gwałtownie wskutek uderzenia hydraulicznego. W pierwszym wypadku rura żeliwna pęka najczęściej wzdłuż osi, a rura żelazna «wybrzusza» się:

Rura żeliwna.



Rura żelazna.



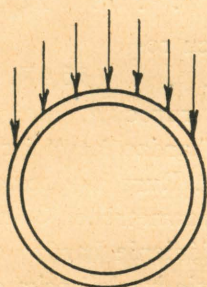
Rys. 2. Zachowanie się rury żeliwnej i stalowej nadmiernie napiętej na rozerwanie.

W drugim wypadku z rury żeliwnej odrywa się mniejszy lub większy kawał, rura żelazna wybrzusza się bardziej, lub nawet pęka, jeżeli przekroczona została wytrzymałość na rozerwanie.

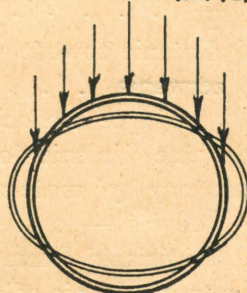
Rura żeliwna zostaje natychmiast wymieniona na nową, rura żelazna pracuje najczęściej dalej, ale powoli niszczy się wskutek przyspieszonej korozji spowodu odkształcenia i rozerwania lub rozluźnienia ochrony jutowej.

3) Nadmierne natężenie tworzywa wskutek ciśnienia zewnętrznego ziemi. Bardzo rzadko się zdarza, aby rura żeliwna nie wytrzymała takiego ciśnienia, natomiast rury żelazne o większych średnicach i przy niedostatecznej grubości ścianek płaszcą się, nawet pod własnym ciężarem:

Rura żeliwna.



Rura żelazna.



Rys. 3. Zachowanie się rury żeliwnej i stalowej nadmiernie natężonej wskutek ciśnienia zewnętrznego ziemi.

Skutki spłaszczenia rury żelaznej o cienkiej ściance są te same, jak wykazano powyżej.

Przytoczę tu — jako przykład — wyniki badań wykonanych z krótką rurą żelazną przy nadmiernem ciśnieniu wewnętrznem ⁶⁾:

⁶⁾ Schulze—Vollhardt. Str. 122.

a) Wymiary rury żelaznej:

Wolna długość pomiędzy uszczelnieniami	280 mm
Średnica zewnętrzna rury	89,8 mm
Średnica wewnętrzna rury	81,8 mm
Grubość ścianki	4,0 mm

b) Wyniki próby:

- 1) Ciśnienie wewnętrzne hydrauliczne 30 at
Wydłużenie obwodu 0,3 %
- 2) Ciśnienie wewnętrzne rozrywające 381,1 at
Nateżenie w momencie rozerwania
 $\frac{p \cdot d}{2s}$ 3 910 kg/cm²
Wydłużenie obwodu w miejscu rozerwania 15,4%.

W praktyce wodociągowej rurociąg, ułożony na normalne ciśnienie do 10 at, bardzo łatwo i często narażony być może na 30 at. Rura wodociągowa — żeliwna — o średnicy wewnętrznej 80 mm i grubości ścianki 9 mm takie ciśnienie bardzo dobrze wytrzymuje, nie odkształca się wcale i pęka dopiero przy 383 at⁷⁾. Natomiast rura żelazna o cienkiej ściance 4 mm wybrzusza się na obwodzie o 0,3%, t. j. w naszym wypadku o:

$$\frac{89,0 \pi}{100} \times 0,3 \cong 0,85 \text{ mm.}$$

Nie jest to zbyt dużo, ale wystarczy do odkształcenia i rozluźnienia struktury tworzywa rury i jej

⁷⁾ Buzek. Rury żelazne. Str. 8.

powłoki ochronnej, tuż przed pęknięciem wydłużenie obwodu dochodzi do 15,4%, t. j. do 43,5 mm.

Dobrzeby było, aby walcownie rur powtórzyły podobne próby i mierzyły obwody przy różnych ciśnieniach 30 at, 50 at, 100 at, 150 at i t. d.

C) Wnioski.

