

49/xiv  
~~1914~~



417.



8  
19



Frau. Komarzewski p. n.  
" Naukowe Inst. Metalurgiczne  
na ul. Wodogrzm. i kark. 10  
Krakowie  
officyna  
Janusz

RURY ŻELIWNE

WYKONANIE I NAPRAWA WYKONAWCZYCH  
RUR ŻELIWNYCH I KAMIENNYCH  
RUR I POKRYW - WYKONANIE  
TECHNICZNYCH PRAC NA  
I ZAGADNIENIA - SPOSOBY WYROBU RUR





Inż. JERZY BUZEK.

# RURY ŻELIWNE

GRUBOŚCI ŚCIANEK, WYMIARY KIELICHÓW I OBRZEŻY, WYMIARY KOŁNIERZY I POKRYW. — NORMY I WARUNKI TECHNICZNE ODBIORU RUR W POLSCE I ZAGRANICĄ. — SPOSOBY WYROBU RUR.

49/xiv

KRAKÓW 1928.

Odbitka z czasopisma »Gaz i Woda«.



166

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
W KRAKOWIE  
**BIBLIOTEKA**

III, 23328

NzB 6616

BIBLIOTEKA GŁÓWNA AGH



1000315715

Drukarnia Związkowa w Krakowie.

Akc. Nr 5248 / 53

Od jakości rur zależy w dużej mierze sprawność wodociągu, względnie przewodu gazowego.

Kiedy przed kilkudziesięciu laty rozpoczęto na Zachodzie budowę wodociągów i gazowni na wielką skalę, zwrócono baczna uwagę na rury żeliwne i opracowano normy i warunki techniczne odbioru rur żeliwnych. Rozpoczęła się masowa produkcja rur, oparta na tych normach.

Przeglądając normy rur żeliwnych, przyjęte przez wodociągowców i gazowników w różnych państwach, spostrzegamy niekiedy duże różnice, tak w grubościach ścianek, jakoteż w kształcie i wymiarach kielichów i kołnierzy. Tak np. rury amerykańskie posiadają dla ciśnienia roboczego 9·1 atm. grubości ścianek o 30—55% większe niż rury polskie, niemieckie lub rosyjskie dla ciśnienia roboczego 10 atm. Dla tego samego ciśnienia roboczego stosowane są kielichy gładkie lub wydrążone w rozmaity sposób. Na innym miejscu omówię szczegółowiej te różnice.

Poniżej wykażę, że tak duża grubość ścianek rur amerykańskich nie jest uzasadniona, i przedstawię korzyści rur z kielichem gładkim i z kielichem wydrążonym. Na podstawie wyników różnych obliczeń dalszy ewentualny spór pomiędzy zwolennikami kielicha gładkiego i kielicha wydrążonego będzie mógł być prowadzony rzeczowo, a nie tylko według widzimisię i według upodobania.

Dla wodociągowców, którzy w pojedynczych wypadkach, zachodzących w ich praktyce, badali dokładnie działanie ciśnienia wody na szczeliwo, wywody moje może nie przyniosą nic nowego i potwierdzą tylko ich spostrzeżenia. O ile zaś okażą się różnice między wynikami moich obliczeń a spostrzeżeniami w praktyce, to moje wywody niech posłużą za tło dyskusji, prowadzonej w celu gruntownego wyświetlenia punktów sprzecznych. W każdym razie chcę przedstawić możliwie dokładnie całokształt zagadnienia i dać w zarysie monografię rur żeliwnych.

Na wstępie zaznaczam, że mówiąc o normach:

1) amerykańskich, 2) francuskich, 3) niemieckich, 4) angielskich, 5) rosyjskich, 6) włoskich, 7) wiedeńskich i 8) polskich, mam na myśli kolejno normy rur podane w następujących wydawnictwach:

1) Standard specifications for cast iron water pipes and special castings, wydane 12 maja 1908 r. przez American Waterworks Association.

2) Katalog francuskiej odlewni rur w Pont à Mousson.

3) Deutsche Rohrnormalien — Gemeinschaftlich aufgestellt von dem Vereine deutscher Ingenieure und dem deutschen Vereine von Gas- u. Wasserfachmännern w r. 1882.

4a) British standard specification for cast iron pipes and special castings for water, gas and sewage, wydane w lutym r. 1919 przez British Engineering Standards Association Nr. 78 — 1917.

4b) Katalog firmy: Ias. Oakes & Co, Alfreton Iron Works—Derbyshire.

5) Normy rosyjskie V Zjazdu w Petersburgu, według katalogu Rudzkiego.

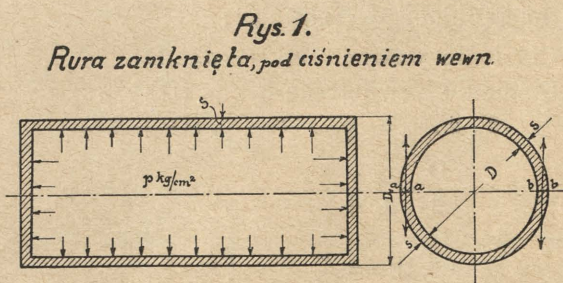
6) Normy włoskie, według katalogu firm: a) Officine di Forli 1908 r., b) Societa Esercenti Stabilimenti Cogoleto.

7) Die neuen Wiener Normalien für Gusseiserne Muffen- u. Flanschenröhren und deren Formstücke, verfasst vom Wiener Stadtbauamte 1908.

8) Polskie Normy: Żeliwne rury wodociągowe do 10 atm. ciśnienia roboczego. Nakładem Dyrekcji Wodociągów i Kanalizacji m. st. Warszawy 1925.

#### A. Grubość ścianki słupa rur żeliwnych.

Rysunek 1 przedstawia rurę zamkniętą pokrytą o średnicy  $D$ , grubości ścianki  $s$  pod ciśnieniem wewnętrznym  $p$  atm.



Żeliwo rury zamkniętej nateżone jest wskutek ciśnienia wewnętrznego na rozerwanie w sposób

dwojaki, a mianowicie w kierunku osi rury xx i w kierunku stycznej obwodu rury tt.

a) Natężenie żeliwa w kierunku osi rury:

Natężenie żeliwa na ciągnięcie na 1 cm<sup>2</sup> oznaczmy przez n<sub>c</sub>.

$$\frac{D^2 \cdot \pi}{4} \times p = (D_1^2 - D^2) \frac{\pi}{4} \cdot n_c$$

D<sub>1</sub> — oznacza średnicę zewnętrzną rury

$$\frac{D_1 + D}{2} = D_m \text{ — średnia średnica rury}$$

$$\frac{D_1 - D}{2} = s \text{ — grubość ścianki rury}$$

$$n_c = \frac{D \cdot p}{4 \cdot s \cdot D_m} = \frac{r^2 \cdot p}{D_m \cdot s}$$

$$D_m \sim 2r$$

$$[1] \quad n_c = \frac{1}{2} \cdot \frac{r \cdot p}{s}$$

b) Natężenie żeliwa na rozerwanie w kierunku stycznej obwodu rury:

Przy długości rury 1 cm wynosi ciśnienie wewnętrzne D.l.p kg/cm<sup>2</sup>.

Natężenie ogólne na rozerwanie wynosi 2.s.l.n<sub>c</sub>.

$$D \cdot l \cdot p = 2 \cdot s \cdot l \cdot n_c$$

$$[2] \quad n_c = \frac{r \cdot p}{s}$$

Z porównania wyników pod [2] i [1] widać, że natężenie żeliwa na rozerwanie w kierunku stycznej obwodu jest dwa razy większe niż natężenie na rozerwanie w kierunku osi rury. Do obliczenia grubości ścianki rury stosować więc należałoby równanie:

$$[3] \quad s = \frac{r \cdot p}{n_c} = \frac{D \cdot p}{2 \cdot n_c}$$

Ciśnieniu wewnętrznemu p<sub>w</sub> przeciwdziała ciśnienie atmosfery p<sub>z</sub> na zewnętrzną powierzchnię rury. Wpływ ciśnienia atmosfery jest jednak bardzo mały i nie trzeba go uwzględniać. Wynika to z następującego rachunku:

Ciśnienie wewnętrzne — p<sub>w</sub> · D

Ciśnienie zewnętrzne — p<sub>z</sub> (D + 2s)

$$2 \cdot s \cdot n_c = p_w \cdot D - p_z (D + 2s)$$

$$s = \frac{D}{2} \cdot \frac{p_w - p_z}{n_c + p_z} \quad p_w - p_z = p$$

$$s = \frac{D}{2} \cdot \frac{p}{n_c + p_z}$$

p<sub>z</sub> w stosunku do n<sub>c</sub> jest znikome i można je opuścić; otrzymamy równanie jak powyżej:

$$s = \frac{D}{2} \cdot \frac{p}{n_c}$$

Wzór [3] nadawałby się do obliczenia grubości ścianki, gdyby natężenie żeliwa w całym przekroju było równe; tymczasem tak nie jest. Natężenie żeliwa w warstwie wewnętrznej jest największe, w warstwie zewnętrznej najmniejsze. Do obliczenia natężenia żeliwa w różnych warstwach przekroju służy wzór prof. Bacha \*):

$$[3a] \quad n_c = 0.4 \frac{r_w^2}{r_z^2 - r_w^2} \cdot p + 1.3 \cdot p \frac{r_z^2 r_w^2}{r_z^2 - r_w^2} \cdot \frac{1}{z^2}$$

»z« oznacza oddalenie badanej warstwy od osi rury w cm, r<sub>w</sub> promień koła wewnętrznego, r<sub>z</sub> promień koła zewnętrznego w cm, p ciśnienie wewnętrzne w atmosferach.

Np. dla rury o średnicy wewnętrznej 1200 mm i grubości ścianki 30 mm przy ciśnieniu wewnętrznym 10 atm. wynosi natężenie żeliwa na wewnętrznym obwodzie koła dla z = 60 cm — 178.8 kg/cm<sup>2</sup>, natężenie w obwodzie średnim dla z = 61.5 cm wynosi 172 kg/cm<sup>2</sup>, w obwodzie zewnętrznym zaś dla z = 63 cm tylko 166 kg/cm<sup>2</sup>, t. j. 93% natężenia na ciągnięcie na wewnętrznym obwodzie koła. Uwzględniając te stosunki, podał prof. Bach odmienny wzór do obliczania grubości ścianek.

Według niego, żeliwo słupa rury natężone jest wskutek ciśnienia wewnętrznego w sposób trojaki:

[a] w kierunku osi rury na ciągnięcie:

$$n_c' = 0.4 \frac{r_w^2}{r_z^2 - r_w^2} \cdot p \text{ **)}$$

[b] w kierunku promienia koła przekroju rury na ciśnienie:

$$k = \frac{1.3 r_z^2 - 0.4 r_w^2}{r_z^2 - r_w^2} \cdot p \text{ **)}$$

[c] w kierunku stycznej obwodu rury na ciągnięcie:

$$n_c = \frac{1.3 r_z^2 + 0.4 r_w^2}{r_z^2 - r_w^2} \cdot p \text{ **)}$$

To ostatnie natężenie na rozerwanie jest największe i dlatego równanie [c] służyć powinno do

\*) C. Bach i R. Baumann: Elastizität und Festigkeit, str. 576.

\*\*\*) r<sub>w</sub> oznacza promień koła wewnętrznego  $\frac{D}{2}$

r<sub>z</sub> „ „ „ zewnętrznego  $\frac{D + 2s}{2}$

p „ „ ciśnienie wewnętrzne w atm.

obliczenia grubości ścianki rur. Z równania [c] otrzymamy:

$$r_z = r_w \sqrt{\frac{n_c + 0.4 p}{n_c - 1.3 p}}$$

Grubość ścianki =  $r_z - r_w = s$

$$s = r_w \left[ \sqrt{\frac{n_c + 0.4 p}{n_c - 1.3 p}} - 1 \right] \text{ albo}$$

$$[4] \quad s = \frac{D}{2} \left[ \sqrt{\frac{n_c + 0.4 p}{n_c - 1.3 p}} - 1 \right] \text{*)}$$

$\frac{D \text{ w cm}}{n_c \text{ kg/cm}^2}$   
 $p = \text{atm.}$

Dla danej rury możemy z powyższego wzoru obliczyć faktyczne natężenie  $n_c$  żeliwa przy ciśnieniu wewnętrznym  $p$  atm.:

$$[5] \quad n_c = \frac{1.3 \left( 1 + \frac{2s}{D} \right)^2 + 0.4}{\left( 1 + \frac{2s}{D} \right)^2 - 1} \cdot p$$

względnie największe ciśnienie wewnętrzne, przy którym dana rura już pęka, przyczem natężenie  $n_c$  przybiera wartość największą, identyfikując się z wytrzymałością żeliwa na rozerwanie  $w_c$ :

$$[6] \quad p = \frac{\left( \frac{2s}{D} + 1 \right)^2 - 1}{1.3 \left( \frac{2s}{D} + 1 \right)^2 + 0.4} \cdot w_c$$

We wzorach [5] i [6] oznacza  $s$  grubość ścianki w cm i  $D$  w cm.

$$\text{Biorąc wyraz } \frac{1.3 \left( 1 + \frac{2s}{D} \right)^2 + 0.4}{\left( 1 + \frac{2s}{D} \right)^2 - 1} = \alpha$$

otrzymamy dla równania [5]  $n_c = \alpha \cdot p$

a dla równania [6]  $p = \frac{1}{\alpha} \cdot w_c$

Wytrzymałość żeliwa na rozerwanie.

Do obliczenia grubości ścianki rury według wzorów [3] i [4] potrzebna jest znajomość dozwolonego natężenia żeliwa, względnie wytrzymałości żeliwa na rozerwanie i wymaganego przez praktykę stopnia bezpieczeństwa.

Jeżeli oznaczymy stopień bezpieczeństwa literą  $m$ , dozwolone natężenie żeliwa na ciągnięcie  $n_c$

\*) W wypadku, w którym  $n_c = 1.3 p$ , jest obliczenie grubości ścianki niemożliwe. Jest możliwe tylko dla  $p < \frac{n_c}{1.3}$ . Dla rur żeliwnych  $p$  wynosi 80 atm. max., natężenie żeliwa  $n_c$  wynosi 200 kg/cm<sup>2</sup> min., więc warunek  $p < \frac{n_c}{1.3}$  jest zachowany.

i wytrzymałość żeliwa na rozerwanie  $w_c$ , to obowiązuje równanie:

$$[7] \quad n_c = \frac{w_c}{m}$$

Przy rurach żeliwnych stosujemy ze względu na uderzenia hydrauliczne i na obciążenie rurociągu warstwą ziemi, jakoteż ze względu na ruch tramwajów, aut ciężarowych i t. d. dziesięciokrotną pewność, tak, że stopień bezpieczeństwa wynosi 10.

Normy niemieckie przyjmują dla rur o dużych średnicach  $m = 7 - 8$ ; istnieje założenie, że rury o dużych średnicach są rurami głównymi, doprowadzającymi wodę do sieci wodnej w mieście i nienarażonymi na uderzenia hydrauliczne\*).

Polski Komitet Normalizacyjny przyjął słusznie dla wszystkich średnic rur żeliwnych ten sam stopień bezpieczeństwa, a mianowicie  $m = 10$ , który to stopień bezpieczeństwa obowiązywać będzie przy dalszych obliczeniach.

Wytrzymałość żeliwa na rozerwanie zależy od składu chemicznego żeliwa i od grubości ścianki rury.

Żeliwo zawiera około 3.5% węgla, z którego 75—80% wydziela się w postaci grafitu. Wielkość listeczków grafitu zależy przy tym samym składzie chemicznym od grubości ścianki. Stygnięcie żeliwa przy dużej grubości ścianki odbywa się powoli, przyczem wydziela się więcej grafitu w dużych listeczkach. Jest rzeczą jasną, że listeczki grafitu, nie posiadające prawie żadnej wytrzymałości na rozerwanie, obniżają wytrzymałość żeliwa znacznie, gdyż przerywają zwięzłą strukturę żeliwa, zmniejszając wskutek tego użytkowy przekrój. Powolne stygnięcie żeliwa powoduje tworzenie się dużych kryształów i gruboziarnisty wygląd złomu żeliwa. Z tego wynika, że przy grubych odlewach wytrzymałość żeliwa w środku odlewu jest mniejsza niż na powierzchni, stygnącej prędzej i posiadającej wskutek tego wygląd drobnoziarnisty.

Jak duże zachodzą tu różnice, widać z następujących danych, odnoszących się do zwykłego żeliwa maszynowego\*\*):

\*) Mniemanie, jakoby mniejsza grubość ścianek dużych rur niemieckich świadczyła o lepszej jakości żeliwa niemieckiego, jest mylne, gdyż żeliwo niemieckie jest gorsze od polskiego z powodu dużej zawartości fosforu.

\*\*\*) Stahl u. Eisen, 1904, str. 186.

Grubość ścianki 400 mm	—	wielkość krysz. 4—5 mm
" "	200 "	" " 2—3 "
" "	100 "	" " 1—2 "
" "	50 "	" " 0.5—1 "
" "	10 "	" " 0.25 "

Przy danej grubości ścianki rury największy wpływ na wydzielanie się grafitu w żeliwie wywiera zawartość krzemu. Ilość wydzielonego grafitu jest miernikiem twardości odlewu. W celu otrzymania tej samej twardości odlewu stosować należy dla różnych grubości ścianek żeliwo o różnej zawartości krzemu.

Dla miękkiego, dającego się łatwo obrabiać żeliwa przyjąć należy:

dla grubości ścianki 10 mm	ca 2.3% Si
" "	" 20 " " 2.1% Si
" "	" 30 " " 1.9% Si
" "	" 40 " " 1.7% Si
" "	" +40 " " 1.5% Si *)

Ponieważ inne składniki żeliwa, jak mangan i siarka, przeciwdziałają wytwarzaniu się grafitu i powodują większą twardość odlewu przy tej samej zawartości krzemu i węgla, zachodzą w praktyce odlewniczej odchylenia od powyżej podanych zawartości krzemu, zależnie od wysokości zawartości manganu i siarki.

Obniżenie zawartości grafitu, względnie powiększenie twardości żeliwa powoduje powiększenie wytrzymałości żeliwa.

Widać to z następującego zestawienia wyników, ogłoszonych w »Stahl u. Eisen« (1919, str. 113):

Tablica I.

Wpływ składu chemicznego na wytrzymałość żeliwa na rozerwanie w<sub>0</sub> kg/mm<sup>2</sup>.

C całk.	Grafit		Si	P	S	W <sub>0</sub> kg/mm <sup>2</sup>
	% żeliw.	% C				
3.5	2.60	74	1.0	0.3	0.10	25—27
3.45	2.65	77	1.2	0.35	0.12	22—25
3.40	2.80	82	1.6	0.40	0.12	20—22
3.30	2.85	87	2.0	0.80	0.14	17—20
3.20	2.90	91	2.5	0.9—1.1	0.14	15—17
3.10	2.95	95	3.0	1.2—1.4	0.14	12—15

Zawartość grafitu wynosi 74—95% całkowitej zawartości węgla, wytrzymałość żeliwa na rozerwanie odpowiednio 27—12 kg/mm<sup>2</sup>. Wynikałoby stąd, że w celu oszczędzenia na materiale należy stosować do wyrobu rur żeliwo o największej wy-

trzymałości z zawartością 1% krzemu. Tymczasem jest to niemożliwe w zwyczajnych wypadkach. Tylko przy bardzo dużej grubości ścianki, więc dla rur na bardzo duże ciśnienie wewnętrzne można stosować żeliwo o zawartości 1% Si, przy czym jednak długość odlanej rury nie mogłaby wynosić więcej niż ca 1000 mm.

Rury żeliwne słynnego wodociągu w Wersalu, założonego przez króla Ludwika XIV w r. 1660-1680, dotąd będące w użyciu, zawierały około 1% Si i 1.36% węgla chemicznie związanego.

Średnica rur głównych 325—500 mm.

Długość jednej rury 1000 mm.

Połączenie kołnierzowe.

Długość całego wodociągu 24.625 m.

Grubość ścianki bardzo duża.

Przy takim składzie chemicznym żeliwo wytopione na węglu drzewnym musi wykazywać złom prawie biały przy normalnej grubości ścianki. Dzisiaj dla zwyczajnych rur wodociągowych takiego żeliwa nie stosujemy, a to z następujących powodów:

1) Żeliwo o tak małej zawartości grafitu i krzemu stygnie bardzo szybko i nie zezwala na odlewanie rur o stosowanych dzisiaj długościach (2.5—5 m zależnie od średnicy).

2) Następnie żeliwo tak twarde stygnąc, kurczy się bardzo. Wskutek dużego skurczu grubość ścianki musiałaby być stosunkowo bardzo duża i rury na 1 metr bieżący kosztowałyby bardzo dużo. Przy normalnych grubościach ścianki powstałyby w żeliwie tak duże naprężenia wskutek skurczu, że rury takie, o ileby przy stosowaniu największych ostrożności dały się odlać, byłyby bardzo kruche i nie wytrzymałyby stosunkowo małych zmian temperatury. Wyżarzanie zaś w celu usunięcia naprężeń pociągałoby za sobą znaczny wydatek.

3) Rury o takim składzie chemicznym byłyby tak twarde, że nie dałyby się obrabiać ani pilnikiem, ani dłutem.

Jedyną zaletą takich rur byłyby duża odporność przeciwko rdzewieniu, przeciwko działaniu kwasów ziemnych i elektrycznych prądów błędnych, jak o tem świadczą rury wersalskie z r. 1660.

Na podstawie powyższych wywodów przychodzimy do wniosku, że należy dzisiaj stosować do rur zwyczajnych żeliwo kurczące się przy stygnięciu możliwie jak najmniej, nie narażone wskutek skurczu na naprężenia wewnętrzne, tak miękkie, aby można je obrabiać łatwo i tak ciekło, aby można odlewać rury w jak największych długo-

\*) Stahl u. Eisen, 1897, str. 848.

ściach. Tylko w takich warunkach dzisiejsza masowa i tania produkcja rur jest możliwa. Takim warunkom odpowiada żeliwo o zawartości 3.5% C całkowitego, z którego około 87% wydziela się w postaci grafitu, o wytrzymałości na rozerwanie 18 kg/mm<sup>2</sup>.

Do rur na wysokie ciśnienie do 80 atm. posiadających stosunkowo dużą grubość ścianek stosować należy żeliwo twardsze, o wytrzymałości odpowiednio wyższej, wynoszącej 18—25 kg/mm<sup>2</sup>.

Stosowanie zwykłego żeliwa do wyrobu rur na bardzo duże ciśnienie robocze jest nieekonomiczne i nie prowadzące nawet do celu, z powodu tworzenia się struktury luźnej, grafitycznej, o bardzo małej wytrzymałości na rozerwanie. Zależność wytrzymałości żeliwa na rozerwanie od ciśnienia roboczego rurociągu wyraża równanie:

$$[8] \quad w_c = 1700 + 10 p \text{ atm.}$$

Przyjmując dla rur żeliwnych stopień bezpieczeństwa  $m = 10$ , otrzymamy z równania [7] dozwolone natężenie żeliwa:

$$[9] \quad n_c = \frac{1700 + 10 p}{m}$$

Dla  $m = 10$  dozwolone natężenie żeliwa wynosi  $(170 + p)$  kg/cm<sup>2</sup>, a mianowicie:

przy $p = 5$ atm.	175 kg/cm <sup>2</sup>
„ $p = 10$ „	180 „
„ $p = 20$ „	190 „
„ $p = 30$ „	200 „
„ $p = 40$ „	210 „
„ $p = 50$ „	220 „
„ $p = 60$ „	230 „
„ $p = 70$ „	240 „
„ $p = 80$ „	250 „

Wytrzymałość na rozerwanie jest 10-krotnie większa.

Uwzględniając równanie [9], zmieniamy wzór [4], służący do obliczenia grubości ścianki, w sposób następujący:

$$[10] \quad s = \frac{D}{2} \left[ \sqrt{\frac{1700 + 10 p + 0.4 p \cdot m}{1700 + 10 p - 1.3 p \cdot m}} - 1 \right]$$

dla  $m = 10$

$$[11] \quad s = \frac{D}{2} \left[ \sqrt{\frac{1700 + 14 p}{1700 - 3 p}} - 1 \right]$$

dla  $p = 10$  atm.

$$[12] \quad s = 0.025 D$$

Grubości ścianek rur żeliwnych dla ciśnienia roboczego 10 atm., obliczone z powyższego wzoru, uwzględniającego wyłącznie wytrzymałość żeliwa,

są tak małe przy mniejszych średnicach rur, że odlanie ich byłoby niemożliwe.

Dla średn. rury	40 mm	wypada grub	ścianki	1 mm
„ „ „	100 „	„ „ „	„ „	2.5 „
„ „ „	400 „	„ „ „	„ „	10 „
„ „ „	600 „	„ „ „	„ „	15 „
„ „ „	800 „	„ „ „	„ „	20 „
„ „ „	1000 „	„ „ „	„ „	25 „
„ „ „	1200 „	„ „ „	„ „	30 „

Rur żeliwnych o średnicy 40 mm, 2.5 do 3 m długich, nie można odlewać przy grubości ścianki 1 mm; natomiast rury o średnicy 1200 mm dają się odlać dobrze przy grubości ścianki 30 mm nawet w długościach do 5 m. Rury o małej średnicy wymagają więc ze względów odlewniczo-technicznych większej grubości ścianki, niżby wynikało z obliczenia przeprowadzonego na podstawie wytrzymałości żeliwa na rozerwanie

Dla rur na ciśnienie robocze 10 atm. wystarczy dodać do obliczonej grubości ścianki ze wzoru [12] jeszcze około 7 mm przy średnicy 40 mm. Ten »dodatek odlewniczy« zmniejsza się coraz bardziej ze wzrostem średnicy rury i obniża się do zera przy  $D = 1200$  mm. Dodatek ten (a) zależnie od średnicy rury wynosi:

$$[13] \quad a = \frac{1200 - D}{1200} \cdot 7$$

stateczny wzór do obliczenia grubości ścianek dla ciśnienia roboczego 10 atm. przedstawia się więc następująco:

$$[14] \quad s = 0.025 D + \frac{1200 - D}{1200} \cdot 7$$

albo

$$[15] \quad s = 0.01916 D + 7$$

Grubości ścianek obliczone według tego wzoru podane są w tabelicy II.

Porównanie grubości ścianek obliczonych według wzoru  $s = 0.01916 D + 7$  z grubościami ścianek rur żeliwnych według norm polskich, niemieckich, rosyjskich, francuskich, angielskich i amerykańskich, zestawionych w tabelicy III, wykazuje, że grubości ścianek rur polskich, rosyjskich, niemieckich zgadzają się mniej więcej z wynikami obliczeń, podczas gdy rury amerykańskie posiadają znacznie grubsze ścianki. Rury angielskie na 14 atm. ciśn. rob. są stosunkowo bardzo cienkie. Licząc wytrzymałość żeliwa 1840 kg/cm<sup>2</sup>, otrzymamy dla rur o średnicy 1200 mm i 28.7 mm grubości ścianki przy ciśnieniu roboczym tylko 7-krotną pewność zamiast 10-krotnej.

Tablica II. — Rury normalne.

Grubości ścianek rur żeliwnych na ciśnienie robocze 10 atm. — Wytrzymałość żeliwa na rozerwanie 1800 kg/cm<sup>2</sup>. — Stopień bezpieczeństwa  $m = 10$ . »Dodatek odlewniczy«  $a = 7 \cdot \frac{1200 - D}{1200}$ .

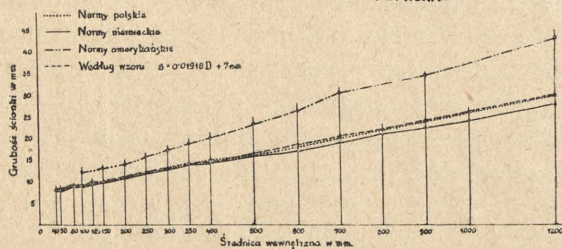
Wewnętrzna średnica rury D mm	40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000	1200
$s = 0.025 D$	1.00	1.25	2.00	2.50	3.125	3.75	5	6.25	7.5	8.75	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	30
$a = \frac{1200 - D}{1200} \cdot 7$	6.77	6.71	6.53	6.42	6.27	6.13	5.83	5.54	5.25	4.96	4.67	4.08	3.50	2.92	2.33	1.75	1.17	—
$s = 0.01916 \cdot D + 7$	7.77	7.96	8.53	8.92	9.40	9.88	10.83	11.79	12.75	13.71	14.67	16.58	18.5	20.42	22.33	24.25	26.17	30
s zaokrąglona	8	8	8.5	9	9.5	10	11	12	13	14	14.5	16.5	18.5	20.5	22	24	26	30

Tablica III.

Grubości ścianek rur żeliwnych według różnych norm przy ciśnieniu roboczym 7½ — 11 atm.

D mm	$s=0.01916 D + 7$	Normy polskie 10 atm.	Normy rosyjskie	Normy francuskie	Normy niemiec. 10 atm.	Wiedeń		Anglja 14 atm.	Ameryka 9.1 atm.	Włochy c. próbne 25-15 atm.
						7½ atm.	11 atm.			
40	8	8	7.5	8	8					7.5
50	8	8	7.5	8	8					8
80	8.5	9		9	9					9
100	9	9	8.5	9	9	9	10	9.9	12.2	10
125	9.5	10	9.0	9.5	9.5			10.4		10.5
150	10	10	9.5	10	10	10	11	10.9	13	10.5
200	11	11	10.5	11	11	11	12	11.9	14.2	11.5
250	12	12	11.5	12	12	12	13.5	13.2	15.8	12
300	13	13	12.5	13	13	13	14.5	14.48	17.3	13.5
350	14	14	13	14	14	14	15.5	15.49	18.8	14.5
400	14.5	15	14	14.5	14.5	14.5	17	16.5	20.3	15
500	16.5	16	16	16	16	16	19.5	18.5	23.4	16
600	18.5	18	18	17.5	17	17	22	20.3	26.4	18
700	20.5	20	20	19	19	19	24.5	21.8		19
762								22.6	30.5	
800	22	22	22	21	21	21	27	23.4		20
838								23.9		
900	24	24	24	22.5	22.5	22.5	29.5	24.9	34.5	21
1000	26	26		24	24	24	31.5			22
1067								26.9	39.1	
1100	28			25.5	26	26	34	27.4		
1200	30	30			28			28.7	43.4	

WYKRESY GRUBOŚCI ŚCIANEK RUR ŻELIWNYCH WEDŁUG RÓŻNYCH NORM.



Rys. 2.

W Ameryce ma sposób wirujący odlewu rur widoki powodzenia, bo rury w ten sposób lane mają o 20% mniejsze grubości ścianek niż rury odlewane sposobem obecnym i oszczędza się na żeliwie znacznie. Europejskie odlewnie rur nie mogłyby przy sposobie wirującym odlewu obniżyć w większej mierze grubości ścianek.

Rury żeliwne cienkościennie.

Niekiedy stosujemy do wodociągów i do przewodów gazowych rury cienkościennie, obliczone na

5 atm. ciśnienia roboczego. Grubość ścianki tych rur jest około 15% mniejsza od grubości ścianki rur wodociągowych normalnych na 10 atm. ciśnienia roboczego.

Grubość ścianki, obliczona ze wzoru [11] dla  $p = 5$  atm. i  $m = 10$  wynosi:

$$s = \frac{D}{2} \left[ \sqrt{\frac{1770}{1685}} - 1 \right] = 0.0125 D.$$

Grubość ścianki rury o średnicy 1200 mm wynosi więc 15 mm, podczas gdy wykonalna grubość ścianki tak dużych rur wynosi 24 mm. Ze względu na konieczny dodatek odlewniczy dla wszystkich średnic stosować należy dla rur cienkościennych wzór

$$[16] \quad s = 0.015 D + 6 \text{ mm}$$

Grubość ścianki rury o średn. 100 mm wynosi 7.5 mm  
 „ „ „ „ „ 1200 „ „ 24.0 „ \*)

Tablica IV.

Grubości ścianek rur cienkościennych. Ciśnienie próbne 10 atm. Ciśnienie robocze 5 atm.

Średnica wewnętrz. nominal.	$s = 0.015 D + 6$ mm	Grubość ścianek rur niem. tablica II	U w a g a
40	6.6	6.7	Średnica zewnętrzna rur cienkościennych równa się średnicy zewnętrznej rur normalnych na ciśnienie robocze 10 atm. $D_1$ . Zmiana grubości ścianki odbywa się na koszt średnicy wewnętrznej. Ponieważ grubość ścianki rur cienkościennych jest mniejsza, niż grubość rur normalnych, więc średnica »faktyczna« będzie odpowiednio większa od średnicy »nominalnej«. Rury cienkościenne stosowane są do przewodów prowizorycznych i do celów podrzędnych. Do wodociągów i przewodów gazowych stosujemy bez względu na niskie ciśnienie robocze wyłącznie rury o normalnej grubości ścianek.
50	6.75	6.7	
80	7.20	7.6	
100	7.50	7.6	
125	7.88	8	
150	8.25	8.5	
200	9	9.3	
250	9.75	10.2	
300	10.5	11	
350	11.25	11.8	
400	12	12.2	
500	12.75	13.5	
600	15	14.4	
700	16.5	16.1	
800	18	17.8	
900	19.5	19.1	
1000	21	20.4	
1200	24	23.7	

Rury żeliwne na ciśnienie robocze do 8) atm.

W praktyce wodociągowej ciśnienie robocze dochodzi najwyżej do 12 atm. Wyjątkowo stosowano do wodociągu pracującego pod ciśnieniem 60 atm. żeliwne rury kielichowe (Stahl u. Eisen, 1903, str. 950).

\*) Rury cienkościenne posiadają tę samą średnicę zewnętrzną co rury normalne (10 atm. ciśn. rob.), tylko średnica wewnętrzna, z powodu mniejszej grubości ścianki, jest większa.

Tak zwane »rury podnośne« w szybach kopalń, pracujące pod dużym ciśnieniem, zależnie od głębokości szybu dochodzącej do 800 m, wykonujemy z reguły jako rury kołnierzowe. Mimo dużego ciśnienia rury takie są z żeliwa, gdyż stalowe rury nie są tak odporne na działanie zanieczyszczonej wody różnymi kwasami, jak rury żeliwne.

Do obliczenia grubości ścianek służy tak samo wzór [11]. Ze względu na większą pewność dodatek nie zmniejsza się ze wzrostem średnicy, lecz pozostaje dla wszystkich rur ten sam, a mianowicie 8 mm.

Dla pojedynczych ciśnień roboczych otrzymamy ze wzoru [11] następujące wzory dla grubości ścianek rur o dużym ciśnieniu roboczym:

[17]	dla $p=10$ atm.	$s=0.025 D + 8$ mm dla $D_{max}$ 800 mm
[18]	„ $p=15$ „	„ $s=0.037 D + 8$ „ „ „ 800 „
[19]	„ $p=20$ „	„ $s=0.049 D + 8$ „ „ „ 800 „
[20]	„ $p=25$ „	„ $s=0.061 D + 8$ „ „ „ 700 „
[21]	„ $p=30$ „	„ $s=0.074 D + 8$ „ „ „ 600 „
[22]	„ $p=35$ „	„ $s=0.086 D + 8$ „ „ „ 500 „
[23]	„ $p=40$ „	„ $s=0.098 D + 8$ „ „ „ 400 „
[24]	„ $p=45$ „	„ $s=0.110 D + 8$ „ „ „ 350 „
[25]	„ $p=50$ „	„ $s=0.122 D + 8$ „ „ „ 350 „
[26]	„ $p=55$ „	„ $s=0.134 D + 8$ „ „ „ 300 „
[27]	„ $p=60$ „	„ $s=0.146 D + 8$ „ „ „ 300 „
[28]	„ $p=65$ „	„ $s=0.158 D + 8$ „ „ „ 250 „
[29]	„ $p=70$ „	„ $s=0.170 D + 8$ „ „ „ 250 „
[30]	„ $p=75$ „	„ $s=0.182 D + 8$ „ „ „ 200 „
[31]	„ $p=80$ „	„ $s=0.195 D + 8$ „ „ „ 150 „

Tablica V.

Grubości ścianek rur na wysokie ciśnienie robocze obliczone ze wzorów [17] do [31].

D	Ciśnienie robocze atm.										
	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	80
40	9	9.48	9.96	10.44	10.96	11.92	12.88	13.84	14.8	15.3	15.8
50	9.25	9.85	10.45	11.05	11.7	12.9	14.10	15.3	16.5	17.1	17.8
80	10	10.96	11.92	12.88	13.92	15.84	17.8	19.7	21.6	22.5	23.6
100	10.5	11.7	12.90	14.10	15.4	17.8	20.2	22.6	25	26	27.5
150	11.75	13.55	15.35	17.15	19.1	22.7	25.3	29.9	33.5	35.3	37
200	13	15.4	17.80	20.20	22.80	27.6	32.4	37.2	42	45.4	47
250	14.25	17.25	20.25	23.25	26.50	32.5	38.5	44.5	50.5	—	—
300	15.5	19.1	22.7	26.3	30.2	37.4	44.6	51.8	—	—	—
350	16.75	20.95	25.15	29.35	33.90	42.3	50.7	—	—	—	—
400	18	22.8	27.6	32.4	37.6	47.2	—	—	—	—	—
500	20.5	26.5	32.5	38.5	45	—	—	—	—	—	—
600	23	30.2	37.4	44.6	52.6	—	—	—	—	—	—
700	26.5	33.9	42.3	50.7	—	—	—	—	—	—	—
800	28	37.6	47.2	—	—	—	—	—	—	—	—
nc	180	185	190	195	200	210	220	230	240	245	250

U w a g a: Przy obliczaniu uwzględniono przy 10-krotnej pewności dozwolone natężenie żeliwa

na rozerwanie ( $n_c$ ) w wysokości 180–250 kg/cm<sup>2</sup>. Rzeczywiste natężenie będzie ze względu na dołatek 8 mm daleko mniejsze.

Przy dużych średnicach rur o ściankach pogrubionych można oszczędzić na wadze, stosując rury o mniejszych grubościach ścianek, ale zaopatrzone w t. zw. pancierz. W odstępach ca 700 mm ścianka rur jest na szerokości 80–90 mm wzmocniona, na te miejsca wzmocnione nabija się stalowe pierścienie w stanie gorącym.

Odlewnia w Pont à Mousson wyrabia podobne rury typu Roge'a. Wymiary takich rur podane są w dziele: Otto Lueger: Einzelbestandteile der Wasserleitungen (str. 49) i w katalogu firmy Pont à Mousson.

Przy rurach na wysokie ciśnienie robocze zmniejszanie średnicy wewnętrznej z powodu dużych grubości ścianek przy niezmienniej zewnętrznej średnicy rur normalnych jest niemożliwe.

Np. rura o średnicy wewn. 100 mm posiada średnicę zewnętrzną 118 mm. Grubość ścianki na ciśnieniu robocze 40 atm. według wzoru [23] wynosi 18 mm. Przy użyciu modelu o średnicy zewnętrznej 118 mm wypadłaby średnica wewnętrzna na 118–36 = 82 mm zamiast 100 mm. Różnica byłaby za duża. Bierzemy w takim wypadku np. model rury o średnicy wewn. 125 mm, której średnica zewn. wynosi 125 + 20 = 145 mm. Przy grubości ścianki 18 mm rzeczywista średnica będzie wynosiła 125 – 36 = 109 mm zamiast 100 mm.

Inne wzory do obliczania grubości ścianek rur żeliwnych są następujące:

Wzór empiryczny, według którego obliczone są grubości ścianek rur według norm niemieckich:

$$[32] \quad s = \frac{D}{60} + 7 = 0.0166 D + 7$$

Ten wzór daje przy większych średnicach za małe grubości ścianek dla ciśnienia roboczego 10 atm.

Wzór prof. Tetmajera:

$$[33] \quad s = \frac{D}{2} \left[ \sqrt{\frac{250 + 0.4 p}{250 - 1.3 p}} - 1 \right] + \left( 0.7 - \frac{p}{100} \right) \text{ cm}$$

Dozwolone natężenie żeliwa w wysokości 250 kg/cm<sup>2</sup> daje przy wytrzymałości żeliwa 1800 kg/cm<sup>2</sup> tylko 7.2-krotną pewność, zamiast 10-krotnej. Dla  $p = 10$  atm, wzór prof. Tetmajera brzmi:

$$s = 0.0176 D + 6 \text{ mm}$$

Wzór podany w »Techniku«.

$$[34] \quad s = \frac{D}{2} \left[ \sqrt{\frac{200 + 0.4 p}{200 - 1.3 p}} - 1 \right] + 7 \text{ mm}$$

Dla  $p = 10$  atm, wzór ten brzmi:

$$s = 0.02225 D + 7 \text{ mm}$$

Wzór Weissbacha dla rur o wysokim ciśnieniu roboczym:

$$[35] \quad s = 0.00238 \cdot p \cdot D + 8.6 \text{ mm}$$

Dla  $p = 10$  atm.:

$$s = 0.0238 D + 8.6 \text{ mm}$$

Witkowice i Friedrichs-Wilhelms-hütte w Mühlheim n/R. stosują do obliczania grubości ścianek wzór następujący:

$$[36] \quad s = \frac{D}{2} \cdot \frac{p}{k} \left[ 1 + \frac{p}{2 \cdot k} + \frac{1}{6} \left( \frac{p}{k} \right)^2 \right] + 0.8 \text{ cm}$$

$k$  oznacza dozwolone natężenie żeliwa na rozerwanie w wysokości 250 kg/cm<sup>2</sup>.

### B. Wytrzymałość rur żeliwnych.

Rury żeliwne narażone są oprócz ciśnienia wewnętrznego także niekiedy na ciśnienie zewnętrzne, na zginanie, na uderzenia.

a) Wytrzymałość rur żeliwnych na ciśnienie wewnętrzne w atm. przy wytrzymałości żeliwa 1800 kg/cm<sup>2</sup>, rzeczywiste natężenie żeliwa przy ciśnieniu roboczym 10 atm. i stopień bezpieczeństwa  $m$  podane są w tablicy VI.

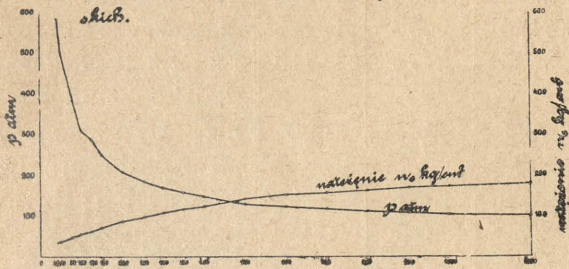
Tablica VI.

Średnica wewn. D mm	Grubość ścianki s mm	p atm.		Stopień bezpieczeństwa m
		$\frac{(2s/D + 1)^2 - 1}{1.3 \left( \frac{2s}{D} + 1 \right)^2 + 0.4} \times 1800$	$\frac{1.3 \left( 1 + \frac{2s}{D} \right)^2 + 0.4}{\left( 1 + \frac{2s}{D} \right)^2 - 1} \times 10$	
		s, D w cm	s, d w cm	kg/cm <sup>2</sup>
40	8	586	30.7	58.6
50	8	501	35.9	50.1
80	9	383	47	38.3
100	9	319	56.3	32
125	10	289	62	28.9
150	10	247	72	24.7
200	11	208	86.9	20.8
250	12	184	97.5	18.4
300	13	168	107.5	16.8
350	14	156	115	15.6
400	15	147	122	14.7
500	16	127	141	12.7
600	18	120	150	12
700	20	115	155	11.5
800	22	110	163.4	11
900	24	107	168	10.7
1000	26	104	172.3	10.4
1200	30	100.6	178.85	10.06

\*) Natężenie żeliwa przy ciśnieniu próbnym 20 atm. jest dwa razy większe, stopień bezpieczeństwa wynosi połowę.

## Wytrzymałość

największego ciśnienia p atm. i rzeczywiste-  
go natężenia żeliwa w kg/cm<sup>2</sup> wg. norm pol-  
skich.



Rys. 3.

b) Wytrzymałość rur polskich na zgniecenie wskutek ciśnienia zewnętrznego. W praktyce wodociągowej zdarzają się wypadki, w których rurociąg narażony jest na ciśnienie zewnętrzne. Zdarza się to przy rurociągach ułożonych pod dnem koryta rzeki, względnie na dnie rzeki lub morza. Normalne rury żeliwne są we wszystkich wypadkach dosyć odporne. W wątpliwych wypadkach należy przeprowadzić obliczenia.

Według prof. Bacha żeliwo rury jest pod wpływem ciśnienia zewnętrznego (wody, powietrza czy pary) natężone w sposób dwojaki:

- w kierunku stycznej obwodu na ciśnienie,
- w kierunku promienia koła przekroju rury na ciągnięcie.

Jeżeli  $n$  oznacza natężenie na ściskanie w kg/cm<sup>2</sup>

$r_z$  promień koła zewn. przekroju rury w cm

$r_w$  „ „ wewn. „ „ w cm

$p$  ciśnienie zewnętrzne w atm.

$n_c$  natężenie żeliwa na ciągnięcie

$p'_{max}$  względnie  $p''_{max}$  największe ciśnienie zewnętrzne zgniatające rurę,

to w wypadku a) obowiązują równania:

$$[37] \quad n = 1.7 \frac{r_z^2}{r_z^2 - r_w^2} \cdot p$$

$$[38] \quad p'_{max} = w \frac{\left[\frac{s}{r_w} + 1\right]^2 - 1}{1.7 \left(\frac{s}{r_w} + 1\right)^2}$$

$$[39] \quad s = r_z - r_w = \frac{D}{2} \left[ \sqrt{1 - 1.7 \frac{p}{n}} - 1 \right]$$

a w wypadku b)

$$[40] \quad n_c = 0.9 \frac{r_z^2}{r_z^2 - r_w^2} \cdot p$$

$$[41] \quad s = r_z - r_w = \frac{D}{2} \left[ \sqrt{1 - 0.9 \frac{p}{n_c}} - 1 \right]$$

$$[42] \quad p''_{max} = w_c \frac{\left[\frac{s}{r_w} + 1\right]^2 - 1}{0.9 \left(\frac{s}{r_w} + 1\right)^2}$$

Przyjmując wytrzymałość żeliwa na zgniecenie  $w = 7500$  kg, na rozerwanie  $1800$  kg/cm<sup>2</sup>, to dla rury o średnicy  $D = 1200$  mm i  $s = 30$  mm otrzymamy ze wzoru [38]  $p'_{max}$  410 atm., ze wzoru [42]  $p''_{max}$  186 atm.

Z tych cyfr wynika, że chyba we wszystkich wypadkach normalne rury żeliwne potrafią dobrze wytrzymać w praktyce zachodzące ciśnienia zewnętrzne.

c) Wytrzymałość rur żeliwnych na zginanie przy normalnej długości.

Moment wytrzymałości pierścienia:

$$[43] \quad m_w = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D} \sim 0.8 D_m^2 \times s$$

$D$  oznacza średnicę zewnętrzną pierścienia

$d$  „ „ wewnętrzną „

$D_m$  „ średnią średnicę „

$s$  „ grubość ścianki „

Moment zginania przy obciążeniu w połowie rozpiętości  $l$ :

$$M_g = \frac{P l}{4}$$

Z równania:

$$[44] \quad \frac{P l}{4} = 0.8 D_m^3 s \cdot w_g$$

w którym  $w_g$  oznacza wytrzymałość żeliwa na gięcie, otrzymamy:

$$[45] \quad P = \frac{3.2 D_m^2 \cdot s}{l} \cdot w_g$$

względnie

$$[46] \quad w_g = \frac{P \cdot l}{3.2 D_m^2 \cdot s}$$

Badania wytrzymałości rur wykazały, że rury wytrzymały przy rozpiętości  $l$  następujące obciążenia ( $P$  kg) w środku rozpiętości i że wytrzymałość żeliwa na  $1$  mm<sup>2</sup> wynosi  $16-18.7$  kg\*):

\*) Rury o średnicy 80-200 mm wg. »Technika« I, str. 528

Średnica wewnętrzna D	50	80	100	125	175	200	U w a g a
Obciążenie P kg . . . . .	622	1400	2060	2930	7350	10140	Wytrzymałość na zgięcie żeliwa rur na 1 mm <sup>2</sup> jest daleko mniejsza niż wytrzymałość na zgięcie prętów żeliwnych o pełnym przekroju okrągłym.
Średnie obciążenie P kg .	853	1770	2780	4120	9200	13280	
Średnia wytrzymałość w <sub>g</sub> obliczona ze wzoru . . .	737	1585	2420	3525	8275	11710	
Rozpiętość l mm . . . . .	17.1	18.2	18.5	16.8	18.7	16.0	
Średnica D <sub>m</sub> . . . . .	2000			2620			
Grubość ścianki s . . . . .	58	89	109	134.5	185.5	211	
	8	9	9	9.5	10.5	11	

Uwzględniając we wzorze [45] wytrzymałość żeliwa w wysokości 18 kg/mm<sup>2</sup>, obliczyć możemy wytrzymałość rur o średnicy 300—1200 mm i rozpiętości 5000 mm.

Wyniki obliczenia są następujące:

D mm	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200
s	13	15	16	18	20	22	24	26	30
D <sub>m</sub>	313	415	516	618	720	822	924	1026	1260
Obciążenie P kg	14668	29760	40076	79195	119439	171245	236052	315297	548674

Z wyników badań widać, że rury żeliwne nawet o średnicy 100 mm przy dzisiejszym ruchu ulicznym (tramwaje, auta ciężarowe) łatwo się łamią, o ile nie są należycie zabezpieczone. Częste skargi wodociągowców na łamanie się rur żeliwnych o małych średnicach, podnoszone przeważnie w czasach ostatnich, mają swe źródło w niedosyć starannem ułożeniu i niewystarczającym zabezpieczeniu ich przeciwko obciążeniom powodowanym przez ruch uliczny. Większa staranność przy układaniu rur opłaci się sowicie, gdyż rury żeliwne raz ułożone w ziemi wytrzymać potrafią kilkadziesiąt lat. Jeżeli uwzględnimy jeszcze obciążenie rur warstwą ziemi na nich spoczywającą, to zrozumiemy łatwo, że staranne układanie rur żeliwnych jest konieczne, aby skargi na małą wytrzymałość ustały. Jak wynika z danych w tablicy VI, rury o małych średnicach nawet stosunkowo duże uderzenia hydrauliczne dobrze wytrzymują, gdyż grubość ścianki jest stosunkowo bardzo duża. Dalsze pogrubienie ścianki rur małych w celu zabezpieczenia ich od łamania nie byłoby ani ekonomiczne, ani nie prowadziło do celu. Im mniejsza średnica rury, tem staranniej i ostrożniej należy postępować przy układaniu rurociągu. Jeżeli zaś w praktyce zachowanie wymaganej ostrożności nie jest możliwe, to stosować należy rury o większych średnicach. Miasto Wiedeń np. nie używa wcale rur poniżej 100 mm średnicy

d) Wytrzymałość rur żeliwnych na uderzenie. Wytrzymałość rur żeliwnych na uderzenie zależy przede wszystkim od istnienia wewnętrznych naprężeń w żeliwie i od zawartości fosforu. Stosując odpowiednio do grubości ścianki rury żeliwo miękkie, o niskim skurczu, unikamy naprężeń wewnętrznych w odlewie. Na miękkość żeliwa nie wpływa zawartość fosforu, natomiast obniża bardzo wytrzymałość żeliwa na uderzenie.

Pod tym względem są rury polskie daleko lepsze od rur niemieckich, wyrabianych z fosforycznej surówki luksemburskiej o zawartości fosforu sięgającej nawet do 2% (!), podczas gdy polskie rury nawet połowy nie zawierają fosforu\*). Wskutek nierozumnej manipulacji czy podczas transportu czy podczas wyładowania rury z powodu silnego uderzenia pękają przeważnie na boscym końcu.

I pod tym względem rury polskie posiadające pogrubiony koniec bosy są w porównaniu z rurami niemieckimi o gładkim końcu lepsze, bo bardziej wytrzymałe na uderzenia.

W niektórych państwach warunki techniczne odbioru rur obejmują także próbę żeliwa na uderzenie. W Polsce próba na uderzenie jest zbyte-

\*) O wpływie fosforu na wytrzymałość na zginanie p. Dr. Geiger Giesereihandbuch (II wydanie, str. 408) i na wytrzymałość na uderzenie »Stahl u. Eisen« (1903, str. 1074).

czna w dzisiejszych warunkach i słusznie została pominięta w polskich warunkach odbioru rur.

### C. Uszczelnienie. — Ołów.

Jako szczeliwo stosujemy przeważnie ołów w postaci ołowiu lanego, węgny ołowiu względnie wiór ołowiu. Nie od rzeczy więc będzie zapoznać się dokładniej z różnymi własnościami tego metalu.

Ołów stosowany do uszczelnienia połączeń kielichowych rur powinien być »ołowiem miękkim«, bez domieszki antymonu, cynku i t. d. Chemiczny skład ołowiu stosowanego do różnych prób, poniżej podanych:

Fe 0·009%

Zn 0·008%

Sb 0·024%

As, S ślady.

»Ołów twardy« zawierający 10—15% antymonu stosujemy do wyrobu rur ołowianych.

Ciężar właściwy ołowiu 11·25—11·37.

Ciężar właściwy ołowiu roztopionego 10·37.

Punkt topnienia ołowiu: 326° C., żeliwa 1150° C.

Punkt wrzenia ołowiu: 1450—1600° C.

Ciepło topienia ołowiu: 16 ciepłostek.

„ „ „ żeliwa: 25 „

Ciepło właściwe ołowiu: 0·03 przy 15° C.

„ „ „ żeliwa: 0·116 „ „ „

Skurcz ołowiu 1·1—1·25%.

„ „ „ żeliwa szarego 0·9—1·35%.

„ „ „ białego 1·82—1·67%.

Spółczynnik wydłużalności, t. j. liczba wskazująca, o ile wydłuża się pręt o długości 1 cm przy podwyższeniu temperatury o 1° C., wynosi: dla ołowiu 0·000029

„ żelaza 0·000012

Twardość ołowiu: 1.

„ „ „ żeliwa: 64.

Zdolność przewodzenia ciepła (Bucher, str. 158): ołów 0·08

żelazo 0·17

Wytrzymałość ołowiu miękkiego na rozerwanie.

Wymiary prętów próbnych w mm przedstawia rys. 4.

rys. 4



### Wyniki:

L. b.	Średnica pręta d mm	Przekrój pręta cm <sup>2</sup>	Ciężar rozrywający kg	Wytrzymałość kg/cm <sup>2</sup>	Wydłużenie całkowite		Zwężenie		Uwaga	Wygląd złomu	Miejsce złamania
					największa długość mm	%	najmniejsza średnica mm	%			
1	17·4	2·378	338	142*)	192	28	7	60	pręty lane, otoczone	normalny	90/102
2	17·5	2·405	248	100	166	11	10	43		długi pęcherz	35/131
3	17·5	2·405	368	153*)	208	38·6	8	54		normalny	90/118
4	17·5	2·405	318	132·5**)	194	29·3	7	60		normalny	95/99
5	17·5	2·405	298	124	186	24	9	50		pęcherz	40/146

\*) Próby 1 i 3 rozrywane były za szybko.

\*\*) Próba 4 obciążenie 318 kg działało przez 2 godziny.

„Technik“ podaje (I, str. 333) wytrzymałość ołowiu miękkiego na rozerwanie w wysokości 125 kg/cm<sup>2</sup>, ołowiu twardego 300 kg/cm<sup>2</sup> \*).

Wytrzymałość ołowiu na ścinanie wynosi 75—80% wytrzymałości na rozerwanie.

Wytrzymałość ołowiu miękkiego na ciśnienie podają wedle: Otto Wawrziniok »Metallprüfungswesen« (1923, str. 61):

L. b.	Wyokość korka	Średnica korka	Powierzchnia przekroju	Ciężar właściwy	Obciążenie w kg/cm <sup>2</sup> przy którym się korek	
					jeszcze nie zgniata	już się zgniata
1	70·5 mm	35·2 mm	9·76 cm <sup>2</sup>	11·37	46	51
2	34·7 „	35·3 „	9·79 „	11·36	59	69
3	10·1 „	34·8 „	9·51 „	11·35	105	126

\*) Wyniki badań zależne są w dużej mierze od czasu trwania obciążenia. Obciążenie większe rozrywa ołów prędzej, obciążenie mniejsze powoduje rozerwanie, jeżeli działa dłużej.

Wytrzymałość na ciśnienie wzrasta w miarę zmniejszania się wysokości korka.

Jeżeli  $P$  oznacza powierzchnię podstawy korka, to wysokość  $h$  normalnych korków próbnych wynosić powinna:  $h = \sqrt{P}$

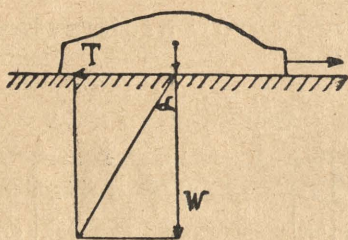
Spółczynnik tarcia ołowiu miękkiego.

Bryła ołowiu położona na żeliwnej płycie poziomej stawia pewien opór sile dążącej do ruszenia jej z miejsca. Opór ten nazywamy »oporem tarcia“  $T$ . Stosunek oporu tarcia  $T$  do wagi bryły ołowiu  $W$  nazywamy »spółczynnikiem tarcia« ołowiu na żelwie  $\tau$ .

$$[47] \quad \tau = \frac{T}{W}$$

Opór tarcia  $T$  w momencie rozpoczęcia ruchu jest większy, niż opór tarcia podczas ruchu. Im

rys.: 5



większa chyżość ruchu, tem mniejszy jest opór tarcia  $T$ . Tak samo »spółczynnik tarcia w spokoju« jest większy niż »spółczynnik tarcia w ruchu«.

Spółczynnik tarcia  $\tau$  przedstawia się także, jak widać z rysunku 5, jako styczna kąta  $\alpha$

$$[48] \quad \tau = \frac{T}{W} = \operatorname{tg} \alpha$$

Kąt  $\alpha$  nazywamy »kątem tarcia«. Spółczynnik tarcia zależy od stopnia gładkości czy chropowatości powierzchni trących, jakoteż od ciśnienia na  $1 \text{ cm}^2$  powierzchni tarcia. Przy dużym ciśnieniu na  $1 \text{ cm}^2$  i tak miękkim metalu jak ołów właczają się cząsteczki ołowiu we wgłębienia płyty żeliwnej. W momencie ruszenia bryły ołowiu z miejsca pokonać należy nie tylko opór wskutek tarcia, lecz w pewnej mierze także opór wskutek wytrzymałości ołowiu na ścinanie. Ścięte cząstki ołowiu pozostają w zagłębieniach płyty żeliwnej. Przy dalszym ruchu ołowiu na płycie mamy do czynienia z tarciami ołowiu na żelwie i na ołowiu.

Wyniki dokonanych prób zebrane są w tabeli VII.

Tablica VII.  
Spółczynnik tarcia ołowiu na żelwie.

L b.		Waga ołowiu W kg	Powierzchnia tarcia $\text{cm}^2$	Ciśnienie na $1 \text{ cm}^2$ kg	Opór tarcia T kg		Spółczynnik tarcia $\tau$	
					żeliwo surowe	żeliwo heblowane	żeliwo surowe	żeliwo heblowane
a) Ołów na poziomej płycie żeliwnej.								
1	Ołów, lany, surowy	14	220	0.063	5.6	4.5	0.40	0.31
2	„ ubity młotkiem	14.5	253	0.057	6.5	5.2	0.45	0.36
3	„ wygładzony pilnikiem	12.15	260	0.047	5.5	6.1	0.46	0.50
b) Ołów na pochyłej płycie żeliwnej.								
					Kąt tarcia			
1	Ołów, lany, surowy	14	220	0.063	23° 40'	18° 5'	0.439	0.326
2	„ ubity młotkiem	14.5	253	0.057	24° 45'	20°	0.460	0.362
3	„ wygładzony pilnikiem	12.15	260	0.047	25°	31°	0.466	0.600

Największy jest współczynnik tarcia ołowiu wygładzonego pilnikiem na żelwie heblowanym. Opór tarcia  $T$  i współczynnik tarcia przy różnym ciśnieniu właściwym ( $0.1$ — $1.0 \text{ kg/cm}^2$ ) badałem w sposób następujący:

Na laną kostkę ołowiu o podstawie  $100 \text{ cm}^2$  ważącą  $10 \text{ kg}$  kładłem kolejno ciężary od  $10$  -  $90 \text{ kg}$ , aby otrzymać zmienne ciśnienie właściwe. Tuż nad powierzchnią tarcia umieściłem na kostce o-

wiu bandaż z żelaza taśmowego zaopatrzonego w ogniwo, do którego przyczepiłem hak linki drucianej o grubości  $4 \text{ mm}$ . Na drugim końcu linki, założonym na rolkę przymocowaną do stołu i zaopatrzonego w ogniwo, zawiesiłem na łańcuchkach płytę, na której kładłem ciężary. Powierzchnia tarcia ołowiu była ubita młotkiem i wygładzona trochę pilnikiem.

Wyniki tych prób były następujące:

1) Spółczynnik tarcia ołowiu na żelwie chropowatym jest we wszystkich wypadkach większy niż współczynnik tarcia ołowiu na żelwie surowym, normalnie chropowatym.

2) Spółczynnik tarcia ołowiu na żelwie surowym

jest dla ciśnień właściwych od 0,1—1,0 kg/cm<sup>2</sup> prawie zawsze ten sam.

3) Spółczynnik tarcia ołowiu na żelwie bardzo chropowatym jest większy przy większych ciśnieniach i dochodzi do  $\tau = 1$ .

Tablica VIII.

Spółczynnik tarcia przy różnym ciśnieniu na 1 cm<sup>2</sup> powierzchni tarcia.  
Powierzchnia tarcia 10 × 10 = 100 cm<sup>2</sup>.

Ciśnienie kg/cm <sup>2</sup> . . . . .	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
Opór tarcia ołowiu T kg	na żelwnej płycie zardzewiałej bardzo chropowatej . . . . .	7.9	15	26.5	28	35	60	66	72	83	94
	na nowej płycie żelwnej normalnie szorstkiej . . . . .	7.7	14.5	25.5	27	33	45	60	63	72	76
Spółczynnik tarcia $\tau = \frac{T}{W}$	ołowiu na bardzo chropowatej płycie żelwnej . . . . .	0.79	0.75	0.88	0.7	0.7	1.0	0.94	0.90	0.92	0.94
	ołowiu na żelwie normalnie szorstkiem . . . . .	0.77	0.725	0.85	0.675	0.66	0.75	0.86	0.78	0.80	0.76

Obliczanie całkowitego oporu tarcia ołowiu uszczelniającego na żelwie rury względnie kielicha jest tylko wtedy możliwe, jeżeli współczynnik tarcia odpowiada zupełnie stopniowi szorstkości żelwa i ciśnieniu właściwemu ubitego w szczelnici ołowiu. Ciśnienie na 1 cm<sup>2</sup> powierzchni rury lub kielicha trudno wyśrodkować. Jeżeli ciśnienie na 1 cm<sup>2</sup> powierzchni wynosi p kg i jeżeli powierzchnię tarcia oznaczymy literą F cm<sup>2</sup>, to całkowite ciśnienie będzie F.p kg:

$$F. p = W$$

$$\tau = \frac{T}{W}$$

Opór tarcia:

$$[49] \quad T = \tau. F. p$$

W równaniu tem niepewne są dane  $\tau$  i p, natomiast iloczyn  $\tau. p$  określić można dokładnie z wyników dokonanych prób, wykazujących całkowity opór tarcia T i powierzchnię tarcia F:

$$[50] \quad \tau. p = \frac{T}{F} = t \text{ kg/cm}^2$$

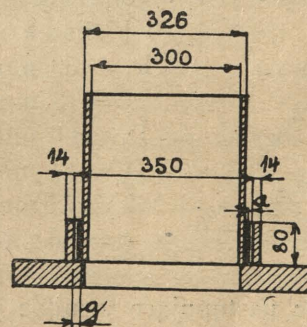
Wyraz  $\tau. p$  przedstawia opór tarcia na 1 cm<sup>2</sup> i służyć może do obliczenia oporu tarcia przy różnych średnicach rur. Dokonane próby wykazały, że opór tarcia na 1 cm<sup>2</sup> przy rurach posiadających gładki kielich i gładki koniec bosy wynosi 15 kg/cm<sup>2</sup>.

Skurcz ołowiu i jego skutki.

Ołów wlany do szczelnici, jakby do formy żelwnej o bardzo grubej ścianie, stygnie prędko i kurczy się.

W formie z piasku z dwoma zagłębieniami odległymi od siebie 190 mm odlano pręt ołowiu o przekroju 20 × 20 mm, 260 mm długi. Odległość znaków na pręcie wystygłym wynosiła 187,5 mm, więc o 2,5 mm t. j. o 1,3% mniej. Drugi pręt o przekroju 32 × 32 mm i długości całej 600 mm skurczył się na odległości znaków 500 mm o 6 mm t. j. o 1,2%. Skurcz ołowiu wynosi więc przeciętnie 1,25%. Jeżeli się jednak zważy, że zewnętrzna ściana rury żelwnej nie zezwala na swobodne kurczenie się ołowiu, przyjąć należy, że skurcz ołowiu w szczelnici nie osiągnie powyżej podanej cyfry, ale w każdym razie zaistnieje. Z powodu kurczenia się ołowiu powstaje pomiędzy pierścieniem ołowiu i ścianą kielicha wolna przestrzeń; z tego powodu ubijanie wlanego do szczelnici ołowiu jest konieczne w celu uszczelnienia dokładnego połączenia kielichowego. Ciśnienie stygnącego ołowiu na powierzchnię rury zbadałem w sposób następujący. W żelaznej formie z jądrem żelwnym odlano pierścień ołowiu. Wymiary uwidocznione są na rysunku 6.

rys. 6



Grubość pierścienia ołowiu  $g = 13$  mm.

Odstęp od ściany formy  $a = 0.5$  mm.

Waga pierścienia ołowiu 11.62 kg.

Skurcz powinien wynosić dla wymiaru 350 mm około 4 mm zamiast 1 mm. Żeliwne jądro nie zezwoliło na swobodne kurczenie się ołowiu.

Przy podniesieniu jądra cały pierścień ołowiu pozostał na niem. Potrzeba było siły 1540 kg, aby wyciągnąć jądro z pierścienia ołowiu. Opór tarcia na  $1 \text{ cm}^2$  wynosił więc 1.88 kg, podczas gdy opór tarcia ołowiu ubitego w szczeliwni wynosi  $15 \text{ kg/cm}^2$ , więc prawie 8 razy więcej.

#### Ubijanie ołowiu.

Pręt ołowiu o długości 71.3 mm i średnicy 13 mm odlany w kokili żeliwnej przez ubijanie zmniejszył swą długość do 58.7 mm, więc o 12.6 mm t. j.  $17.7\%$  długości pierwotnej. Drugi pręt o tych samych wymiarach zmniejszył przez ubijanie swą długość o 18.8 mm, t. j. o  $26.4\%$  pierwotnej długości.

Ze względu na skurcz ołowiu w szczeliwni należy przede wszystkim ubić dobrze ołów na ścianie kielicha. Przy kielichu wydrążonym ołów lany nie może wypełnić całego wydrążenia w górnej części kielicha wskutek gromadzącego się tam powietrza nie mogącego znaleźć ujścia podczas odlewania. W górnej części wydrążenia musi więc powstać pęcherz, który należy usunąć przez ubijanie ołowiu. Przy rurach z kielichem gładkim pęcherz nie może powstać przy laniu ołowiu.

#### D. Wyniki badań dotyczących oporu tarcia i ścinania ołowiu.

Badania przeprowadziłem w sposób uwidoczniiony na rysunku 7.

Stosowałem kieliszek i półprostkę niemiecką, względnie kieliszek i półprostkę polską o średnicy 50 mm albo 40 mm.

Próba I-sza a):

Półprostka niemiecka F i kieliszek niemiecki E

$D = 50$  mm

$s = 8$  mm

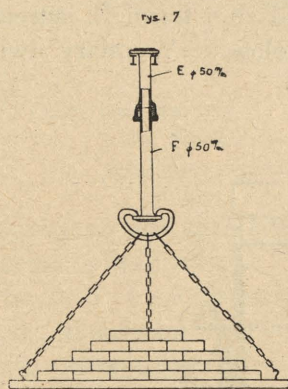
$D_1 = 66$  mm

$D_2 = 81$  mm

$k = 7.5$  mm

$c = 65$  mm (długość nienormalna).

Próba dała następujące wyniki:



Tablica IX.  
Wyniki próby I-szej a).

L. próby	Opór tarcia T kg	Króciec posunął się o mm	Powierzchnia tarcia $D_1 \cdot \pi \cdot 6.5$	$t \text{ kg/cm}^2 = \frac{T}{D_1 \cdot \pi \cdot c}$
1	1727	1	134.7 $\text{cm}^2$	12.8
	2227	2	"	16.5
	2427	3	"	18
	2507	—	"	18.6
2	1577	1	"	11.7
	2327	2	"	17.2
	3027	5	"	22.4
	3287	—	"	24.4
3	1627	1	"	12
	2020	2	"	15
	2240	3	"	16.6
	2467	—	"	18.3

Z wyników próby pierwszej a) widać, że ołów w miarę powiększania ciężaru zgęszczał się i stawał coraz większy opór. Ołów w tylnej części uszczelnienia nie był dobrze ubity z powodu wielkiej długości uszczelnienia 65 mm.

Próba I-sza b): Ten sam kieliszek i króciec co przy próbie I-szej a)

tylko  $c = 50$  mm

Całkowity opór tarcia T wynosił: a) 2867 kg  
b) 3078 „  
c) 2508 „

Opór tarcia na  $1 \text{ cm}^2$  t obliczony z oporu T wynosi: a)  $t = 21.2 \text{ kg/cm}^2$

b)  $t = 22.8$  „

c)  $t = 18.6$  „

Wyniki próby I-szej b) są daleko lepsze niż wyniki próby I-szej a). Przypisać to należy mniejszej szerokości pierścienia ołowiu c przy próbie I b), wskutek czego ołów był lepiej ubity.

Wniosek, że węgla ołowiu ubita bardzo dobrze w cienkich warstwach na długości całego uszczelnienia dać powinna lepsze wyniki niż ołów lany, uważać należy za słuszny.

Przy próbie I a) i I b) pierścień ołowiu pozostał w kielichu po wyciągnięciu półprostki F z kielicha dlatego, że opór tarcia ołowiu na zewnętrznej ścianie rury  $T_r$  jest mniejszy niż na wewnętrznej ścianie kielicha  $T_k$ :

$$T_r = D_1 \cdot \pi \cdot c \cdot t$$

$$T_k = D_2 \cdot \pi \cdot c \cdot t$$

$$T_k - T_r = \pi \cdot c \cdot t (D_2 - D_1)$$

$$D_2 - D_1 = 2k$$

$$[51] \quad T_k - T_r = 2 \pi \cdot c \cdot t \cdot k$$

Dla rury niemieckiej o średnicy 50 mm różnica  $T_k - T_r$  wynosi 247 kg.

Ze względu na to, że szerokość pierścienia ołowiu dla rur o 50 mm średnicy wynosi tylko 35 mm, przypuścić należy, że ołów będzie bardzo dobrze ubity i opór tarcia daleko większy niż przy szerokości pierścienia 65 względnie 50 mm. Przy rurach o dużych średnicach szerokość uszczelnienia ołowiem dochodzi wprawdzie do 65 mm, ale też szczeliwnia jest prawie dwa razy tak szeroka (13 mm), zezwala więc na stosowanie silniejszych narzędzi i na silniejsze ubijanie ołowiu niż przy rurach małych. Z tego powodu przyjąć należy, że opór tarcia ołowiu na 1 cm<sup>2</sup> powierzchni tarcia wynosić będzie nawet przy rurach dużych co najmniej 15 kg.

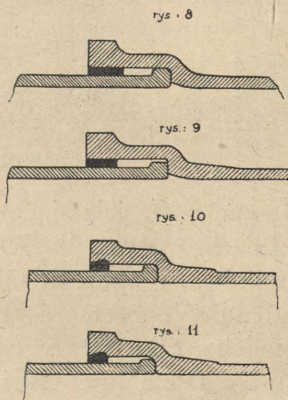
#### Próba II-ga.

Kielich gładki, bosy koniec rury z obrzeżem.

$D = 50$  mm

a) Kielich wytoczony, obrzeże dopasowane do ściany kielicha, jak na rys. 8.

Opór tarcia wynosił: a) 6105, b) 8455, c) 11181 kg  
 Długość uszczelnienia c: 50, 50, 55 mm  
 Powierzchnia tarcia: 127, 127, 140 cm<sup>2</sup>  
 Opór tarcia t: 48, 66·5, 79·8 kg/cm<sup>2</sup>



Po wypadnięciu półprostki pozostał na wewnętrznej ścianie kielicha bardzo cienki, około 0·5 mm gruby pierścień ołowiu, co świadczy wyraźnie, że mamy tu do czynienia nie tylko z tarcieniem, lecz także ze ścinaniem ołowiu.

Tem tłumaczy się tak duża stosunkowo wytrzymałość połączenia kielichowego.

b) Kielich gładki toczony, obrzeże króćca normalne, jak na rys. 9.

Pomiędzy obrzeżem a wewnętrzną ścianą kielicha pozostała wolna przestrzeń (ok. 4 mm).

Opór tarcia T wynosił: a) 8432, b) 8728 kg  
 Powierzchnia tarcia: 140 cm<sup>2</sup> przy  $c = 55$  mm  
 Opór tarcia t: 60·2, 62·3 kg/cm<sup>2</sup>

Widzimy, że nie mamy tu właściwie do czy-

nienia z tarcieniem samym, lecz ze zgniataniem i rozrywaniem ołowiu.

Przy późniejszych obliczeniach wytrzymałości połączenia kielichowego uwzględniłem całkowity opór t w wysokości 60 kg/cm<sup>2</sup> dla rur tego typu.

#### Próba III-cia.

Kielich wydrążony, bosy koniec z obrzeżem, szerokość pierścienia ołowiu 26 mm.

a) Obrzeże dopasowane do ściany kielicha, jak na rys. 10.

Powierzchnia ścinania 66·6 cm<sup>2</sup> przy  $c = 26$  mm.

Wyniki 4 prób:

Opór ścinania całkowity	Opór na 1 cm <sup>2</sup>
1) 9·875 kg . . . . .	148 kg
2) 9·410 „ . . . . .	141 „
3) 9·467 „ . . . . .	142 „
4) 9·584 „ . . . . .	144 „

W wydrążeniu kielicha pozostaje ścięty ołów; pierścień ołowiu o grubości szczeliwni k wysuwa się z kielicha razem z półprostką.

b) Obrzeże normalnie wysokie według norm polskich, jak na rys. 11.

Powierzchnia ścinania 65·3 cm<sup>2</sup> =  $D_2 \cdot \pi \cdot c$  przy  $c = 26$  mm.

#### Wyniki 6 prób:

Opór całkowity	Opór na 1 cm <sup>2</sup>
1) 8·735 kg . . . . .	134 kg
2) 8·599 „ . . . . .	132 „
3) 8·827 „ . . . . .	136 „
4) 7·930 „ . . . . .	122 „
5) 8·330 „ . . . . .	128 „
6) 8·484 „ . . . . .	130 „

W pierwszym wypadku opór tarcia na 1 cm<sup>2</sup> był większy niż w drugim. Miarodajne są wyniki 6 prób ostatnich. Proces ścinania ołowiu odbywa się nienormalnie; obrzeże wyciska pewną część ołowiu ze szczeliwni i nawet z tylnej części wydrążenia w głąb kielicha; powstaje w ten sposób za wydrążeniem pierścień ołowiu o różnej szerokości (10—40 mm). Ze szczeliwni wysuwa się pierścień ołowiu o długości szczeliwni i różnej grubości z przyczepionym wieńcem ołowiu pochodzącego z wydrążenia w kielichu. Przy obliczeniu wartości t kg/cm<sup>2</sup> przyjąłem, że powierzchnia tarcia znajduje się na obwodzie koła o średnicy  $D_2$ . W rzeczywistości taka powierzchnia ścinania nie istnieje. Może bardziej zgodna z rzeczywistością byłaby powierzchnia tarcia równająca się płaszczyźnie stożka b (rys. 12):

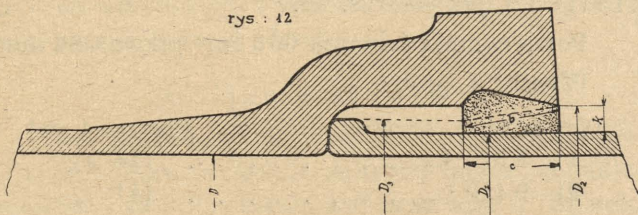
$$M = \frac{\pi \cdot b}{2} (D_2 + D_3) = 104,5 \text{ cm}^2$$

$$b = \sqrt{\left(\frac{D_2 - D_3}{2}\right)^2 + c^2} = 4,35 \text{ cm}$$

Powierzchnia ścinania wynosiłaby w tym wypadku  $104,5 \text{ cm}^2$  zamiast  $65,3 \text{ cm}^2$ . W tym samym stosunku zmniejszyłyby się opory t.

Przy obliczeniach wytrzymałości połączenia kielichowego uwzględniłem opór ścinania i zgniatania w wysokości  $125 \text{ kg/cm}^2$ \*) dla rur tego typu.

rys. 12



Zaznaczam, że próby te nie były wykonane z naukową ścisłością, że czas trwania obciążenia nie był notowany, że ołów stosowany był niekiedy raz, a niekiedy dwa razy przetapiany.

### E. Wytrzymałość połączenia i uszczelnienia kielichowego.

Rozróżniamy 5 głównych typów połączeń kielichowych rur żeliwnych (rys. 13). Charakterystyczne ich cechy są:

- I. Kielich wewnątrz gładki, bosy koniec rury gładki, bez obrzeża. (Normy niemieckie).
- II. Kielich wewnątrz gładki, bosy koniec rury z obrzeżem. (Rury angielskie dawnego typu).
- III. Kielich wewnątrz wydrążony, bosy koniec rury gładki. (Model miasta Berlina).
- IV. Kielich wewnątrz wydrążony, bosy koniec rury z obrzeżem. (Normy polskie, rosyjskie, nowe angielskie, amerykańskie, duńskie, francuskie).
- V. Kielich wewnątrz toczony, bosy koniec rury toczony i dokładnie dopasowany do kielicha. Połączenie bez szczeliwa. (Normy angielskie).

Zadanie uszczelnionego połączenia kielichowego jest dwojakie: a) bosy koniec rury nie powinien się wysuwać z kielicha (wytrzymałość połączenia kielichowego).

b) Szczeliwo nie powinno pod wpływem ciśnienia wewnętrznego wychodzić z kielicha (wytrzymałość uszczelnienia).

Zadania te spełniają wyżej wymienione typy połączeń w różny sposób.

\*) Przed wykonaniem prób brałem  $w_s = 100 \text{ kg/cm}^2$  (p. »Przegląd Techniczny«, 1926, str. 135).

### a) Wytrzymałość połączenia kielichowego.

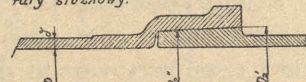
Wytrzymałość połączenia kielichowego zbadamy najlepiej, wychodząc z założenia, że rura końcowa jest zamknięta pokrywą, na którą działa ciśnienie wewnętrzne.

### Typy połączeń kielichowych.

Rys. 13.

Typ V

Uszczelnienie bez szczeliwa, powierzchnie uszczelniające toczane, kielich i koniec rury stożkowy.

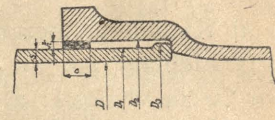
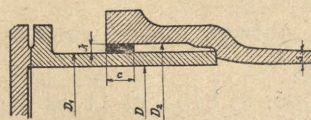


Typ I

Kielich gładki, bosy koniec gładki.

Typ II

Kielich gładki, bosy koniec z obrzeżem.

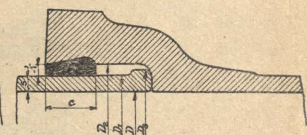
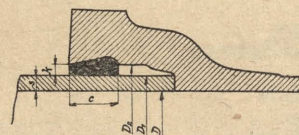


Typ III

Kielich wydrążony, bosy koniec gładki

Typ IV

Kielich wydrążony, bosy koniec z obrzeżem



Ciśnienie wewnętrzne, działające na pokrywę, dąży do wyciągnięcia rury z kielicha. Znajduje ono opór uwarunkowany oporem tarcia rury na szczeliwie, względnie oporem ścinania ołowiu w wydrążeniu kielicha. Siła  $P \text{ kg}$  wyciągająca rurę z kielicha o średnicy  $D \text{ cm}$  przy ciśnieniu wewnętrznym  $p \text{ atm}$  wynosi:

$$P = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot p$$

Jeżeli bosy koniec rury jest gładki, t. zn. jeżeli nie posiada obrzeża, to opór połączenia kielichowego polega wyłącznie na oporze tarcia wewnętrznej ścian rury na wewnętrznej ścianie pierścienia ołowiu, przyczem konstrukcja kielicha samego nie odgrywa żadnej roli. Wypadek ten zachodzi przy rurach typu 1-go i 3-go.

Opór tarcia  $T_1$  w tym wypadku wynosi w  $\text{kg}$ :

$$[52] T_1 = D_1 \cdot \pi \cdot c \cdot t$$

$D_1$  oznacza średnicę wewnętrzną rury w  $\text{cm}$   
 $c$  szerokość pierścienia ołowiu w  $\text{cm}$   
 $t$  opór tarcia na  $1 \text{ cm}^2$  w  $\text{kg}$

$$\text{Z równania: } D_1 \cdot \pi \cdot c \cdot t = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot p$$

$$\text{obliczamy: [53] } c = \frac{D^2}{4 \cdot D_1 \cdot t} \cdot p$$

$$\text{względnie: [54] } p = c \cdot \frac{4 \cdot D_1 \cdot t}{D^2}$$

$$\text{i [55] } t = \frac{D^2}{4 \cdot D_1 \cdot c} \cdot p$$

Do obliczenia szerokości pierścienia ołowiu  $c$  dla danego ciśnienia  $p$  atm. konieczna jest znajomość oporu tarcia na  $1 \text{ cm}^2$  —  $t$  kg. Obliczenie oporu tarcia  $t$  z równania  $t = \frac{D^2}{4 \cdot D_1 \cdot c} \cdot p$  dla rur np. niemieckich daje dla pojedynczych średnic rur sprężeczne wyniki (np. dla rur o średnicy 40 mm  $t = 2 \text{ kg/cm}^2$ , zaś dla rur o średnicy 1200 mm  $t = 44 \text{ kg/cm}^2$ ).

Opór tarcia  $t$  oznaczyłem w sposób następujący: Na dźwigarach zawiesiłem zespół kieliszka E i półprostki F o średnicy 50 mm z półprostką na dół. Cała szczeliwnia wypełniona była ołowiem dobrze ubitym. Na kołnierzu półprostki zawiesiłem zapomocą haków i łańcuchów dużą płytę żelazną, na którą kładłem powoli gęsi surowca tak długo, aż rura zaczęła się wysuwać z kielicha. Przy obciążeniu 2200 kg półprostka wysunęła się z kielicha o 1 mm, przy obciążeniu 2900 kg wypadła półprostka z kielicha zupełnie. Ołów pozostał w kielichu »kieliszka«.

Z równania  $2200 = D_1 \cdot \pi \cdot c \cdot t$  oblicza się opór tarcia na  $1 \text{ cm}^2$   $t$  w wysokości 15·8 kg. Przy dalszych obliczeniach uwzględnię opór tarcia w wysokości okr. 15 kg/cm<sup>2</sup>. Obciążeniu 2200 kg odpowiada ciśnienie wewnętrzne:

$$p = \frac{2200 \times 4}{D^2 \cdot \pi} \sim 112 \text{ atmosfer.}$$

Uwzględniając tylko tarcie rury na pierścieniu ołowiu, obliczyłem, biorąc opór tarcia na  $1 \text{ cm}^2$  w wysokości 15 kg, całkowity opór tarcia  $T_1$  i odpowiadające temu oporowi ciśnienie wewnętrzne, które powoduje już wysuwanie się rury z kielicha, dla rur według norm niemieckich. Wyniki tych obliczeń podane są w tablicy X.

Wyniki powyższe wykazują, że wytrzymałość połączenia kielichowego rur niemieckich jest zupełnie niewystarczająca przy rurach większych. Nawet przy rurach najmniejszych stopień bezpieczeństwa jest dla ciśnienia roboczego 10 atm. stosunkowo mały, wynosi bowiem tylko 7·5.

Końcowe rury należy więc zabezpieczyć bardzo starannie w sposób inny.

Tablica X.

Wytrzymałość połączenia kielichowego rur normalnych niemieckich. Bosy koniec rury gładki, kielich gładki względnie wydrążony.

Typ I i III.

Średnica wewn. rury D mm	Szerokość pierścienia ołowiu c mm	Opór tarcia $T_1 = D_1 \cdot \pi \cdot c \cdot t$ kg	Największe ciśn. wewn. $p = \frac{4 \cdot T_1}{D^2 \cdot \pi}$ atm.
40	35	923	75
50	35	1.088	55·4
80	40	1.846	36·7
100	40	2.223	28·3
125	45	3.052	24·8
150	45	3.600	20·3
200	45	4.710	15
250	50	6.450	13·1
300	50	7.680	10·8
350	50	8.902	9·2
400	50	10.103	8
500	55	13.781	7
600	55	16.425	5·8
700	55	19.118	5
800	60	23.790	4·7
900	60	26.700	4·2
1000	65	32.085	4·1
1100	65	35.265	3·7
1200	65	37.456	3·3

Wytrzymałość połączenia kielichowego typu II.

Nie tak prosto przedstawia się opór połączenia kielichowego typu II, przy którym bosy koniec rury zaopatrzony jest w obrzeże, kielich zaś jest tak samo gładki, jak przy typie I.

Opór tarcia jest tu trojaki.

Jak długo obrzeże zgniata uszczelnienie kołnopne, to opór tarcia występuje tylko na zewnętrznej ścianie rury i wynosi:

$$T_1 = D_1 \cdot \pi \cdot c \cdot t$$

Później tego oporu już niema, na jego miejsce występuje tarcie ołowiu na wewnętrznej ścianie kielicha o średnicy  $D_2$ :

$$T_2 = D_2 \cdot \pi \cdot c \cdot t$$

Ponieważ  $T_2 > T_1$ , więc  $T_2$  uważaćby należało za miarę wytrzymałości połączenia. Taki stosunek zaistniałby, gdyby ołów nie zgniatał się pod dalszym naciskiem obrzeża.

Jeżeli  $D_3$  oznacza średnicę zewnętrzną obrzeża

$D_1$  „ „ „ rury

$D_2$  „ „ wewnętrzną kielicha

$x$  „ ciśnienie obrzeża na  $1 \text{ cm}^2$  w kg to nacisk obrzeża wynosi:

$$\frac{\pi}{4} (D_3^2 - D_1^2) \cdot x$$

Opór ogólny tarcia wynosi:  $D_2 \cdot \pi \cdot c \cdot t$

$$\frac{\pi}{4} (D_3^2 - D_1^2) x = D_2 \cdot \pi \cdot c \cdot t$$

$$[56] \quad x = \frac{4 D_2 \cdot c \cdot t}{(D_3^2 - D_1^2)} \text{ kg/cm}^2$$

Z równania tego obliczyć można ciśnienie obrzeża na 1 cm<sup>2</sup> powierzchni ołowiu w szczeliwni. Ciśnienie to wynosi 152 do 200 kg na cm<sup>2</sup>.\*).

Tymczasem ołów tak dużego ciśnienia nie wytrzymuje. Wytrzymałość ołowiu na ciśnienie wynosi zależnie od wysokości próbki poddanej badaniu tylko 46 do 105 kg/cm<sup>2</sup>.

Wynika stąd, że ołów w szczeliwni przynajmniej w dolnej części ulega napewno gnicieniu,

przyczem ciśnienie na ścianę kielicha rośnie i opór tarcia niepomernie się powiększa.