- 1) Z tego wynika jasno, że jeżeli rury żelazne (walcowane lub spawane) mają być użyte do wodociągów narażonych na zmienne i częste nadmierne przypadkowe natężenia, powinny być na tyle sztywne, aby nie mogło nastąpić żadne wybrzuszenie i odkształcenie tworzywa i niszczenie powłoki ochronnej.
- 2) Najstaranniej wykonana osłona jutowa wskutek ruchów tworzywa rur o «fabrycznych grubościach ścianek» podczas pracy wodociągu w krótkim czasie się rozluźnia i nie może spełniać swego zadania. Tylko ściśle z powierzchnią rury zrośnięta powłoka ochronna o tym samym współczynniku rozszerzalności co tworzywo rury mogłaby w warunkach pracy wodociągu ochronić rurę przeciwko korozji.
- 3) Rury żeliwne zawdzięczają swą dużą odporność na korozję «s z t y w n o ś c i» swego tworzywa: żeliwa. Natomiast małą odporność na korozję rur żelaznych (walcowanych lub spawanych) należy przypisać «c i ą g l i w o ś c i» ich tworzywa: żelaza miękkiego.

Widzimy, że sztywność i kruchość żeliwa nie może być wadą rur wodociągowych, tak samo, jak nie może być ciągliwość żelaza (miękkiej

stali) zaletą rur walcowanych lub spawanych z punktu widzenia wodociągowca.

- 4) Istnieją dwojakie środki usztywnienia rur żelaznych:

α) znaczne pogrubienie ścianki,

β) stosowanie twardej stali ($50 \div 60 \text{ kg/mm}^2$).

Środek pierwszy może być stosowany tak przy rurach walcowanych bez szwu, jakoteż przy rurach spawanych; środek drugi nadaje się tylko dla rur bez szwu.

- 5) W warunkach pracy rur wodociagowych wytrzymałość na rozerwanie nie odgrywa roli decydującej; miarodajna jest dla żelaza rur wodociagowych wytrzymałość na granicy plastyczności, wynoszącej około 60% wytrzymałości na rozerwanie.

D) Projekt znormalizowania grubości ścianki rur żelaznych.

Jest to trochę dziwne, że z projektem występuje ja, jako reprezentant odlewni rur; dla bardziej obeznanych ze sprawą rur wodociagowych fakt ten jest łatwo zrozumiały; trudno walcowniom myśleć o normalizacji stalowych rur wodociagowych, kiedy jeszcze zawsze wystarcza argument podwójnej wytrzymałości na ciągnięcie, potrójnej długości rur i coraz to większe postępy w sposobach izolowania rur, a co najważniejsze, mała waga na 1 metr bieżący i pozorna taniość.

Przypuszczam, że moje wywody silnie naruszyły wagę tych argumentów i dowiodły, że konieczna jest rewizja «fabrycznych grubości ścianek» i ustalenie normalnych grubości ścianek rur wal-

cowanych względnie spawanych, służących do przewodów wodociagowych, ułożonych w ziemi.

Co innego jest rurka do poręczy i mebli stalowych, co innego zaś rura wodociagowa, ułożona w ziemi.

Podstawy obliczenia grubości ścianek rur walcowanych. W wydanej przez walcownię rur broszurze p. t. «Rurociągi z rur stalowych kielichowych» nie podano sposobu obliczenia, ani żadnych danych o wytrzymałości, ani stopnia bezpieczeństwa, ani dodatku na rdzewienie i t. p. Poprzestano na nazwaniu tworzywa «stalą», z którą to nazwą laik zwykł łączyć pojęcie dużej wytrzymałości, trwałości, jednym słowem czegoś nadzwyczajnego. Tymczasem rury «stalowe» kielichowe są rurami z żelaza o wytrzymałości około 3 400 do 4 200 kg na 1 cm², więc ze «stali miękkiej», dla której granica plastyczności wynosi około 60% wytrzymałości na rozerwanie, t. j. 2 040 do 2 520 kg na 1 cm². Warto na tem miejscu przytoczyć dane odnoszące się do rur wiertniczych PN/N-810.

Rury wiertnicze bez szwu (mannesmannowskie) do $d < 350$ mm:

Wytrzymałość na rozerwanie	Rr	$60 \div 70$	kg/mm ²
Granica plastyczności	Qr	$33 \div 38,5$	kg/mm ²
Wydłużenie			14%.

Rury wiertnicze ze szwem (spawane)
 $d > 350$ mm:

Wytrzymałość na rozerwanie	Rr	$34 \div 42$	kg/mm ²
Granica plastyczności	Qr	$27 \div 25,2$	kg/mm ²
Wydłużenie			25%.

W obydwóch wypadkach mamy do czynienia ze stałą węglową o zawartości siarki i fosforu nie więcej jak 0,05%, manganu do 0,8%, krzemu do 0,3%.