Ołów gniciący wchodzi częściowo pomiędzy obrzeże i ścianę kielicha, powiększa powierzchnię tarcia i stawia opór także swoją wytrzymałością na rozerwanie. To też próby — przeprowadzone w sposób podobny, jak próby z rurą bez obrzeża — wykazały daleko większą wytrzymałość połączenia kielichowego niżby wynikało z oporu tarcia ołowiu na wewnętrznej ścianie kielicha, wynoszącego dla rur o średnicy 50 mm 1907 kg w przeciwstawieniu do oporu faktycznego w wysokości 8432 do 8728 kg przy szerokości pierścienia ołowiu  $c = 50$  mm.

Opór na 1 cm<sup>2</sup> wynosił w wypadku ostatnim 60—62 kg\*\*) zamiast 15 kg w wypadku pierwszym.

Tablica XI.

Wytrzymałość połączenia kielichowego typu II. — Bosy koniec rury z obrzeżem, kielich gładki. Wymiary  $D_2$ ,  $D_1$ ,  $c$  według norm niemieckich.

D mm	c mm	Tarcie na w. ścianę kielicha		Tarcie na obydwie ściany		Rzeczywisty opór	
		Opór $T_2$ $D_2 \pi \cdot c \cdot t$ kg	Największe ciśnienie $p = \frac{4 T_2}{D^2 \pi}$ atm.	Opór $T_1 + T_2$ kg	Największe ciśnienie p atm	Opór***) $T = 4 T_2$	p atm. ****)
40	35	1,154	92	2,077	165	4,616	368
50	35	1,335	68	2,423	123	5,340	272
80	40	2,130	43	3,975	79	8,420	172
100	40	2,505	32	4,728	60	10,020	128
125	45	3,370	27,5	6,422	52	13,480	110
150	45	3,921	22,2	7,621	43	15,684	88
200	45	5,045	16	9,755	31	20,180	64
250	50	6,852	13,9	13,303	27	27,408	56
300	50	8,078	11,4	15,758	22	32,312	45
350	50	9,300	9,8	18,202	19	37,200	39
400	50	10,545	8,3	20,653	16,4	42,180	33
500	55	14,299	7,3	28,081	14,3	57,206	29
600	55	16,968	6	33,490	11,8	67,872	24
700	55	19,688	5,1	38,805	10,1	78,752	20
800	60	24,473	4,8	48,263	9,6	97,892	19
900	60	27,413	4,3	54,113	8,5	109,652	17,2
1000	65	32,880	4,2	64,965	8,2	131,520	16,8
1100	65	36,064	3,8	71,325	7,5	144,256	15,2
1200	65	39,243	3,5	77,704	6,87	156,972	14

\*) x wynosi dla rur o średnicy

40 mm	177 kg
50 "	200 "
80 "	200 "
100 "	164 "
125 "	181 "
150 "	178 "
200 "	174 "
400 "	167 "
1000 "	168 "
1200 "	153 "

\*\*) Nie jest to »czysty« opór tarcia, lecz opór tarcia zgniatanego i częściowo rozrywanego ołowiu.

$$***) T = D_2 \pi \cdot c \cdot t \quad t = 60 \text{ kg cm}^2$$

$$****) p = \frac{4 T}{D^2 \pi} \quad T = 4 T_2$$

### Wytrzymałość połączenia kielichowego typu IV.

Należy jeszcze omówić połączenie kielichowe typu IV, przy którym bosy koniec rury posiada obrzeże, a kielich jest wydrążony. Wytrzymałość połączenia zależy w tym wypadku od wytrzymałości ołowiu na ścinanie, wynoszącej  $100 \text{ kg/cm}^2$  t. j. 80% wytrzymałości na rozerwanie.

Obrzeże i tutaj zgniata ołów, część tylna ołowiu wpycha się pomiędzy obrzeże i ścianę kielicha; ponieważ obrzeże nie sięga do samej ściany kielicha, ścinanie ołowiu nie może być dokładne. Mamy do czynienia raczej z rozrywaniem ołowiu. Z tego to powodu opór ołowiu będzie większy, niżby to wynikało z samej jego wytrzymałości na ścinanie.

Próby dokonane z zespołem kieliszka i prostki wykazały także, że opór ścinania wynosi  $122-134 \text{ kg/cm}^2$ . Przy dalszych obliczeniach uwzględnijemy wytrzymałość ołowiu na ścinanie w wysokości  $125 \text{ kg/cm}^2$ ).

Ponieważ ścinanie ołowiu nie jest dokładne, nie może istnieć dokładna powierzchnia ścinania. Jako powierzchnię ścinania uwzględnimy powierzchnię płaszczka pierścienia ołowiu o średnicy wewnętrznej kielicha  $D_2$ .

Opór ścinania ołowiu  $S$  wynosić będzie:

$$S = D_2 \cdot \pi \cdot c \cdot w_s$$

$w_s =$  wytrzymałość ołowiu na ścinanie w  $\text{kg/cm}^2$ .

Z równania:

$$D_2 \cdot \pi \cdot c \cdot w_s = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot p$$

obliczyć możemy szerokość pierścienia ołowiu:

$$[57] \quad c = \frac{D^2}{4 \cdot D_2 \cdot w_s} \cdot p$$

albo dla danego  $c$  największe ciśnienie  $p$  atm.:

$$[58] \quad p = \frac{4 \cdot c \cdot D_2}{D^2} \cdot w_s$$

W tabelicy XII podane są wartości  $S$  i  $p$  dla pojedynczych wymiarów rur według norm polskich.

Jeżeli dla połączeń kielichowych obowiązuje przynajmniej 10-krotna pewność, to temu warunkowi odpowiadają rury typu IV do średnicy 150 mm, rury typu II do średnicy 125 mm, rury typu I i III nie odpowiadają wcale.

\*) Zaznaczam wyraźnie, że nie mamy tu do czynienia ze ścinaniem dokładnym, lecz ze zginiataniem, rozrywaniem i ścinaniem razem. Właściwa wytrzymałość ołowiu na ścinanie wynosi bowiem około  $100 \text{ kg/cm}^2$ .

### Tablica XII.

Wytrzymałość połączenia kielichowego typu IV.  
Wymiary  $D$ ,  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $c$  według norm polskich.  
 $w_s = 125 \text{ kg/cm}^2$

D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	c	Opór ścinania	Najw. ciśnienie
				$D_2 \cdot \pi \cdot c \cdot w_s$	$p = \frac{4 \cdot c \cdot D_2}{D^2} w_s$
mm				kg	
40	56	70	26	7.144	669
50	66	80	26	8.164	416
80	98	112	27	11.870	236
100	118	134	28	14.726	188
125	145	161	29	18.326	150
150	170	186	30	21.902	124
200	222	238	32	29.893	95
250	274	292	34	38.967	79
300	326	344	36	48.597	68.8
350	378	396	38	58.671	61.4
400	430	450	40	70.750	56.2
500	532	552	44	95.330	48.6
600	636	658	48	124.752	43.9
700	740	762	52	155.524	40.4
800	844	868	56	189.755	38
900	948	974	60	229.377	36
1000	1052	1078	64	270.800	34.4
1200	1260	1286	72	363.424	32

Wytrzymałość połączenia kielichowego rur różnych typów przedstawia wykres oporów i najwyższych ciśnień (rys. 14).

#### b) Wytrzymałość uszczelnienia rur kielichowych.

Miarą wytrzymałości uszczelnienia jest opór, który stawia pierścień szczeliwa ciśnieniu wewnętrznemu, działającemu na powierzchnię jego przekroju.

Szczeliwo konopne uważamy tylko jako podkład dla ubijanego ołowiu i nie uwzględniamy go bliżej przy obliczeniach wytrzymałości uszczelnienia. Uwzględnimy tylko opór pierścienia ołowiu. Ciśnienie wewnętrzne działa na szczeliwo i dąży do wyrzucenia go ze szczeliwni w tej samej mierze przy rurach z obrzeżem, jak i bez obrzeża. Różnica polegać będzie wyłącznie na kształcie kielicha, czy kielich jest gładki, czy wydrążony.

Wytrzymałość uszczelnienia kielichowego typu I i II z kielichem gładkim będzie ta sama i różnić się będzie od wytrzymałości uszczelnienia typu III i IV z kielichem wydrążonym.

#### a) Wytrzymałość uszczelnienia kielichowego typu I i II. Kielich gładki.

Ciśnieniu wewnętrznemu na powierzchnię przekroju szczeliwa:

$$\frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) \cdot p$$

stawia opór tarcia ołowiu na zewnętrznej ścianie rury  $D_1 \cdot \pi \cdot c \cdot t$  i na wewnętrznej ścianie kielicha  $D_2 \cdot \pi \cdot c \cdot t$ .

Obowiązuje równanie:

$$\frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) \cdot p = D_1 \cdot \pi \cdot c \cdot t + D_2 \cdot \pi \cdot c \cdot t$$

$$(D_2^2 - D_1^2) = (D_2 - D_1) (D_2 + D_1)$$

$$D_2 - D_1 = 2k$$

$k$  oznacza grubość pierścienia ołowiu  
 $c$  „ szerokość „ „

Z równania powyższego otrzymamy największe ciśnienie wewnętrzne, które już wyciska szczeliwo ze szczeliwni:

$$[59] \quad p = 2t \cdot \frac{c}{k}$$

względnie szerokość pierścienia:

$$[60] \quad c = \frac{p}{2} \cdot \frac{k}{t}$$

i opór tarcia przy danym ciśnieniu  $p$  i danych wymiarach  $c$  i  $k$ :

$$[61] \quad t = \frac{p \cdot k}{2 \cdot c} \text{ w kg/cm}^2$$

Przykład: Rura niemiecka o średnicy 1000 mm  
przy której:  $c = 6.5$  cm  
 $k = 1.3$  cm

największe ciśnienie  $p$  atm. wynosi:

$$p = 2 \cdot 15 \frac{6.5}{1.3} \sim 150 \text{ atm.}$$

Ponieważ normalne rury niemieckie pracują pod ciśnieniem najwyżej 10 atm., więc stopień bezpieczeństwa  $m$  uszczelnienia wynosi  $\frac{150}{10} = 15$ .

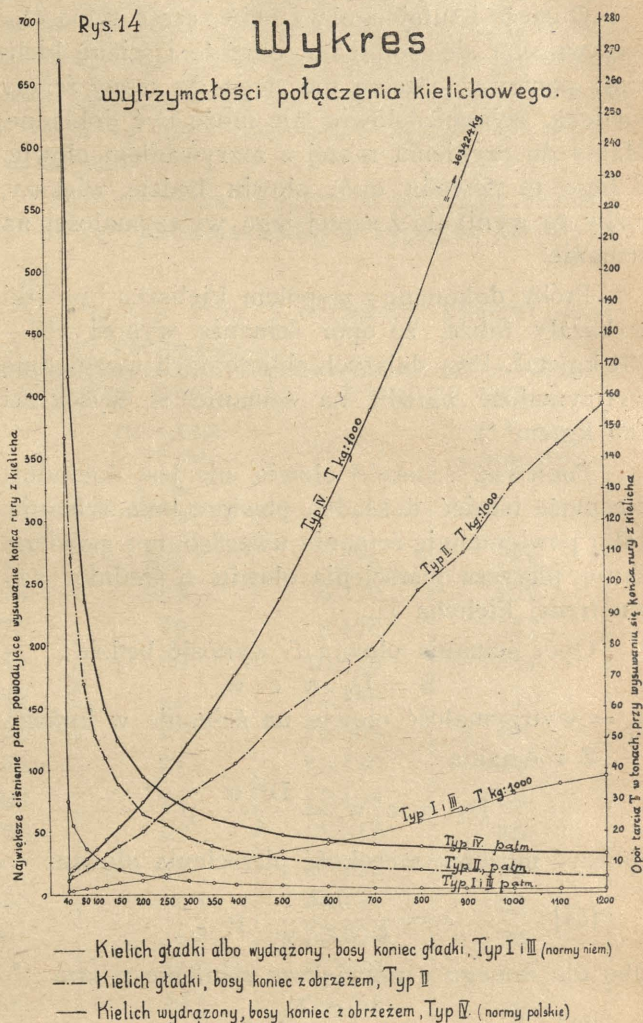
Największe ciśnienie wytrzymałe uszczelnienie rur niemieckich przy średnicy 250 mm  $p = 189$  atm. najmniejsze przy średnicy 50 mm  $p = 140$  atm.

Różnice te spowodowane są nierównością stosunku szerokości do grubości szczeliwa  $\frac{c}{k}$  wahającego się między 4.67 i 6.3.

Opór w kg oblicza się ze wzoru:  $c \cdot \pi \cdot t (D_2 + D_1)$

dla  $t = 15$

$$47.1 c (D_2 + D_1) = 94.2 c \cdot D_m$$



Tablica XIII.

Wytrzymałość uszczelnienia kielichowego rur niemieckich z kielichem gładkim.

$$p = 2 \times 15 \frac{c}{k} = 30 \frac{c}{k}$$

Średnica wewn. D mm	40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
c mm	35	35	40	40	45	45	45	50	50	50	50	55	55	55	60	60	65	65	65
k mm	7	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	8	8	8.5	8.5	9.5	10	10.5	11	12	12.5	13	13	13
$p_{max}$ atm.	150	140	160	160	180	180	169	189	176	176	158	165	157	150	150	144	150	150	150
Opór kg	2077	2423	3975	4729	6422	7524	9745	13306	15754	18204	20654	27081	33391	38864	48058	54118	64765	71332	77690

β) Wytrzymałość uszczelnienia kielichowego typu III i IV przy kielichu wydrążonym.

Tutaj ciśnieniu na szczeliwo stawia opór wytrzymałość ołowiu na ścinanie  $s_c$  wynosząca  $125 \text{ kg/cm}^2$  i tarcie ściętej części ołowiu na zewnętrznej ścianie rury:  $t = 15 \text{ kg/cm}^2$ .

Obowiązuje równanie:

$$\frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) \cdot p = \pi \cdot c (D_2 \cdot s_c + D_1 \cdot t) = S$$

$$[62] \quad p = \frac{c}{D_m \cdot k} (D_2 \cdot s_c + D_1 \cdot t) = \frac{S}{\pi \cdot D_m \cdot k}$$

$$D_m = \frac{D_2 + D_1}{2}$$

$$\frac{D_2 - D_1}{2} = k$$

$$[63] \quad c = D_m \cdot k \frac{p}{D_2 \cdot s_c + D_1 \cdot t}$$

Przykład: Rura kielichowa wedle norm polskich:

$$D = 1200 \text{ mm}$$

$$c = 4.9 \text{ cm}$$

$$D_m = \frac{128.6 + 126.0}{2} = 127.3 \text{ cm}$$

$$k = 1.3 \text{ cm}$$

Ciśnienie największe ścinające już ołów wynosi:

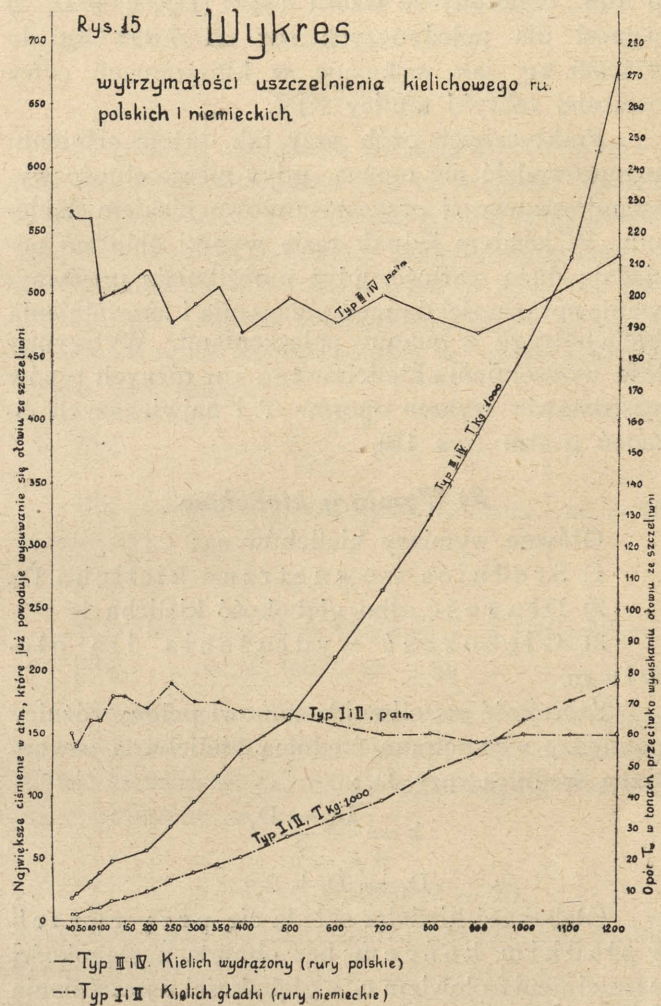
$$p = \frac{4.9}{127.3 \cdot 1.3} (128.6 \cdot 125 + 126.0 \cdot 15)$$

$$p = 532 \text{ atm.}$$

Ciśnienie na  $1 \text{ cm}^2$  powierzchni ołowiu wynosić będzie  $532 \text{ kg}$ ; ponieważ wytrzymałość ołowiu na ciśnienie wynosi tylko  $46-102 \text{ kg/cm}^2$ , niewątpliwie ołów przynajmniej w tylnej części kielicha ulegnie zgniataniu.

Przy ciśnieniu rzeczywistym  $10 \text{ atm.}$  mamy

przy rurach polskich dla uszczelnienia  $\frac{532}{10} \sim 53$ -krotną pewność, więc zgórą trzy razy większą niż przy rurach niemieckich. Stanowi to dużą zaletę rur polskich.



Wytrzymałość uszczelnienia pojedynczych rur polskich podaje tablica XIV.

Tablica XIV.

Wytrzymałość uszczelnienia kielichowego typu III i IV z kielichem wydrążonym.

$$p = \frac{c}{D_m \cdot k} (D_2 \cdot s_c + D_1 \cdot t); s_c = 125 \text{ kg/cm}^2; t = 15 \text{ kg/cm}^2$$

Wymiary  $c$ ,  $D_m$ ,  $k$ ,  $D_2$ ,  $D_1$  według norm polskich.

D mm	40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000	1200
c mm	26	26	26.5	27	27.5	28	29	30	31	32	33	35	37	39	41	43	45	49
k „	7	7	7	8	8	8	8	9	9	9	10	10	11	11	12	13	13	13
$D_2$ „	70	80	112	134	161	186	228	292	344	396	450	552	658	762	868	974	1078	1286
$D_1$ „	56	66	98	118	145	170	222	274	326	378	430	532	636	740	844	948	1052	1260
$D_m$ „	63	73	105	126	153	178	230	283	335	387	440	542	647	751	856	961	1065	1273
p atm.	565	559	558	496	501	507	521	478	492	506	470	497	477	500	483	469	488	532
Opór kg	7829	8972	12871	15701	19245	22678	30103	38254	46616	55200	64957	84601	106376	130297	155933	183560	212799	274389

Największą wytrzymałość uszczelnienia posiadają rury o małych średnicach, przy których stosunek powierzchni przekroju szczeliwa do powierzchni przekroju rury jest duży.

Opór, odpowiadający największemu ciśnieniu  $p$  atm., obliczony ze wzoru  $c \times \pi (D_2 \cdot s_0 + D_1 \cdot t)$  wynosi dla pojedynczych rur od 7.829 kg do 274.389 kg, jak wykazują w kilogramach cyfry ostatniej rubryki tablicy XIV.

Praktycznych prób przy tak dużym ciśnieniu przeprowadzić nie można, gdyż nieszczelność występuje zazwyczaj przy stosunkowo niskim ciśnieniu. W każdym jednak razie wyniki obliczeń posiadają dużą wartość, gdyż umożliwiają porównywanie sprawności danego połączenia i uszczelnienia kielichowego z innymi połączeniami. Wytrzymałość uszczelnienia kielichowego rur różnych typów przedstawia wykres oporów  $T$  i największych ciśnień  $p$  atm (rys. 15).

#### F) Wymiary kielichów.

Główne wymiary kielichów są:

- 1) Średnica wewnętrzna kielicha  $D_2$ .
- 2) Długość albo głębokość kielicha  $l$ .
- 3) Głębokość wydrążenia dla ołowiu  $m$ .

Szerokość szczeliwni  $k$  stanowi połowę różnicy pomiędzy wewnętrzną średnicą kielicha, a zewnętrzną średnicą rury  $D_1$ :

$$k = \frac{D_2 - D_1}{2}$$

$$D_1 = D + 2s$$

Głębokość kielicha składa się przy rurach z gładkim końcem bez obrzeża z głębokości uszczelnienia ołowiem  $c$ , z głębokości uszczelnienia konopnego  $b$  i z szerokości pierścienia »centrującego«  $a$ :

$$[64] \quad l = c + b + a$$

Przy rurach posiadających na bosym końcu obrzeże wstępuje na miejsce szerokości pierścienia »środkującego«  $a$ , szerokość obrzeża  $a_1$ . Głębokość kielicha będzie:

$$[65] \quad l_1 = c_1 + b_1 + a_1$$

$c_1$  oznacza głębokość uszczelnienia ołowiem

$b_1$  " " " konopnego

przy rurach posiadających na bosym końcu obrzeże.

a) Wymiary kielicha według rys. 16.

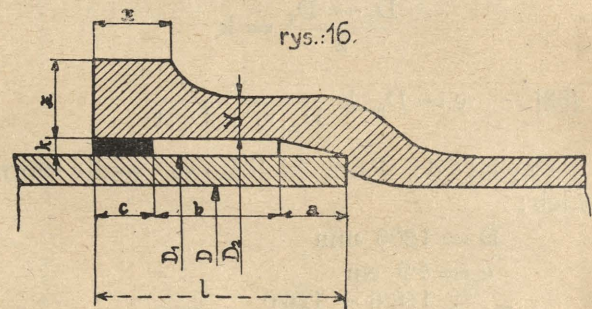
Kielich gładki, bosy koniec rury bez obrzeża.

- 1) Średnica wewnętrzna kielicha  $D_2$  zależy od szerokości szczeliwni  $k$ :

$$D_2 = D_1 + 2k$$

Im mniejsza szerokość szczeliwni  $k$ , tem mniejsza średnica wewnętrzna kielicha  $D_2$ .

Równanie  $p = 2t \cdot \frac{c}{k}$  wskazuje nam, że wytrzymałość uszczelnienia  $p$  atm. jest tem większa, niż mniejsza jest szerokość szczeliwni  $k$ . Największa wytrzymałość uszczelnienia ( $p \infty$ ) nastąpi przy  $k = 0$ , t. zn. przy połączeniu kielichowym typu V-go, przy którym kielich i bosa koniec rury są tozone i dokładnie dopasowane. Pomijając już koszty tożenia, takie połączenie kielichowe stosujemy tylko w wyjątkowych wypadkach ze względu na zupełną sztywność połączenia.



W wypadkach normalnych stosujemy połączenie kielichowe ze szczeliwnią  $k$  możliwie jak najmniejszą ze względu na oszczędność szczeliwa: ołowiu i konopi. W praktyce szerokość szczeliwni zależy od wymiarów narzędzi, służących do ubijania ołowiu w szczeliwni.

Reuleaux podał w roku 1892 dla szerokości szczeliwni następujący wzór:

$$[66] \quad k = 5 + 0.007 D \text{ mm}$$

Wzór ten daje dla rur o małych średnicach za małe wyniki. Dla  $D = 100$  mm wypada  $k = 5.7$  mm. Żadne normy rur żeliwnych tak małej szerokości szczeliwni nie wykazują. Lepiej zgadzające się z praktyką wyniki daje wzór:

$$[67] \quad k = 0.005 D + 7 \text{ mm.}$$

Np. dla  $D = 100$  mm jest  $k = 7.5$  mm. Szerokość szczeliwni  $k$ , raz ustalona, odnosi się do wszystkich typów I—IV.

W tablicy XV zestawione są szerokości szczeliwni według wzoru Reuleaux'a, według wzoru autora i według różnych norm rur żeliwnych.

Wartości dla  $k$  obliczone ze wzoru autora zgadzają się bardzo dobrze z wartościami  $k$  według norm polskich, niemieckich i rosyjskich. Te ostatnie wykazują przy rurach o średnicy 1000 mm i wwyż za duże  $k$ .

Wyniki ze wzoru Reuleaux'a zgadzają się dopiero przy średnicach większych niż 800 mm z wymiarami k stosowanymi w praktyce. Przy rurach o mniejszych średnicach są one za małe.

Normy angielskie (British Engineering Standards Association 1919) wykazują dla rur od 3" do 16" tę samą szerokość szczeliwni z  $\frac{3}{8}$ " = 9.5 mm, dla rur powyżej 16" z  $\frac{7}{16}$ " = 11.1 mm. Przy rurach amerykańskich szerokość szczeliwni wynosi dla rur o średnicy mniejszej niż 350 mm - 10.2 mm, dla rur większych 12.7 mm.

Tablica XV.  
Szerokość szczeliwni k w mm.

D mm	k mm 0.007 D + 5 Reuleaux	k mm 0.005 D + 7 autor	Normy niemieckie	Normy polskie	Normy rosyjskie	Normy angielskie	Normy amerykań.
40	5.28	7.2	7	7	7	—	—
50	5.35	7.25	7.5	7	7	—	—
80	5.56	7.40	7.5	7	7	$\frac{3}{8}$ " = 9.5 mm	—
100	5.70	7.50	7.5	8	7	9.5	10.2
125	5.875	7.625	7.5	8	7	9.5	10.2
150	6.05	7.75	7.5	8	7.5	9.5	10.2
200	6.4	8	8	8	7.5	9.5	10.2
250	6.75	8.25	8.5	9	8	9.5	10.2
300	7.10	8.5	8.5	9	8.5	9.5	10.2
350	7.45	8.75	8.5	9	9	9.5	10.2
400	7.8	9	9.5	10	9	$\frac{3}{8}$ " = 9.5	12.7
500	8.5	9.5	10	10	10	$\frac{7}{16}$ " = 11.1	12.7
600	9.2	10	10.5	11	11	11.1	12.7
700	9.9	10.5	11	11	11.5	11.1	12.7
800	10.6	11	12	12	12.5	11.1	12.7
900	11.3	11.5	12.5	13	13	11.1	12.7
1000	12	12	13	13	14	11.1	12.7
1200	13.4	13	13	13	15.5	11.1	12.7

Jeżeliby kiedyś wydane były międzynarodowe normy rur żeliwnych, to różnice te powinny być wyrównane.

2) Głębokość kielicha l.

a) Długość uszczelnienia ołowiem c.

Wracamy do równania:

$$p = 2 t \cdot \frac{c}{k}$$

Przy danej szerokości szczeliwni k wytrzymałość uszczelnienia zależna jest od długości uszczelnienia c. Im większe ciśnienie p, tem większe powinno być c. Przy obliczaniu długości uszczelnienia przyjmujemy stopień bezpieczeństwa m = 15, jaki istnieje przy rurach typu niemieckiego. Uwzględniając stopień bezpieczeństwa m, otrzymamy ze wzoru powyższego:

$$[68] \quad c = \frac{p \cdot k}{2 t} \cdot m$$

Dla t = 15 kg/cm<sup>2</sup>, p = 10 atm., m = 15 otrzymamy:

$$[69] \quad c = 5 \cdot k$$

Wprowadzając k = 0.005 D + 7 otrzymamy:

$$[70] \quad c = 0.025 D + 35$$

Długość uszczelnienia ołowiem przy ciśnieniu wewnętrznym 10 atm. jest 5 razy większa niż szerokość szczeliwni. Jak dalece zgadzają się wartości dla c obliczone ze wzorów:

$$c = 5 k$$

$$i \quad c = 0.025 D + 35$$

z rzeczywistymi wymiarami rur niemieckich, widać z tablicy XVI.

Tablica XVI.

Długość uszczelnienia ołowiem rur z kielichem gładkim dla ciśnienia roboczego 10 atm.

D mm	40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000	1200
c = 0.025 D + 35	36	36.25	37	37.5	38.125	38.75	40	41.25	42.5	43.75	45	47.5	50	52.5	55	55.5	60	65
k normy niem	7	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	8	8.5	8.5	8.5	9.5	10	10.5	11	12	12.5	13	13
c = 5 k	35	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	40	42.5	42.5	42.5	47.5	50	52.5	55	60	62.5	65	65
c niem. *) takt	35	35	40	40	45	45	45	50	50	50	50	55	55	55	60	60	65	65

\*) Według: Brinkhaus »Das Rohrnetz der städt. Wasserwerke«, str. 159.

Dla ciśnień większych niż 10 atm. długość uszczelnienia powinna być odpowiednio powiększona. Przyjmując te same wartości za t i m otrzymamy: dla ciśnienia roboczego 15 atm.: c = 7.5 k  
dla „ „ „ 20 atm.: c = 10 k,

Ponieważ ubijanie ołowiu przy tak dużych długościach c byłoby utrudnione i prawie niemożliwe, stosujemy dla ciśnień wyższych zawsze kielich z wydrążeniem dla ołowiu, przy którym długość c może pozostać daleko mniejsza.

β) Długość uszczelnienia konopnego przy rurach z kielichem gładkim

Jeżeli przyjmujemy, że w rzeczywistości tylko ołów uszczelnia, a szczeliwo konopne służy jedynie jako podkład dla ołowiu, to długość uszczelnienia konopnego  $b$  nie musi być duża. Według mego zdania wystarczycie powinna długość trzy razy większa niż szerokość szczeliwni:

$$[71] \quad b = 3k = 3(0.005D + 7) = 0.015D + 21$$

Długość uszczelnienia konopnego  $b$ , obliczoną ze wzoru  $b = 0.015D + 21$  i porównaną z rzeczywistymi wymiarami rur niemieckich dla pojedynczych średnic, przedstawia tablica XVII.

Widzimy, że długość uszczelnienia konopnego rur niemieckich jest niepotrzebnie duża.

Tablica XVII.  
Długość uszczelnienia konopnego (kielich gładki).

D mm	40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000	1200
$b = 0.015D + 21$	21.6	21.75	22.2	22.5	22.58	23.25	24	24.75	25.5	26.25	27	28.5	30	31.5	33	34.5	36	39
$k$ normy niem.	7	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	8	8.5	8.5	8.5	9.5	10	10.5	11	12	12.5	13	13
$b = 3k$	21	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	24	25.5	25.5	25.5	28.5	30	31.5	33	36	37.5	39	39
$b$ niem. *) fakt.	27	30	30	34	32	34	38	34	35	36	38	36	39	41	38	41	39	43

\*) Według: P. Brinkhaus, str. 159.

γ) Szerokość pierścienia »centrującego«  $a$ .

Według norm niemieckich  $a = 1.5s$ ;  $s$  jest to grubość ścianki rury dla 10 atm. ciśn. rob. Ponieważ  $s = 0.0196D + 7$ , będzie

$$[72] \quad a \sim 0.030D + 10$$

U w a g a: Grubość ścianki jest tu zależna od wysokości ciśnienia wewnętrznego. Szerokość pierścienia »centrującego« nie ma jednak nic wspólnego z ciśnieniem wewnętrznym, jest od niego

niezależna. Lepiejby więc było uzależnić szerokość pierścienia centrującego od szerokości szczeliwni  $k$ .

δ) Całkowita głębokość kielicha  $l$  przy rurach na 10 atm. ciśnienia rob.

$$l = c + b + a; \quad c = 0.025D + 35$$

[według Reuleaux:  $c = 0.007D + 28$  (za małe)]

$$b = 0.015D + 21; \quad a = 0.030D + 10$$

$$[73] \quad l = 0.070D + 66$$

[według Reuleaux:  $l = 0.11D + 67$  (za duże)]

Tablica XVIII.

Głębokość kielicha obliczona ze wzoru  $l = 0.07D + 66$  i porównana z tym wymiarem według norm niemieckich.

D mm	40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000	1200
$l = 0.07D + 66$	68.8	69.5	71.6	73	74.75	76.6	80	83.5	87	90.5	94	101	108	115	122	129	136	150
$l$ w/g n. niem.	74	77	84	88	91	94	100	103	105	107	110	115	120	125	130	135	140	150

Widzimy, że głębokość kielicha rur niemieckich o średnicach małych jest stosunkowo duża.

Głębokość kielicha rur z kielichem gładkim, stosowanym dla ciśnień wyższych ponad 10 atm., zmienia się w miarę powiększenia długości uszczelnienia ołowiem zależnie od wysokości ciśnienia. Wymiary  $b$  i  $a$  pozostają te same. Np.:  $p = 12$  atm.,  $t = 15$ ,  $m = 15$ ,  $D = 500$  mm:

$$c = \frac{p \cdot k}{2t} \times m = 6k = 0.030D + 42$$

$$c = 57 \text{ mm}$$

$$b = 0.015D + 21 = 28.5 \text{ mm}$$

$$a = 0.030D + 10 = 25 \text{ mm}$$

$$c + b + a = 110.5 \text{ mm}$$

Długość normalnego kielicha niemieckiego odpowiada pod warunkiem, jeżeli  $c$  weźmiemy z 57 mm zamiast 55 mm i jeżeli przy ciśnieniu 12 atm. wystarcza w praktyce stopień bezpieczeństwa 15.

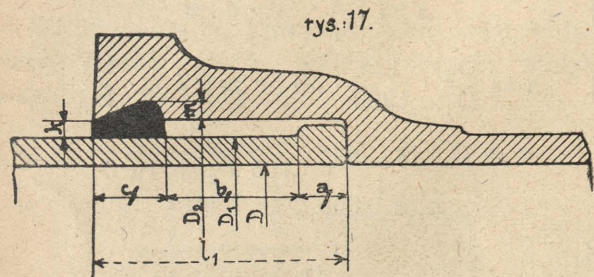
b) Wymiary kielicha według rys. 17.

Kielich wydrążony, bosy koniec z obrzeżem.

1) Średnica wewnętrzna kielicha  $D_2$  i szerokość szczeliwni  $k$  są te same, jak przy kielichu gładkim według rys. 16.

2) Głębokość kielicha natomiast będzie inna, t. j. mniejsza, gdyż długość uszczelnienia ołowiem  $c$ , będzie wskutek wydrążenia w kielichu

daleko mniejsza, tak samo szerokość obrzeża będzie mniejsza, niż szerokość pierścienia »centrującego«.



α) Długość uszczelnienia ołowiem  $c_1$ :

$$[74] \quad c_1 = D_m \cdot k \cdot \frac{p}{D_2 \cdot s_c + D_1 \cdot t} \cdot m_1$$

$$D_m = \frac{D_2 + D_1}{2}$$

W celu uzgodnienia wyników obliczeń ze wzoru [74] z wymiarami stosowanymi w praktyce należy przyjąć stopień bezpieczeństwa  $m_1 = 50$ .

Dla  $p = 10 \text{ atm.}$ ,  $s_c = 125 \text{ kg/cm}^2$ ,  $t = 15 \text{ kg/cm}_2$  i  $m = 50$  otrzymamy (wymiarzy w  $\text{cm}$ ):

$$[75] \quad c_1 = D_m \cdot k \cdot 500 \frac{1}{125 D_2 + 15 D_1}$$

$$k = 0.005 D + 7 \text{ mm}$$

β) Długość uszczelnienia konopnego jest ta sama, co przy rurach z kielichem gładkim:

$$b = b_1 = 3 k = 0.015 D + 21 \text{ mm}$$

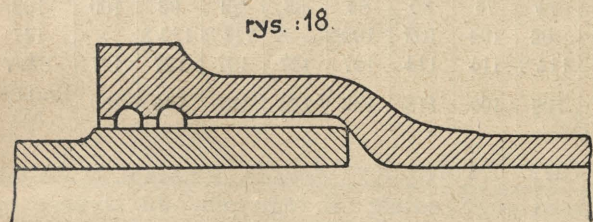
γ) Szerokość i wysokość obrzeża. Obrzeże spełnia oprócz ułatwiania »środkowania« rury w kielichu dwa zadania: 1) wzmacnia grubość ścianki bosego końca rury i zabezpiecza koniec rury przeciwko pęknięciu przy ubijaniu szczeliwa, przy ładowaniu i wyładowaniu, jakoteż przy układaniu rur, oraz podczas ich transportu; 2) stawia opór sile, dążącej do wyciągania bosego końca rury z kielicha. Względ na zabezpieczenie bosego końca rury przeciwko pęknięciu nie daje dokładnej podstawy do obliczenia szerokości obrzeża; szerokość obrzeża określić można tutaj tylko we-

Tablica XIX.

Długość uszczelnienia ołowiem przy kielichu wydrążonym;  $p = 10 \text{ atm.}$

D mm	40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000	1200
k mm	7.2	7.25	7.4	7.5	7.6	7.75	8	8.25	8.5	8.75	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12	13
$D_2$ mm	70.4	80.5	112.8	133	160.2	185.5	238	290.5	343	395.5	448	551	656	761	866	971	1076	1286
$D_1$ mm	56	66	98	118	145	170	222	274	326	378	430	532	636	740	844	948	1052	1260
$c_1$ obl. mm	23.6	24	25	25.5	26.1	26.8	27.8	28.8	29.8	30.7	31.6	33.5	35.3	37.1	38.8	40.7	42.5	46.1
$c_1$ fakt n. pol. mm	26	26	26.5	27	27.5	28	29	30	31	32	33	35	37	39	41	43	45	49

dług uczucia, zależnie od stopnia zabezpieczenia bosego końca przeciwko pęknięciu. Pod tym względem idą najdalej wodociągowcy belgijscy, stosujący obrzeże na całej głębokości kielicha (rys. 18).



Tylko przy rurach z kruchej żeliwa z dużą zawartością fosforu tak wielka szerokość obrzeża byłaby wskazana. Zazwyczaj obrzeże jest stosunkowo wąskie.

Szerokość obrzeża powinna być tak duża, aby obrzeże natężone na ścinanie przy wysuwaniu się końca rury z kielicha wytrzymało przynajmniej opór tarcia przy kielichu gładkim, względnie opór

ścinania ołowiu przy kielichu wydrążonym. Jeżeli wytrzymałość żeliwa na ścinanie wynosi w  $\text{kg}$  na  $1 \text{ cm}^2$ , jeżeli:

- $D_3$  oznacza średnicę zewnętrzną obrzeża,
- $D_1$  „ „ „ „ „ średnicę zewnętrzną rury,
- $D_2$  „ „ „ „ „ średnicę wewnętrzną kielicha,
- $a$  „ „ „ „ „ szerokość obrzeża,

to obowiązują równania:

a) Dla kielicha gładkiego:

$$n \cdot D_1 \cdot \pi \cdot c \cdot t = D_1 \cdot \pi \cdot a \cdot w$$

$$[76] \quad a = \frac{c \cdot t}{w} \cdot n$$

$n$  oznacza stopień bezpieczeństwa =  $\frac{w}{n_c}$

$$\text{Przyjmijmy } n = 50$$

$$w \sim w_c = 1800 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = \frac{c \cdot 15 \cdot 50}{1800} = \frac{5}{12} \cdot c$$

$$c = 5 k$$

Szerokość obrzeża przy kielichu gładkim wynosić powinna przynajmniej  $\frac{5}{12}$  długości uszczelnienia ołowiem, względnie  $\frac{25}{12}$  szerokości szczeliwni:

$$[77] \quad a = \frac{5}{12} c = \frac{25}{12} k$$

b) Dla kielicha wydrążonego:

$$n \cdot D_2 \cdot \pi \cdot c \cdot w_s = D_1 \cdot \pi \cdot a \cdot w$$

$w_s$  = wytrzymałość ołowiu na ścinanie i zgniatanie = 125 kg/cm<sup>2</sup>,

$w$  = wytrzymałość żeliwa na ścinanie = 1800 kg/cm<sup>2</sup>

$$[78] \quad a = \frac{D_2}{D_1} \cdot \frac{w_s}{w} \cdot c \cdot n$$

$$[79] \quad a = \frac{D_2}{D_1} \cdot \frac{125}{1800} \cdot 10 \cdot c \cong 0.7 c \cdot \frac{D_2}{D_1}$$

$$c = D_m \cdot k \cdot 500 \cdot \frac{1}{125 D_2 + 15 D_1}$$

$$k = 0.005 D + 7 \text{ mm}$$

Tablica XX.

Szerokość obrzeża  $a_1$  obliczona ze wzoru:  $a_1 = 0.7 c_1 \frac{D_2}{D_1}$

D mm	40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000	1200
$c_1$	23.6	24	25	25.5	26.1	26.8	27.8	28.8	29.8	30.7	31.6	33.5	35.3	37.1	38.8	40.7	42.5	46.1
$a_1$	20.6	20.4	20	20	20	20.5	20	21.4	21.4	22.6	22	24.3	25.5	26.7	27.9	29.2	31.8	33
a normy pol.	14	14	14	14	14	15	15	16	17	18	18	20	21	23	24	26	27	30
a normy amer.	—	—	—	19	19	19	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
a nor. Wiedeń	—	—	—	21	—	22	23	24	26	27	28	31	33	35	38	40	43	1100=D 45
a = s	—	—	$\frac{75=D}{15.9}$	15.9	17.4	19	19	19	19	22.2	22.2	25.4	25.4	—	29.6	34.9	38.1	41.3
a normy angiel.	—	—	$\frac{75=D}{15.9}$	15.9	17.4	19	19	19	19	22.2	22.2	25.4	25.4	—	29.6	34.9	38.1	41.3

Widzimy, że szerokość obrzeża według różnych norm jest wzięta dowolnie. Stosowanie wzoru:

$a = 0.7 \cdot c_1 \cdot \frac{D_2}{D_1}$  usuwa tę dowolność. Reuleaux po-

daje dla  $a = 1.2 s$ , przyczem  $s$  oznacza grubość

ścianki rury. Wzór ten daje dla rur małych za niskie wyniki.

Znając wymiary  $a_1 - b_1 - c_1$  obliczyć możemy całą głębokość kielicha wydrążonego  $l_1$  (p. tablica XXI).

Tablica XXI.

Głębokość kielicha wydrążonego (c. r. 10 atm).

D	40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000	1200
$c_1$	23.6	24	25	25.5	26.1	26.8	27.8	28.8	29.8	30.7	31.6	33.5	35.3	37.1	38.8	40.7	42.5	46.1
$b_1 = b$	21.6	21.75	22.2	22.5	22.58	23.25	24	24.75	25.5	26.25	27	28.5	30	31.5	33	34.5	36	39
$a_1$	20.6	20.4	20	20	20	20.5	20	21.4	21.4	22.6	22.1	24.3	25.5	26.7	27.9	29.2	31.8	33
$l_1$	65.8	66.15	67.2	68	68.68	70.55	71.8	74.95	78.65	79.55	80.7	86.3	90.8	95.3	99.7	104.4	110.3	118.1
$l_1$ normy pol.	60	60	60	64	65	66	68	70	72	74	76	80	84	88	92	96	100	108
$l_1$ nor. amer.	—	—	—	89	—	89	102	102	102	102	102	102	102	—	114.3	114.3	—	127
$l_1$ norm. ang.	—	—	76.2	76.2	88.9	89	102	102	102	114.3	114	114	127	127	127	127	127	139.7
$l_1$ n. Wiedeń 11 atm.	—	—	—	94	—	97	99	101	103	106	109	118	123	132	137	146	150	D=1100 155

Kielich rur według norm polskich jest najkrótszy; najdłuższy kielich posiadają rury wiedeńskie na 11 atm. Głębokość kielicha  $l_1$  obliczona ze wzorów powyżej podanych jest ca 10% większa, niż przy rurach według norm polskich. Różnica ta pochodzi przeważnie od różnicy w wymiarach obrzeża  $a_1$ , nie uszczupla więc sprawności uszczelnienia.

Kształt obrzeża.

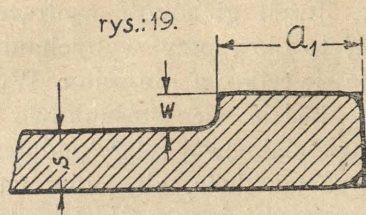
Obrzeże służy za podkład ubijanego warkocza konopnego i uniemożliwia »przebiecie« szczeliwa

do rury. Zwolennicy obrzeża uważają to za największą jego zaletę. Z tego powodu obrzeże powinno być wysokie i obcięte prostopadle do osi rury (rys. 19, normy angielskie).

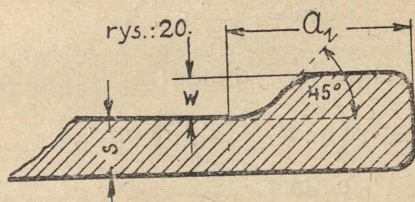
Obrzeże takie utrudnia przesuwanie rury w kielichu; jeżeli zaś przesuwanie rury rzeczywiście się odbywa, to równocześnie szczeliwo wychodzi ze szczeliwni razem z końcem rury. Możliwość zaś przesuwania końca rury w kielichu jest, według innych wodociągowców, zasadniczym postulatem.

Postulat ten uwzględnili inżynierowie i wodociągowcy niemieccy zupełnie przez przyjęcie bosoego końca gładkiego i odrzucenie obrzeża.

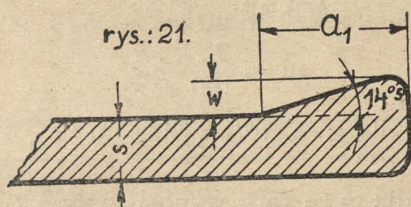
Chcąc uzyskać korzyści, jakie daje obrzeże i bosy koniec gładki, należy obrzeże urządzić skośne (rys. 20 i 21).



rys.:19.  
prostokątne obrzeże  
∠ 90°



rys.:20.  
obrzeże półskośne  
∠ 45°



rys.:21.  
obrzeże skośne.  
 $\frac{w}{b} = \frac{1}{4}$ , ∠ 14°5'

Wysokość obrzeża  $w$  powinna być mniejsza niż szerokość szczeliwni  $k$  w celu umożliwienia poruszania się rury w kielichu i ze względu na nieuniknione niedokładności odlewu, t.j. odchylenia wewnętrznej średnicy kielicha od wymiarów normalnych.

Pomiędzy wysokością obrzeża  $w$  i szerokością szczeliwni  $k$  powinien być zachowany pewien stosunek. Stosunek ten przy rurach według różnych norm jest różny. Np.:

- normy rosyjskie (V Zjazd) i polskie . . . . .  $w = 0.5 - 0.54 k$
- normy amerykańskie . . . . .  $w = 0.48 - 0.64 k$
- normy angielskie . . . . .  $w = 0.5 - 0.44 k$
- normy miasta Wiednia . . . . .  $w = 0.55 - 0.67 k$

Można więc przyjąć jako normę, że

[80]  $w = 0.5 k$

Wszystkie normy rur żeliwych oprócz niemieckich przewidują obrzeże na bosym końcu rury. Fakt ten — zdaje się — był decydujący także przy ustalaniu norm polskich. Jeżeli zaś bliżej rozpatrzymy sprawę celowości obrzeża, to przychodzimy do wniosku, że obrzeże na bosym końcu rury nie daje ani pod względem odlewniczo-technicznym, ani pod względem wodociągowo-zawodowym żadnych korzyści.

Pod względem odlewniczo-technicznym obrzeże jest niekorzystne. Koszt obcinania nadlewów pogrubionych o wysokość obrzeża jest znacznie większy, niż koszt obcinania rur bez obrzeża. Przy rurach o małych średnicach obcięcie nadlewu z obrzeżem wymaga o 50% więcej czasu niż obcięcie nadlewu bez obrzeża. Oprócz tego obrzeże należy dokładnie obrobić na tokarce, co powoduje także znaczny wydatek. Nareszcie obrzeże zasłania

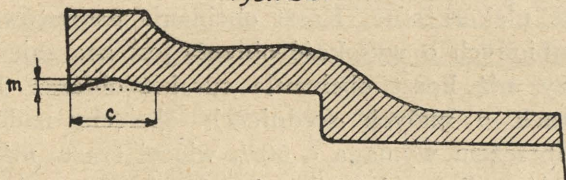
Tablica XXII.  
Wysokość obrzeża  $w$ .

D	40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000	1200
$w = 0.5 k$	3.6	3.63	3.7	3.75	3.8	3.88	4	4.13	4.25	4.38	4.5	4.75	5	5.25	5.5	5.75	6	6.5
Normy polskie } $k$	7	7	7	8	8	8	8	9	9	9	10	10	11	11	12	13	13	13
Normy polskie } $w$	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	4	4	4	4.5	4.5	5	5	5.5	6	6.5	7	7	8
Normy amerykańskie } $k$	—	—	—	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7
Normy amerykańskie } $w$	—	—	—	4.8	4.3	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4
Normy angielskie } $k$	—	—	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1
Normy angielskie } $w$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Normy wiedeńskie } $k$	—	—	—	8	—	8	8	8.5	8.5	9	10	10.5	11.5	12	13	13.5	14.5	1100
Normy wiedeńskie } $w$	—	—	—	5	—	5	5	5.5	5.5	5.5	5.5	6	6.5	7	8	8.5	9.5	10

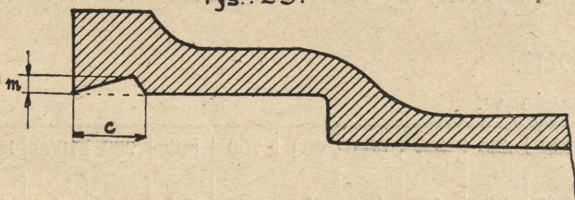
\*)  $k = 0.005 D + 7 \text{ mm}$

przy przeglądaniu rur rzeczywistą grubość ścianki i utrudnia badanie nierównej grubości ścianki, względnie mimośrodkowości rury. Zaleta obrzeża, polegająca na wzmocnieniu ścianki czyniącym bosy koniec rury odporniejszym przeciwko pękaniu, traci wobec tego bardzo na znaczeniu, tem bardziej, że przy stosowaniu żeliwa o odpowiednim składzie chemicznym rury bez obrzeża w normalnych warunkach przewozu, czy manipulacji przy układaniu rurociągu nigdy nie pękają. Jeżeli jeszcze zważymy, że obrzeże uniemożliwia stosowanie wirującego sposobu odlewania rur\*) — dzisiaj na Zachodzie tak modnego — przyznać musimy, że pod względem odlewniczo-technicznym obrzeże jest zbyteczne. Pod względem wodociągowo-zawodowym obrzeże wprawdzie powiększa wytrzymałość połączenia, ale zaleta ta nie odgrywa w praktyce dużej roli, gdyż tam, gdzie rura końcowa narażona jest na wysunięcie z kielicha, stosujemy zabezpieczenie innego rodzaju. Obrzeże służy do środkowania rur przy układaniu rurociągu. Niekiedy należy rurę obciąć, nabijanie obrzeża z żelaza zabiera dużo czasu i zwykle stosuje się w takim wypadku krótszą rurę bez obrzeża, pokonując duże trudności przy środkowaniu jej w kielichu. Widzimy więc, że i pod tym względem obrzeże nie daje żadnych korzyści w porównaniu z rurami bez obrzeża na bosym końcu.

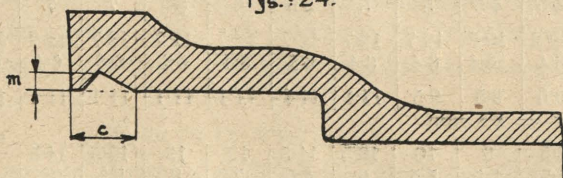
rys.: 22.



rys.: 23.



rys.: 24.



\*) W żeliwnych lub stalowych kokilach.

3) Głębokość wydrążenia  $m$  (rys. 17).

W zasadzie przedstawia się w przekroju wydrążenie jako trójkąt, którego podstawa równa się długości uszczelnienia ołowiem. Kształt trójkąta może być różny, jak widać z rysunków 22—24.

Przy rurach polskich wierzchołek trójkąta jest zaokrąglony. Jeżeli głębokość wydrążenia  $m$  jest bardzo mała, to ołów przy wypychaniu ze szczelnikni zgniata się tylko, a nie ścina. Wytrzymałość uszczelnienia będzie więc stosunkowo mała. Aby wydrążenie spełniało swój cel dokładnie, musi jego głębokość być tak duża, aby ołów narażony był na zgniatanie i na ścinanie. Nastąpi to z pewnością wówczas, gdy 20—25% ołowiu znajduje się w wydrążeniu, t. zn. jeżeli głębokość wydrążenia wynosi:

$$[81] \quad m = \frac{k}{2} \text{ do } \frac{2}{3} k$$

Ołów całkowity zajmuje:

$$\left( c \cdot k + \frac{c \cdot m}{2} \right) \text{ cm}^3$$

$$\frac{\frac{c \cdot m}{2} \times 100}{\left( c \cdot k + \frac{cm}{2} \right)} = x\%$$

$$\frac{100 m}{2 k + m} = x\%$$

$$m = \frac{2 \cdot k \cdot x}{100 - x}$$

$$\text{dla } x = 20\% \text{ wynosi } m = \frac{k}{2}$$

$$\text{dla } x = 25\% \text{ wynosi } m = \frac{2}{3} k$$

W tablicy XXIII podane są głębokości  $m$  przy rurach według różnych norm.

Polskie kielichy posiadają największe wydrążenie, wynoszące 24.4% do 21.4% objętości całej szczelnikni dla ołowiu. Trochę mniejsze jest wydrążenie w kielichach rur amerykańskich. Najmniejsze stosunkowo wydrążenie dla ołowiu posiadają rury angielskie, bo wynoszące 14.3 - 12.5% objętości całej szczelnikni. Bez wykonania praktycznych badań nie można twierdzić, czy wydrążenie tak małe, jak angielskie, jest wystarczające. Dokonane próby z kielichem polskim wykazały jednak, że przy wydrążeniu według norm polskich ołów się nietylko zgniata, lecz także ścina. Według mego zdania, uchodzić może wydrążenie o pojemności 20% całej szczelnikni dla ołowiu za normalne. Normalna głębokość wydrążenia skośnego

Tablica XXIII.  
Głębokość wydrążenia m w mm.

D		40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	
Wzór	$m = \frac{k}{2}$ $x = 20\%$	3.6	3.6	3.7	3.75	3.81	3.88	4	4.13	4.25	4.38	4.5	4.75	5	5.25	5.5	5.75	6	6.25	6.5	
	$m = \frac{2}{3}k$ $x = 25\%$	4.8	4.8	4.9	5	5.1	5.2	5.3	5.5	5.6	5.8	6	6.3	6.7	7.2	7.3	7.6	8	8.3	8.7	
Normy polskie	$m$ $x\%$	4.5 24.4	4.5 24.4	4.5 24.4	4.5 22	4.5 22	4.5 22	5 23.8	5 21.8	5 21.8	5.5 23.4	5.5 21.6	5.5 21.6	6 21.4	6.5 22.8	6.5 21.3	7 23.3	7 23.3	—	8 22.4	
Normy amerykańskie	$m$ $x\%$	dla wszystkich rur $m = \frac{1}{4}'' = 6.3$ mm																			
Normy angielskie	$m$ $x\%$	dla wszystkich rur $m = \frac{1}{8}'' = 3.2$ mm																			
Normy miasta Wiednia 11 atm.	$m$ $x\%$	—	—	—	3.5	—	3.5	3.5	3.5	4	4	4	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	—	

$$*) k = 0.005 D + 7$$

$$**) x = \frac{100 m}{2 k + m}$$

czy stożkowego wynosić więc powinna połowę szerokości szczelini:

$$[82] \quad m = \frac{k}{2}$$

Obowiązuje przytem założenie, że długość wydrążenia równa się długości uszczelnienia ołowiem.

Czy kształt wydrążenia według rys. 22 jest pod względem skuteczności uszczelnienia lepszy, niż kształty według rys. 23 względnie 24, orzeczyć

można na podstawie wyników badań porównawczych.

Dawne normy wiedeńskie, jakoteż normy duńskie, włoskie i francuskie \*) przewidują dla kielichów wydrążenia dla ołowiu w postaci rowków o przekroju półkolistym, pojedynczych albo podwójnych (rys. 25 i 26).

Wymiary s-t-r według dawnych norm wiedeńskich, stosowane obecnie w Danji, są następujące:

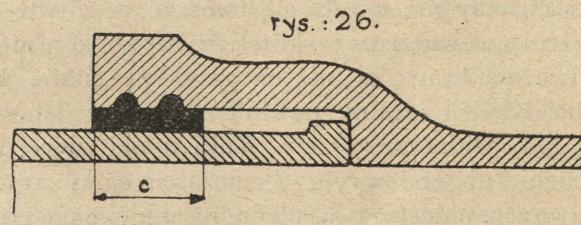
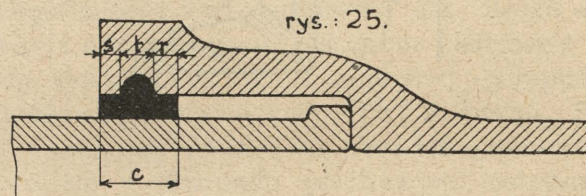
Tablica XXIV.

D	40	55	80	105	130	160	210	265	315	370	420	525	630	685	790	870	950
s	10	10	10	10	10	10	10	11	13	13	13	13	13	13	13	13	13
t	10	10	10	10	10	10	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
r	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
c	33	33	33	33	33	33	36	37	39	39	39	39	39	39	39	39	39

Odległość rowka od krawędzi kielicha s wynosi tylko 10—13 mm. Z powodu tak małej odległości ołów w rowku ulega podczas ubijania ścinaniu; ołów w rowku nie będzie ubity i rowek dla uszczelnienia nie ma żadnego znaczenia. Według Brinkhausa \*\*) odległość ta powinna wynosić przynajmniej 25 mm, aby pierścień ołowiu w rowku nie był narażony na ścinanie podczas ubijania ołowiu w szczelini.

\*) Typ rur uniwersalny odlewni Pont à Mousson i miasta Paryża (Katalog Pont à Mousson 1924).

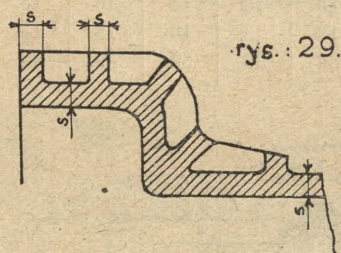
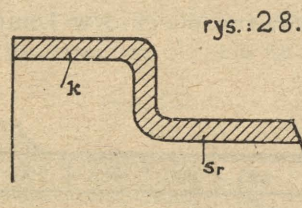
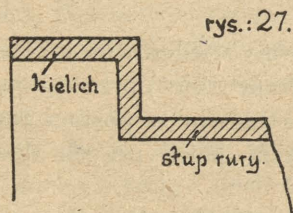
\*\*) Paul Brinkhaus: Das Rohrnetz städt. Wasserwerke, str. 167.



Wydrążenie dla ołowiu powiększa trzykrotnie wytrzymałość uszczelnienia w porównaniu z wytrzymałością przy kielichu gładkim, bez wydrążenia. Wytrzymałość uszczelnienia normalnego wogóle zależy przede wszystkim od zabezpieczenia rurociągu od wyboczeń. Tam, gdzie z jakichkolwiek powodów rurociąg na pewnej przestrzeni ulega wyboczeniu, szczelność kielichów jest w wysokim stopniu zagrożona tak przy kielichu wydrążonym jak i gładkim. Zaznaczyć należy, że wydrążenie jakiegokolwiek kształtu jest dla sposobu wirującego odlewu rur obojętne.

#### Inne wymiary kielicha.

Idealnym pod względem odlewniczo-technicznym byłby kielich posiadający tę samą grubość ścianki, co słup rury (rys. 27).

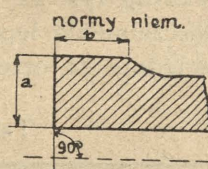


W odlewnictwie unikamy zasadniczo krawędzi ostrych, aby nie mogły się tworzyć w żeliwie naprężenia wewnętrzne wskutek szybszego stygnięcia żeliwa na krawędzi niż na gładkiej ścianie kielicha. Kielich idealny powinien więc przedstawiać się, jak widać z rys. 28. Taki mniej więcej jest kielich rur stalowych. Tymczasem przy rurach żeliwnych należy ze względu na mniejszą wytrzy-

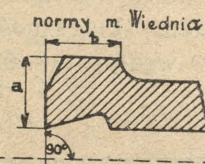
małość materiału ściankę kielicha wzmocnić. Ze względu na zasadę zachowania mniej więcej tej samej grubości ścianki, wzmocnienie odbywać się powinno zapomocą żeber. Kielich żeliwny wzmocniony zapomocą żeber przedstawia rys. 29. Taki kielich odpowiadałby w zupełności zasadom odlewniczo-technicznym. Tymczasem w praktyce odlewniczej kielich taki stosowany być nie może ze względu na znaczne powiększenie kosztów formierskich i na znaczne utrudnienie masowej i taniej produkcji rur. Wymagania ekonomji są i tutaj silniejsze niż zasady odlewniczo-techniczne i one to usprawiedliwiają kształt kielichów stosowany dzisiaj w praktyce przy masowej produkcji rur.

Przy ubijaniu ołowiu w szczeliwni ścianka kielicha narażona jest na silne uderzenia. Brzeg kielicha najbardziej cierpi wskutek uderzeń. Z tego powodu grubość ścianki kielicha jest znacznie większa niż grubość ścianki słupa rury i oprócz tego brzeg kielicha zaopatrzony jest w odpowiednio gruby i szeroki wieniec (a b). Kształt wienca jest przy różnych typach rur różny, jak to widać z rys. 30–33.

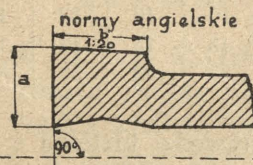
rys.: 30.



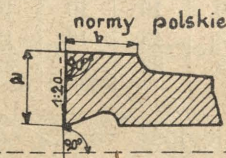
rys.: 31.



rys.: 32.



rys.: 33.



Przy rurach niemieckich, wiedeńskich, angielskich powierzchnia czoła kielicha jest prostopadła do osi rury, przy rurach polskich jest ona do osi rury trochę nachylona.

Te duże grubości wienców i ścianek kielichów są przyczyną pewnych niedogodności. Skład chemiczny żeliwa, przede wszystkim jego zawartość krzemu, muszą być dostosowane do grubości ścianki słupa rury. Zawartość krzemu w żeliwie i szybkość stygnięcia, zależna od grubości ścianki, decydują o ilości wydzielonego grafitu i wielkości

Wymiary *)	Normy niemieckie	Normy wiedeńskie	Normy angielskie	Normy polskie	Normy ameryk.	Normy rosyjskie**)
a mm	$2s + 7$	$2.6s + 1.4$	25 — 72	26 — 72	33 — 106	$24 + 0.04 D$
b mm	$2s + 7$	100—400 : 35 425—600 : 40 650—800 : 45 + 800 : 50	25 — 66	31 — 54	38 — 51	$30 + 0.02 D$
D mm	40 — 1200	100 — 1100	3" — 48"	40 — 1200	4" — 48"	40 — 1200

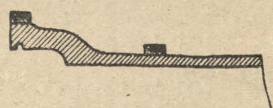
\*) s = grubość ścianki słupa rury

D = wewnętrzna średnica rury

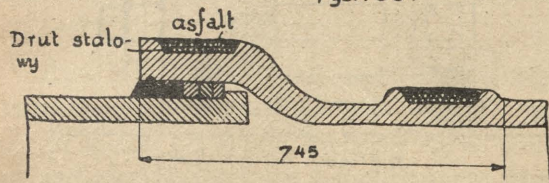
\*\*\*) dla  $D = \frac{s - 7}{0.01916}$  jest:  $a \approx 2s + 10$   
 $b \approx 2s + 46$

jego listeczków. Zawartość krzemu dostosowana do grubości ścianki słupa rury jest — rzecz prosta — za duża dla kielichów o daleko grubszych ściankach. Z tego powodu żeliwo kielichów posiada strukturę mniej zwięzłą, wygląd ma gruboziarnisty i daleko mniejszą wytrzymałość, niż to samo zresztą żeliwo w słupie rury\*). Tę niedogodność czynimy mniej szkodliwą, odlewając rury »z kielichem na dół«, przyczem żeliwo w kielichu wolne jest od zanieczyszczeń, które gromadziłyby się w kielichu, jeżelibyśmy rury odlewali z kielichem do góry.

rys.:34.



rys.:35.



Kielich rur typu X. Roge'a wzmocniony jest zapomocą obręczy stalowej, naciągniętej w stanie gorącym na wieniec kielicha (rys. 34, katalog Pont à Mousson 1924, str. 50). Przekrój obręczy stalowej na wieńcu kielicha wynosi:

przy rurach o średnicy 300 mm :  $30 \times 20$  mm  
" " " " 600 " :  $40 \times 20$  "

\*) Przegląd Techniczny, 1925, Nr. 32, J. Buzek: W sprawie kształtu kielicha żeliwnych rur wodociagowych.

przy rurach o średnicy 1000 mm :  $50 \times 25$  mm  
" " " " 1500 " :  $60 \times 35$  "

Zamiast obręczy stalowej stosuje R. Jacquemart dla wzmocnienia kielicha i grubości ścianki rury o średnicach ponad 600 mm stalowy drut o średnicy 4—6 mm, nawijany na wieniec kielicha, względnie w odstępach co 745, 755 i 350 mm na ścianę zewnętrzną rury. Rury takie wykonują odlewnie belgijskie w Aubrives i Villerupt. Natężenie drutu na ciągnięcie podczas nawijania wynosi 15 kg na  $1 \text{ mm}^2$  (rys. 35, katalog Aubrives et Villerupt, str. 41).

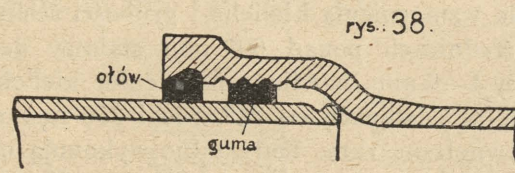
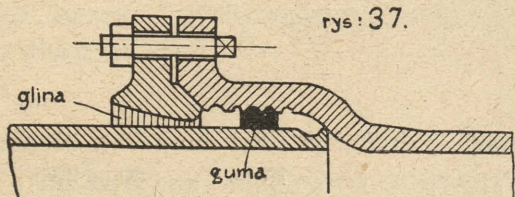
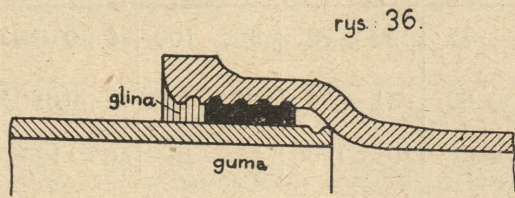
Wytrzymałość rur typu R. Jacquemarta na pęknięcie jest podwójna w stosunku do rur normalnych. Rury tego typu zastosował Paryż do przewodu długiego 1200 m, o średnicy 2000 mm, przy grubości ścianki 20 mm. Próbné ciśnienie wynosiło 6 atm., robocze 2.8 atm.

Różne nienormalne połączenia kielichowe.

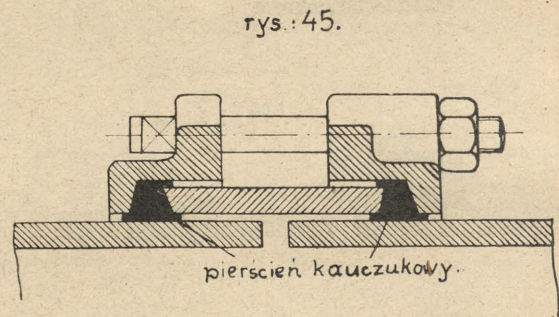
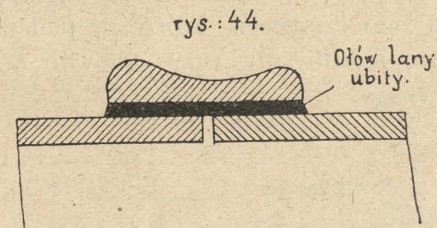
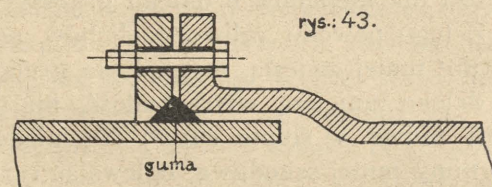
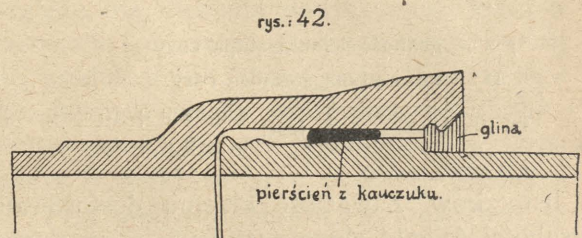
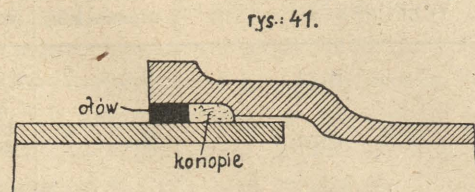
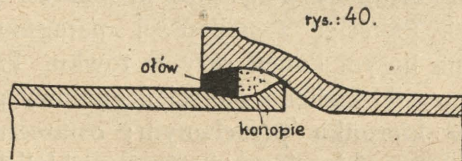
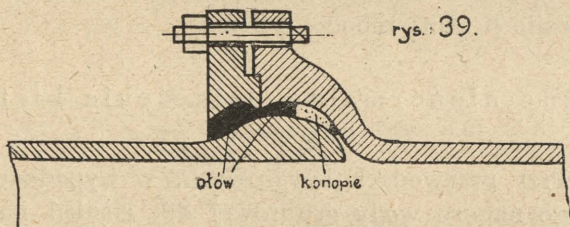
Przy przewodach lewarowych, w wypadkach dużego naporu wody gruntowej dla ciśnień powyżej 1 atm. stosujemy połączenia kielichowe według rys. 36. Pierścień z najlepszej »paragumy« zakładamy na bosym końcu rury w rowku. Przy wsuwaniu rury do kielicha pierścień gumowy posuwa się w kierunku przeciwnym; ostatecznie układa się on mniej więcej w środku kielicha. W celu zabezpieczenia pierścienia gumowego od zniszczenia wskutek wpływów zewnętrznych wypełnia się wolną przestrzeń w szczelinie gliną rozrobioną oliwą, która zabezpiecza glinę od wysychania. Przy większych ciśnieniach zabezpieczamy pierścień gumowy przeciwko wyrzuceniu ze szczeliny pierścieniem kołnierzym według rys. 37,

albo łożniem, ubitym na przodzie szczelini według rys. 38.

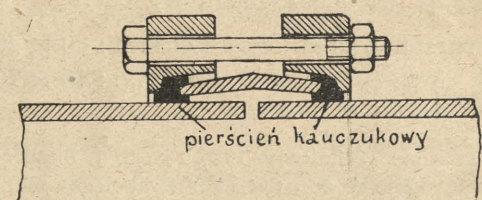
przewodów pod lub nad mostami, podlegającymi wahaniom podczas przejazdu powozów i t. p.



Połączenie kielichowe według rys. 39 umożliwia poruszanie się rury w kielichu bez narażenia na szwank uszczelnienia. Kielich jest wewnętrznie kulisty, dokładnie toczony. Przy połączeniu według rys. 40 nie kielich, lecz bosy koniec rury jest kulisty i toczony.



rys. 46.  
System: Ch. Gibault.



Ruchome połączenie kielichowe według rys. 41 stosowane jest przez firmę Bopp & Reuther w Mannheimie. Między bosym końcem rury a spodem kielicha jest dosyć duży odstęp i z tego powodu ruchomość rury jest umożliwiona. Połączenie to nadaje się bardzo dobrze do »kompensacji« i do

Tablica XXV.

Zużycie szczeliwa (ołowiu i konopi) dla uszczelniania normalnych połączeń kielichowych ( $p=10$  atm.).  
 $1 \text{ dm}^3$  ołowiu waży  $11.4 \text{ kg}$ ,  $1 \text{ dm}^3$  konopi  $1.70 \text{ kg}$ .

Średnica wewn. rury D mm	Szerokość pierścienia mm		Waga szczeliwa na 1 kielich		Szerokość pierścienia mm		Waga uszczeliwa na 1 kielich		Średnica wewn. rury D mm
	ołowiu c	konopi b	ołowiu kg	konopi kg	ołowiu c	konopi b <sup>*)</sup>	ołowiu kg	konopi kg	
A) Normy niemieckie (kielich gładki)					B) Normy polskie (kielich wydrążony)				
40	35	27	0.51	0.05	26	23.5	0.50	0.050	40
50	35	30	0.69	0.07	26	23.5	0.60	0.063	50
60	40	32	0.73	0.07	—	—	—	—	—
70	40	28	0.94	0.09	—	—	—	—	—
80	40	30	1.05	0.10	26.5	23	0.90	0.094	80
90	40	32	1.15	0.12	—	—	—	—	—
100	40	34	1.35	0.14	27	26.5	1.00	0.104	100
125	45	32	1.70	0.17	27.5	26.5	1.20	0.130	125
150	45	34	2.14	0.21	28	27	1.40	0.166	150
175	45	36	2.46	0.25	—	—	—	—	—
200	45	38	2.97	0.30	29	28	1.90	0.220	200
225	50	33	3.67	0.37	—	—	—	—	—
250	50	34	4.30	0.43	30	28	2.60	0.300	250
275	50	34	4.69	0.47	—	—	—	—	—
300	50	35	5.09	0.51	31	28.5	3.30	0.368	300
325	50	35	5.16	0.52	—	—	—	—	—
350	50	36	5.53	0.55	32	28.5	3.90	0.423	350
375	50	36	6.04	0.66	—	—	—	—	—
400	50	38	7.46	0.75	33	30	5.10	0.540	400
425	50	38	7.89	0.79	—	—	—	—	—
450	50	39	8.33	0.83	—	—	—	—	—
475	50	39	8.77	0.88	—	—	—	—	—
500	55	36	10.13	1.01	35	30	7.70	0.720	500
550	55	37	11.70	1.17	—	—	—	—	—
600	55	39	13.33	1.33	37	31.5	8.30	0.950	600
650	55	40	14.40	1.44	—	—	—	—	—
700	55	41	15.50	1.55	39	32	11.30	1.110	700
750	60	37	17.40	1.74	—	—	—	—	—
800	60	38	20.20	2.02	41	33.5	14.80	1.450	800
900	60	41	24.70	2.47	43	34	18.90	2.000	900
1000	65	39	29.20	2.92	45	35	27.80	2.640	1000
1100	65	41	34.00	3.40	—	—	—	—	—
1200	65	43	39.00	3.90	49	37	3.050	1200	—

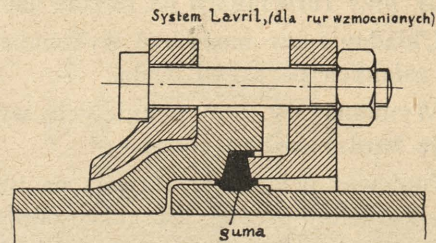
Rys. 42 przedstawia połączenie kielichowe z bardzo wydłużonym kielichem i dużym odstępem bosego końca od spodu kielicha rury. Połączenie to stosujemy na terenach kopalnianych. Rura może albo wysuwać się z kielicha, albo wsuwać do kielicha bez narażenia na szwank szczelności połączenia.

Połączenie kauczukowe, próbowane na 10 atm., systemu »Somzée« przedstawia rys. 43.

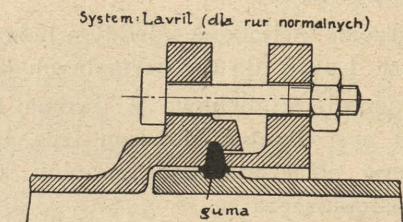
W katalogach francuskiej odlewni w Pont à Mousson i belgijskiej odlewni w Aubrives i Villerupt znajdujemy inne jeszcze połączenia rur żelaznych, z których najważniejsze podaję poniżej:

\*)  $b = (l - c - n + p)$

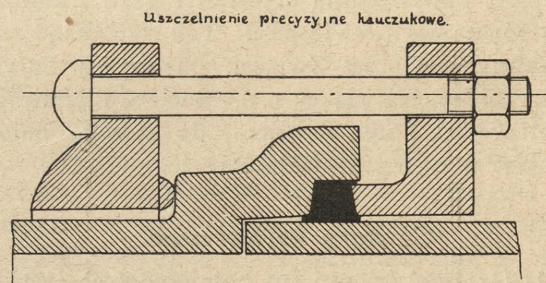
rys. 47.



rys. 48.



rys. 49.



a) Połączenie rur z końcami gładkimi (rys. 44—46). Rury takie próbowane są w odlewni na 10—15 atm.

b) Połączenie kielichowe z dwoma luźnemi kołnierzami systemu Lavril dla rur wzmocnionych (rys. 47). Ilość śrub wynosi dla rur o średnicy:

40—80 mm . . . . .	2
90—200 „ . . . . .	3
225—300 „ . . . . .	4
350—400 „ . . . . .	5
450—500 „ . . . . .	6
600 „ . . . . .	8
700 „ . . . . .	10
800 „ . . . . .	12
900 „ . . . . .	14
1000—1100 „ . . . . .	16

Korzyści połączenia syst. Lavril są następujące:

1. Bose koniec rury może się odchyłać o  $30^\circ$  od poziomej bez narażenia uszczelnienia kaucz.



kowego na szwank. Rury z takimi połączeniami stosujemy przy rurociągach na terenie usuwistym.

2. Układanie rur może być wykonane w wykopach, zalanych po części wodą.

3. Wymiana ew. rur pękniętych wykonana być może bardzo szybko.

4. Ponieważ połączenie zezwala na układanie rur nie tylko w linii prostej, lecz także odpowiednio nachylonej, można oszczędzić znaczną ilość kształtek, kolan, czy łuków.

c) Połączenie kielichowe z jednym luźnym kołnierzem syst. Lavril dla rur normalnych (rys. 48).

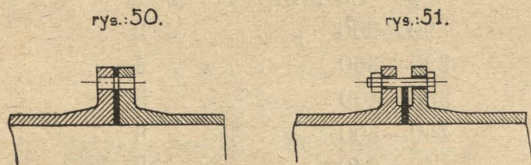
d) Połączenie kielichowe z dwoma luźnymi kołnierzami syst. Pont à Mousson (rys. 49). Korzyści takiego połączenia według opinii konstruktora są następujące:

Dokładne środkowanie rur, uszczelnienie jak najlepsze, powierzchnia styczności gazu z kauczukiem równa się prawie zeru. Ten typ połączenia stosowany jest przez Związek gazowy w Paryżu i wyłącznie przez Związek p. n. »Société d'Éclairage, Chauffage et Force motrice«, do którego należy 92 miast w okręgu miasta Paryża.

### G) Rury kołnierzowe.

1) Grubość ścianki rur kołnierzowych jest dla danego ciśnienia roboczego ta sama, jak przy rurach kielichowych (p. Nr. 5, str. 101).

2) Uszczelnienie uskutecznia się płytą gumową ułożoną na przyłgach kołnierzy względnie na kołnierzach przyciśniętych do siebie zapomocą śrub. Zależnie od wysokości ciśnienia sposób uszczelnienia jest różny. Dla ciśnień do 10 atmosfer stosujemy kołnierze według rys. 50 i 51.

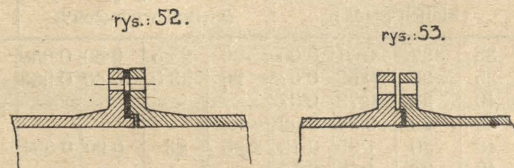


Dawne normy wiedeńskie, jakoteż obecne normy rosyjskie wykazują kołnierze typu przedstawionego na rys. 50. Kołnierze nie posiadają osobnej przyłgi, są toczone na całej swej powierzchni i płyta gumowa jest duża.

Natomiast normy niemieckie i polskie przepisują dla rur żeliwnych kołnierze typu według rys. 51. Tutaj kołnierze toczone są tylko na po-

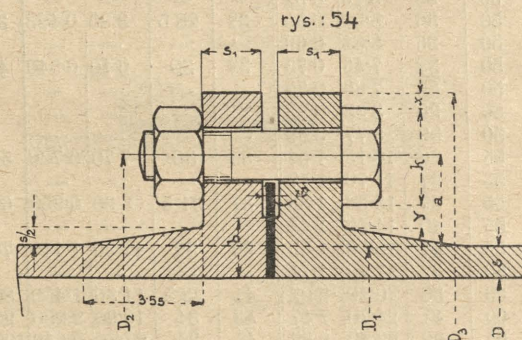
wierzchni przyłgi o szerokości  $b$ , reszta kołnierzy pozostaje surowa. Tak pod względem kosztów obróbki, jakoteż pod względem kosztów płyt gumowych kołnierze polskie względnie niemieckie są znacznie ekonomiczniejsze niż kołnierze bez przyłg.

Rury kołnierzowe, służące do przewodów pary o ciśnieniu 10 atm. i do przewodów wody przy ciśnieniu od 10—75 atm., zaopatrzone są w kołnierze według rys. 52 i 53.

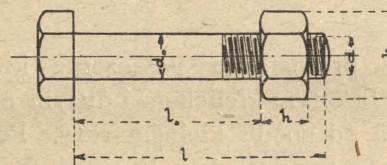


Wymiary kołnierzy rur żeliwnych dla ciśnienia roboczego 10 atm.

Średnica obwodu koła dla śrub  $D_2$  (rys. 54):



rys.: 55.



$$D_2 = D + 2s + 2\frac{s}{2} + 2y + 2\frac{k}{2}$$

$$y = \frac{s}{2}$$

[83]

$$D_2 = D + 4s + k$$

Średnica zewnętrzna kołnierza  $D_3$ :

$$D_3 = D_2 + 2\frac{k}{2} + 2x$$

$$x = \frac{s}{2}$$

$$[84] \quad \bar{D}_3 = \bar{D}_2 + s + k$$

$$[85] \quad D_3 = D + 5s + 2k$$

Do obliczenia średnic  $\bar{D}_2$  i  $\bar{D}_3$  potrzebna jest znajomość rozwartości klucza do śrub  $k$  względnie średnicy śrub.

Obliczenie grubości śrub do rur kołnierзовych.

Wychodzimy z założenia, że rura kołnierзова jest zamknięta pokrywami, przymocowanymi do kołnierzy za pomocą śrub i że ciśnienie wewnętrzne panujące w rurze działa na całą powierzchnię przyłgi o szerokości  $b$ . Jest to wypadek najniekorzystniejszy. W praktyce wypadek taki wprawdzie zaistnieć nie może, ale utarł się zwyczaj, że bierze się go w rachubę przy obliczaniu grubości śrub, względnie przy obliczaniu grubości kołnierzy.

Ogólna siła nateżająca śruby na rozerwanie wynosić więc będzie:  $p(D + 2b)^2 \frac{\pi}{4}$ , a nie:  $\frac{D^2 \pi}{4} \cdot p$ .

Jeżeli  $d$  oznacza średnicę rdzenia śrub,  $i$  zaś ilość śrub,  $n_c$  nateżenie śrub na ciągnięcie w  $\text{kg/cm}^2$ , to wytrzymałość danej ilości śrub wyniesie:  $\frac{d^2 \pi}{4} \cdot i \cdot n_c$ .

Obowiązuje równanie:

$$[86] \quad (D + 2b)^2 \frac{\pi}{4} \cdot p = \frac{d^2 \pi}{4} \cdot i \cdot n_c$$

Z równania tego obliczamy średnicę rdzenia śruby:

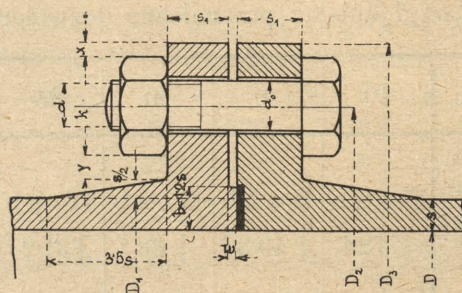
$$[87] \quad d = (D + 2b) \sqrt{\frac{p}{n_c \cdot i}}$$

względnie nateżenie śrub na ciągnięcie:

$$[88] \quad n_c = \frac{p}{i} \left( \frac{D + 2b}{d} \right)^2$$

Przy szerokich przyłgach, sięgających prawie do otworu na śruby, powierzchnię ciśnienia obliczamy ze średnicy  $\left( D + 2 \frac{b}{3} \right)$  (rys. 56)\*. Jest rze-

rys. 56.



czą jasną, że nawet przy przyłgach o szerokości normalnej przyjąwszy można tę mniejszą średnicę, gdyż, jak powyżej wspomniałem, powierzchnia ciśnienia  $(D + 2b)^2 \frac{\pi}{4}$  w praktyce nigdy zaistnieć nie może.

Do wyrobu śrub stosujemy żelazo względnie stal o wytrzymałości na rozerwanie od 3.400 do 5.000  $\text{kg/cm}^2$ , zależnie od wysokości ciśnienia wewnętrznego. Według norm t. zw. »hamburskich« z r. 1905 żelazo o wytrzymałości 3.400—4.100  $\text{kg/cm}^2$  powinno wykazywać w momencie rozerwania wydłużenie 25% pierwotnej długości. Natomiast dla stali o wytrzymałości na rozerwanie od 4.400 do 5.000  $\text{kg/cm}^2$  wymaga się najmniej 22% wydłużenia\*).

Zależność wymaganej wytrzymałości żelaza względnie stali ( $w_c$   $\text{kg/cm}^2$ ) od ciśnienia wewnętrznego ( $p$  atm.) wyraża równanie dla ciśnień do 80 atm.:

$$[89] \quad w_c = 3400 + 20 p$$

Jeżeli stopień bezpieczeństwa  $m$  ma wynosić 5, to dozwolone nateżenie na ciągnięcie materiału śrub będzie wynosiło:

$$[90] \quad n_c = \frac{w_c}{5} = 680 + 4 p$$

Tablica XXVI.

p atm.	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	80 i wyżej
Wytrzymałość na rozerwanie $w_c$ $\text{kg/cm}^2$	3600	3700	3800	3900	4000	4200	4400	4600	4800	4900	5000
Dozwolone nateżenie $n_c = \frac{w_c}{5}$	720	740	760	780	800	840	880	920	960	980	1000

\*) Technik u. Betrieb, grudzień 1925, str. 310.



Widzimy z tablicy, że projekt norm międzynarodowych przewiduje dla danej średnicy rury największą ilość śrub. Im większe ciśnienie, tem większa ilość śrub przy rurach danej średnicy.

Szerokość przyłgi  $b$  rur na 10 atm. ciśnienia.

Powierzchnie tarcia płyty gumowej na obydwóch przyłgach wynoszą:  $2 \cdot [D_2^2 - D^2] \frac{\pi}{4}$ . Całkowite ciśnienie działające na płytę gumową o grubości  $h$  cm wynosi:  $D \cdot \pi \cdot h \cdot p$ ; przy stopniu bezpieczeństwa  $m$  ciśnienie to wynosi:  $D \cdot \pi \cdot h \cdot p \cdot m$ .

Z równania:

$$[91] \quad 2 (D_2^2 - D^2) \frac{\pi}{4} \cdot t = D \cdot h \cdot \pi \cdot p \cdot m$$

obliczamy — uwzględniając, że  $b = \frac{D_2 - D}{2}$  szerokość przyłgi:

$$[92] \quad b = 0.5 D \left( \sqrt{\frac{2 \cdot h \cdot p \cdot m}{D \cdot t} + 1} - 1 \right)$$

$t$  oznacza opór tarcia płyty na żeliwie w  $\text{kg/cm}^2$ .

Grubość płyty  $h$  wynosi przy rurach:

o średnicy 40—300 mm 0.3 cm

„ 325—500 „ 0.4 „

„ 525—1200 „ 0.5 „

Dla  $p = 10$  atm.,  $t = 1$ ,  $m = 2$  otrzymamy:

$$[93] \text{ dla } D = 40 - 300 \text{ mm: } b = 0.5 D \left( \sqrt{\frac{12}{D} + 1} - 1 \right)$$

$$[94] \text{ „ } D = 325 - 500 \text{ mm: } b = 0.5 D \left( \sqrt{\frac{16}{D} + 1} - 1 \right)$$

$$[95] \text{ „ } D = 525 - 1200 \text{ mm: } b = 0.5 D \left( \sqrt{\frac{20}{D} + 1} - 1 \right)$$

Obliczone z tych wzorów szerokości przyłgi  $b$  porównane są z szerokością przyłg według norm polskich w tablicy XXVIII.