Najmniejsza grubość ścianki wynosi dla średnicy 100 mm = 7 mm, podczas gdy rury «stalowe» wodociągowe wykonane są dla średnicy 100 mm z grubością tylko 4 mm.

Wobec tego łatwo zrozumieć, że rury wiertnicze (bez osłony jutowej) są trwałe, chociaż są ułożone w ziemi i nie powinny być pod żadnym względem porównywane z rurami wodociągowymi o cienkich ściankach.

Wzór do obliczenia grubości ścianek rur żelaznych ma postać:

$$s = 0,5 D \frac{p}{N_c} + c$$

gdzie s oznacza grubość ścianki w cm

D » średnicę wewnętrzną rury

p » ciśnienie hydrauliczne wewnętrzne robocze

N_c » dozwolone natężenie żelaza.

Stopień bezpieczeństwa. Tak jak odlewnie zabezpieczają rury żeliwne przed pękaniem wskutek przypadkowych natężeń nadmiernych przez bardzo znaczne pogrubienie ścianek, tak samo walcownie winny zabezpieczać rury blaszane przed «wybrzuszaniem» i odkształceniem, z którym idzie w parze zawsze uszkodzenie lub co najmniej rozluźnienie osłony ochronnej.

Jeżeli przy rurach żeliwnych Polski Komitet Normalizacyjny przyjął stopień bezpieczeństwa 10 ze względu na możliwy nadmierny wzrost ciśnie-

nia wewnętrznego podczas pracy wodociągu, to rzecz jasna, że także przy rurach walcowanych lub spawanych należy przyjąć co najmniej ten sam stopień bezpieczeństwa.

Dodatek do obliczonej grubości ścianek. Przy rurach o małych średnicach wypada z obliczenia za mała, wprost niewykonalna grubość ścianki; ze względu na wykonalność małych rur, jakoteż na możliwe wady powierzchniowe blachy, należy i przy rurach walcowanych i spawanych dodać przy rurach o średnicy 40 mm co najmniej 6 mm do obliczonej grubości ścianek.

Ponieważ rury spawane wykonywane są często do średnicy 1 500 mm (rzadko do 3 000 mm), dodatek ten w sposób analogiczny, jak przy rurach żeliwnych, możemy obliczyć dla różnych średnic według wzoru:

$$c = \frac{1\,500 - D}{1\,500} \times 6.$$

Z uwzględnieniem dodatku c wzór do obliczania grubości ścianek rur żelaznych będzie:

$$s = 0,5 D \times \frac{p}{N_c} + \frac{1\,500 - D}{1\,500} \times 6.$$

Przyjmując normalne ciśnienie robocze tak, jak przy rurach żeliwnych, w wysokości $10 \text{ at} = p$, dozwolone natężenie przy 10-krotnym stopniu bezpieczeństwa w wysokości 250 kg/cm^2 , otrzymamy wzór dla rur bez szwu:

$$s = 0,02 D + \frac{1\,500 - D}{1\,500} \times 6$$

albo $s = 0,016 D + 6$ (stal miękka z $Qr \text{ } 2\,500 \text{ kg/cm}^2$).



Według tego wzoru obliczone grubości ścianek gwarantują według wszelkiego prawdopodobieństwa długą trwałość rur żelaznych i ich powłoki ochronnej.

Zbadajmy teraz, jak wyglądają «fabryczne grubości ścianek» rur żelaznych.

Rura o średnicy 40 mm sprzedawana jest dla wodociągów z grubością ścianki 3 mm; z uwzględnieniem 10-krotnego stopnia bezpieczeństwa bez dalszego dodatku obliczamy grubość ścianki ze wzoru $s = 0,02 D$, t. j. 0,8 mm; dodatek wymagany przez wykonalność wynosi $3 - 0,8 = 2,2$ mm, zamiast 5,7 mm. Dla rury o średnicy 100 mm i grubości ścianki 4 mm wynosi dodatek $4 - 2 = 2$ mm, zamiast 5,5 mm. Dla rury o średnicy 500 mm i grubości ścianki 12,5 mm dodatek wynosi $12,5 - 10 = 2,5$ mm, zamiast 4 mm i t. d.

Powyżej wyprowadzony wzór $s = 0,016 D + 6$ odnosi się do rur bez szwu.

Przy rurach spawanych, z miękkiej blachy martinowskiej, należy uwzględnić tę okoliczność, że wytrzymałość szwu wynosi zwykle tylko 90% wytrzymałości tworzywa blachy.

W tablicy I podaję zestawienie grubości ścianek znormalizowanych rur żeliwnych ($s = 0,01916 D + 7$), projektowanych norm dla rur żelaznych mannesmannowskich (bez szwu) ($s = 0,016 D + 6$), jakoteż dla rur spawanych (ze szwem).

O ileby chodziło o rury wodociągowe z twardszej stali węglowej o wytrzymałości 60 kg/mm² (jak

rury wiertnicze), to wzór przy 10-krotnej pewności bez dodatku jest następujący:

$$s = 0,5 D \frac{10}{600} = 0,0083 D.$$

Dla $D = 40$ mm wynosiłaby $s = 0,332$ mm, jeżeli byśmy przy tych rurach przyjęli dodatek w wysoko-

ści 5 mm $\times \frac{1\,500 - D}{1\,500}$, to otrzymamy ostateczny

wzór dla rur «stalowych»:

$$s = 0,0083 D + \frac{1\,500 - D}{1\,500} \times 5$$

$$s = 0,006 D + 5.$$

Czy taka grubość ścianki rur stalowych, użytych do wodociągów, wystarcza, należałoby stwierdzić doświadczalnie.

Widzimy, że najmniejsza grubość ścianki rur bez szwu z miękkiej stali o średnicy 40 mm powinna wynosić 6,64 mm zamiast 3 mm, t. j. 110% więcej; grubość ścianki rury bez szwu o średnicy 300 mm powinna wynosić 10,8 mm ÷ 11 mm, zamiast 7,75 mm, t. j. o 42% więcej.

Grubości ścianek rur bez szwu, wykonanych ze stali twardej (jak rury wiertnicze), są znacznie mniejsze; ponieważ dotąd rury wodociągowe nie były wyrabiane ze stali twardej, brak danych doświadczalnych, któreby stwierdziły wystarczalność tak małych grubości ścianek.

Rury spawane, wykonywane wyłącznie z miękkiej stali zlewnej, spowodu mniejszej wytrzymałości szwu pracują z odpowiednio mniejszym stopniem pewności.

TABLICA I.

D mm	I	II	III a III b		IV
	Rury żeliwne	Rury żelazne	Rury bez szwu mannesmannowskie		Rury wiertnicze
	normalne	grubości fabryczne	z żelaza	ze stali	
	$s =$ $0,01916 D + 7$	nieznor- malizo- wane	$s =$ $0,020 D + c$ $s =$ $0,016 D + 6$	$s =$ $0,0083 D + c$ $s =$ $0,006 D + 5$	
40	8	3	6,64	5,24	7 i 8
50	8	3	6,8	5,30	
80	8,5	3,5	7,28	5,48	
100	9	4	7,6	5,6	7 i 8
125	9,5	4	8	5,75	7 i 8,5
150	10	4,5	8,4	5,9	7,5, 8,5, 9,5
200	11	5,5	9,2	6,2	7, 9, 11
250	12	7	10	6,5	8, 10, 12
300	13	7,75	10,8	6,8	8, 10, 12
350	14	8	11,6	7,1	8, 10, 12
400	14,5	10	12,4	7,4	9, 10, 11
450		11,5	13,2		9, 10
500	16	12,5	14	8	9
550			14,8		9
600	18		15,6		
700	20		17,2		
800	22		18,8		
900	24		20,4		
1000	26		22		
1100	28		23,6		
1200	30		25,2		
1500	—		30		

Podkreślam wyrażnie, że podane przeze mnie grubości ścianek rur żelaznych obowiązują tylko w tym wypadku, jeżeli rury przeznaczone są do wodociągu ułożonego w ziemi. Jeżeli zaś rury ułożone

są nad ziemią i narażone są tylko na działanie atmosfery, grubości ścianek wskutek wymaganego mniejszego stopnia bezpieczeństwa ($m = 6$) mogą być znacznie mniejsze ($s = 0,0125 D + c$ [$c = 4\text{mm}$]) dla ciśnienia roboczego 10 at.