Tablica XXVIII.  
Szerokość przyłg rur na 10 atm. ciśn.

D	40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000	1200
b obliczona	20	21.1	23.2	24.2	25	25.6	26.5	27	27.9	36.4	36.7	37.2	45	46.9	47.2	47.7	49.8	48
b wg norm polskich	25	25	25	28	28	28	30	30	30	35	35	40	40	40	45	45	45	45
h	3 mm									4 cm			5 mm					

Tablica XXIX.

Średnice rdzeni śrub rur kołnierzowych według norm polskich ( $p = 10$  atm.) i rzeczywiste natężenie śrub

$$d = \frac{D + 2b}{\sqrt{72i}}; \text{ b wg norm polskich w cm; } n_c = \frac{p}{i} \left( \frac{D + 2b}{d} \right)^2$$

D	40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000	1200	
d oblicz.	cale	—	—	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	—	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	1	1	1	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$
d oblicz.	mm	5.3	5.9	7.7	9.2	10.6	8.6	10.9	12.5	15	14.2	16	19.7	19.9	20.6	23.4	23.8	26.2	28.7
d normy polskie	cale	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	1	1	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$
d normy polskie	mm	9.99	12.92	12.92	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	18.6	18.6	18.6	21.33	21.33	23.9	23.9	23.9	23.9
$n_c$		203	155	250	250	325	211	338	500	650	426	521	832	563	613	688	709	859	1028

Widzimy z tablicy, że śruby rur o średnicy 1.000 mm i wyżej są za słabe, względnie, że stopień bezpieczeństwa jest odpowiednio mniejszy. Należałoby albo powiększyć ilość śrub według projektu międzynarodowego, albo stosować stal o wyższej wytrzymałości na rozerwanie, gdyż nawet w wypadku najkorzystniejszym grubość śruby

okazuje się za mała w porównaniu z grubością obliczoną ze wzoru  $d = \frac{D}{\sqrt{72i}} = 26.6$  mm dla  $D = 1.200$  mm. Natomiast śruby rur mniejszych są daleko grubsze, niżby to wynikało z obliczenia. Natężenie żelaza jest w rzeczywistości bardzo małe, stopień bezpieczeństwa duży np. dla:  $D = 40$  wy-

nosi natężenie śrub 203 kg/cm<sup>2</sup>. Przy rurach nie stosujemy w praktyce mniejszych śrub niż 1/2" ze względu na niszczenie wskutek rdzewienia.

Wzór empiryczny do obliczania grubości śruby, stosowany dawniej, daje — rzecz dziwna — dobre wyniki; wzór ten brzmi:  $d_0 = s + 7$  mm albo  $d_0 = \frac{D}{60} + 14.5$  mm\*).

Rozwartość szczęk klucza do śrub.

Odstęp środka śruby od brzegu kołnierza powinien co najmniej być tak duży, aby krawędź nakrętki śruby nie wystawała poza brzeg kołnierza, k oznacza rozwartość szczęki klucza do śrub:

$$k = r \sqrt{3}$$

$$r = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot k$$

$$[96] \quad N = 2r = \frac{2}{\sqrt{3}} k = 1.155 k$$

Ponieważ N jest większe niż k, należałoby uwzględnić przy obliczaniu średnicy koła dla śrub względnie średnicy zewnętrznej kołnierza N, a nie k. Ponieważ jednak wzięliśmy

$$x = y = \frac{s}{2}, \text{ wystarczy zupełnie k.}$$

Tablica XXX.

Rozwartość szczęk klucza do śrub  
(według »Technik u. Betrieb«, grudzień 1925, str. 339).

Średnica gwintu Whitwortha	cale ang.	3/8	7/16	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	
	mm	9.52	11.1	12.7	15.87	19.05	22.22	25.4	28.57	31.75	34.92	
Gwint metryczny mm		9	10	11	12	16	20	22	27	30	33	36
Rozwartość szczęki klucza k		17	17	19	22	27	32	36	41	46	50	55
Średnica gwintu Whitwortha	cale ang.	1 1/2	1 5/8	1 3/4	1 7/8	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2	4
	mm	38.1	41.27	44.45	47.62	50.8	57.15	63.5	69.85	76.2	88.9	101.6
Gwint metryczny mm		39	42	45	48	52	56	64	72	76	89	99
Rozwartość szczęki klucza k		60	65	70	75	80	85	95	105	110	130	145

Tablica XXXI.

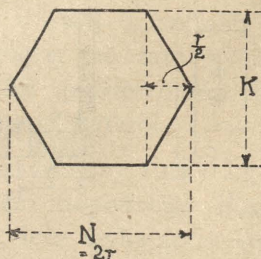
Średnice koła obwodu dla śrub  $D_2$  i średnice kołnierzy  $D_3$ .  
 $p = 10$  atm.; b i s według norm polskich; k z tablicy XXX.

		$D_2 = D + 4s + k$										$D_3 = D + 5s + 2k$							
D mm		40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000	1200
s mm		8	8	9	9	10	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	26	30
Grubość śruby $d_0$		1/2"	5/8"	5/8	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	7/8	7/8	7/8	1	1	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
k		22	27	27	32	32	32	32	32	32	36	36	36	41	41	46	46	46	46
$D_2$ obl.		94	109	143	168	197	222	276	330	384	442	496	600	713	821	934	1042	1150	1366
$D_2$ normy polskie		110	125	160	180	210	240	300	350	400	465	520	625	725	830	940	1040	1140	1350
$D_3$ obl.		124	144	179	209	239	264	319	374	429	492	547	652	772	892	1002	1112	1222	1442
$D_3$ normy polskie		140	160	200	230	260	290	350	400	430	520	575	680	790	900	1020	1120	1220	1440
Projekt norm międzynarod.	$D_2$	110	125	160	180	210	240	295	350	400	460	515	620	725	840	950	1050	1160	1380
	$D_3$	150	165	200	220	250	285	340	395	445	505	565	670	780	895	1015	1115	1230	1455

\*) Die Wiener neuen Rohrnormalien, 1908, str. 17.

Jeżeli  $d_0$  oznacza średnicę sworznia śruby, to rozwartość szczęki klucza  $k$  wynosi według Bacha:  $k = 1.4 d_0 + 4$  mm. Wartości  $k$  obliczone ze wzoru zgadzają się prawie zupełnie z wymiarami w projekcie norm międzynarodowych.

rys.: 57.



Obliczone ze wzorów [83] i [85] średnice  $D_2$  i  $D_3$  zgadzają się przy rurach dużych z wymiarami stosowanymi w praktyce; przy rurach mniejszych są różnice, dochodzące do 15% wymiarów faktycznych.

Grubość kołnierzy i stóp kołnierzy.

Kąt łamania  $\alpha$  waha się pomiędzy  $0^\circ$ — $90^\circ$ , zależnie od stosunku

$$\frac{s_1}{s_2} = x$$

Jeżeli  $s_1$  w stosunku do  $s_2$  jest bardzo duże, odłamanie kołnierza nastąpi w kierunku poziomym

prostej  $z_0$  — kąt  $\alpha = 0^\circ$ . Naodwrot, jeżeli  $s_1$  w stosunku do  $s_2$  jest bardzo małe, odłamanie kołnierza nastąpi w kierunku pionowym:  $\alpha = 90^\circ$ . Natomiast dla  $s_1 = s_2$  kąt  $\alpha = 45^\circ$  (teoretycznie). Przy normalnych rurach polskich stosunek  $\frac{s_1}{s_2} = 1.75$  do 1; przy małych rurach 40 i 50 mm średnicy stosunek ten jest duży (1.75), przy dużych (1000—1200 mm) mały (1); zmienia się on zależnie od wewnętrznej średnicy rury według wzoru:

$$x = \frac{1}{100} (178 - 0.065 D)$$

Wynika stąd, że kąt przy rurach kołnierzowych normalnych będzie równy albo mniejszy niż  $45^\circ$ , że natężenie w stopie kołnierza będzie mniejsze lub równe najwyższemu natężeniu w kołnierzu.

Przyjmijmy kąt  $\alpha$ :

dla rur o średn. 40—75 mm	$\alpha = 25^\circ$	$(\cos \alpha)^2 = 0.821$
„ „ „ 80—200 „	$\alpha = 30^\circ$	$(\cos \alpha)^2 = 0.750$
„ „ „ 225—600 „	$\alpha = 35^\circ$	$(\cos \alpha)^2 = 0.671$
„ „ „ 650—800 „	$\alpha = 40^\circ$	$(\cos \alpha)^2 = 0.587$
„ „ „ 900—1200 „	$\alpha = 45^\circ$	$(\cos \alpha)^2 = 0.500$

Natężenie w stopie kołnierza obliczamy w sposób następujący:

$$\alpha < 45^\circ$$

$$s_2 = h \cos \alpha$$

$$h = \frac{s_2}{\cos \alpha}$$

$$P = \frac{(D + 2b)^2}{D + s_2} \cdot \frac{p}{4}$$

$$\text{ramię: } a_2 = \frac{D_3 - (D + s_2)}{2}$$

Moment gięcia przekroju prostokątnego o wysokości  $h$ :

$$M_g = \frac{1}{6} h^2 = \frac{1}{6} \left( \frac{s_2}{\cos \alpha} \right)^2$$

Obowiązuje równanie:

$$\frac{3}{2} \cdot a_2 \cdot p \frac{(D + 2b)^2}{D + s_2} = \left( \frac{s_2}{\cos \alpha} \right)^2 n_g$$

$n_g$  = natężenie na gięcie w  $\text{kg/cm}^2$ .

$$n_g = \frac{3}{2} a_2 \cdot p \frac{1}{\left( \frac{s_2}{\cos \alpha} \right)^2} \cdot \frac{(D + 2b)^2}{D + s_2}$$

$$\text{Dla } \alpha = 30^\circ: n_g = \frac{9}{16} \cdot p \frac{(D + 2b)^2}{D + s_2} \cdot \frac{1}{s_2^2} (D_3 - D - s_2)$$

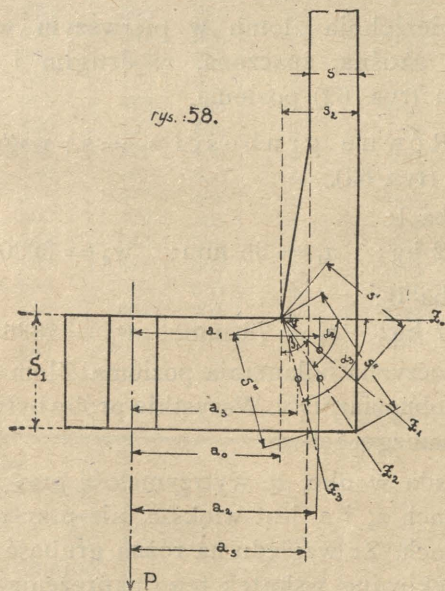
$$\text{dla } \alpha = 45^\circ: n_g = \frac{3}{8} \cdot p \frac{(D + 2b)^2}{D + s_2} \cdot \frac{1}{s_2^2} (D_3 - D - s_2)$$

$$\text{dla } \alpha = 25^\circ: n_g = 0.615 p \cdot A_3$$

$$\text{dla } \alpha = 35^\circ: n_g = 0.503 p \cdot A_4$$

$$\text{dla } \alpha = 40^\circ: n_g = 0.44 p \cdot A_5$$

rys.: 58.



Obliczone według tych wzorów natężenia w stopie kołnierza rur polskich wynoszą przy rurach o średnicy:

D = 40 mm : 452 kg/cm <sup>2</sup>	D = 500 mm : 565 kg/cm <sup>2</sup>
D = 50 " : 435 " "	D = 600 " : 500 " "
D = 80 " : 372 " "	D = 700 " : 407 " "
D = 100 " : 440 " "	D = 800 " : 414 " "
D = 150 " : 483 " "	D = 900 " : 314 " "
D = 200 " : 537 " "	D = 1000 " : 285 " "
D = 300 " : 429 " "	D = 1200 " : 258 " "
D = 400 " : 506 " "	

Ponieważ dozwolone natężenie żeliwa na gięcie nie powinno przy 6-krotnym bezpieczeństwie przewyższać 465 kg/cm<sup>2</sup>, a przy niektórych średnicach rur ta cyfra jest przekroczona, widzimy, że wzmocnienie grubości ścianki rury za kołnierzem jest uzasadnione nie tylko względami odlewniczo-technicznymi, lecz także wymogami wytrzymałości.

Natężenia w kołnierzu samym będą daleko mniejsze (około 100 kg/cm<sup>2</sup> przy D = 40 mm i około 300 kg/cm<sup>2</sup> przy D > 400 mm).

Wzór empiryczny, stosowany dawniej do obliczania grubości kołnierzy przy ciśnieniu 10 atm. daje wyniki dosyć zgodne z wynikami obliczeń dzisiejszych. Wzór ten brzmi:  $s_1 = 1.5s + 6$  mm

$$\text{albo } s_1 = \frac{D}{40} + 16.5 \text{ mm.}$$

Wyniki badań nad pochyłością powierzchni złomu kątowników żeliwnych przy

różnym stosunku  $\frac{s_2}{s_1}$ .

a) Równe grubości ścianek  $s_2 = s_1$ .

$$P \cdot a = \frac{b \cdot h^2}{6} \cdot w_g$$

$$w_g = \frac{6 \cdot P \cdot a}{b \cdot h^2}$$

Próba I (rys. 59):

$$b = \sqrt{50^2 + 3^2} = 50.09 \text{ mm}$$

$$h = 10 \text{ mm}$$

$$w_g = 2594 \text{ kg/cm}^2$$

Próba II (rys. 60):

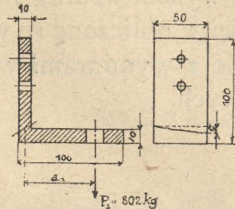
$$b = \sqrt{50^2 + 5^2} = 50.52$$

$$w_g = \frac{6 \cdot 282.72}{50 \cdot 25 \cdot 100} = 2424 \text{ kg/cm}^2$$

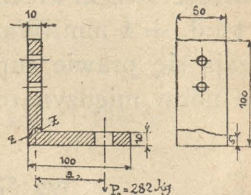
Żeliwo w obydwóch wypadkach było w złomie szare, drobnoziarniste, bez żadnych wad.

Wytrzymałość żeliwa na gięcie  $w_g$  wynosiła 2594 kg i 2424 kg/cm<sup>2</sup>. Powierzchnia złamania była spaczona i skośna, kąt złomu niejednolity.

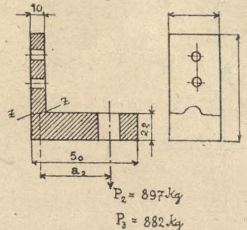
rys. 59



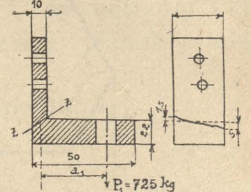
rys. 60



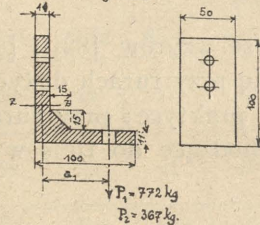
rys. 62



rys. 61



rys. 63



b) Różne grubości  $s_2 : s_1 = 2:2$ .

Próba I (rys. 61):

$$P_1 = 725 \text{ kg; } w_g = 2510 \text{ kg/cm}^2$$

Próba II i III (rys. 62):

$$P_2 = 897 \text{ kg; } w_g = 3128 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_3 = 882 \text{ kg; } w_g = 3069 \text{ kg/cm}^2$$

Żeliwo w złomie było ciemnoszare; drobne błyszczące listeczki grafitu widoczne.

Powierzchnia złomu w pierwszym wypadku (rys. 61) skośna, spaczona, w drugim i trzecim wypadku (rys. 62) pozioma.

c) Równe grubości  $s_2 = s_1$ ; pogrubienie w kącie (rys. 63).

Próba I:

$$P_1 = 772 \text{ kg; } a_1 = 36 \text{ mm; } w_g = 3030 \text{ kg/cm}^2$$

Próba II:

$$P_2 = 367 \text{ kg; } a_2 = 78 \text{ mm; } w_g = 2836 \text{ kg/cm}^2$$

Płaszczyzna odłamania pozioma. Złom ciemnoszary, drobnoziarnisty. Wszystkie próby były odlane z tego samego żeliwa.

Wpada w oko, że wytrzymałość przy różnych grubościach  $s_2$  i  $s_1$  jest większa, niż przy równych grubościach. Ze względu na różną grubość ścianek i na oczekiwane wskutek tego naprężenia wewnę-

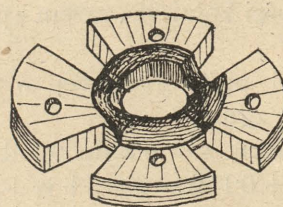
trzne żeliwa należałoby przypuszczać, że wytrzymałość na zginanie będzie mniejsza.

d) Próba wykonana z kołnierzem rury o średnicy 40 mm (rys. 64) wykazała, że płaszczyzna złomu nie była wcale jednolita, lecz w jednej części (64 a, b) przecinała ścianę rury nad kołnierzem, w drugiej części sam kołnierz (64 c). Ciężar rozrywający 8.000 kg.

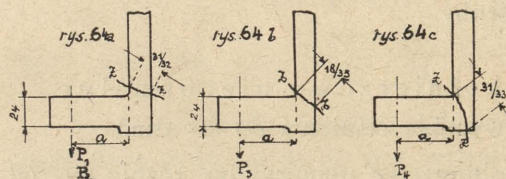
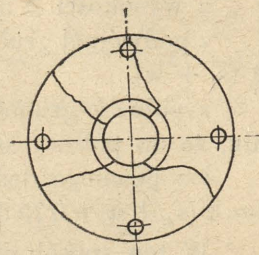
e) Próba z rurą o średnicy 40 mm (rys. 65) dała mniej więcej ten sam wynik; kołnierz pękł na cztery części; powierzchnia złomu była nachylona pod różnymi kątami.

Ciężar rozrywający 10.500 kg. Próby te świadczą o tym, że niepodobna liczyć się z kątem złomu stałym, lecz wahającym się od 0—90°.

rys. 64.



rys. 65



Tablica XXXII.

## Uszczelnienie rur kołnierzowych i śruby.

Wymiary płyty gumowej wg Brinkhausa (str. 161) i katalogu Witkowic.

Normy polskie. — Normy niemieckie.

D	Płyta gumowa			Ilość i wymiary śrub								
	Średnica mm		Grubość mm	Waga kg	Normy niemieckie				Normy polskie			
	zewn.	wewn.			Ilość i	" ang.	d mm	l mm	Ilość i	" ang.	d mm	
40	97	43	2.5	0.03	4	1/2	12.7	70	4	5/8	15.9	
50	109	53	2.5	0.03	4	5/8	15.87	75	4	5/8	"	
60	119	63	2.5	0.04	4	5/8	"	75	—	—	—	
70	129	74	2.5	0.04	4	5/8	"	75	—	—	—	
80	144	85	2.5	0.05	4	5/8	"	75	4	5/8	15.9	
90	154	95	2.5	0.05	4	5/8	"	75	—	—	—	
100	161	105	3	0.07	4	3/4	19	85	8	5/8	15.9	
125	191	130	3	0.08	4	3/4	"	85	8	5/8	"	
150	221	155	3	0.10	6	3/4	"	85	8	3/4	19	
175	251	180	3.5	0.14	6	3/4	"	85	—	—	—	
200	281	205	3.5	0.16	6	3/4	"	85	12	3/4	19	
225	301	230	3.5	0.17	6	3/4	"	85	—	—	—	
250	331	255	3.5	0.19	8	3/4	"	100	12	3/4	19	
275	356	280	3.5	0.21	8	3/4	"	100	—	—	—	
300	381	305	3.5	0.23	8	3/4	"	100	12	3/4	19	
325	412	330	4	0.32	10	7/8	22	105	—	—	—	
350	442	355	4	0.34	10	7/8	"	105	16	3/4	19	
375	472	380	4	0.37	10	7/8	"	105	—	—	—	
400	497	405	4	0.39	10	7/8	"	105	16	7/8	22.2	
425	522	430	4	0.41	12	7/8	"	105	—	—	—	
450	547	455	4	0.43	12	7/8	"	105	—	—	—	
475	577	480	4	0.52	12	7/8	"	105	—	—	—	
500	602	505	4	0.55	12	1	25.4	105	20	7/8	22.2	
550	649	555	4	0.61	14	1	"	120	—	—	—	
600	699	605	4	0.65	16	1	"	120	20	1	25.4	
650	749	655	4	0.70	18	1	"	120	—	—	—	
700	804	705	4	0.75	18	1	"	120	24	1	25.4	
750	854	755	4	0.83	20	1	"	120	—	—	—	
800									24	1 1/8	28.6	

Waga 1 śruby przy długości 1 mm.

Średnica cale ang.	1/2	5/8	3/4	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2
Waga 1 śruby kg	0.15	0.25	0.45	0.51	0.73	1.06	1.28	1.65	2.10	2.62
Norm. długość 1 mm	70	75	85	100	105	120	125	130	135	140

Ogólna długość śruby składa się:

z wysokości 2 nakrętek  $\cong 1.5 d$ ,

z podwójnej grubości kołnierza razem z przylgą  $2 (s_1 + w)$ ,

z połowy grubości płyty gumowej w założeniu, że do połowy się zgniała

i z pewnego dodatku  $\alpha \sim 0.2$  do  $0.1 d$ .

$$l = 2 (s_1 + w + 0.75 d + 0.1 d) = 2 (s_1 + w + 0.85 d)$$

W ten sposób obliczoną długość śruby należy zaokrąglić i dostosować do długości normalnej danego typu śruby.

### Rury kołnierzowe nienormalne

(na wysokie ciśnienia do 80 atm.).

Rury kołnierzowe nienormalne różnią się od normalnych nie tylko w grubościach ścianek, ale także w konstrukcji uszczelnienia. Jeden kołnierz zaopatrujemy w wypust, drugi w wpust o szerokości  $1.25 - 1.0 s$ ; w wypust zakładamy pierścień gumowy o grubości  $3 - 5$  mm.

Rury żeliwne o dużych średnicach nie są stosowane dla wysokich ciśnień ze względu na niezmiernie dużą grubość ścianek i ogromną wagę. W tych wypadkach należy stosować wyłącznie rury z blachy walcowanej.

Dla ciśnienia do 20 atm. wynosi największa średnica 750 mm

"	"	"	25	"	"	"	"	600	"
"	"	"	30	"	"	"	"	500	"
"	"	"	40	"	"	"	"	400	"
"	"	"	50	"	"	"	"	300	"
"	"	"	60	"	"	"	"	250	"
"	"	"	70	"	"	"	"	200	"
"	"	"	80	"	"	"	"	150	"

Poniżej podam sposób obliczenia wymiarów nienormalnych rur kielichowych na przykładzie rur o średnicy 300 mm przy 50 atm. W analogiczny sposób obliczyć można wymiary wszystkich rur kołnierzowych dla ciśnień do 80 atm., uwzględniając tylko to, że szerokość wypustu przy rurach na małe ciśnienie wynosi  $1.25 s = b$ , przy rurach na duże ciśnienie  $1.0 s = b$ . Głębokość wpustu wynika ze wzoru:  $w \cong 10 - \frac{800 - D}{800} \cdot 6$ . Gru-

bość kołnierza wynosi przy rurach małych (40 mm) i niskim ciśnieniu (10 - 15 atm.)  $2.25 s$ ,

przy rurach 150 mm śred. i 75 atm.  $1.5 s$ ,

" " 300 " " i 50 "  $1.25 s$ .

Przyjmuje się w przybliżeniu grubość kołnierza, potrafiwszy wpust, oblicza według niżej poda-

nego wzoru natężenie żeliwa na gięcie i porównuje z dozwolonem natężeniem według tablicy XXXIV.

Obliczenie wymiarów w nienormalnej rury kołnierzowej o średnicy wewnętrznej 300 mm, pracującej pod ciśnieniem 50 atm.:

1) Grubość ścianki (s) obliczamy ze wzoru

$$s = \frac{D}{2} \left[ \sqrt{\frac{1700 + 10 p + 0.4 p}{1700 + 10 p - 1.3 p}} - 1 \right] + 8 \text{ mm}$$

Biorąc pod uwagę stopień bezpieczeństwa  $m = 10$  otrzymamy wzór:

$$s = \frac{D}{2} \left[ \sqrt{\frac{1700 + 14 p}{1700 - 3 p}} - 1 \right] + 8 \text{ mm}$$

Dla  $p = 50$  atm.

$$s = 0.122 D + 8 \text{ mm}$$

$$D = 300 \text{ mm}$$

$$s = 44 \text{ mm}$$

2) Ilość śrub przyjmujemy zgodnie z zasadą podzielności przez 4:  $12 = i$ .

3) Średnica śrub. Przyjmujemy średnicę powierzchni ciśnienia  $D + 2 b = D'$

$$b = 1.00 s$$

$$D' = D + 88 \text{ mm} = 388 \text{ mm} = 38.8 \text{ cm}$$

Całkowite ciśnienie na powierzchnię  $D'^2 \frac{\pi}{4}$

$$\text{wynosi: } P = D'^2 \frac{\pi}{4} \cdot p \text{ atm.} = 38.8^2 \cdot \frac{3.14}{4} \cdot 50$$

$$P \cong 1505 \times 0.785 \times 50$$

$$P \cong 58695 \text{ kg}$$

Siła rozrywająca śrubę wynosi  $\frac{P}{12} = 4891 \text{ kg}$ .

Dozwolone natężenie żelaza w śrubie wynosi przy 50 atm. przy 5-krotnej pewności według tablicy XXVI  $880 \text{ kg/cm}^2$ . Wytrzymałość na rozerwanie  $4.400 \text{ kg/cm}^2$ .

Średnica rdzenia śruby:

$$d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot n_c = 4.891 \text{ kg}$$

$$d = \sqrt{\frac{4.891 \cdot 4}{\pi \cdot 880}} \sim \sqrt{7.1 \text{ cm}} = 2.7 \text{ cm} = 27 \text{ mm}$$

Stosunek średnicy rdzenia d do średnicy sworzni  $d_0$  uwidoczniiony jest według »Technik u. Betrieb« (str. 428, grudzień 1925) w następującej tabelce dla śrub Whitwortha.

Tablica XXXIII.

Średnica śruby w calach	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	1	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{5}{8}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{7}{8}$
Średnica sworznia $d_0$ , mm	10	13	16	20	23	26	30	33	36	40	43	46	50
Średnica rdzenia $d$	7.49	9.99	12.92	15.8	18.61	21.33	23.93	27.10	29.5	32.68	34.77	37.94	40.4
Stosunek $\frac{d_0}{d}$	1.33	1.3	1.24	1.26	1.24	1.22	1.25	1.21	1.25	1.22	1.23	1.21	1.23

Znając stosunek  $\frac{d_0}{d} = 1.21$ , obliczamy średnicę sworznia  $d_0 = 1.21 d = 32.67$  mm. Tym wymiarem odpowiada śruba  $1\frac{1}{4}$ ".

Uwaga: O ile zachodzi niepewność co do wytrzymałości materiału śrub, należy wziąć śruby odpowiednio grubsze albo powiększyć ilość śrub o 4. x.

4) Średnica obwodu koła dla śrub  $D_2$  (rys. 56):

$$D_2 = D + 2s + 2\frac{s}{2} + 2y + k$$

y przy dużych ciśnieniach, więc dużych grubościach ścianek  $= \frac{1}{4}s$ , zamiast  $\frac{1}{2}s$  przy ciśnieniach małych. Tak samo  $x = \frac{1}{4}s$ , zamiast  $\frac{1}{2}s$ .

$D_2 = D + 3.5s + k$  ( $k =$  rozwartość szczęk kłucza do śrub).

$$D = 300, s = 44, k = 50 \text{ mm}$$

$$D_2 = 504 \text{ mm}$$

5) Średnica zewnętrzna kołnierza  $D_3$ :

$$D_3 = D_2 + k + 2x \quad x = \frac{s}{4}$$

$$D_3 = D + 4s + 2k$$

$$D = 300, s = 44, k = 50 \text{ mm}$$

$$D_3 = 576 \text{ mm}$$

6) Wysokość wpustu i wypustu ( $w$ ) wynosi 4–10 mm, zależnie od średnicy rury; zmienia się według wzoru:  $w = 10 - \frac{800 - D}{800} \cdot 6$

Dla  $D = 300$  mm wynosi  $w = 6$  mm.

7) Grubość kołnierza  $s_1$ :

$$s_1 = s_1' + w \quad b = s$$

(przy małych ciśnieniach  $b = 1.25s$ ).

Przyjmujemy  $s_1' = 1.25s^*) = 55$  mm.

$$s' = \sqrt{22^2 + 55^2} = 59 \text{ mm} = 5.9 \text{ cm}$$

Ramię gięcia:

$$a = \frac{1}{2} [D_2 - D - 2.5s] = 47 \text{ mm} = 4.7 \text{ cm}$$

$$n_g = \frac{3}{2} \cdot a \cdot p \cdot \frac{1}{(s')^2} \cdot \frac{(D + 2b)^2}{(D + 2.5s)}$$

$p = 50$  atm.,  $a = 4.7$  cm,  $s' = 5.9$  cm,  $D = 30$  cm,  $s = 4.4$  cm.

$$n_g = \frac{3}{2} \cdot 4.7 \cdot 50 \cdot \frac{1}{5.9^2} \cdot \frac{(30 + 8.8)^2}{30 + 11} = 371 \text{ kg/cm}^2$$

Ponieważ dozwolone natężenie żeliwa stosowanego do wyrobu rur na 50 atm. wynosi  $620 \text{ kg/cm}^2$ , uważać należy grubość kołnierza  $s_1 = s_1' + 6 = 61$  mm za wystarczającą. Kontrolę rachunku przeprowadzić można jeszcze w ten sposób, że nie uwzględnia się pogrubionej stopy kołnierza, że więc »przekrój niebezpieczny« znajduje się na obwodzie zewnętrznym rury. Zamiast  $s'$  bierze się  $s_1' = 5.5$  cm, zamiast  $(D + 2.5s)$  bierze się  $(D + 2s)$  i  $a = \frac{1}{2} [D_2 - (D + 2s)] = 58 \text{ mm} = 5.8 \text{ cm}$ .

$$\text{Otrzymamy: } n_g = \frac{3}{2} \cdot 5.8 \cdot 50 \cdot \frac{1}{5.5^2} \cdot \frac{(30 + 8.8)^2}{30 + 8.8} = 543 \text{ kg/cm}^2 < 620 \text{ kg/cm}^2$$

I w tym wypadku natężenie żeliwa w kołnierzu jest mniejsze niż dozwolone natężenie.

Wytrzymałość żeliwa na gięcie jest w pewnym stosunku do wytrzymałości na rozerwanie. Stosunek ten nie jest stały dla każdego rodzaju żeliwa; waha się on między  $1.55 - 1.8^{**})$ :

$$\frac{w_g}{w_c} = 1.55 \text{ do } 1.8$$

Spółczynnik bezpieczeństwa przy natężeniu żeliwa na gięcie zwykle stosujemy mniejszy niż przy natężeniu na ciągnięcie, gdzie przyjęliśmy  $m = 10$ . Przy natężeniu na gięcie wystarczy współczynnik bezpieczeństwa  $m_g = 6$ . W tablicy XXXIV zestawione są wytrzymałości na ciągnięcie  $w_c$ , na gięcie  $w_g$  i dozwolone natężenia  $n_c, n_g$  w  $\text{kg/cm}^2$ .

\*) Przy małych średnicach i niskim ciśnieniu  $s_1' = 2.25s$ .

\*\*\*) Jest rzeczą jasną, że próbne pręty na ciągnięcie i gięcie należy brać nie tylko z tego samego żeliwa, lecz także z tego samego kawałka o równej grubości. W przeciwnym razie jakiegos równoległego stosunku pomiędzy wytrzymałościami nie możnaby skonstatować, nawet przy zwykłym żeliwie szarem.

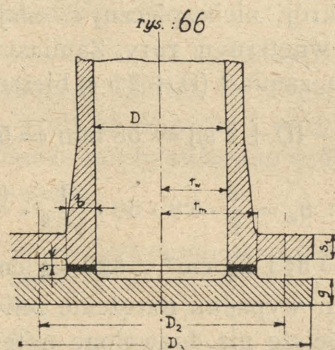
Tablica XXXIV.

Wytrzymałość i dozwolone natężenia żeliwa.

p atm.	w <sub>c</sub> kg/cm <sup>2</sup>	n <sub>c</sub> kg/cm <sup>2</sup> m = 10	$\frac{w_g}{w_c}$	w <sub>g</sub> kg/cm <sup>2</sup>	n <sub>g</sub> kg/cm <sup>2</sup>
10	1800	180	1.55	2790	465
15	1850	185	1.58	2923	485
20	1900	190	1.60	3040	500
25	1950	195	1.63	3179	530
30	2000	200	1.65	3300	550
40	2100	210	1.68	3528	585
50	2200	220	1.70	3740	620
60	2300	230	1.72	3956	660
70	2400	240	1.75	4200	700
75	2450	245	1.78	4361	720
80	2500	250	1.80	4500	750

**H) Pokrywy — Denka.**

Pokrywa przedstawia płytę okrągłą, przymocowaną do przyłgi śrubami, obciążoną ciśnieniem wewnętrznym natężającym płytę na gięcie.



Według Bacha »Elastizität u. Festigkeit« (1924, str. 601) natężenie na gięcie płyty wynosi:

$$1) n_g \geq \frac{3}{4} \cdot \frac{m^2 - 1}{m^2} \cdot \left(\frac{r}{g}\right)^2 \cdot p$$

D	40	100	150	200	250	300	350	400	600	800	1000	1200
b cm	2.5	2.8	2.8	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	4.5	4.5
g cm	1.8	2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	3.3	3.6	3.6	4
n <sub>g</sub> kg/cm <sup>2</sup>	42.5	103.4	149	217	284	352.5	444	515	722	1039	1557	1768
maks. p atm.	658	270	190	130	100	80	63	55	41	17	18	16

Pokrywa rury o średnicy 1200 mm powinna być 77 mm gruba, o ile ma pracować przy ciśnieniu 10 atm. z 6-krotną pewnością. Zamiast pogrubiać płytę możemy wytrzymałość jej zwiększyć w sposób trojaki:

a) przez dodanie żeber na zewnętrznej gładkiej ścianie płyty (rys. 67),

Dla żeliwa  $m = \frac{10}{3}$

$$2) n_g \geq 0.68 \left(\frac{r}{g}\right)^2 \cdot p$$

Dla  $r = r_m = \frac{D}{2}$

$$3) n_g \geq 0.68 \left(\frac{D}{2g}\right)^2 \cdot p$$

Dla  $r = r_w = \frac{D + 2b}{2}$

$$4) n_g \geq 0.68 \left(\frac{D + 2b}{2g}\right)^2 \cdot p$$

Najmniejsza grubość kołnierza  $g' = \frac{D}{2} \sqrt{\frac{0.68 p}{n_g}}$

Największa grubość kołnierza  $g = \frac{D + 2b}{2} \sqrt{\frac{0.68 p}{n_g}}$

$$\text{Różnica } g - g' = b \sqrt{\frac{0.68 p}{n_g}}$$

Przy obliczaniu grubości przykrywy uwzględniamy zawsze najniekorzystniejszy wypadek, biorąc

$$\text{wzór: } g = \frac{D + 2b}{2} \sqrt{\frac{0.68 p}{n_g}}$$

$$\text{względnie: } n_g = 0.68 \left(\frac{D + 2b}{2g}\right)^2 \cdot p$$

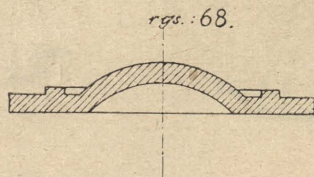
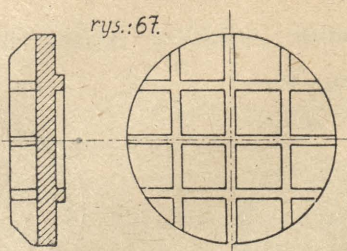
Pokrywy według norm niemieckich.  
(Blindflanschen).

Badając według powyższego wzoru natężenie pokryw niemieckich przy  $p = 10$  atm., spostrzegamy, że pokrywy te przy średnicach od 350 mm w górę są za słabe; natężenie żeliwa przekracza dozwolone natężenie 465 kg/cm<sup>2</sup>.

b) przez nadanie płycie wypukłości na ścianie wewnętrznej (rys. 68),

c) przez wzmocnienie wypukłości płyty żebrami.

Żebra obliczamy jako pręty żeliwne o przekroju  $b \cdot h$  i obciążeniu równomiernym. Obliczenie przeprowadzić można w założeniu, że żebra powinny wytrzymać tylko tę część ciśnienia we-



Moment gnący prętów osadzonych na obydwóch końcach i obciążonych równomiernie:

$$M_g = \frac{P \cdot D_2'}{12}$$

Moment wytrzymałości prętów o przekroju prostokątnym (h wysokość, b' szerokość):

$$W_g = \frac{1}{6} b \cdot h^2 \cdot n_g$$

$$\frac{P D_2'}{12} = \frac{1}{6} b \cdot h^2 \cdot n_g \quad b = \frac{4}{3} g$$

$$h = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{D_2'}{g} \cdot \frac{P}{n_g}} \quad n_g \cong 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = \sqrt{\frac{P \cdot D_2'}{600 g}}$$

Ilość żeber n:

$$h = \sqrt{\frac{P}{n} \cdot \frac{D_2'}{600 \cdot g}} = \frac{1}{20} \sqrt{\frac{P}{n} \cdot \frac{D_2'}{15 \cdot g}}$$

wewnętrznego, któremu sama płyta podoleć nie może, albo można nie uwzględniać wcale płyty i z obliczonej wysokości żeber potrącić grubość pokrywy.

Tablica XXXV.

Wysokość h żeber pokryw.  $p = 10 \text{ atm.}$ ;  $b = \frac{3}{4} g$ ; g wedle norm niemieckich;  $P = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot p$ .

D	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
P kg	17.349	26.421	36.317	47.784	62.211	76.977	93.313	111.220	128.680
n	6	6	8	10	10	12	12	14	14
g cm	2.7	3	3.3	3.3	3.6	3.6	3.6	4	4
(h+g) cm	9.15	11.9	12.49	13.7	16	17.15	19.77	19.85	22.2
h zaokr.	65	90	90	100	120	140	160	160	180

Jeżeli pokrywa jest wypukła, to przy mniejszych średnicach nie trzeba jej wzmacniać żebrami; przy dużych średnicach żebra wypukłych płyt mogą być znacznie mniejsze.

Pokrywy rur o średnicy większej niż 700 mm są wypukłe i wzmocnione żebrami.

Przy większej ilości żeber (ponad 6) nie można układać je równoległe do siebie, lecz w kierunku promieni koła, dodając 1—3 żebra okrągłe. Po między dwoma śrubami umieszczamy żebra w połowie odległości śrub.

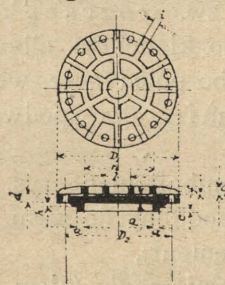
Duże pokrywy z żebrami posiadają tę zaletę, że można je łatwiej podnieść i transportować niż pokrywy grube i gładkie.

W praktyce zachodzi niekiedy nagła potrzeba sporządzenia pokrywy dla rury większej. Wybór pokrywy gładkiej według norm niemieckich prowadzi zawsze w takich wypadkach do tem większej straty czasu, że większe pokrywy według norm niemieckich pękają już przy ciśnieniu 10 atm.

Z tego to powodu podaję kształt i wymiary pokryw typu wiedeńskiego, które na pewno ciśnienie 10 atm. wytrzymać potrafią (rys. 69—75).

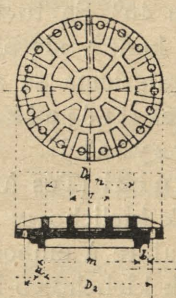
rys. 69.

D = 425—500 mm.

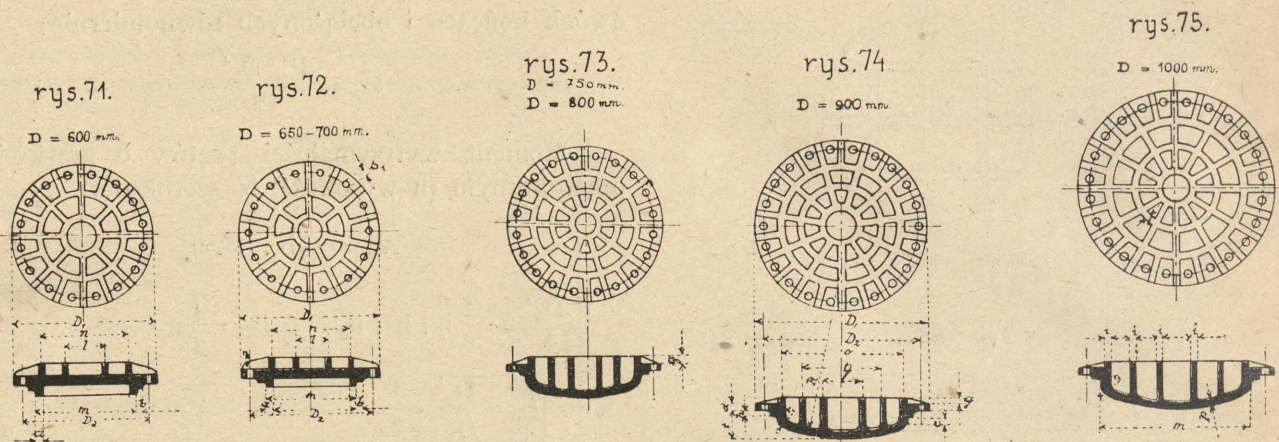


rys. 70.

D = 550 mm.



Zasada podzielności ilości śrub przez 4 nie jest przy tych pokrywach przestrzegana, ale w razie potrzeby można łatwo dostosować, nawet bez dalszych obliczeń, każdorazowo wymagane wymiary do wymiarów pokryw typu wiedeńskiego.



Tablica XXXVI.

Średnica D mm	Wymiary w milimetrach																			Ilość śrub	Waga nor- malna	
	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	d	m	a	c	b	h	i	f	g	l	n	o	t	R	s <sub>1</sub>	p	r <sub>1</sub>			r <sub>2</sub>
425	615	545	33	410	20	25	42.5	4	18	40	80	135	350	—	—	—	28.5	37	—	35	12	129
450	640	570	33	435	20	25	42.5	4	18	40	80	175	375	—	—	—	28.5	37	—	35	12	139
475	670	600	35	460	20	25	47.5	4	18	40	80	175	400	—	—	—	28.5	39	—	35	12	156
500	695	625	35	485	20	25	47.5	5	18	40	80	175	420	—	—	—	28.5	40	—	35	12	169
550	755	680	37	535	20	25	47.5	5	20	45	90	180	455	—	—	—	31.5	42	—	40	14	219
600	810	735	39	585	20	25	47.5	5	20	45	90	180	485	—	—	—	31.5	44	—	40	16	261
650	865	790	41	635	20	25	47.5	5	20	45	90	180	520	—	—	—	31.5	46	—	40	18	307
700	925	845	42	685	20	25	47.5	5	20	45	90	180	560	—	—	—	31.5	47	—	40	18	352
750	985	900	42	735	35	27.1	52.5	5	20	—	45	140	420	685	135	1000	34.5	30	50	—	20	415
800	1040	955	42	785	35	28	52.5	5	20	—	45	160	450	735	145	1000	34.5	30	50	—	20	455
900	1150	1085	45	885	35	30.8	57.5	5	20	—	45	180	530	835	160	1100	34.5	30	50	—	22	581
1000	1270	1175	45	980	40	32.8	60	5	25	—	45	190	560	925	180	1200	37.5	35	60	—	24	803

### I) Kształtki (Façons, Special Castings).

#### I. Różne rodzaje kształtek.

a) W miejscach, gdzie rurociąg się rozgałęzia, układamy kształtki o niewielkiej długości z odgałęzieniem, zwykle pod kątem prostym, rzadko pod kątem 45°. Są to t. zw. »rozczepki«. Odgałęzienie kończy się albo kielichem, albo kołnierzem. Odgałęzienia są albo pojedyncze, wtedy nazywamy je »trójkami«, albo podwójne — t. zw. »krzyżaki«.