Grubości ścianek, podane w zestawieniu, są w porównaniu z grubościami dotychczas stosowanymi bardzo duże; tłumaczy się to tem, że dotychczas przy obliczaniu grubości ścianek rur żelaznych uwzględniano za mały stopień pewności i brano w rachubę dopuszczalne natężenie w wysokości 600 do 800 kg/cm², co odpowiada 4 do 3-krotnej pewności. Ochronę przeciwko korozji pozostawiono stosowanej izolacji, nie licząc się z tem, że rury żelazne wskutek ciągliwości tworzywa podczas pracy wodociągu narażone są na mniejsze lub większe odkształcenia, obniżające odporność na korozję i rozluźniające ponadto izolację.

Warunki pracy wodociągu są tak bardzo różne, że nie można się dziwić wcale, że w warunkach wyjątkowo korzystnych rury żelazne o fabrycznych grubościach ścianek okazały się dosyć trwałe; faktem jednak niezaprzeczonym jest, że przeciętna trwałość rur żelaznych wodociągowych, ojutowanych, jest 4 ÷ 6-krotnie mniejsza, niż trwałość rur żeliwnych.

Naogół mówi się, że rury żelazne o fabrycznej grubości ścianek w gazociągach są odporne na korozję, chociaż także ułożone są w ziemi; pominąwszy antykorozyjne działanie gazu, rury gazowe w sieci nie są narażone na wstrząsy, ani na żadne uderzenia ciśnień, jakie przy wodociągach nieustannie zachodzą. Fakt zadawalającego działania przewo-

dów gazowych z rur żelaznych o cienkich ściankach zdaje się potwierdzać słuszność mojego twierdzenia, że małą trwałość wodociągów z cienkich rur żelaznych należy przypisywać odkształceniom rur wskutek ciągliwości ich tworzywa.

Dalsze rzeczowe i bezstronne badania — mam nadzieję — potwierdzą słuszność mojej tezy, na której oparłem obliczenie grubości ścianek rur żelaznych.

Dla sumiennego technika niema nic przykrzejszego, jak bronić sprawy niepewnej; jeżeli sam prawdy znaleźć nie może, szuka pomocy w pracy zbiorowej; do tej pracy zbiorowej wzywam wodociągowców, gazowników i walcownię, jakoteż metaloznawców polskich.

Brak znormalizowanej grubości ścianek wodociagowych rur żelaznych czy stalowych zapewnia walcowniom zupełną elastyczność i dowolność przy sprzedaży. Zależnie od ciśnienia wewnętrznego wodociągu sprzedaje się rury z mniejszą lub większą grubością ścianek; odnosi się to przedewszystkiem do dużych rur spawanych. Jeżeli ciśnienie robocze wynosi tylko 4 albo 5 at, wykonuje się rury cieńsze niż dla ciśnienia $8 \div 10$ at. Natomiast znormalizowane rury żeliwne obliczone dla 10 at ciśnienia roboczego odlewnie dostarczać muszą z normalną grubością ścianki, obojętne czy ciśnienie robocze wynosi 5 at lub mniej.

Stan ten stawia zarządy miast w trudne położenie, jeżeli mają wybierać między tańszą ofertą walcowni i droższą ofertą odlewni, zwykle kończy

się interes na chaotycznym handlu z cenami z dużą krzywdą odlewni.

Mimo to odlewnie nie myślą nie uznawać prac Polskiego Komitetu Normalizacyjnego i ściśle normy te przestrzegają.

Jeżeli już prawie cały świat uznaje duże korzyści normalizacji wyrobów przemysłowych, jeżeli prawie w całej Europie obowiązują te same normy dla rur żeliwnych, uważam, że rewizja «fabrycznych» grubości ścianek rur żelaznych i ustalenie analogicznych norm jak dla rur żeliwnych, stały się już koniecznością nieodzowną.

Kończąc mój referat, proszę o uchwalenie następującego wniosku:

«Zebrani na XVII Zjeździe Wodociągowcy i Gazownicy uznają rewizję «fabrycznych» grubości ścianek rur żelaznych do celów wodociągowych i gazociągowych za sprawę niecierpiącą zwłoki.

W tym celu wybiera się Komitet, któryby w ścisłej współpracy z walcowniami i wybitnymi metaloznawcami rozpatrzył wszechstronnie tezę, wygłoszoną w referacie, stwierdził na podstawie na szerszą skalę zakrojonych prób i badań jej słuszność, opracował odpowiednie normy i przedłożył je do zatwierdzenia Polskiemu Komitetowi Normalizacyjnemu.»



BIBLIOTEKA
GŁÓWNA



AKADEMII
GÓRNICZO
HUTNICZEJ

1137017

Nie
wypożycza się
NZB 10449