Trójkami (Tés à emboitement, rys. 76):

- trójkami kielichowy (podobny do niem. kształt. B, à tubulure à emboitement),
- trójkami kielichowo-kołnierzowy (niem. kształt. A, à tubulure à bride),
- trójkami kołnierzowy (niem. kształt. Te).

Krzyżaki (rys. 77):

- kielichowy krzyżak (niem. kształt. BB),
- kielichowo-kołnierzowy (niem. kształt. AA),
- krzyżak kołnierzowy (niem. »Kreuzstück«).

b) W celu zmiany kierunku rurociągu stosujemy »łuki« (krzywki, Bögen, Krümmer, raccords courbes, coudes précis) 45°, 30°, 22.5°,

albo »kolanka« (Knierohre, coudes à emboitement).

»Łuki« (rys. 78 a) przedstawiają części koła o średnicy danej. Średnica koła łuków niemieckich wynosi albo 10 D albo 20 D, względnie promień 5 D albo 10 D. (D oznacza średnicę wewnętrzną rury). Łuki o promieniu 10 D obowiązują dla średnic od 40—275 mm (K kształtki), łuki o promieniu 5 D stosujemy przy rurach o większych średnicach (L kształtki).

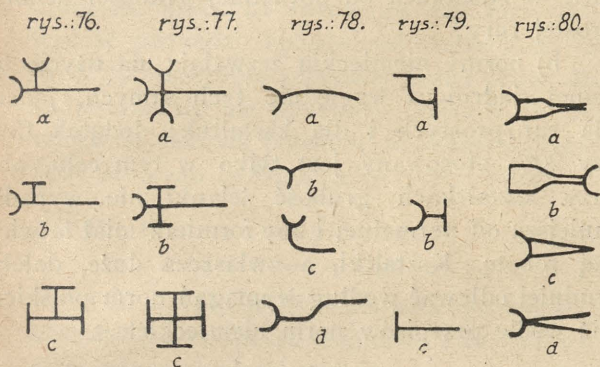
Normy polskie przewidują łuki o promieniu R, wynoszącym 500—10.000 mm, zależnie od średnicy rury, np.:

Łuki o D = 40 mm	mają promień	500 mm
„ „ D = 300 „	„ „	2.500 „
„ „ D ≥ 600 „	„ „	10.000 „

Długość łuków polskich wynosi 500 do 1.750 mm.

Łuki amerykańskie:  $\alpha = 22\frac{1}{2}^{\circ}$ ,  $11\frac{1}{4}^{\circ}$ ,  $5\frac{5}{8}^{\circ}$  bez prostego końca gładkiego.

»Curves, bell and spigot«:  $\alpha = 45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  z prostym końcem gładkim (podobne do kolanek) jak francuskie »raccords courbes«.



Normy angielskie takich »łuków« nie przewidują — angielskie »bends« to nasze kolanka; łuk zaczyna się na końcu manszetu kielicha.

Kolanka (albo kolana) kielichowe różnią się od łuków tem, że łuk stanowi u nich tylko część długości ogólnej (w środku), podczas gdy kielich n i część kolanka na bosym końcu (m) są proste (rys. 78 b, c).

Łuk u kolanek niemieckich i amerykańskich zaczyna się zaraz u spodu kielicha, przy kolankach polskich i angielskich na końcu »manszetu« kielicha.

Kolanka niemieckie:  $\alpha = 15^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ .

Kolanka polskie:  $\alpha = 30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ .

Kolanka angielskie »bends«:  $\alpha = 11\frac{1}{4}^{\circ}$ ,  $22\frac{1}{2}^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ .

Kolanka amerykańskie »curves«:  $\alpha = 90^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ .

»Kolanka kołnierzowe« (bez stopy, ze stopą) stosujemy zawsze prostokątne  $\alpha = 90^{\circ}$  (rys. 79 a)

c) Do zamykania kielicha służą t. zw. »korki« (bouchon male, Stopfen, plugs amer.),

do zamykania bosych końców rur tak zwane »czapki« (bouchon femelle, Kappen, caps amer.),

do zamykania rur kołnierzowych t. zw. pokrywy, denka (Blindflanschen).

d) Do połączenia przewodów rur kielichowych względnie kołnierzowych z kołnierzowymi wzglę-

dnie kielichowemi służą »kieliszki« (E kształtka niem.) i

»półprostki« (F kształtka niem.) albo »króćce«.

»Kieliszek« (rys. 79 b) zaopatrzony jest na jednym końcu kielichem, na drugim kołnierzem; półprostka (rys. 79 c) jest zwyczajną krótką prostą rurą kołnierzową z 1 kołnierzem.

Długość kieliszka według norm niemieckich i polskich: 300 mm dla wszystkich średnic,

długość króćca według norm polskich i niemieckich: 600 mm dla  $D = 40-400$ , 800 mm dla  $D = 500-800$  mm.

Normy amerykańskie i angielskie takich kieliszków i króćców nie przewidują.

W normach francuskich obydwie kształtki noszą wspólną nazwę »bouts d'extrémité«.

e) W celu zmiany średnicy przewodu stosujemy t. zw. »zweźki« (redukcje, cones) o długości 1000 mm według norm niemieckich, względnie 500 mm według norm polskich.

Zweźki niemieckie (tylko kielichowe) posiadają kielich na węższym końcu. Szerszy koniec prosty, gładki,  $m =$  podwójna głębokość kielicha (rys. 80 d).

Zweźki polskie są dwojakiego rodzaju:

- zweźki kielichowe podobne do niemieckich,
- zweźki z gładkimi końcami —  $m = 63$  przy  $D = 40$  mm,  $m = 120$  przy  $D = 1200$  mm.

Zweźki amerykańskie (reducers and increasers) są czworakiego rodzaju:

- na obydwóch końcach gładkie,
- na wąskim końcu kielich, drugi koniec gładki,
- na szerokim końcu kielich, drugi koniec gładki,
- na obydwóch końcach kielichy.

Oprócz tego typu istnieje typ t. zw. typ II dwojakiego rodzaju:

- na szerokim końcu kielich, wąski koniec gładki (rys. 80 a),
- na wąskim końcu kielich, szeroki koniec gładki (rys. 80 b).

Normy angielskie przewidują dwa rodzaje zweżek (standard tapers).

Długość  $L$  zweżek.

Zweźki polskie:

dla  $d = 125$  mm :  $L = 500$  mm

$d = 150-300$  :  $L = 750$  mm

$d > 300$  :  $L = 1000$  mm.



Zwężki niemieckie:

dla  $d = 40-750$  mm :  $L = 1000$  mm  
 $d = 800-1200$  mm :  $L = 1500$  mm.

Zwężki amerykańskie:

	$s+v+s=$	$L$
dla śr. 6—12" = D	8" + 18" + 8"	34" = 864 mm
" " 14—18" = D	8" + 20" + 8"	36" = 915 mm
" " 20—30" = D	8" + 26" + 8"	42" = 1067 mm

Zwężki angielskie:

dla  $d = 3-8$ " :  $L = 3$  stopy = 915 mm  
 $d = 9-22$ " :  $L = 4$  stopy = 1220 mm.

f) Do połączenia dwóch gładkich końców rur służą kielichy podwójne, t. zw. »nasuwki« (Ueberschubmuffen, niem. kształtki U, manchons, ameryk. »sleeves«, angielskie »collars«).

Długość nasuwek polskich dla  $D = 40-1200$  wynosi:  $L = 108-392$  mm;

długość nasuwek niemieckich równa jest pozwórną głębokości kielicha;

długość nasuwek ameryk. dla  $D = 4"-36"$  :  
 $L = 10"-24"$ ;

długość nasuwek angielskich dla  $D = 3"-24"$  :  
 $L = 7"-11"$ .

Oprócz wymienionych kształtek przewidują normy amerykańskie t. zw. »offsets« (Etagenrohre, rury schodkowe, rys. 78 d).

## II. Grubość ścian kształtek i ich waga.

Kształtki odlewane są »leżące«; przy tym sposobie odlewania o dokładnie równomiernej grubości ścianek nie może być mowy. Z tego powodu normalna grubość ścian kształtek zawsze jest większa, niż normalna grubość odnośnej rury prostej. To powiększenie grubości ścianki kształtek uskuteczniamy na koszt średnicy wewnętrznej, gdyż średnica zewnętrzna rur i kształtek nie podlega zmianie.

Polskie normy przepisują dla kształtek grubość ścianki o 20% większą niż normalna, np.: rura prosta o średnicy 400 mm ma ściankę 15 mm grubą; wszystkie kształtki o średnicy 400 mm mają ściankę o 20% grubszą, więc 18 mm i ta grubość jest »normalną« grubością kształtek o średnicy 400 mm. Waga normalna kształtek polskich oblicza się z grubości ścianki o 20% większej. Normy polskie zezwalają na odchylenie od tej wagi normalnej do 10%.

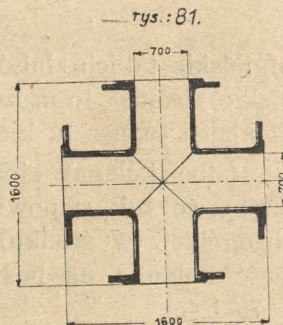
Niemieckie normy nie przepisują dla ścianek kształtek osobnej normalnej grubości,

lecz ustalają tylko wagę normalną w ten sposób, że do wagi teoretycznej, obliczonej z wymiarów normalnych prostych rur, dodaje się 20% przy łukach, przy innych kształtkach tylko 15%.

Normy niemieckie są dla odlewników dogodniejsze, niż normy polskie, a to z dwóch powodów:

a) odchylenie dozwolone w grubościach ścianek kształtek oblicza się przy kształtkach niemieckich w odsetkach od normalnej grubości ścianki prostej rury;

b) normy niemieckie zezwalają na użycie tej samej »jadrnicy« względnie tych samych »jader« dla rur prostych i dla kształtek; dodatek 15% czy 20% stosowany jest tylko w tym celu, aby przy kształtkach grubość ścianki nie wypadła mniejsza od normalnej i aby formierz miał łatwiejszą robotę. Kształtki, a zwłaszcza duże, daleko trudniej odlewać według wymagań norm polskich, niż wedle przepisów norm niemieckich.



Zasługuje na uwagę, że wagi normalne kształtek niemieckich (trójkątów i krzyżaków) obliczone są bez uwzględniania otworów. Przytoczę naprzykład obliczenie wagi krzyżaka kołnierzowego według norm niemieckich o średnicy 700 mm (rys. 81):

Długość prostych rur $2 \times 1,6$	3,2 m
Waga 1 metra bieżącego	311,15 kg
Waga prostych rur $3,2 \times 311,15$	995 „
Waga 4 kołnierzy à 56,5	226 „
Waga teoretyczna	1221 kg
Dodatek ze względu na odlewanie kształtki »leżące« 15%	183 „
Razem	1404 kg

Waga normalna według norm niemieckich (zaokr.): 1400 kg

Waga normalna według projektu norm polskich tego samego krzyżaka  $\frac{1600}{1600} \times 700$  mm wynosi tylko 1088 kg, więc o 312 kg, t. j. o 22% mniej!

### III. Różne uwagi o kształtkach.

Następnie podkreślić wypada, że normy niemieckie odnoszą się tylko do kształtek o średnicy 40—750 mm. Wszystkie kształtki większe uważane są za nienormalne i podlegają co do wagi, jakoteż co do konstrukcji osobnej umowie przy każdorazowym zamówieniu. Przy kształtkach kołnierzowych obowiązuje zasada, że płaszczyzna pionowa położona przez oś rurociągu czy rury dzieli odległość pomiędzy sąsiednimi śrubami na połowę. W tej płaszczyźnie pionowej żaden otwór dla śrub znajdować się nie powinien. Obecnie dla rur niemieckich, jakoteż polskich obowiązuje zasada, że ilość śrub ma być podzielna przez cztery.

### IV. Wytrzymałość kształtek na ciśnienie wewnętrzne.

Pod wpływem ciśnienia wewnętrznego ścianki kształtek, a zwłaszcza trójników i krzyżaków z dużymi odgałęzzeniami natężone są znacznie silniej niż ścianki rur prostych przy tem samym ciśnieniu. Z tego powodu obowiązuje przepis norm niemieckich, że rozczepki z odgałęzzeniami o średnicy 400 mm i wyżej należy wzmocnić w grubości ścianki i ewentualnie także żebrami, o ile narażone są na ciśnienie wewnętrzne 2 atm. i wyżej. Ten sam przepis obowiązuje dla norm wiedeńskich z dodatkiem, że kształtki o średnicy większej niż 750 mm, podlegające ciśnieniu  $7\frac{1}{2}$ —11 atm., odlewane być powinny ze stali, a nie z żeliwa.

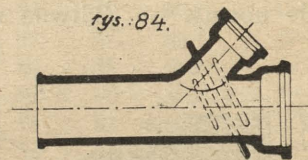
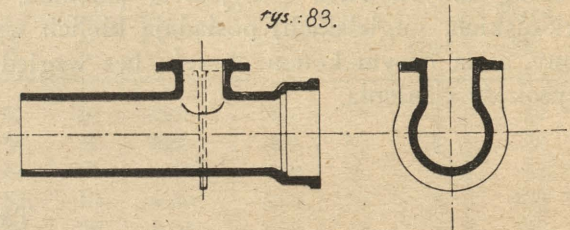
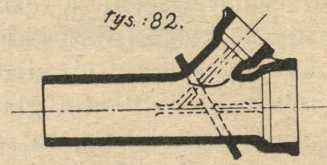
Doświadczenie uczy, że wszystkie niemieckie kształtki C, odlane bez żeber, przy ciśnieniu 8 do 10 atm. już przy średnicy 325 mm pękają. Zaostrzone w żebra wytrzymują dobrze nawet 20 atm. (rys. 82). Według norm wiedeńskich grubość żeber równa się grubości kołnierza odgałęzienia, a wysokość żeber równa jest wysokości kołnierza odgałęzienia (rys. 83).

Amerykańskie kształtki Y, odpowiadające niemieckim kształtkom C, wzmocnione są 3 żebrami, z których jedno obejmuje cały obwód kształtki, dwa inne są krótsze (rys. 84).

Także »krzyżaki« o większych średnicach ( $> 300$  mm) powinny być wzmocnione żebrami; oprócz tego należy pogrubić ściankę w punktach stycznych odgałęzień.

Duże kształtki C o średnicy 1000 mm bez żeber pękały już przy 4 atm.; pogrubiono ścianki o 67% i to niewiele pomogło. Bandaże z szyn i śrub zezwoliły na powiększenie ciśnienia do 8 atm. bez pęknięcia kształtki. Dopiero trzy silne

obręcze-żebra poskutkowały. Pod tym względem polskie warunki techniczne odbioru kształtek wymagają odpowiedniego uzupełnienia.



Takie duże rozczepki nie można obliczać jako rury, lecz jako płyty. Byłoby do życzenia, aby wodociągowcy notowali skrupulatnie wypadki pęknięcia kształtek i na podstawie doświadczenia ustalili pewien prosty sposób obliczania grubości ścianek i żeber dużych rozczepk.

### K) Normy rur żeliwnych różnych państw.

Kiedy coraz liczniejsze miasta i miejscowości na zachodzie zaczęły budować wodociągi i gazociągi, kiedy wskutek tego zapotrzebowanie rur żeliwnych wzrosło bardzo i rozpoczęła się masowa produkcja rur, producenci i odbiorcy rur uznali za konieczne ustalenie pewnych norm wyrobu i odbioru rur. Ustalanie norm odbywało się dotąd w niektórych państwach odrębnie; dopiero od niedawna widoczna jest tendencja do zniesienia norm odrębnych i do ustalenia norm międzynarodowych. Ponieważ polskie odlewnie rur nie mają dotąd zapewnionego zbytu w kraju, a szukając terenu zbytu za granicami państwa, spotykają się z różnymi typami rur i zmuszone są zapoznać się bliżej z nimi, uważam w interesie odlewni polskich za wskazane przedstawić główne, charakterystyczne dane, dotyczące norm rur żeliwnych innych krajów. Niektóre państwa wydały normy rur żeliwnych dla »normalnego ciśnienia« 10 atm. (Rosja,

Polska, Niemcy). Inne państwa, jak Anglja i Ameryka, posiadają normy rur żeliwnych dla różnych ciśnień.

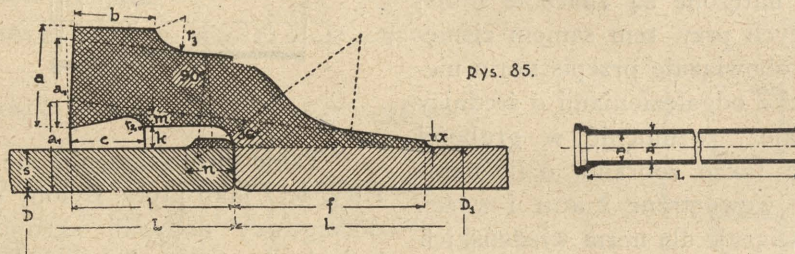
Przy badaniu konstrukcji rur żeliwnych na pierwszy rzut oka spostrzegamy zasadniczą różnicę pomiędzy rurami typu niemieckiego i wszystkimi innymi typami. Podczas gdy normy niemieckie przewidują dla ciśnień roboczych do 10 atm. gładki kielich i bosy koniec gładki bez obrzeża, to rury według innych norm (rosyjskich, polskich, amerykańskich, angielskich) posiadają kielich wydrążony, a na bosym końcu obrzeże bez względu na wysokość ciśnienia.

### I. Normy polskie.

Polski Komitet Normalizacyjny przy Ministerstwie Przemysłu i Handlu wydał dotąd normy żeliwnych rur prostych, kielichowych i kołnierzowych, oraz normy kształtek żeliwnych. W Małopolsce, na Śląsku Cieszyńskim i Górnym, jakoteż w Poznańskim i na Pomorzu były i są dotąd stosowane prawie wyłącznie rury według norm niemieckich. Tylko Przemysł ma rury nowego typu wiedeńskiego ze względu na wyższe ciśnienie. Natomiast w dawnej Kongresówce stosowane były i są dotąd rury według norm rosyjskich (t. zw. normy V-go Zjazdu).

Tablica XXXVII.

Polskie normy. — Żeliwne rury wodociągowe. Prostka kielichowa.

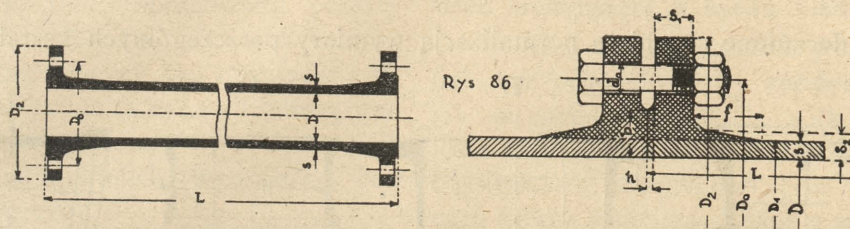


Wymiary w mm															Waga całej rury w kg
D	D <sub>1</sub>	s	l	f	k	a	a <sub>1</sub>	c	m	b	x	p	n	L	
40	56	8	60	63	7	26	21	26	4,5	31	1	3,5	14	2500	25
50	66	8	60	63	7	26	22	26	4,5	31	1	3,5	14	2500	30
80	98	9	60	65	7	27	23	26	4,5	31	1	3,5	14	3000	60
100	118	9	64	66	8	28	23	27	4,5	32	1	3,5	14	4000	96
125	145	10	65	67	8	29	24	27	4,5	32	1	3,5	14	4000	130
150	170	10	66	69	8	30	25	28	4,5	33	1	4	15	4000	155
200	222	11	68	72	8	32	27	29	5	34	1	4	15	4000	225
250	274	12	70	75	9	34	29	30	5	35	1	4	16	5000 <sup>1)</sup>	375
300	326	13	72	78	9	36	30	31	5	36	1,5	4,5	17	5000 <sup>1)</sup>	485
350	378	14	74	81	9	38	32	32	5,5	37	1,5	4,5	18	5000 <sup>1)</sup>	610
400	430	15	76	84	10	40	34	33	5,5	38	1,5	5	18	5000 <sup>1)</sup>	745
500	532	16	80	90	10	44	37	35	5,5	40	1,5	5	20	5000 <sup>1)</sup>	990
600	636	18	84	96	11	48	41	37	6	42	2	5,5	21	5000 <sup>1)</sup>	1340
700	740	20	88	102	11	52	44	39	6,5	44	2	6	23	5000 <sup>1)</sup>	1740
800	844	22	92	108	12	56	48	41	6,5	46	2,5	6,5	24	5000 <sup>1)</sup>	2180
900	948	24	96	114	13	60	51	43	7	48	2,5	7	26	5000 <sup>1)</sup>	2680
1000	1052	26	100	120	13	64	55	45	7	50	2,5	7	27	5000 <sup>1)</sup>	3230
1200	1260	30	108	132	13	72	62	49	7,5	54	3	8	30	5000 <sup>1)</sup>	4480

<sup>1)</sup> Dopuszczalne są długości L = 4000 mm.

U w a g a : Waga rur jest obliczona dla  $\varnothing$  250—1200 mm przy długości L = 5000 mm.

Tablica XXXVIII.  
Polskie normy. — Żeliwne rury wodociągowe. Prostka kołnierzowa.



Wymiary w mm												Śruby			Waga kg
D	D <sub>1</sub>	s	s <sub>1</sub>	s <sub>2</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>2</sub>	b	h	f	d <sub>0</sub>	L	Średnica D		Ilość	
												mm	cale		
40	56	8	18	13	110	150	22	3	52	18	2500	15.9	5/8	4	26
50	66	8	18	14	125	165	25	3	52	18	2500	15.9	5/8	4	33
80	98	9	19	15	160	200	27	3	54	18	3000	15.9	5/8	4	62
100	118	9	20	16	180	220	28	3	55	18	4000	15.9	5/8	8	100
125	145	10	21	16	210	250	30	3	56	18	4000	15.9	5/8	8	135
150	170	10	22	17	240	285	31	3	58	21	4000	19.0	3/4	8	160
200	222	11	23	18	295	340	34	3	60	21	4000	19.0	3/4	12	230
250	274	12	24	20	350	395	35	3	63	21	5000 <sup>1)</sup>	19.0	3/4	12	385
300	326	13	25	21	400	445	35	3	65	21	5000 <sup>1)</sup>	19.0	3/4	12	495
350	378	14	26	22	460	505	40	4	68	21	5000 <sup>1)</sup>	19.0	3/4	16	620
400	430	15	27	24	515	565	40	4	70	25	5000 <sup>1)</sup>	22.2	7/8	16	760
500	532	16	30	26	620	670	42	4	75	25	5000 <sup>1)</sup>	22.2	7/8	20	1010
600	636	18	33	27	725	780	42	5	80	28	5000 <sup>1)</sup>	25.4	1	20	1360
700	740	20	33	30	840	895	50	5	85	28	5000 <sup>1)</sup>	25.4	1	24	1760
800	844	22	36	33	950	1015	52	5	90	32	5000 <sup>1)</sup>	28.6	1 1/8	24	2220

<sup>1)</sup> Dopuszczalne są długości L = 4000 mm.

U w a g a: Waga rur jest obliczona dla  $\varnothing$  250—1200 mm przy długości L = 5000 mm.

Rys. 87 i 88 przedstawiają ustalone przez polskie normy znakowanie i nazwy kształtek żeliwnych.

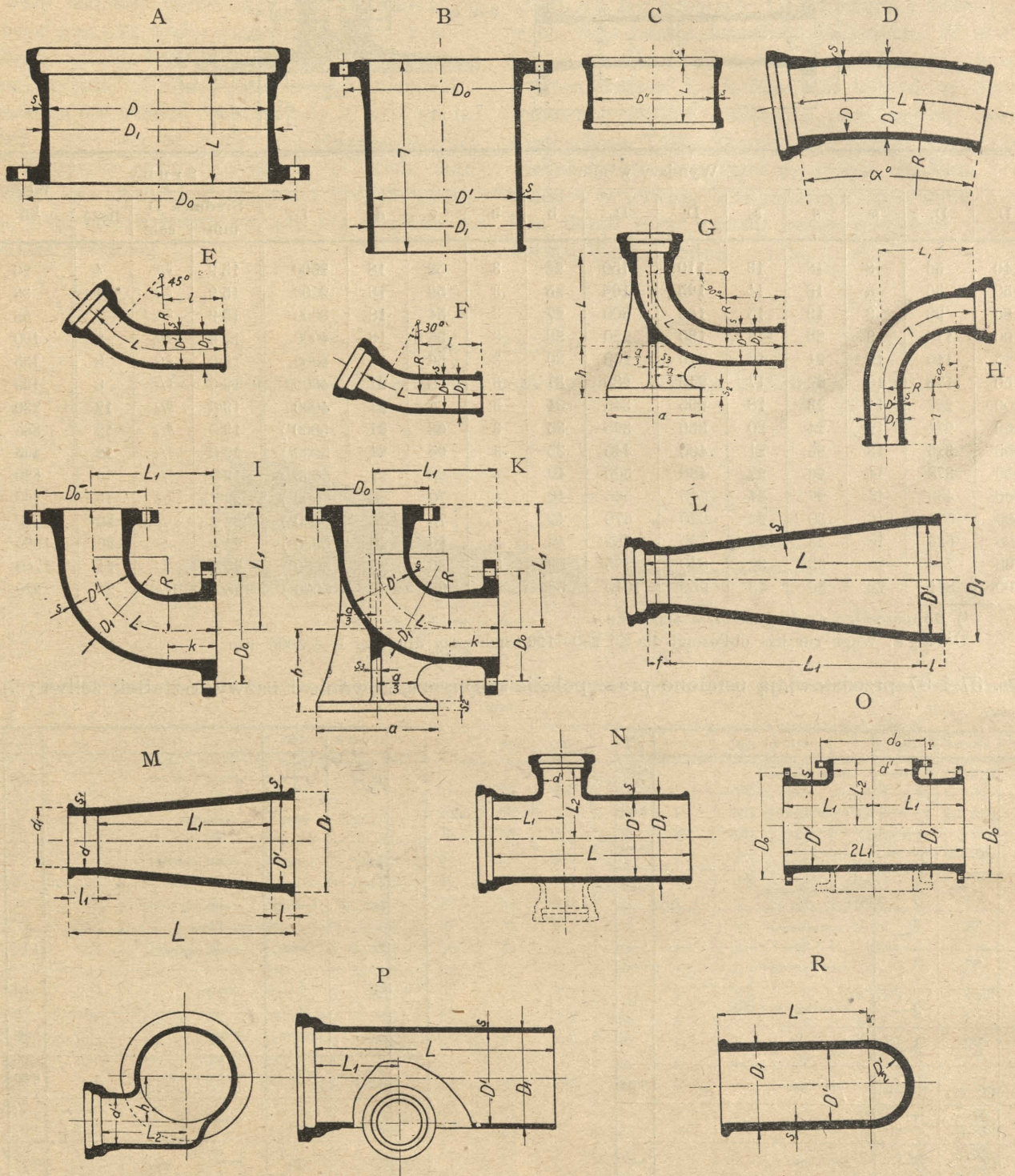
	Rysunek	Znak	N a z w a	Patr P. N.
1			Prostka kielichowa	B-803
2			Prostka kołnierzowa	B-804
3			Łuk kielichowy	B-808
4			Krzywka kielichowa	B-809
5			Kołano kołnierzowe	
5			Kołano 2 kołnierzowe	B-811
7			Kołano kielichowe ze stopką	B-810
8			Kołano kołnierzowe ze stopką	
9			Trójnik kielichowy	B-814
10			Trójnik kołnierzowy	
11			Krzyżak kielichowy	B-814
12			Krzyżak 2-kołnierzowy	
13			Trójnik 3-kołnierzowy	B-815

Rys. 87.

	Rysunek	Znak	N a z w a	Patr P. N.
14			Krzyżak kołnierzowy	B-815
15			Zwężka bosa	B-813
16			Zwężka kołnierzowa	
17			Zwężka 2-kołnierzowa	
18			Zwężka kielichowa	B-812
19			Kieliszek	B-805
20			Króciec	B-806
21			Odwodniak kielichowy	B-816
22			Odwodniak kołnierzowy	
23			Korek	B-817
24			Pokrywa	
25			Nasuwka	B-807

Rys. 88.

Na rys. 89 uwidocznione są objęte normalizacją wymiary poszczególnych kształtek żeliwnych.



Rys. 89. A kieliszek, B króciec, C nasuwka, D łuk kielichowy, E F krzywki kielichowe, G kolano kielichowe ze stopką, H kolano kielichowe, I kolano 2-kołnierzowe, K kolano 2-kołnierzowe ze stopką, L zwężka kielichowa, M zwężka bosa, N trójnik (krzyżak kielichowy), O trójnik trzykołnierzowy (krzyżak kołnierzowy), P odwodniak kielichowy, R korek.

Polski Komitet Normalizacyjny przyjął dla rur kielichowych typ V-go rosyjskiego Zjazdu wodociągowego z r. 1901, opracowany później głównie przez inż. H. D. Lindley'a, z małymi zmianami, a dla rur kołnierzowych typ niemiecki z tą zmianą, że ilość śrub powinna być podzielna przez cztery. Charakterystyczną cechą żeliwnych rur polskich jest krótki, silny kielich, wydrążony, bez »pierścienia środkującego«.

Grubość ścianek rur polskich obliczona jest dla rur wszystkich średnic od 40—1200 mm na 10 atm. ciśnienia roboczego przy dozwolonym natężeniu żeliwa na rozerwanie  $180 \text{ kg/cm}^2$ , podczas gdy normalne rury niemieckie o średnicach ponad 500 mm przy 10 atm. ciśnienia wskutek za cienkich ścianek wykazują daleko większe natężenia żeliwa na rozerwanie.

Inne szczegóły\* uwidocznione są w rysunku i w tabeli rur kielichowych.

Żeliwne rury kołnierzowe (rys. 86) posiadają na kołnierzach przylgę o szerokości 22 do 52 mm. Reszta powierzchni kołnierzy poza przylgą nie podlega obróbce.

Średnice polskich norm. rur prostych są następujące: 40, 50, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200 mm.

## II. Normy niemieckie z roku 1882.

Żeliwne rury kielichowe wyróżniają się od wszystkich innych typów przez to, że kielich wewnątrz nie posiada żadnego wydrążenia dla ołowiu, jest więc zupełnie gładki, gładki

jest również bosy koniec bez żadnego obrzeża. Do środkowania rur w kielichach służy t. zw. »pierścień środkujący« u spodu kielicha.

Kielich rur niemieckich jest dłuższy, niż kielich rur polskich. Rury kołnierzowe są te same, jak w normach polskich, z tą tylko różnicą, że ilość śrub niezawsze jest podzielna przez cztery i że grubość ścianek jest przy niektórych średnicach trochę mniejsza. Różnice w grubościach ścianek wahają się w granicach »tolerancji«.

Średnice rur niemieckich są następujące: 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 900, 1000, 1100, 1200 mm.

Odlewanie rur »wirująco« wymaga pewnej zmiany kształtu kielicha, którą Wydział Normalizacyjny przyjął na posiedzeniu w dn. 29/I 1927 r. we Frankfurcie n/M.

rys. 90.

Normy niemieckie, rury lanc „stojąco“



Normy niemieckie, rury lanc „wirująco“



Tablica XXXIX.

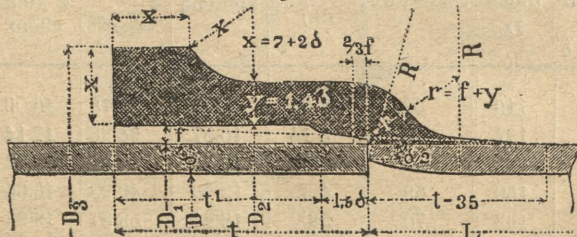
### Niemieckie normy rur żeliwnych.

Wspólnie wydane przez Związek Niem. Inżynierów i Niem. Związek Gazowników i Wodociągowców. Rury kielichowe.

Wymiary (mm)										Wagi (kg)				
Średnica prześwitu rury D	Normalna grubość ścianki δ	Średnica zewn. rury D <sub>1</sub>	Zwyczajna długość użytkowa L metrów	Głębokość kielicha t	Szerokość szczeliwni f	Średnica wewn. kielicha D <sub>2</sub>	Grubość ścianki kielicha y=1,4δ	Czoło kielicha		Długość uszczelnienia t <sup>1</sup> =t-1,5δ	Kielich (część podwójnie kreskowna)	Jeden metr bież. rury bez kielicha	Jedna rura o długości użytkowej	Jeden metr bież. rury łącznie z kielichem
								Grubość i szerokość promień łuku przejściowego x=7+2δ	Zewnętrzna średnica D <sub>3</sub>					
40	8	56	2	74	7	70	11	23	116	62	2,68	8,75	20,18	10,09
50	8	66	2	77	7,5	81	11	23	127	65	3,14	10,57	24,28	12,14
60	8,5	77	2	80	7,5	92	12	24	140	67	3,89	13,26	30,41	15,21
70	8,5	87	3	82	7,5	102	12	24	150	69	4,35	15,20	49,95	16,65
80	9	98	3	84	7,5	113	12,5	25	163	70	5,09	18,24	59,81	19,94
90	9	108	3	86	7,5	123	12,5	25	173	72	5,70	20,29	66,57	22,19

Wymiary (mm)										Wagi (kg)				
Średnica prześwitu rury D	Nor- malna gru- bość ścianki $\delta$	Śre- dnica zewn. rury D <sub>1</sub>	Zwy- czajna długość użytko- wa L metrów	Głęb- okość kie- licha t	Szer- okość szcze- liwni f	Śre- dnica wewn. kie- licha D <sub>2</sub>	Gru- bość ścianki kie- licha y=1,4 $\delta$	Czoło kielicha		Długość uszczel- nienia t'=t-1,5 $\delta$	Kielich (część podwój- nie kre- skowa- na)	Jeden metr bież. rury bez kielicha	Jedna rura o dłu- gości użytko- wej	Jeden metr bież. rury łącznie z kie- lichem
								Grubość, szerokość i promień łuku przejścio- wego x=7+2 $\delta$	Zewne- trzna śred- nica D <sub>3</sub>					
100	9	118	3	88	7,5	133	13	25	183	74	6,20	22,34	73,22	24,41
125	9,5	144	3	91	7,5	159	13,5	26	211	77	7,64	29,10	94,94	31,65
150	10	170	3	94	7,5	185	14	27	239	79	9,89	36,44	119,21	39,74
175	10,5	196	3	97	7,5	211	14,5	28	267	81	12,00	44,36	145,08	48,36
200	11	222	3	100	8	238	15	29	296	83	14,41	52,86	172,99	57,66
225	11,5	248	3	100	8	264	16	30	324	83	16,89	61,95	202,71	67,57
250	12	274	4	103	8,5	291	17	31	353	84	19,51	71,61	306,05	76,51
275	12,5	300	4	103	8,5	317	17,5	32	381	84	22,51	81,85	349,91	87,48
300	13	326	4	105	8,5	343	18	33	409	85	25,78	92,68	396,50	99,13
325	13,5	352	4	105	8,5	369	19	34	437	85	28,83	104,08	445,15	111,29
350	14	378	4	107	8,5	395	19,5	35	465	86	32,23	116,07	496,51	124,13
375	14	403	4	107	9	421	20	35	491	86	34,27	124,04	530,43	132,61
400	14,5	429	4	110	9,5	448	20,5	36	520	88	39,15	136,89	586,71	146,68
425	14,5	454	4	110	9,5	473	20,5	36	545	88	41,26	145,15	621,82	155,46
450	15	480	4	112	9,5	499	21	37	573	89	44,90	158,87	680,38	170,10
475	15,5	506	4	112	9,5	525	21,5	38	601	89	48,97	173,17	741,65	185,41
500	16	532	4	115	10	552	22,5	39	630	91	54,48	188,04	806,64	201,66
550	16,5	583	4	117	10	603	23	40	683	92	62,34	212,90	913,94	228,49
600	17	634	4	120	10,5	655	24	41	737	94	71,15	238,90	1026,75	256,69
650	18	686	4	122	10,5	707	25	43	793	95	83,10	273,86	1178,54	294,64
700	19	738	4	125	11	760	26,5	45	850	96	98,04	311,15	1342,64	335,66
750	20	790	4	127	11	812	28	47	906	97	111,29	350,76	1514,33	378,58
800	21	842	4	130	12	866	29,5	49	964	98	129,27	392,69	1700,03	425,01
900	22,5	945	4	135	12,5	970	31,5	52	1074	101	160,17	472,76	2051,21	512,80
1000	24	1048	4	140	13	1074	33,5	55	1184	104	195,99	559,76	2435,03	608,76
1100	26	1152	4	145	13	1178	36,5	59	1296	106	243,76	666,81	2911,00	727,75
1200	28	1256	4	150	13	1282	39	63	1408	108	294,50	783,15	3427,10	856,78

rys. 91.



U w a g i: Normalne grubości ścianek obowiązują dla rur podlegających ciśnieniu robocznemu ca 10 atm, i ciśnieniu próbnemu maks. 20 atm, i służących przedewszystkiem do przewodów wody. Zewnętrzna średnica rury jest stała; wszelkie zmiany grubości ścianki uskuteczniają się na koszt średnicy wewnętrznej. Tak samo normalnie stały jest kształt wewnętrzny kielicha, sposób połączenia i szerokość szczeliny dla ołowiu. Przy obliczeniach wag obowiązuje ciężar właściwy żeliwa 7,25.

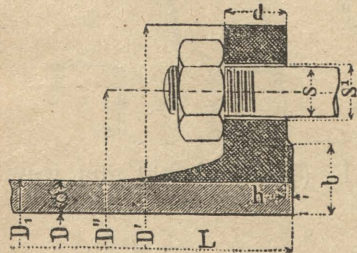
Tablica XL.

## Niemieckie normy rur żeliwnych.

Wspólnie wydane przez Związek Niem. Inżynierów i Niem. Związek Gazowników i Wodociągowców.  
Rury kołnierzowe.

Wymiary (mm)														Wagi (kg)				
Średnica przewodu rury D	Normalna grubość ścianki δ	Średnica zewn. rury D <sub>1</sub>	Zwyczajna długość użytkowa L metrów	Kołnierza		Obwód koła dla śrub D''	Przyłga		Śruby					Średnica otworu dla śrub s <sup>1</sup>	Jednego kołnierza (część podwójnie kreślowana)	Jednego metra bież. rury bez kołnierza	Jednej rury o długości użytkowej	Jednego metra bież. rury z kołnierzem
				Średnica D'	Grubość d		Szerokość b	Wysokość h	Ilość A	Grubość s	cale ang.	Długość l						
40	8	56	2	140	18	110	25	3	4	13	1/2	70	15	1·89	8·75	21·28	10·64	
50	8	66	2	160	18	125	25	3	4	16	5/8	75	18	2·41	10·57	25·96	12·98	
60	8·5	77	2	175	19	135	25	3	4	16	5/8	75	18	2·96	13·26	32·44	16·22	
70	8·5	87	3	185	19	145	25	3	4	16	5/8	75	18	3·21	15·20	52·02	17·34	
80	9	98	3	200	20	160	25	3	4	16	5/8	75	18	3·84	18·24	62·40	20·80	
90	9	108	3	215	20	170	25	3	4	16	5/8	75	18	4·37	20·29	69·61	23·20	
100	9	118	3	230	20	180	28	3	4	19	3/4	85	21	4·96	22·34	76·94	25·65	
125	9·5	144	3	260	21	210	28	3	4	19	3/4	85	21	6·26	29·10	99·82	33·27	
150	10	170	3	290	22	240	28	3	6	19	3/4	85	21	7·69	36·44	124·70	41·57	
175	10·5	196	3	320	22	270	30	3	6	19	3/4	85	21	8·96	44·96	151·00	50·33	
200	11	222	3	330	23	300	30	3	6	19	3/4	85	21	10·71	52·86	180·00	60·00	
225	11·5	248	3	370	23	320	30	3	6	19	3/4	85	21	11·02	61·95	207·89	69·30	
250	12	274	3	400	24	350	30	3	8	19	3/4	100	21	12·98	71·61	240·79	80·26	
275	12·5	300	3	425	25	375	30	3	8	19	3/4	100	21	14·41	81·85	274·37	91·46	
300	13	326	3	450	25	400	30	3	8	19	3/4	100	21	15·32	92·98	308·68	102·89	
325	13·5	352	3	490	26	435	35	4	10	22·5	7/8	105	25	19·48	104·08	351·20	117·07	
350	14	378	3	520	26	465	35	4	10	22·5	7/8	105	25	21·29	116·07	390·79	130·26	
375	14	403	3	550	27	495	35	4	10	22·5	7/8	105	25	24·29	124·04	420·70	140·23	
400	14·5	429	3	575	27	520	35	4	10	22·5	7/8	105	25	25·44	136·89	461·55	153·85	
425	14·5	454	3	600	28	545	35	4	12	22·5	7/8	105	25	27·64	145·15	490·73	163·58	
450	15	480	3	630	28	570	35	4	12	22·5	7/8	105	25	29·89	158·87	536·39	178·80	
475	15·5	506	3	655	29	600	40	4	12	22·5	7/8	105	25	32·41	173·17	584·33	194·78	
500	16	532	3	680	30	625	40	4	12	22·5	7/8	105	25	34·69	188·04	633·50	211·17	
550	16·5	583	3	740	33	675	40	5	14	26	1	120	28·5	44·28	212·90	727·26	242·42	
600	17	634	3	790	33	725	40	5	16	26	1	120	28·5	47·41	238·90	811·52	270·51	
650	18	686	3	840	33	775	40	5	18	26	1	120	28·5	50·13	273·86	921·84	307·28	
700	19	738	3	900	33	830	40	5	18	26	1	120	28·5	56·50	311·15	1046·45	348·82	
750	20	790	3	950	33	880	40	5	20	26	1	120	28·5	59·81	350·76	1171·90	390·63	
800	21	842	4	1020	36	940	45	5	20	29	1 1/8	130	31·5	76·27	392·69	1723·30	430·83	
900	22·5	945	4	1120	36	1040	45	5	22	29	1 1/8	130	31·5	83·14	472·76	2057·32	514·33	
1000	24	1048	4	1220	36	1140	45	5	24	29	1 1/8	130	31·5	89·69	559·76	2418·42	604·61	
1100	26	1152	4	1340	40	1250	45	5	26	29	1 1/8	140	31·5	118·05	666·81	2903·34	725·84	
1200	28	1256	4	1440	40	1350	45	5	28	29	1 1/8	140	31·5	124·86	783·15	3382·32	845·58	

rys. 92.



Uwagi: Normalne grubości ścianek obowiązują dla rur, podlegających ciśnieniu robocznemu ca 10 atm. i ciśnieniu próbnemu maks. 20 atm. i służących przede wszystkim do przewodów wody. Do przewodów pary, pozostających pod wpływem zmiennych bardzo temperatur i narażonych wskutek tego na naprężenia, jakoteż do przewodów narażonych na szkodliwe wpływy zewnętrzne zaleca się stosowanie rur od średnicy 100 mm dla maks. 8 atm. Przy ciśnieniach pary ponad 8 atm. należy pogrubić ścianki i naturalnie także wagi. — Zewnętrzna średnica rury jest stała; wszelkie zmiany grubości ścianki uskuteczniają się na koszt średnicy wewnętrznej. — Przy obliczeniach wag obowiązuje ciężar właściwy żeliwa 7·25. Dla rozdziału otworów dla śrub obowiązuje zasada, że płaszczyzna pionowa przez oś rury dzieli odległość dwóch otworów dla śrub na połowę.

Niemieckie normy rur żeliwnych  
wspólnie wydane przez Związek Niem. Inżynierów  
i Niem. Związek Gazowników i Wodociągowców.

Wymiary normalnych kształtek do żeliwnych rur kielichowych i długości użytkowe zasuw.

Rys. 93. Kształtka A.

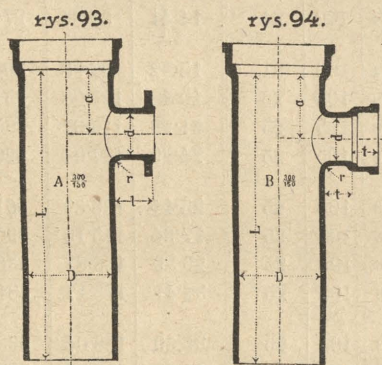
$$a = 100 + 0.2 D + 0.5 d$$

$$l = 120 + 0.1 d$$

$$r = 40 + 0.05 d$$

Długość użytkowa L, przy różnych D i d:

D mm	d mm	L m
40—100	40—100	0.80
125—325	40—325	1.00
350—500	40—300	1.00
350—500	325—500	1.25
550—750	40—250	1.00
550—750	275—500	1.25
550—750	550—750	1.50



Rys. 94. Kształtka B.

$$a = 100 + 0.2 D + 0.5 d$$

t = głębokość kielicha odgałęzienia

$$r = 40 + 0.05 d$$

Długość użytkowa L, przy różnych D i d:

D mm	d mm	L m
40—100	40—100	0.80
125—325	40—325	1.00
350—500	40—300	1.00
350—500	325—500	1.25
550—750	40—250	1.00
550—750	275—500	1.25
550—750	550—700	1.50

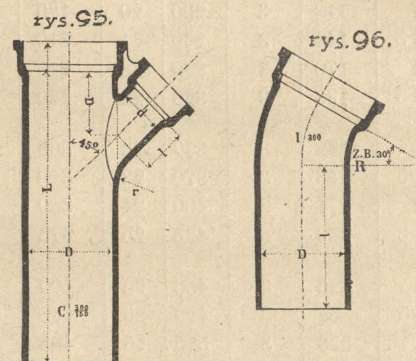
Rys. 95. Kształtka C.

$$a = 80 + 0.1 D + 0.7 d$$

$$l = 0.75 a; r = d$$

Długość użytkowa L, przy różnych D i d:

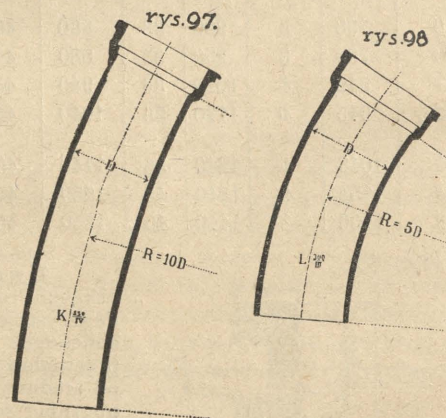
D mm	d mm	L m
40—100	40—100	0.80
125—275	40—275	1.00
300—425	40—250	1.00
300—425	275—425	1.25
450—600	40—250	1.00
450—600	275—425	1.25
450—600	450—600	1.50
650—750	40—250	1.00
650—750	275—425	1.25
650—750	450—600	1.50
650—750	650—750	1.75



Rys. 96. Kształtka I (Kolanko).

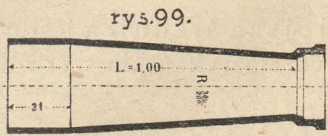
D mm	R mm	m m
40—90	250	D + 200
≥ 100	D + 150	D + 200
≥ 400	D + 150	600

Rys. 97. Kształtka K (Łuki od 40—275 mm).



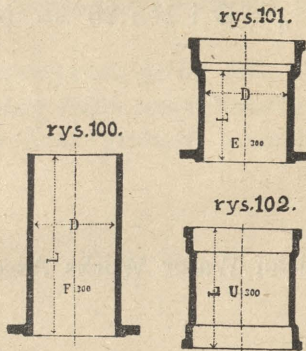
Rys. 98. Kształtka L (Łuki od 300 mm wzwyż).

Rys. 99. Kształtka R (Zwężka).



Rys. 100. Kształtka F.

Dla  $D = 40-475$  jest  $L = 0.60$   
 „  $D = 500-750$  „  $L = 0.80$



Rys. 101. Kształtka E.

$L = 300$  dla wszystkich  $D$ .

Rys. 102. Kształtka U (Nasuwka).

$L = 4$  głębokości kielicha.

Zasuwę (długości użytkowe):

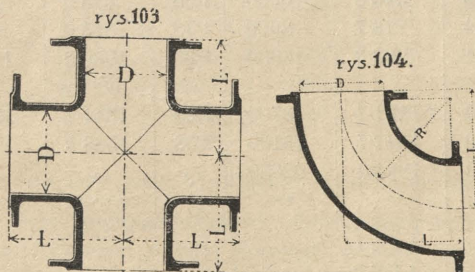
zasuwa kielichowa z pierścieniem uszczelniającym  
 wpuszczonym bezpośrednio  $L_2 \cong 0.7 D + 100$

zasuwa kielichowa z pierścieniem uszczelniającym  
 zaprawionym ołowiem  $L_3 = D + 250 - 2t$

Wymiary normalnych kształtek do żeliwnych rur kołnierzowych i długości użytkowe zasuw kołnierzowych.

Rys. 103. Krzyżak kołnierzowy.

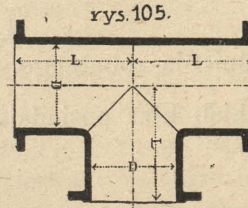
$$L = D + 100$$



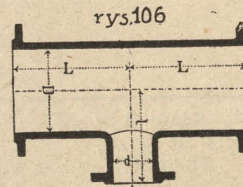
Rys. 104. Łuk kołnierzowy 90°.

$$L = D + 100$$

Rys. 105. Trójnik kołnierzowy z równymi odgałęzzeniami.



Rys. 106. Trójnik kołnierzowy z nierównymi odgałęzzeniami.



$$L = D = 100$$

$$l = \frac{D}{2} + \frac{d}{2} + 100$$

Zasuwa kołnierzowa (długość użytkowa):

$$L_1 = D + 200$$

U w a g i: Wszystkie kształtki ponad 750 mm średnicy uważa się za nienormalne. Szczegółowe znakowanie uwidocznione jest na rysunku pojedynczych kształtek (jako przykład) np. A  $\frac{300}{150}$ . Przy łukach oznacza cyfra rzymska pod kreską ilość kawałków na jeden kwadrant (więc  $\frac{90}{\alpha}$ ). Przy obliczaniu wag kształtek (z wyjątkiem łuków) dodać należy do wagi wynikającej z normalnych wymiarów 15%, przy łukach zaś 20%. Większe rozczepki, t. j. takie, przy których średnica odgałęzienia jest równa 400 mm albo większa, należy przy ciśnieniach 2 i więcej atm. wzmocnić w grubościach ścianek, jakoteż ew. zapomocą żeber. Dla rozdziału otworów dla śrub obowiązuje zasada, że płaszczyzna pionowa przez oś rury dzieli odległość między dwoma śrubami na połowę i że wszystkie rozczepki tego przewodu ułożone są w płaszczyźnie poziomej.

## III. Normy amerykańskie.

Normy wydane przez American Water Works Association 12 maja 1908 r. obejmują ośm klas żeliwnych rur kielichowych:

klasa A na 3·05 atm.	klasa E na 15·15 atm.
„ B „ 6·10 „	„ F „ 18·30 „
„ C „ 9·15 „	„ G „ 21·35 „
„ D „ 12·20 „	„ H „ 25·4 „

ciśnienia roboczego.

Rury wszystkich klas posiadają to samo wy-

drażenie dla ołowiu w ścianie kielicha i skośne, łagodnie zaokrąglone obrzeże na bosym końcu.

Najmniejsza średnica jest 4" = 100 mm. Rur mniejszych amerykańskie wytwórnie nie wyrabiają.

Największa średnica:

dla rur klasy A i B :	84" = 2134 mm
„ „ „ C :	72" = 1829 „
„ „ „ D :	60" = 1524 „
„ „ „ E i F :	36" = 914 „
„ „ „ G i H :	20" = 508 „

## Tablica XLI.

## Normy amerykańskie.

Normalne grubości i wagi rur żeliwnych wydane przez »American Water Works Association«  
(12 maja 1908).

Klasa A, B, C, D.

Nominalna średnica wewnętrzna	Klasa A 100 st. sł. w. 43 funty 3·5 atm.			Klasa B 200 st. sł. w. 86 funtów 6·5 atm.			Klasa C 300 st. sł. w. 130 funtów 9·15 atm.			Klasa D 400 st. sł. w. 173 funtów 12·2 atm.		
	cale ang.	Waga rury		Grubość ścianek cale ang.	Waga rury		Grubość ścianek cale ang.	Waga rury		Grubość ścianek cale ang.	Waga rury	
		na jedną stopę	na całą długość		na jedną stopę	na całą długość		na jedną stopę	na całą długość		na jedną stopę	na całą długość
4	·42	20·0	240	·45	21·7	260	·48	23·3	280	·52	25·0	300
6	·44	30·8	370	·48	33·3	400	·51	35·8	430	·55	38·3	460
8	·46	42·9	515	·51	47·5	570	·56	52·1	625	·60	55·8	670
10	·50	57·1	685	·57	63·8	765	·62	70·8	850	·68	76·7	920
12	·54	72·5	870	·62	82·1	985	·68	91·7	1100	·75	100·0	1200
14	·57	89·6	1075	·66	102·5	1230	·74	116·7	1400	·82	129·2	1550
16	·60	108·3	1300	·70	125·0	1500	·80	143·8	1725	·89	158·3	1900
18	·64	129·2	1550	·75	150·0	1800	·87	175·0	2100	·96	191·7	2300
20	·67	150·0	1800	·80	175·0	2100	·92	208·3	2500	1·03	229·2	2750
24	·76	204·2	2450	·89	233·3	2800	1·04	279·2	3350	1·16	306·7	3680
30	·88	291·7	3500	1·03	333·3	4000	1·20	400·0	4800	1·37	450·0	5400
36	·99	391·7	4700	1·15	454·2	5450	1·36	545·8	6550	1·58	625·0	7500
42	1·10	512·5	6150	1·28	591·7	7100	1·54	716·7	8600	1·78	825·0	9900
48	1·26	666·7	8000	1·42	750·0	9000	1·71	908·3	10900	1·96	1050·0	12600
54	1·35	800·0	9600	1·55	933·3	11200	1·90	1141·7	13700	2·23	1341·7	16100
60	1·39	916·7	11000	1·67	1104·2	13250	2·00	1341·7	16100	2·38	1583·3	19000
72	1·62	1283·4	15400	1·95	1545·8	18550	2·39	1904·2	22850	..	..	..
84	1·72	1633·4	19600	2·22	2104·2	25250	..	..	..	..	..	..

Powyższe wagi obowiązują dla długości użytecznej 12 stóp łącznie z kielichem normalnym.

Przy zmianach długości obowiązują proporcjonalne odchylenia.

Podkreślić wypada, że nie wszystkie klasy rur mają odrębne wszystkie wymiary. Tylko grubość ścianek dla wszystkich rur jest różna; natomiast inne ważne wymiary, jak: średnica zewnętrzna rury, średnica wewnętrzna kielicha i głębokość kielicha są przy niektórych klasach wspólne.

Np.: rury 4- i 6-calowe klasy A mają odrębne wymiary,

rury 4- i 6-calowe klasy B, C, D mają wspólne wymiary,

rury 6-calowe klasy E, F wspólne,

„ 6-calowe „ G, H wspólne.

Długość użyteczna wszystkich rur jest 12 stóp = 3·66 m.

Charakterystyczną cechą żeliwnych rur kielichowych według norm amerykańskich jest stosunkowo bardzo duża grubość ścianek i waga rur.

Np. rury klasy C (9·15 atm.), odpowiadające mniej więcej normalnym rurom polskim, są przy średnicy 500 mm (20") 23·4 mm grube, podczas gdy grubość ścianki rur polskich o tej średnicy wynosi 16 mm. W tym wypadku rura amerykańska jest o ca 50% grubsza! Z okazji zaprowadzenia wirującego sposobu odlewu rur w Ameryce przekonano się o zbyteczności tak dużej grubości ścianki i umożliwienie obniżenia grubości przypisano wyłącznie temu nowemu sposobowi odlewania rur. Że wystarczą znacznie mniejsze grubości ścianek także przy rurach odlewanych sposobem »dawny«, widzimy w Polsce, Niemczech i Rosji. Rewizja norm rur żeliwnych jest w Ameryce w toku ze względu na rozpowszechnianie się sposobu wirującego odlewania rur metodą De Lavaud, nie zważającego na stosowanie obrzeży.

## Tablica XLII.

### Normy amerykańskie.

Normalne grubości i wagi rur żeliwnych dla przewodów pary i dla innych wysokich ciśnień wydane przez »American Water Works Association« (12 maja 1908).

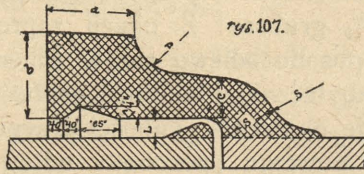
Klasa E, F, G, H.

Nominalna średnica wewnętrzna	Klasa E 500 st. sł. w. 217 funtów 15·25 atm.			Klasa F 600 st. sł. w. 260 funtów 18·3 atm.			Klasa G 700 st. sł. w. 304 funty 21·35 atm.			Klasa H 800 st. sł. w. 347 funtów 24·4 atm.		
	cale ang.	Waga rury		cale ang.	Waga rury		cale ang.	Waga rury		cale ang.	Waga rury	
	Grubość ścianek	na jedną stopę	na całą długość	Grubość ścianek	na jedną stopę	na całą długość	Grubość ścianek	na jedną stopę	na całą długość	Grubość ścianek	na jedną stopę	na całą długość
6	·58	41·7	500	·61	43·3	520	·65	47·1	565	·69	49·6	595
8	·66	61·7	740	·71	65·7	790	·75	70·8	850	·80	75·0	900
10	·74	86·3	1035	·80	92·1	1105	·86	100·9	1210	·92	166·7	1280
12	·82	113·8	1365	·89	122·1	1465	·97	135·4	1625	1·04	173·8	1720
14	·90	145·0	1740	·99	157·5	1890	1·07	174·2	2090	1·16	186·7	2240
16	·98	179·6	2155	1·08	195·4	2345	1·18	219·2	2620	1·27	232·5	2790
18	1·07	220·4	2645	1·17	238·4	2860	1·28	267·1	3205	1·39	286·7	3440
20	1·15	263·0	3155	1·27	286·3	3435	1·39	320·8	3850	1·51	344·6	4135
24	1·31	359·6	4315	1·45	392·9	4715	..	..	..	..	..	..
30	1·55	521·7	6260	1·73	585·4	7025	..	..	..	..	..	..
36	1·80	725·0	8700	2·02	820·0	9840	..	..	..	..	..	..

Powyższe wagi obowiązują dla długości użytecznej 12 stóp łącznie z kielichem normalnym.

Przy zmianach długości obowiązują proporcjonalne odchylenia. Przy prostych rurach klasy E i F podlegających wysokiemu ciśnieniu należy stosować wspólne kształtki tej samej klasy, tak samo przy rurach klasy G i H od średnicy 6 do 24 cali. Dla rur o średnicy 30 i 36 cali należy stosować osobne kształtki dla każdej klasy rur.

Tablica XLIII.  
Normy amerykańskie.  
Normalne wymiary rur. — Klasy: A, B, C, D.



$x = \frac{3}{4}''$  dla 3'' do 6'' włącznie  
 $v = \frac{3}{16}''$  " " " " "  
 $x = 1''$  " 8'' " 84'' "  
 $v = \frac{1}{4}''$  " " " " "

Nominalna średnica wewnętrzna cale	Klasy	Rzeczywista średnica zewnętrzna cale	Średnica kielicha		Głębokość kielicha		a	b	c
			rur cale	kształtek cale	rur cale	kształtek cale			
4	A	4.80	5.60	5.70	3.50	4.00	1.5	1.30	.65
4	B—C—D	5.00	5.80	5.70	3.50	4.00	1.5	1.30	.65
6	A	6.90	7.70	7.80	3.50	4.00	1.5	1.40	.70
6	B—C—D	7.10	7.90	7.80	3.50	4.00	1.5	1.40	.70
8	A—B	9.05	9.85	10.00	4.00	4.00	1.5	1.50	.75
8	C—D	9.30	10.10	10.00	4.00	4.00	1.5	1.50	.75
10	A—B	11.10	11.90	12.10	4.00	4.00	1.5	1.50	.75
10	C—D	11.40	12.20	12.10	4.00	4.00	1.5	1.60	.80
12	A—B	13.20	14.00	14.20	4.00	4.00	1.5	1.60	.80
12	C—D	13.50	14.30	14.20	4.00	4.00	1.5	1.70	.85
14	A—B	15.30	16.10	16.10	4.00	4.00	1.5	1.70	.85
14	C—D	15.65	16.45	16.45	4.00	4.00	1.5	1.80	.90
16	A—B	17.40	18.40	18.40	4.00	4.00	1.75	1.80	.90
16	C—D	17.80	18.80	18.80	4.00	4.00	1.75	1.90	1.00
18	A—B	19.50	20.50	20.50	4.00	4.00	1.75	1.90	.95
18	C—D	19.92	20.92	20.92	4.00	4.00	1.75	2.10	1.05
20	A—B	21.60	22.60	22.60	4.00	4.00	1.75	2.00	1.00
20	C—D	22.06	23.06	23.06	4.00	4.00	1.75	2.30	1.15
24	A—B	25.80	26.80	26.80	4.00	4.00	2.00	2.10	1.05
24	C—D	26.32	27.32	27.32	4.00	4.00	2.00	2.50	1.25
30	A	31.74	32.74	32.74	4.50	4.50	2.00	2.30	1.15
30	B	32.00	33.00	33.00	4.50	4.50	2.00	2.30	1.15
30	C	32.40	33.40	33.40	4.50	4.50	2.00	2.60	1.32
30	D	32.74	33.74	33.74	4.50	4.50	2.00	3.00	1.15
36	A	37.96	38.96	38.96	4.50	4.50	2.00	2.50	1.25
36	B	38.30	39.30	39.30	4.50	4.50	2.00	2.80	1.40
36	C	38.70	39.70	39.70	4.50	4.50	2.00	3.10	1.60
36	D	39.16	40.16	40.16	4.50	4.50	2.00	3.40	1.80
42	A	44.20	45.20	45.20	5.00	5.00	2.00	2.80	1.40
42	B	44.50	45.50	45.50	5.00	5.00	2.00	3.00	1.50
42	C	45.10	46.10	46.10	5.00	5.00	2.00	3.40	1.75
42	D	45.58	46.58	46.58	5.00	5.00	2.00	3.80	1.95
48	A	50.50	51.50	51.50	5.00	5.00	2.00	3.00	1.50
48	B	50.80	51.80	51.80	5.00	5.00	2.00	3.30	1.65
48	C	51.40	52.40	52.40	5.00	5.00	2.00	3.80	1.95
48	D	51.98	52.98	52.98	5.00	5.00	2.00	4.20	2.20
54	A	56.66	57.66	57.66	5.50	5.50	2.25	3.20	1.60
54	B	57.10	58.10	58.10	5.50	5.50	2.25	3.60	1.80
54	C	57.80	58.80	58.80	5.50	5.50	2.25	4.00	2.15
54	D	58.40	59.40	59.40	5.50	5.50	2.25	4.40	2.45
60	A	62.80	63.80	63.80	5.50	5.50	2.25	3.40	1.70
60	B	63.40	64.40	64.40	5.50	5.50	2.25	3.70	1.90
60	C	64.20	65.20	65.20	5.50	5.50	2.25	4.20	2.25
60	D	64.82	65.82	65.82	5.50	5.50	2.25	4.70	2.60
72	A	75.34	76.34	76.34	5.50	5.50	2.25	3.80	1.87
72	B	76.00	77.00	77.00	5.50	5.50	2.25	4.20	2.20
72	C	76.88	77.88	77.88	5.50	5.50	2.25	4.60	2.64
84	A	87.54	88.54	88.54	5.50	5.50	2.50	4.10	2.10
84	B	88.54	89.54	89.54	5.50	5.50	2.50	4.50	2.60

## Tablica XLIV.

## Normy amerykańskie.

Normalne wymiary rur na wysokie ciśnienia. — Klasy: E, F, G, H.

Nominalna średnica wewnętrzna cale	Klasy	Rzeczywista średnica zewnętrzna cale	Średnica kielicha	Głębokość kielicha	a	b	c	R
			rury i kształtki	rury i kształtki				
6	E—F	7·22	8·02	4·00	1·50	1·75	·75	1·10
6	G—H	7·38	8·18	4·00	1·50	1·85	·85	1·10
8	E—F	9·42	10·22	4·00	1·50	1·85	·85	1·10
8	G—H	9·60	10·40	4·00	1·50	1·95	·95	1·10
10	E—F	11·60	12·40	4·50	1·75	1·95	·95	1·10
10	G—H	11·84	12·64	4·50	1·75	2·05	1·05	1·10
12	E—F	13·78	14·58	4·50	1·75	2·05	1·05	1·10
12	G—H	14·08	14·88	4·50	1·75	2·20	1·20	1·10
14	E—F	15·98	16·78	4·50	2·00	2·15	1·15	1·10
14	G—H	16·32	17·12	4·50	2·00	2·35	1·35	1·10
16	E—F	18·16	18·96	4·50	2·00	2·30	1·25	1·15
16	G—H	18·54	19·34	4·50	2·00	2·55	1·45	1·15
18	E—F	20·34	21·14	4·50	2·25	2·45	1·40	1·15
18	G—H	20·78	21·58	4·50	2·25	2·75	1·65	1·15
20	E—F	22·54	23·34	4·50	2·25	2·55	1·50	1·15
20	G—H	23·02	23·82	4·50	2·25	2·85	1·75	1·20
24	E—F	26·90	27·90	5·00	2·25	2·85	1·70	1·20
30	E	33·10	34·10	5·00	2·25	3·25	1·80	1·50
30	F	33·46	34·46	5·00	2·25	3·50	2·00	1·55
36	E	39·60	40·60	5·00	2·25	3·70	2·05	1·70
36	F	40·04	41·04	5·00	2·25	4·00	2·30	1·80

## IV. Normy angielskie.

Normy angielskie (1917, Nr. 78, tablica 4) przewidują 2 rodzaje żeliwnych rur kielichowych (rys. 108 i 109); a mianowicie zwykle rury kielichowe uszczelniane konopiami i ołowiem (»plain«) i rury kielichowe z toczonym szerokim obrzeżem, dopasowanem do toczonej ściany kielicha (»half turned and bored«).

Obydwa rodzaje rur żeliwnych rozpadają się na 4 klasy:

klasa A	dla przewodów gazu	14·06	ciśn. próbne
» B	» wody i zlewów	28·12	»
» C	»	42·18	»
» D	»	56·24	»

Średnica najmniejsza rury (wszystkich klas) 3" ~ 76 mm.

Średnica największa rury (wszystkich klas) 48" ~ 1219 mm.

Długości użytkowe normalne 9 stóp i 12 stóp, t. j. 2745 mm i 3660 mm.

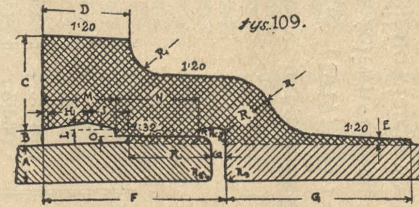
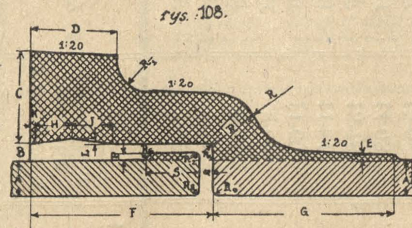
Grubość ścianek jest stosunkowo duża. Rura klasy A o średnicy 500 mm ma ściankę 16·5 mm grubą przy 7 atm. ciśnienia roboczego, podczas gdy rura polska przy ciśnieniu 10 atm. jest tylko 16·0 mm gruba.

Tablica XLV.

Normy angielskie.

Angielskie normalne rury żeliwne do przewodu wody, gazu i ścieków.

Wymiary normalnych obrzeży i kielichów.



Nominalna średnica wewnętrzna rury cale	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	16	18	20	21	22	24	26	27	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48		
A	Grubości wedle tablicy XLVI.																															
B	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	7/16	7/16	7/16	7/16	7/16	7/16	7/16	7/16	7/16	7/16	7/16	7/16	7/16	7/16	7/16	7/16	7/16	7/16	7/16	
C	Klasy A i B	1	1	1 1/8	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 5/16	1 13/32	1 15/32	1 5/8	1 3/4	1 25/32	1 27/32	1 31/32	2 1/16	2 1/8	2 3/16	2 9/32	2 9/32	2 9/32	2 9/32	2 9/32	2 9/32	2 9/32	2 9/32	2 9/32	2 9/32	2 9/32	2 9/32	2 9/32	
	Klasy C i D	1	1	1 1/8	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 3/8	1 7/16	1 1/2	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/4	1 7/8	1 7/8	2	2	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/4	2 1/4	2 3/8	2 3/8	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 5/8	2 5/8	2 5/8	
D		1	1	1 1/8	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 3/8	1 7/16	1 1/2	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/4	1 7/8	1 7/8	2	2	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/4	2 1/4	2 3/8	2 3/8	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 5/8	2 5/8	2 5/8	
E		1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	
F, G		3	3	3 1/2	3 1/2	3 1/2	4	4	4	4	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5 1/2	5 1/2	5 1/2	
H		3/8	3/8	7/16	1/2	1/2	1/2	9/16	19/32	5/8	11/16	11/16	11/16	3/4	13/16	13/16	7/8	7/8	15/16	15/16	15/16	1	1	1 1/16	1 1/16	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/16	1 3/16	1 3/16
J		1/2	1/2	9/16	5/8	5/8	5/8	11/16	23/32	3/4	13/16	13/16	13/16	7/8	15/16	15/16	1	1	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/8	1 1/8	1 3/16	1 3/16	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 5/16	1 5/16	1 5/16	
K, L		1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	
M		1 1/4	1 1/4	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 7/8	1 7/8	1 7/8	1 7/8	1 7/8	1 7/8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2 1/4	2 1/4	2 1/4	
N		1 1/4	1 1/4	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 7/8	1 7/8	1 7/8	1 7/8	1 7/8	1 7/8	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	
O, P		3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	
Q	min.	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	
	max.	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	
R	Klasy A i B	5/8	11/16	3/4	13/16	27/32	29/32	15/16	15/16	15/16	15/16	15/16	31/32	1 1/16	1 3/32	1 1/8	1 5/32	1 3/16	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32		
	Klasy C i D	5/8	11/16	3/4	13/16	27/32	29/32	15/16	15/16	15/16	15/16	15/16	31/32	1 1/16	1 3/32	1 1/8	1 5/32	1 3/16	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32	1 7/32		
R <sub>1</sub>		7/16	7/16	1/2	9/16	9/16	9/16	9/16	9/16	9/16	9/16	9/16	5/8	5/8	5/8	5/8	11/16	11/16	3/4	3/4	13/16	13/16	13/16	13/16	13/16	13/16	13/16	13/16	13/16	13/16	13/16	
R <sub>2</sub>		1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	
R <sub>3</sub> , R <sub>4</sub> , R <sub>5</sub> , R <sub>6</sub> , R <sub>7</sub>		1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	
R <sub>8</sub> , R <sub>9</sub>		1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 1/16		
R <sub>10</sub>		1/8	1/8	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	
S		5/8	5/8	11/16	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	7/8	7/8	7/8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	
T		1 1/4	1 1/4	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	2	2	2	2	2	2	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	

## Tablica XLVI.

## Normy angielskie.

Angielskie normalne rury żeliwne do przewodu wody, gazu i ścieków.

Normalne grubości i średnice zewnętrzne prostych rur kielichowych i kołnierzowych.

Nominalna średnica wewn. cale ang.	Gaz		Woda i ścieki					
	Klasa A		Klasa B		Klasa C		Klasa D	
	Ciśnienie próbne 200 st. sł. w. 6·1 atm.		Ciśnienie próbne 400 st. sł. w. 12·2 atm.		Ciśnienie próbne 600 st. sł. w. 18·3 atm.		Ciśnienie próbne 800 st. sł. w. 24·4 atm.	
	Grubość ścianki cale ang.	Średnica zewn. cale ang.	Grubość ścianki cale ang.	Średnica zewn. cale ang.	Grubość ścianki cale ang.	Średnica zewn. cale ang.	Grubość ścianki cale ang.	Średnica zewn. cale ang.
3	·38	3·76	·38	3·76	·38	3·76	·40	3·76
4	·39	4·80	·39	4·80	·40	4·80	·46	4·80
5	·41	5·90	·41	5·90	·45	5·90	·52	5·90
6	·43	6·98	·43	6·98	·49	6·98	·57	6·98
7	·45	8·06	·45	8·06	·53	8·06	·61	8·06
8	·47	9·14	·47	9·14	·57	9·14	·65	9·14
9	·49	10·20	·49	10·20	·60	10·20	·69	10·20
10	·52	11·26	·52	11·26	·63	11·26	·73	11·26
12	·55	13·14	·57	13·14	·69	13·60	·80	13·60
14	·57	15·22	·61	15·22	·75	15·72	·86	15·72
15	·59	16·22	·63	16·26	·77	16·78	·89	16·78
16	·60	17·30	·65	17·30	·80	17·84	·92	17·84
18	·63	19·38	·69	19·38	·85	19·96	·98	19·96
20	·65	21·46	·73	21·46	·89	22·06	1·03	22·06
21	·67	22·50	·75	22·50	·92	23·12	1·06	23·12
22	·68	23·54	·77	23·54	·94	24·16	1·08	24·16
24	·71	25·60	·80	25·60	·98	26·26	1·13	26·26
26	·74	27·66	·83	27·66	1·02	28·36	1·18	28·36
27	·75	28·70	·85	28·70	1·04	29·40	1·20	29·40
28	·76	29·72	·86	29·72	1·06	30·44	1·22	30·44
30	·79	31·78	·89	31·78	1·09	32·52	1·26	32·52
32	·82	33·84	·92	33·84	1·13	34·62	1·31	34·62
33	·83	34·88	·94	34·88	1·15	35·66	1·33	35·66
36	·87	37·96	·98	37·96	1·20	38·76	1·38	38·76
38	·90	40·02	1·01	40·02	1·23	40·84	1·42	40·84
40	·92	42·06	1·03	42·06	1·26	42·92	1·46	42·92
42	·95	44·12	1·06	44·12	1·30	45·00	1·50	45·00
44	·98	46·16	1·08	46·16	1·33	47·06	1·53	47·06
46	1·00	48·22	1·11	48·22	1·36	49·14	1·57	49·14
48	1·03	50·26	1·13	50·26	1·38	51·20	1·60	51·20

U w a g a. Ciśnienie robocze nie powinno wynosić więcej niż połowę ciśnienia próbnego.

## V. Normy francuskie.

Podaję je według katalogu odlewni »Pont à Mousson«. Typ uniwersalny »Pont à Mousson« i »Miasta Paryża«.

Wydrążenie w kielichu w postaci półkoła nie- daleko od brzegu kielicha. Obrzeża na bosym końcu wszystkich rur 5 mm wysokie.

Przy rurach o średnicy 40—175 mm ciśnienie próbne 25 atm.,

przy rurach o średnicy 100—300 mm ciśnienie próbne 20 atm.,

przy rurach o średnicy ponad 325 mm ciśnienie próbne 15 atm.

Średnice (podobnie jak niemieckie) od 40 do 1100 mm.

Długość użytkowa dla D = 40—50 mm = 2·5 m

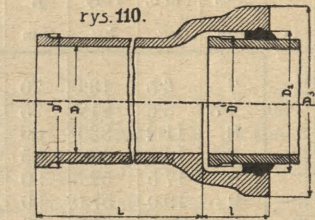
„ „ „ D = 60—90 „ = 3 „

„ „ „ D = 100—1100 „ = 4 „

Grubość ścianek i waga rur odpowiadają grubości i wadze rur niemieckich dla D od 40 do 1200 mm.

## Tablica XLVII.

Francuskie normy rur kielichowych.



Średnica wewn. rury D	Długość rury L	Głębokość kielicha l	Wewn. średnica kielicha D <sub>2</sub>	Zewn. średnica obrzeża kielicha D'	Zewn. średnica kielicha D <sub>3</sub>	Waga całej rury w kg
40	2·50	85	72	66	120	23·75
50	2·50	85	82	76	130	30
60	3·00	90	95	87	145	45
70	3·00	90	105	97	155	51
80	3·00	90	116	108	168	60
90	3·00	90	126	118	178	66
100	4·00	100	136	128	188	100
125	4·00	100	162	154	216	128
150	4·00	100	188	180	244	164
175	4·00	100	214	206	272	208
200	4·00	100	240	232	300	240
225	4·00	100	266	258	328	280
250	4·00	110	292	284	356	320
275	4·00	110	318	310	384	360
300	4·00	110	345	336	413	400
325	4·00	110	371	362	441	450
350	4·00	110	397	388	469	480
375	4·00	110	422	413	494	550
400	4·00	110	448	439	522	600
450	4·00	110	500	490	576	700
500	4·00	110	552	542	632	800
550	4·00	110	604	594	688	920
600	4·00	110	656	645	742	1050
650	4·00	110	708	697	798	1200
700	4·00	110	759	748	851	1340
750	4·00	110	811	800	907	1500
800	4·00	110	864	852	964	1680
900	4·00	110	967	955	1073	2000
1000	4·00	120	1071	1058	1183	2400
1100	4·00	120	1175	1161	1293	2800

VI. Normy duńskie.

Normy duńskie są zupełnie te same, co normy niemieckie, tylko w kielichu wydrążenie półkoliste; bosy koniec rury gładki bez obrzeża.

VII. Normy włoskie.

Kielich zaopatrzony jest przy rurach normalnych jednym rowkiem o przekroju półkolistym,

przy rurach z pogrubionymi ściankami na ciśnieniu próbne 25, 30, 35, 40 atm. dwoma takimi rowkami. Na bosym końcu rury jest obrzeże 15—35 mm szerokie. Średnice rur: 30—1000 mm. Grubość ścianek rur normalnych ta sama, jak przy rurach polskich, z małymi odchyleniami. Grubość ścianek rur na większe ciśnienia jest odpowiednio większa.

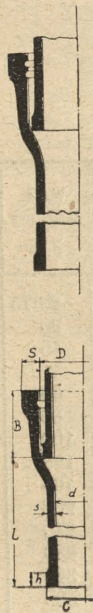
Tablica XLVIII.

Normy włoskie. — Rury żeliwne kielichowe.  
(Katalog firmy Societa Esercenti Stabilimenti Cogoleto).

Rury lane są pionowo, próbowane na ciśnienie hydrauliczne, asfaltowane zewnątrz i wewnątrz. — Ciśnienia podane w tablicy oznaczają ciśnienia próbne.

Średnica wewn. d	Długość użytka. L	Rury normalne									Rury z pogrubionymi ściankami							
		25 atm. dla średnic do 175 mm 20 " " " 180-300 " " " " 15 " " " " " " " " "									25 atm.		30 atm.		35 atm.		40 atm.	
		Grubość ścianki		Waga 1 m b.	Waga rury	Główne wymiary						Grubość ścianki		Waga 1 m b.	Grubość ścianki	Waga 1 m b.	Grubość ścianki	Waga 1 m b.
mm	m	mm	kg	kg	B	D	S	C	h	p	mm	kg	mm	kg	mm	kg	mm	kg
30	2	7	6.5	13.0	70	56	18	52	15	6	7.5	7.0	8	7.5	8.5	8.0	9	8.5
40	2.50	7.5	8.6	21.5	75	69	20	63	15	7	8	9.0	8.5	9.5	9	10.2	9.5	10.7
50	3	8	11.2	33.6	80	80	21	74	15	7	8.5	11.8	9	12.4	9.5	13.2	10	14.0
60	3	8.5	14.5	43.5	85	91	22	85	15	7	9	15.5	9.5	16.5	10.5	17.5	10.8	18.0
70	3	9	17.5	52.5	90	104	23	96	17	8	9.5	18.5	10	19.5	11	21.0	11.5	22.0
75	3	9	19.0	57.0	90	109	24	101	17	8	9.5	20.0	10	21.0	11	23.2	11.5	24.3
80	3	9	20.5	61.5	90	114	25	106	17	8	9.5	21.6	10	22.8	11	25.0	12	27.3
85	3	9.5	22.0	66.0	90	120	25.5	112	17	8	9.8	23.2	10.5	25.7	11.5	28.0	12	29.3
90	3	9.5	23.5	70.5	90	125	26	117	17	8	10	25.0	10.5	26.0	11.5	28.5	12	29.7
100	3.50	10	26.0	91.0	100	137	27	129	18	8.5	10.5	27.3	11	28.6	12	31.2	12.5	32.5
110	3.50	10	29.0	101.5	100	147	27	139	18	8.5	10.5	30.5	11	32.0	12	35.0	12.5	36.3
120	3.50	10.5	32.0	112.0	100	158	27	150	18	8.5	10.5	33.5	11.5	35.0	12.5	38.0	13	39.5
125	3.50	10.5	34.3	120.0	100	163	27.5	155	18	8.5	11	36.0	11.5	37.5	12.5	41.0	13	42.5
130	3.50	10.5	36.0	126.0	100	168	27.5	160	18	8.5	11	38.0	11.5	39.5	12.5	43.0	14	48.0
140	3.50	10.5	38.3	134.0	100	178	27.5	170	18	8.5	11.5	42.0	12	44.0	13	47.5	14.5	53.0
150	3.50	10.5	40.0	140.0	100	188	28	180	18	8.5	11.5	44.0	12	46.0	13.5	51.5	14.5	55.0
160	3.50	11	44.0	154.0	100	199	29	191	18	8.5	11.5	46.0	12.5	50.0	14	56.0	15	60.0
170	4	11	47.5	190.0	100	209	29.5	201	18	8.5	11.5	50.0	12.5	54.0	14.5	62.5	15.5	67.0
175	4	11	49.0	196.0	100	214	29.5	206	18	8.5	11.7	52.0	13	58.0	14.5	64.5	15.5	69.0
180	4	11	51.0	204.0	100	219	29.5	214	18	8.5	12	54.5	13.5	61.5	15	68.0	16	73.0
190	4	11	54.0	216.0	100	229	30	221	20	8.5	12	59.0	13.5	66.5	15.5	76.0	16.5	81.0
200	4	11.5	58.0	232.0	100	240	31	232	20	8.5	12.5	64.5	14	72.5	15.5	80.0	17	88.0
220	4	11.5	66.0	264.0	100	260	32	252	20	8.5	12.5	71.0	14.5	80.0	16.5	91.0	18	99.0
225	4	11.5	68.0	272.0	100	265	32	257	20	8.5	12.5	74.0	14.5	86.0	16.5	98.0	18	106.0
230	4	11.5	70.0	280.0	100	270	32	262	20	8.5	13	79.0	15	92.0	17	105.0	18.5	112.0
240	4	12	75.0	300.0	110	282	33	274	22	9	13.5	83.0	15.5	96.0	17.5	108.0	19	115.0
250	4	12	77.5	310.0	110	292	33	284	22	9	13.5	87.0	15.5	100.0	17.5	113.0	19.5	126.0
275	4	12.5	88.0	352.0	120	319	35	310	25	9.5	14	98.0	16	112.0	18	126.0	20.5	144.0
300	4	13.5	101.0	404.0	120	346	38	337	28	9.5	14.5	109.0	16.5	124.0	18.5	139.0	21	157.0
325	4	14	112.0	448.0	120	372	38.5	363	28	9.5	15.5	124.0	17.5	140.0	19.5	156.0	22.5	180.0
350	4	14.5	124.0	496.0	120	398	39	389	28	9.5	16.5	141.0	18.5	158.0	21	180.0	24	205.0
375	4	15	138.0	552.0	120	425	39.5	415	28	10	17	157.0	19	175.0	22	203.0	25	235.0
400	4	15	147.0	588.0	120	450	40	440	28	10	17	167.0	19.5	191.0	23	225.0	26	255.0
450	4	15.5	175.0	700.0	120	501	42	491	28	10	18	204.0	21	237.0	25	282.0	29	327.0
500	4	16	200.0	800.0	120	552	42	542	30	10	19	237.0	22.5	281.0	27	338.0	31.5	394.0
550	4	17	232.0	928.0	120	605	44	594	30	10.5	20	273.0	23.5	321.0	29	396.0	34	464.0
600	4	18	266.0	1064.0	120	657	45	646	30	10.5	21	310.0	25	370.0	31	458.0	37	547.0
700	4	19	330.0	1320.0	130	760	50	750	35	11	22.5	390.0	29	504.0	36	624.0	43	746.0
800	4	20	410.0	1640.0	130	864	50	852	35	12	25	512.0	33	676.0	41	840.0	48	984.0
900	4	21	480.0	1920.0	130	966	52	954	35	12	28	640.0	37	846.0	46	1051.0	55	1258.0
1000	4	22	536.0	2144.0	130	1068	55	1056	35	12	31	755.0	40	975.0	50	1220.0	60	1460.0

Rys. 111.



Wagi podane rozumieją się z dopuszczalnym odchyleniem  $\pm 5\%$ . — Pogrubienie ścianek rur na wyższe ciśnienie niż normalne uskutecznia się kosztem średnicy wewnętrznej. — Na żądanie dostarcza się rur lżejszych ze ściankami cieńszymi.

### L) Warunki techniczne wyrobu i odbioru rur żeliwnych.

Porównanie warunków polskich z warunkami innych państw i krytyka.

1) Zakres norm: »Stojąco« lane rury w formach suszonych na ciśnienie robocze do 10 atm.

U w a g a. Biuro normalizacyjne (V. S. M.) w Zurychu\*) opracowuje jednolite normy rur żeliwnych, żelaznych i stalowych na ciśnienia do 1000 atm., przeznaczonych do przewodów wody, gazów, pary i pary przegrzanej. Biuro to projektuje ustalenie szeregu »ciśnień nominalnych« i przepisuje dla pojedynczych rodzajów cieczy, gazów i pary

	Polska	Rosja	Niemcy	Anglja	Francja	Ameryka	
Ilość normalnych typów rur kielichowych	1	1	1	1	2	1	
Ilość normalnych typów rur kołnierзовych	1	1	1	1	—	—	
Normy obejmują rury na ciśnienia robocze p atm.	do 10 atm.	do 10 atm.	do 10 atm.	do 10 atm.	7 atm.	3·05 atm.	15·15 atm.
					14 „	6·1 „	18·3 „
					21 „	9·25 „	21·35 „
					28 „	12·2 „	24·4 „

pewien stosunek »ciśnienia rzeczywistego« do nominalnego. Rzeczywiste ciśnienie dla wody równa się ciśnieniu nominalnemu. Stosunek jest 1 : 1. Natomiast dla gazów i pary przegrzanej stosunek ten jest mniejszy, np.:

ciśnienie nominalne	40 atm.		
„ faktyczne dla wody	40 „	Stosunek 1 : 1	
„ faktyczne dla pary zwykłej i gazów	32 „	„	1 : 0·8
„ faktyczne dla pary przegrzanej	25 „	„	1 : 0·625

2) Jakość żeliwa: Jakość żeliwa oceniana bywa:

- według składu chemicznego,
- według wytrzymałości na rozerwanie, gięcie, uderzenia,
- według składu chemicznego i wytrzymałości.

a) Normy polskie przepisują odlewanie rur z kopolaków albo pieców płomiennych. Stosowanie wyłącznie surowca wytopionego bezpośrednio z rud jest wzbronione. Dodawanie do mieszaniny druzgu spalonego względnie przerdzewiałego jest niedopuszczalne.

Normy amerykańskie (1908) stawiają zupełnie takie same wymagania.

Normy angielskie: »Metal służący do odlewu rur powinien się składać albo wyłącznie z surowca, albo z mieszaniny surowca i dobrego, zdrowego, niespalonego złomu, przetapianego w kopolakach, albo w piecach płomiennych«.

Ponieważ zawartość siarki w żelwie rur wskazać może przy danej jakości koksu stosunek domieszki druzgu do czystego surowca, normy polskie przepisują dopuszczalną zawartość siarki 0·15%.

Drugim niebezpiecznym składnikiem jest fosfor; czyni on żeliwo mało odporne na uderzenia. Dla rur o małych średnicach zawartość fosforu w wysokości 1%, dla rur o dużych średnicach w wysokości 0·6% uchodzić może za dopuszczalną względnie normalną. Tymczasem niekiedy zawartość fosforu wynosi nawet 2%. Fosfor czyni żelazo dobrze ciekłym i z tego powodu jest w odlewniach rur mile widziany, o ile nie chodzi o wytrzymałość odlewu. W wypadkach, w których wymagana jest większa wytrzymałość rur, odlewnie zmuszone są odpowiednią ciekłość żeliwa okupić większym wydatkiem koksu, aby chociaż częściowo w ten sposób zastąpić brak większej zawartości fosforu.

Normalny skład chemiczny rur żeliwnych na ciśnienia do 10 atm. jest następujący:

\*) Biuro to prowadzi Związek szwajcarskich przemysłowców maszynowych [V. S. M. Verein Schweiz. Maschinenindustrieller, p. »Technik u. Betrieb« (grudzień 1924)].

Krzem (Si) zależnie od grubości ścianki względnie od zawartości manganu i fosforu 2,5—1,5%.

Mangan (Mn) 0,4—1,0%, średnio 0,8%.

Siarka (S) najwyżej 0,15%.

Fosfor ( $P_{max}$ ) od 0,6—1,25% [zależnie od grubości ścianki (1,5—0,03 s)].

Węgiel (C) 3,8—3,4%.

Arsen (As) ślady ( $S + As = 0,15 \text{ max.}$ ).

Miedź (Cu) 0,05—0,2%.

Żeliwo rur dla wysokich ciśnień zależnie od wymaganej wytrzymałości na rozerwanie, dochodzącej do 2500 kg/cm<sup>2</sup>, zawiera stosunkowo mało manganu, krzemu, względnie także mało węgla; winno być prawie wolne od siarki i zawierać mało fosforu.

Poniżej podaję kilka analiz rur zebranych w literaturze odlewniczej.

b) Wytrzymałość żeliwa. Dawniej badano wytrzymałość żeliwa na rozerwanie, gięcie i na odporność przeciwko uderzeniom. Później ograniczono się wyłącznie do wytrzymałości na gięcie, ale przepisano dla rur żeliwnych, zależnie od grubości ścianki, próbne pręty o trojakich średnicach: 20, 30, 40 mm ( $L_p = 400, 600, 800 \text{ mm}$ ). Obecnie badamy tylko wytrzymałość na gięcie pręta o średnicy 30 mm, o długości lanej 650 i długości piętej 600 mm =  $L_p$  i mierzymy strzałkę przegięcia.

Pręt żeliwny o średnicy 30 mm, położony na zaokrąglonych (promieniem  $r = 5 \text{ mm}$ ) krawędziach graniastosłupów (o kącie 60°), rozstawionych na odległości  $L_p = 600 \text{ mm}$  i stopniowo obciążony w pośrodku ciężarem do wagi  $P = 500 \text{ kg}$ , nie powinien się złamać; strzałka ugięcia  $f$  przy  $P = 500 \text{ kg}$  nie powinna być mniejsza niż 7 mm.

Tabela XLIX.  
Chemiczny skład rur żeliwnych.

	Si	Mn	P	S	C			Średnica grubość ścianki
					Grafit	Chem. związany	Całkow.	
Rury amerykańskie *)	1,6	0,53	0,64	0,08	2,91	0,75	3,66	154 mm 11 mm
Rury francuskie *)	2,66	0,46	1,85	0,078	2,87	0,31	3,18	153 mm 11 mm
Rury odlewane »stojąco« w formie **)	1,37—1,67	0,35—0,58 ***)	0,49—0,8	0,05 — — 0,131	2,74—3,05	0,75—0,62	3,49—3,67	Średnica 150 mm
Rury odlewane »wirująco« w kokili wyprawionej piaskiem **)	1,4—1,47	0,26—0,34 ***)	0,74—0,77	0,052 — — 0,059	2,69—2,88	0,82—0,76	3,51—3,66	grubość ścianek
Rury odlewane »wirująco« w kokili nagiej **)	1,66—1,88	0,34—0,38 ***)	0,8	0,052 — — 0,059	3,43—3,46	0,09—0,12	3,52—3,58	8,1—12 mm

\*) La Fonderie Moderne (1927, 25/4, str. 86).

\*\*\*) Journal of the American Water Works Association (July 1926).

\*\*\*\*) Wobec tak bardzo niskiej zawartości Mn, stosunkowo bardzo niska zawartość krzemu jest dopuszczalna.

Taki jest przepis norm polskich. Nie możemy się łudzić, że wytrzymałość na gięcie żeliwa w rurze jest ta sama, co wytrzymałość pręta odlanego z tego samego żeliwa. Warunki stygnięcia pręta o pełnym przekroju i rury o przekroju pierścieniowym są zupełnie inne; stosunek wydzielonego grafitu do ogólnej zawartości węgla, która w tym wypadku jest stała, będzie w żeliwie rury zupełnie

inny (mniejszy), niż w żeliwie pręta. Ponieważ w niezmiennych zresztą warunkach stosunek grafitu do całego węgla wywiera bardzo duży wpływ na wytrzymałość żeliwa, więc żeliwo rury będzie miało inną wytrzymałość niż pręt. Wobec tego należałoby przypuszczać, że żeliwo rury będzie silniejsze, niż żeliwo pręta z większą zawartością grafitu. Tymczasem przy stosunkowo szyb-

kiem stygnięciu rury, znajdującej podczas stygnięcia pewien opór na »jądrze«, powstają w żeliwie rury nieuchwytnie, czysto wypadkowe naprężenia wewnętrzne, które obniżają jego wytrzymałość czy na gięcie, czy na rozerwanie i paraliżują dodatni wpływ mniejszej zawartości grafitu na wytrzymałość. Dlatego przyjęć należy, że wyniki badań wytrzymałości na gięcie prętów posiadają względną wartość; bezcelowe więc byłoby badać jeszcze wytrzymałość na rozerwanie, co wymaga dużo pracy przygotowawczej, bo pręty próbne należy dokładnie toczyć.

W normalnych warunkach rura raz ułożona w ziemi podlega właściwie tylko ciśnieniu wewnętrznemu, natężającemu żeliwo rury na rozerwanie, oraz na działanie wilgoci, wody i różnych kwasów lub alkaliów, jakoteż tlenu i  $\text{CO}_2$  zawartego w wodzie. Wytrzymałość na uderzenie i gięcie wchodzi tylko w rachubę przy rurach ułożonych wzdłuż ulic. Wytrzymałość na uderzenie odgrywa również rolę przy transporcie rur i przy układaniu. Przeważnie z tego powodu wymagania co do zawartości fosforu są uzasadnione, gdyż fosfor obniża przede wszystkim wytrzymałość żeliwa na uderzenie. Według wyników badań prof. Wüsla i Görens'a (Stahl u. Eisen, 1903, str. 1074) wytrzymałość na uderzenie wynosiła:

przy zawartości fosforu 0.56% . . . . .	105
„ „ „ 0.97% . . . . .	71
„ „ „ 1.10% . . . . .	68

obniżyła się więc ze 105 do 68, t. j. o 37%!

Ale także na wytrzymałość na gięcie wpływ zawartości fosforu jest bardzo niekorzystny, jak wynika z wyników badań, umieszczonych w dr. Geiger'a »Handbuch« (I tom, 2 wyd., str. 408):

Zawartość fosforu	0.5	1.0	1.5	2	2.5	%
Wytrzymałość na gięcie	31.5	26.2	20.6	18.9	15.4	kg/mm <sup>2</sup>
Wytrzymałość w odsetkach	100	83.1	65.4	60	49.9	%

Widzimy, że wytrzymałość na gięcie żeliwa zawierającego 2% fosforu wynosi tylko 60% wytrzymałości żeliwa z zawartością 0.5% fosforu.

Przepis o zawartości fosforu, względnie o stosowaniu próby na uderzenie, jest więc uzasadniony; jak widać z zestawienia, podanego poniżej, warunki techniczne odbioru rur, przepisujące próbę na uderzenie, obowiązują we Włoszech i w Danji, więc w krajach importujących rury, prawdopodobnie

przedewszystkiem z powodu pękania rur podczas dalekiego transportu i częstego przeladowywania.

Jeżeli jednak zważymy, że rocznie setki tysięcy tonn rur z zawartością do 2% P są wyrabiane w Europie i sprzedawane nawet do Ameryki, przyjmując wypada, że nawet i tak duża zawartość fosforu nie czyni rur niezdatnymi do użytku.

3) Sposób odlewania prostek i kształtek. Wszystkie rury podlegające normom lane są bez szwów, pionowo w formach wysuszonych, kielichem na dół. Tylko przy średnicach do 100 mm (w Polsce do 80 mm) odlewanie kielichem do góry jest dopuszczalne\*).

Normy amerykańskie zezwalają na dowolny sposób odlewania, obojętnie czy kielichem na dół, czy do góry — dla rur do 16" średnicy (400 mm). Rury większe muszą być odlewane kielichem na dół (shall be cast with the hub end down). Tak w normach polskich, jak też w amerykańskich istnieje przepis pozostawiania odlanych rur przez dłuższy czas w skrzyni w celu uniknięcia nierównomiernego stygnięcia i wskutek tego powstających wewnętrznych naprężeń.


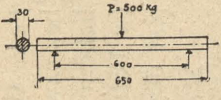
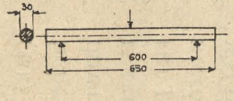
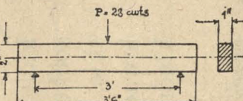
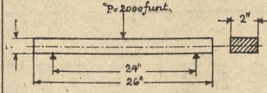
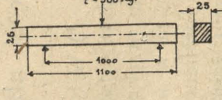
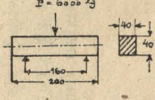
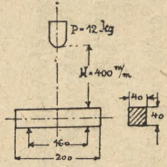
Normy angielskie przepisują dla wszystkich rur odlewanie kielichem na dół (shall be cast socket downwards). Normy angielskie, jak polskie, zawierają uwagę o dostatecznie wysokich nadlewach. Ponadto normy angielskie przepisują dokładne »czernienie« i staranne suszenie form i jąder.

Normy niemieckie z roku 1909 wydane przez »Związek badaczy materiałów technicznych« i przez Związek odlewni, zatwierdzone przez Ministerstwo Handlu i Przemysłu, zezwalają na odlewanie rurek małych do 40 mm »skośno« zamiast »stojąco«.

Kształtki odlewamy zawsze leżąco. W celu zabezpieczenia dostatecznej grubości ścianek grubość ścianek kształtek według norm polskich jest o 20% większa niż grubość ścianek rur. Łuki niemieckie ważą o 20%, inne kształtki o 15% więcej, niżby wynikało z normalnych ścianek.

\*) W technice odlewniczej obowiązuje naogół zasada sporządzania formy w ten sposób, aby część odlewu o największym przekroju znajdowała się u góry; w tym wypadku luźne miejsca w szybciej stygnących cienkich ściankach wypełniają się płynnym żeliwem górnej części o grubych ścianach. Tymczasem zasady tej bardzo często nie przestrzegamy, przede wszystkim w takich wypadkach, w których chodzi o gęstą i związłą strukturę właśnie tej części odlewu, która ma największą grubość ścian. Wówczas zawsze część odlewu nawet o bardzo dużym przekroju formujemy na »dół«.

Przepisy sposobów badania wytrzymałości żeliwa do rur.  
 Próbné pręty badane na wytrzymałość na rozerwanie są toczone. — Inne próbné pręty są surowe.

Wytrzymałość	Polska	Niemcy Niem. Zw. badania mat. techn., Związek odlewni i Syndykat rur	Anglja	Ameryka	Danja	Włochy Min. robót publicznych
1) na rozerwanie $w_c$ = wytrzymałość na rozerwanie $\text{kg/cm}^2$	—	—	Przepisane razem z pró- bami na gięcie $w_c \geq 9.5 \text{ tonn/cal kwadr.}$ $w_c \geq 1500 \text{ kg/cm}^2$ 	<u>Na życzenie zamiast próby na gięcie.</u> Wymiary prętów nie są podane. Wytrzymałość na rozer- wanie $w_c \geq 20.000 \text{ f/cal}^2$ $w_c \geq 1.406 \text{ kg/cm}^2$	—	$w_c \geq 1200 \text{ kg/cm}^2$
2) na gięcie $w_g$ = wytrzymałość na gięcie $\text{kg/cm}^2$	 strzałka ugięcia $\geq 7 \text{ mm}$ Ciężarowi 500 kg odpowia- wiada $w_g = 2770 \text{ kg/cm}^2$	 $w_g \geq 2600 \text{ kg/cm}^2$ $f \geq 6 \text{ mm}$ Rury kołn. na wysokie ciśn. $w_g = 3400 \text{ kg/cm}^2$ $f = 10 \text{ mm}$	 strzałka ugięcia $\geq 0.33'' =$ $= 8.38 \text{ mm}$ $P = 28 \times 50.803 = 1422 \text{ kg}$ $w_g = 2975 \text{ kg/cm}^2$	 600 mm $P = 2000 \text{ f} \times 0.4536 = 907 \text{ kg}$ $w_g = 2600 \text{ kg/cm}^2$ strzałka ugięcia $\geq 0.3'' =$ $= 7.6 \text{ mm}$ Miarodajny jest wynik przeciętny z 3 prób.	 $w_g = 2900 \text{ kg/cm}^2$	 $w_g = 2250 \text{ kg/cm}^2$
3) na uderzenie	—	—	—	—	 Praca uderz. $12 \times 0.4 =$ $= 4.8 \text{ kgm}$	Próbné pręty i ciężar młotu jak Danja, tylko $H = 0.5 \text{ do } 0.65.$ Praca uderz. $12 \cdot 05 - 12 \times$ $\times 0.65 = 6 \text{ do}$ $7.8 \text{ kgm}$

UWAGA. Aby uchylić wpływ różnej wilgoci piasku, pręty próbné powinny być lane do form suchych. Przy odlewaniu prętów »leżąco« zanieczyszczenia gromadzą się na górnej powierzchni. Dlatego winny być pręty lane »stojąco«. W wielu wypadkach przepisy nie są dokładne pod tym względem.

Kształtki amerykańskie. Do rur klasy A, B, C, D poniżej 14 cali średnicy stosuje się dla wszystkich klas kształtki klasy D, posiadające daleko większą grubość ścianki, niż proste rury np. klasy A, B i C.

Od 14" począwszy aż do 24" stosuje się kształtki klasy B dla klasy rur A i B. Powyżej 24" aż do 60" każdej klasie rur A, B, C, D odpowiada ta sama klasa kształtek. W zasadzie więc grubość

ścianki rury obowiązuje także dla kształtki. Zasada ta jest zachowana w zupełności tylko przy kształtkach ponad 24" średnicy.

4) Znakowanie rur (marking) jest przyjęte we wszystkich normach.

5) Jakość odlewu prostek i kształtek określona jest w normach angielskich, amerykańskich i niemieckich mniej więcej w ten sam sposób.

### 6) Dopuszczalne odchylenia od wymiarów normalnych.

Odchylenie	Polska	Niemcy	Anglja	Ameryka
1) w długości L rur kiel. i kołn.	$\pm 15$ mm	$\pm 20$ mm	kiel. $\pm \frac{1}{2}''$ kołn. $\pm \frac{1}{8}''$	—
2) w długości kształtek	$\pm 2\%$ dł. budowl.	—	—	—
3) a) skrzywienie prostki	$\leq 4$ mm na 1 m b.	krzywe rury nie będą przyjęte	—	—
b) skrzywienie kształtki	$\leq 5$ mm na 1 m b.		—	—
4) a) w średnicach we- D 40—400 mm wnętrzn. kielicha D 500—600 „ i zewnętrzn. obrzeży D 700—1200 „	$\pm 1.5$ mm $\pm 2$ „ $\pm 3$ „	niezmienne są wymiar. rur i wymiar. wewn. kształtek	$\pm \frac{1}{8}'' = 3$ mm	do 16" 1.52 mm do 24" 2. — „ do 42" 2.5 „ do 48" 3. — „
b) w średnicach wewnętrznych kielicha kształtek	+ 50% większe jak przy rurach prostych	—	$\pm \frac{3}{16}'' = 4.77$ mm	do 16" 3. — mm do 24" 3.8 „ do 42" 5.1 „ do 48" 6.1 „
c) „ „ zewnętrznych rury	—	—	$D_1' \leq \pm \frac{1}{16} D_1$	—
5) mimośrodkowość *)	$e = 20\%$ (S')	—	—	—
a) $e = \frac{S_1 - S_2}{2}$	0.1 (S <sub>1</sub> + S <sub>2</sub> )	—	—	—
b) miejscowe odchylenia rur prostych	L = 200 mm $\pm 20\%$ n	L = 200 mm przy s < 1" 2.5 mm „ s > 1" 3. — „ + 50%	$\frac{6'' \times 6'' = T}{s' \geq \frac{7}{8} s}$	—
„ „ kształtki	„	25—100 $\varnothing \pm 10\%$ 125—225 $\varnothing \pm 12\%$ 250—475 $\varnothing \pm 11\%$ => 500 $\pm 10\%$	—	—
c) odchylenie w grubości rur prostych	$\pm 5\%$	—	$s' \geq 0.9 s$ s (norm. gr. śc.)	s < 1" 2 mm s > 1" 2.5 mm
„ „ „ kształtek	$\pm 10\%$	—	—	+ 50% większe

\*) Niektóre warunki dostawy i odbioru rur (np. warunki bułgarskie) zawierają przepis kontrolowania »okrągłości« wewnętrznego przekroju rury zapomocą kuli o średnicy o 5 mm mniejszej od średnicy rury, która wrzucona na jednym końcu rury powinna przejść lekko na koniec drugi. Zwykle badamy okrągłość prześwitu rury zapomocą pierścienia lub krzyża z płaskiego żelaza, umocowanego na końcu drąga o długości równającej się co najmniej połowie długości rury. Zewnętrzna średnica pierścienia względnie długość ramion krzyża wynosi ca 90% średnicy wewnętrznej rury.

7) Dopuszczalne odchylenia od normalnej wagi ( $c_w = 7.25$ ).

Odchylenie	Polska	Niemcy	Anglja	Ameryka
a) Rury proste	$\pm 5\%$ n	$\pm 5\%$	D — D 3 — 7" $\pm 4\%$ 7 — 16" $\pm 3.5\%$ 16 — 24" $\pm 3\%$ 24 — 32" $\pm 2.5\%$ 32 — 42" $\pm 2\%$ 42 — 48" $\pm 1.5\%$	do 16" $\leq 5\%$ od 16" $\leq 4\%$
b) Kształtki	$\pm 10\%$ n	$\pm 10\%$	—	do 12" $\leq 10\%$ od 12" $\leq 8\%$
Rozczepki podwójne i trudne kształtki		$\pm 15\%$		Łuki V, breeches $\leq 12\%$

8) Próba hydrauliczna. Obowiązuje zasada, że ciśnienie próbne jest o 10 atm. wyższe niż ciśnienie robocze; ponieważ pierwsze normy rur wydano dla ciśnienia roboczego 10 atm., a próbne ciśnienie według powyższej zasady wynosiło  $2 \times 10 \text{ atm.} = 20 \text{ atm.}$ , przyjęła się gdzieś niedzie zasada, że próbne ciśnienie ma równać się dwukrotnemu ciśnieniu roboczemu (np. normy angielskie). Tymczasem bardzo często ani jedna, ani druga zasada nie jest przestrzegana. Byłoby zupełnie logiczne próbować na 20 atm. wszystkie rury, przeznaczone na normalne ciśnienie robocze 10 atm., bez względu na średnicę. Tylko normy niemieckie przepi-

suja dla wszystkich rur normalnych ciśnienie próbne 20 atm. Normy innych państw, a więc także Polski, niepotrzebnie stopniają wysokość ciśnienia próbnego zależnie od średnicy rury. Według tablicy VI rura o średnicy 100 mm pęka dopiero przy ciśnieniu wewnętrznym 319 atm., rura zaś o średnicy 1200 mm pęka już przy ciśnieniu 100 atm. Jeżeli próbne ciśnienie — 20 atm. — wynosi w ostatnim wypadku 20% »ciśnienia niebezpiecznego«, to w pierwszym wypadku wynosić powinno także 20% t. j. 63.8 atm. Ponieważ jednak próbowanie małych rur (100 mm) na tak duże ciśnienie na zwykłych prasach hydraulicznych jest niemożliwe,

## Ciśnienie próbne.

	Polska	Niemcy	Anglja	Ameryka
Rury proste	do 400 mm 20 atm. od 400 mm 15 atm. t. j. 2-krotne i 1.5-krotne ciśnienie robocze.  Rury proste i kształtki!!	20 atm. dwukrotne ciśnienie robocze albo 10 + 10 atm.	Klasa A : 14 atm. B : 28 atm. C : 42 atm. D : 56 atm. t. j. dwukrotne ciśnienie robocze	a) $D \geq 20''$ (500 mm) A 10.5 atm. B 14 — atm. C 17.5 atm. D 21 — atm. b) $D < 20''$ A, B, C, D 21 atm.
	przed asfaltowaniem w odlewni ew. po asfaltowaniu przez odbiorcę	przed asfaltowaniem	przed asfaltowaniem	po asfaltowaniu

UWAGA. Tylko przepisy norm polskich odnoszą się w równej mierze do rur prostych, jak kształtek. Normy amerykańskie i angielskie wyraźnie mówią tylko o rurach prostych! Niemieckie normy mówią tylko o rurach, nie wymieniają kształtek.

## 9) Smołowanie prostek i kształtek.

	Polska	Niemcy	Anglja	Ameryka
Temperatura rur Temp. kąpiel teru	100—150° C.	ca 150° C.	$\leq 250^\circ \text{ Fahr. (120}^\circ \text{ C.)}$ no more than $\leq 330^\circ \text{ Fahr. (164}^\circ \text{ C.)}$	300° Fahr. (149° C.) 300° Fahr. albo mniej według uznania odbiorcy
Materiał	odwodniona smoła pogazowa (odwodniony ter pieców koksowych)	»Asphaltmasse« bez składników rozpuszczalnych w wodzie	Dr Angus Smith	coal-tar pitch varnish ewentualnie z dodatkiem odpowiednim oleju (oil).

UWAGA. Smoła pogazowa (ter koksowni) winna być jak najstaranniej odwodniona, »destylowana«. Zwrócić należy na to nieodzowne, konieczne wymaganie uwagę polskich koksowni, gdyż niesumienna dostawa naraża odlewnie rur na duże przykrości i zmusza je nieraz do udawania się do firm zagranicznych.

Dostawa tej niedużej ilości smoły (około 100.000 kg rocznie) pierwszej jakości, potrzebnej odlewniom rur, nie powinna chyba przedstawiać dla naszych koksowni żadnych trudności.

gdyż rura z powodu natężenia na wyboczenie prędzej się łamie, to pocóż wymagać dla rur mniejszych większych ciśnień próbnych i nie uwzględniać równocześnie ani jednej, ani drugiej zasady? W warunkach dostawy rur do jednego z państw zagranicznych istnieje przepis, że ciśnienie próbne

$p$  w atm. ma wynosić:  $p = \frac{400 \cdot s}{D}$ , przy czym  $s$  ozna-

cza grubość ścianki rury,  $D$  jej średnicę wewnętrzną, jednak najmniejsze ciśnienie  $p = 25$  atm. Stosowanie większego ciśnienia próbnego dla rur małych jest tem bardziej zbyteczne, że grubość ścianek rur małych jest w stosunku do obwodu bardzo duża, wskutek czego większa pewność odlewu już zgóry jest dobrze zabezpieczona.

*Normy i warunki techniczne odbioru żeliwnych rur kielichowych odlewanych sposobem wirującym.*

a) Rury odlewane sposobem Moore'a.

Amerykańska Spółka rur żeliwnych (American Cast Iron Pipe Company) w Birmingham wydała 1 kwietnia 1926 r. normy rur odlewanych wirującym sposobem Moore'a, jakoteż warunki odbioru takich rur\*).

Rury odlewane sposobem Moore'a w kokilach wyprawionych piaskiem nie wymagają wyżarzania po odlewie w przeciwstawieniu do rur odlewanych sposobem de Lavaud. Z warunków odbioru należy wymienić następujące:

1) Długość użyteczna wynosi 16 stóp (4,88 m). A. C. I. P. Co. wyrabia rury sposobem wirującym w średnicach 4", 6", 8", 10", 12". Rury większe odlewa się sposobem dawnym.

2) Dozwolone odchylenia wynoszą:

- w wymiarach średnic przy wszystkich rurach (4—12") 0,06" = 1,52 mm;
- w grubościach ścianek zależnie od średnicy i klasy rur 0,04—0,06" (1—1,52 mm);
- w wagach  $\pm 5\%$ !

\*) Odlewnia rur A. C. I. P. Co. w Birmingham urządzona jest na 24-godzinną produkcję 15.000 m rur kielichowych o średnicach 4, 6, 8, 10, 12".

Produkcja w tonnach wynosi dla rur klasy 150 o średnicy:

4"	240 t	dziennie
6"	366 t	"
8"	523 t	"
10"	603 t	"
12"	906 t	"

Tylko tak duża produkcja umożliwia rentowność inwestycji, której koszt są ogromne (według »The Iron Age«, 1926, 15/IV).

3) Jakość żeliwa. Żeliwo powinno być o tyle miękkie, aby je można obrabiać. Temperaturę odlewania należy stale kontrolować odpowiednimi pirometrami. Skład chemiczny bada się co do zawartości Si, S, Mn, P, C dla każdego przetopu.

4) Próbne pręty na gięcie, posiadające długość laną 28", piętą 24", o przekroju  $2 \times 1$ ", odlewane stojąco w suszonych formach z piasku, wydobywane z formy po wystygnięciu do 200° F. (93° C.), położone »płasko« na podstawach odległych od siebie o 24" (610 mm), winny wytrzymać obciążenie w środku w wysokości 1900 funtów (861,8 kg) i przegiąć się w momencie złamania najmniej o 0,3" = 7,5 mm.

Z tych danych wynika, że wytrzymałość na gięcie wymagana jest w wysokości 25,3 kg/mm<sup>2</sup>, podczas gdy warunki i normy polskie przewidują  $k_w = 27,8$  kg/mm<sup>2</sup>, więc o 10% więcej.

5) Po odlewie i wydobyciu z formy rury należy powoli studzić w odpowiednich komorach; dopiero gdy rury ostygły tam do temperatury 500° F. (260° C.) można je usunąć z komory.

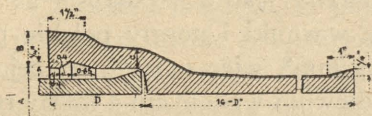
6) Rury zwykle należy »terować« terem ogrzonym do temperatury 200° F. (93° C.), którą się kontroluje stale termometrem.

7) Próba rur. Wszystkie rury próbowane są na ciśnienie hydrauliczne najmniej 300 funtów na 1 cal kwadr. (21 atm.). Na żądanie badany jest materiał słupa rury na wytrzymałość na rozerwanie i na twardość (Brinell'a), która nie powinna przekraczać 210. Pręty próbne na rozerwanie przygotowuje się w sposób następujący: ze słupa rury wycina się paski o szerokości 1/2" i długości 12". Z tych pasków wyrabiane są na tokarce pręty próbne o średnicy 1/4". Wytrzymałość na rozerwanie nie powinna być mniejsza, niż 25.000 funtów na cal kwadratowy t. j. 17,6 kg/mm<sup>2</sup> (1 funt = 0,45359 kg, 1 cal = 25,4 mm). [Normy polskie przewidują dla rur odlewanych sposobem dawnym  $k_r = 18$  kg/mm<sup>2</sup>!].

Rury odlewane sposobem Moore'a noszą nazwę ochronną »Mono Cast«, nadaną im przez American Cast Iron Pipe Company (A. C. I. P. Co.). Skrzynie (kokile), dokładnie toczone wewnątrz, wyprawiane są zapomocą specjalnych maszyn »stojąco« piaskiem; po wysuszeniu formy układa się ją poziomo na maszynie-tokarce i wlewa zapomocą rynny dokładnie odważoną ilość dobrze przegrzanego żeliwa. Gdy ciekłe żeliwo rozmieściło się na całej długości formy na jej dolnej części, puszcza

się w ruch maszynę; wskutek siły odśrodkowej żeliwo rozmieszcza się równomiernie na ścianach formy i krzepnie tam po kilku minutach, tworząc rurę o pewnej grubości ścianki. Przy sposobie de Lavaud wlewamy do obracającej się kokili żeliwo zapomocą rynny, posuwającej się z odpowiednią szybkością, albo zapomocą rynny stałej, jeżeli kokila, obracająca się, równocześnie posuwa się wstecz w kierunku poziomym.

A. C. I. P. Co. wyrabia rury wodociągowe na ciśnienie próbne 7·07 atm., 10·6 atm., 17·69 atm., 24·86 atm., 32 atm., 36·69 atm., 42·7 atm. (7 klas) i rury gazociągowe na ciśnienie próbne 10·6 atm., 24·86 atm., 42·7 atm. (trzy klasy). Cyfra oznaczająca klasy rur oznacza równocześnie ciśnienie próbne w funtach na cal kwadratowy.



Rys. 112. Rury klasy 100, 150, 250, 350, 450, 525, 600.

Jak widać na rys. 112 rur wodociągowych »Acipco-Monocast«, wymiary kielicha i obrzeża zgadzają się w zupełności z wymiarami rur wedle norm A. W. W. A. Różnica polega tylko na tem, że spód kielicha przy rurach »Mono-cast« jest trochę skośny,

tak samo obrzeże. W tablicach L, L I i L II podane są normy rur wodociągowych »Acipco-Monocast«.

Tablica L.

Nominalna średnica wewnętrzna w calach	Klasa	Faktyczna średnica zewnętrzna w calach	Wymiary w calach			
			A	B	C	D
4	100, 150, 250	4·8	5·6	1·34	0·50	3·5
6	„ „ „	6·9	7·7	1·45	0·55	3·5
8	„ „ „	9·05	9·85	1·58	0·60	4
10	„ „ „	11·1	11·9	1·67	0·65	4
12	„ „ „	13·2	14	1·81	0·70	4

Tablica L I.

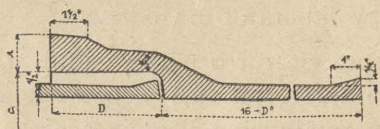
Nominalna średnica wewnętrzna w calach	Klasa	Faktyczna średnica zewnętrzna w calach	Wymiary w calach			
			A	B	C	D
4	350	4·80	5·60	1·34	0·65	3·50
	450, 525, 600	5·00	5·80	1·25	0·65	3·50
6	350	6·90	7·70	1·45	0·70	3·50
	450, 525, 600	7·10	7·90	1·36	0·70	3·50
8	350, 450	9·05	9·85	1·58	0·75	4·00
	525, 600	9·30	10·10	1·47	0·75	4·00
10	350, 450	11·10	11·90	1·67	0·75	4·00
	525, 600	11·40	12·20	1·56	0·80	4·00
12	350, 450	13·20	14·00	1·81	0·80	4·00
	525, 600	13·50	14·30	1·66	0·85	4·00

Tablica L II.

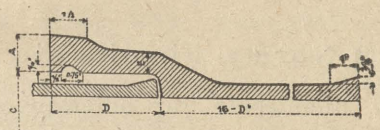
Wagi i grubości ścianek rur kielichowych wodociągowych Acipco Monocast o długości użytecznej 16' = 4·88 m.

Nominalna średnica wewn. w calach	Klasa 100 Ciśn. 232 st. sł. w. 7·07 atm.				Klasa 150 Ciśn. 348 st. sł. w. 10·6 atm.				Klasa 250 Ciśn. 580 st. sł. w. 17·69 atm.				Klasa 350 Ciśn. 815 st. sł. w. 24·86 atm.			
	Grubość ścianki w calach	Waga łącznie z kielichem		Grubość ścianki w calach	Waga łącznie z kielichem		Grubość ścianki w calach	Waga łącznie z kielichem		Grubość ścianki w calach	Waga łącznie z kielichem		Grubość ścianki w calach	Waga łącznie z kielichem		
		1 st.	całej rury		1 st.	całej rury		1 st.	całej rury		1 st.	całej rury				
4	·31	14·9	238	·34	15·9	255	·37	17·5	280	·42	19·7	315				
6	·33	22·7	364	·36	24·4	390	·39	26·8	429	·44	30·3	485				
8	·35	32·5	521	·38	34·9	559	·42	38·4	615	·46	42·2	675				
10	·39	43·7	700	·42	46·9	750	·47	51·6	825	·50	55·9	895				
12	·43	56·4	903	·46	60·4	967	·51	66·5	1064	·54	71·2	1140				
Nominalna średnica wewn. w calach	Klasa 450 Ciśn. 1050 st. sł. w. 32·25 atm.				Klasa 525 Ciśn. 1203 st. sł. w. 36·69 atm.				Klasa 600 Ciśn. 1400 st. sł. w. 42·7 atm.							
	Grubość ścianki w calach	Waga łącznie z kielichem		Grubość ścianki w calach	Waga łącznie z kielichem		Grubość ścianki w calach	Waga łącznie z kielichem		Grubość ścianki w calach	Waga łącznie z kielichem					
		1 st.	całej rury		1 st.	całej rury		1 st.	całej rury							
4	·45	21·2	340	·48	22·8	365	·52	24·4	390							
6	·48	32·5	520	·51	35·0	560	·55	37·5	600							
8	·51	46·6	745	·56	50·9	815	·60	54·7	875							
10	·57	62·5	1000	·62	69·4	1110	·68	75·3	1205							
12	·62	80·6	1290	·68	90·0	1440	·75	98·4	1575							

Żeliwne rury kielichowe dla przewodów gazu wyrabia A. C. I. P. Co. w dwóch typach, a mianowicie albo z kielichem gładkim (rys. 113), albo z kielichem wydrążonym (rys. 114). Grubość ścianek rur »gazowych« obliczona jest na ciśnienie robocze 150, 350 i 450 funtów na kwadratowy cal angielski t. j. na 10,6, 17,7 i 24,9 atm. Rury te próbowane są w odlewni na 21 atm. ciśnienia hydraulicznego; na żądanie odbiorcy próbowane są rury gazowe w wodzie na ciśnienie powietrza wynoszące najmniej 1,76 atm. Koszta takiej próby obciążają odbiorcę.



Rys. 113.



Rys. 114.

Widać z tego, że i w Ameryce dla przewodów gazu — mimo niskie ciśnienie robocze — stosowane są rury o stosunkowo grubych ściankach ze względu na bezpieczeństwo ruchu i trwałość gazociągów.

Gazowe rury o średnicy 4" posiadają grubość ścianki 8,6—11,4 mm,

o średnicy 6" — 9,1—12,2 mm

„ „ 8" — 9,6—14, „

„ „ 10" — 10,7—14,5 „

„ „ 12" — 11,6—15,8 „

Trudności z powodu zbyt szorstkiej powierzchni wewnętrznej rur pokonuje się przez zeżużlanie zbierających się wewnątrz zanieczyszczeń zapomocą sody\*).

Że sposobem Moore'a zainteresowała się także Europa, widzimy z faktu, że Halbergerhütte (Saara) opatentowała sobie podobny sposób odlewania rur\*\*).

b) Rury odlewane sposobem De Lavaud.

α) Normy belgijskie.

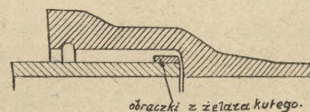
Poniżej podaję belgijskie normy rur żeliwnych kielichowych dla średnic od 40 mm do 1200 mm.

\*) »Stahl u. Eisen«, 1928, Nr. 12, str. 380/1.

\*\*\*) »La Fonderie Moderne«, 1928, Nr. 12, str. 111.

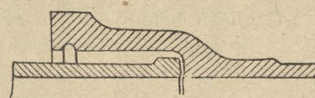
Rury o średnicy 75 mm do 500 mm odlewane są sposobem dawnym »pionowo« albo sposobem wirującym w kokilach żeliwnych, rury o średnicy 40—60 i od 600 do 1250 mm dawnym sposobem »pionowo«. Grubość ścianek rur odlewanych »pionowo« i »wirująco« jest ta sama; jest to dowodem, że odlewnie europejskie nie mogą przez zaprowadzenie sposobu wirującego oszczędzać na żelwie. Wnętrze kielicha rur odlewanych »wirująco« jest to samo, jak przy rurach odlewanych »pionowo«. Zewnętrzny kształt kielicha jest trochę inny. Natomiast »obrzeże« przy rurach odlewanych sposobem wirującym nie może być odlewane równocześnie z rurą, lecz jest »nabijane« w postaci obręczy z żelaza kutego w stanie gorącym na gładki, bosy koniec rury. Nakładanie obręczy pociąga za sobą dosyć duży wydatek i jest niebardzo celowe, gdyż żelazo kute szybciej rdzewieje i powoduje w zetknięciu się z żelwem powstawanie procesów elektrolitycznych, niszczących żelwo.

Rys. 115 przedstawia połączenie kielichowe rur belgijskich odlewanych sposobem wirującym (De Lavaud). Na bosym końcu rury widzimy dwie obręcze z żelaza kutego.



Rys. 115.

Rys. 116 przedstawia normalną rurę belgijską odlaną sposobem dawnym »pionowym«. Obrzeże i rura stanowią jedną całość z jednolitego żeliwa.



Rys. 116.

Warunki techniczne wyrobu i odbioru rur belgijskich są następujące:

- 1) Ciśnienie próbne wynosi dla rur:
 

o średnicy 40—175 mm . . . . .	25 atm.
„ 200—300 „ . . . . .	20 „
„ 325—1250 „ . . . . .	15 „

Próba hydrauliczna odbywa się przed asfaltowaniem rur.

- 2) Dla wyższych ciśnień próbnych powiększa się odpowiednio grubość ścianek na koszt średnicy wewnętrznej rury.

Tablica LIII.

Normalne rury kielichowe belgijskie odlewane sposobem »wirującym«\* (De Lavaud) albo »pionowym«.

Nominalna średnica wewn. D mm	Grubość ścianki s mm	Średnica wewn. kielicha D <sub>1</sub> mm	Głębokość kielicha t mm	Długość użyteczna L m	Waga 1 m b. łącznie z kiel. kg	Waga rury dt. użyt. L kg
40	8	72	80	2.5	10	25
50	8	85	80	2.5	12	30
60	8.5	95	85	3	15	45
75*	8.5	113	85	3	18	54
80*	9	118	85	3	20	60
100*	9	139	90	4	25	100
125*	9.5	165	90	4	32	128
150*	10	190	95	4	39	156
175*	10.5	216	100	4	48	192
200*	11	242	100	4	56	224
225*	11.5	268	100	4	66	264
250*	12	296	105	4	77	308
275*	12.5	322	105	4	88	352
300*	13	347	105	4	99	396
325*	13.5	373	110	4	111	444
350*	14	401	110	4	124	496
375*	14	427	110	4	133	532
400*	14.5	453	110	4	147	588
450*	15	505	110	4	172	688
500*	16	557	115	4	203	812
600	17	665	120	4	260	1040
700	19	771	125	4	339	1356
800	21	874	130	4	428	1712
900	22.5	977	135	4	520	2080
1000	24	1081	140	4	617	2468
1250	28	1338	150	4	900	3600

3) Wydrążenie kielicha dla ołowiu może ulec zmianie na życzenie zamawiającego.

4) Tolerancja w wadze rur prostych wynosi  $\pm 3\%$ .

5) Odchylenia dozwolone w wymiarach kielicha wynoszą dla rur:

o średnicy od 40—275 mm . . . . . 1.5 mm  
 „ „ „ 300—450 „ . . . . . 2 „  
 „ „ „ 500—1250 „ . . . . . 3 „

6) Kontrola surowców stosowanych do wyrobu rur, jakoteż składu żeliwa rur jest stale wykonywana w laboratorium odlewni.

7) W sprawie rur o mniejszej lub większej wadze niż normalna, jakoteż w sprawie rur o średnicach nienormalnych odlewnia udziela odpowiednich wyjaśnień.

### β) Normy niemieckie.

Normy niemieckie rur odlewanych »wirująco« sposobem De Lavaud obejmują 2 klasy rur dla ciśnienia roboczego 10 atm. (klasa A) i dla ciśnienia roboczego 15 atm. (klasa B). Rury klasy B posiadają tę samą grubość ścianki, co normalne rury niemieckie, odlewane pionowo w formach z piasku.

Różnica w grubościach ścianek rur klasy A i klasy B wynosi ca 10 %.

Tablica LIV.

Normy niemieckie rur odlewanych »wirująco« (sposobem podobnym do sposobu De Lavaud) według katalogu firmy »Vereinigte Stahlwerke Aktienges. Schalker Verein« Gelsenkirchen.

Średnica wewnętrzna rury mm	Grubość ścianki mm		Zewn. średnica mm		Długość użytkowa m	W a g a		
	Klasa A 10 atm.	Klasa B 15 atm.	Klasa A 10 atm.	Klasa B 15 atm.		Klasa A i klasa B	rury z kielichem kg	
							Klasa A i B	Klasa A
80	8	9	98		3.5 i 4	5.09	62.46 i 70.65	68.93 i 78.05
90	8	9	108		4	5.7	78.54	86.86
100	8	9	118		4	6.2	86.32	95.56
125	8.5	9.5	144		4	7.64	112.52	124.04
150	9	10	170		4 i 5	9.89	141.85 i 174.84	155.65 i 192.09
175	9.5	10.5	196		5	12	213.65	233.8
200	10	11	222		5	14.41	255.71	278.66
225	10.5	11.5	248		5	16.89	300.74	326.64
250	11	12	274		5	19.61	348.91	377.66
275	11.5	12.5	300		5	22.51	400.16	431.76
300	11.5	13	326		5	25.78	437.48	489.18
325	12	13.5	352		5	28.83	493.23	549.23
350	12.5	14	378		5	32.23	552.28	612.58
375	12.5	14	403		5	34.27	589.87	654.47
400	13	14.5	429		5	39.15	654.70	723.60

Warunki dostawy są następujące:

Do wyrobu rur stosowane jest wyłącznie żeliwo z kopolaka wzgl. pieca płomiennego.

Rury odlane wyżarza się w specjalnych piecach w równomiernej temperaturze.

Po wyżarzeniu asfaltuje się rury przy temperaturze 150° C. (min.).

Rury klasy A podlegają ciśnieniu próbnemu 20 atm., rury klasy B próbuje się na 30 atm. po wykonaniu asfaltowaniu.

Odchylenia w długościach normalnych dozwolone do  $\pm 20$  mm. Krótsze rury w ilości 10% całego zamówienia winien odbiorca przyjmować.

Przy obliczaniu wag przyjęto ciężar właściwy żeliwa 7.25. Odchylenia dopuszczalne w wadze rur  $\pm 5\%$ .

Wytrzymałość żeliwa na rozerwanie wynosi co najmniej 18 kg/mm<sup>2</sup>.

Uwaga. Taką samą wytrzymałość wziętem w rachubę przy obliczaniu grubości ścianek normalnych rur polskich, odlewanych sposobem dawnym pionowym w formach z piasku.

Szkic kształtu kielicha rur niemieckich lanych wirująco podałem poprzednio\*). Bosa koniec rur normalnych jest gładki; na życzenie odbiorcy (zamawiającego) mogą być dostarczone rury z obrączką z żelaza kutego nałożoną w stanie gorącym na bosy koniec rury. W tym wypadku stosuje się kielich bez pierścienia »centrującego«. Odlewnia dostarcza także rury gładkie na obydwóch końcach (bez kielicha); połączenie takich rur uskutecznia się zapomocą spawania bronzem.

### M) Sposoby wyrobu rur.

Pierwotnie, od r. 1450, odlewano rury kolnierzone, później także kielichowe, »leżące« w dwudzielnych formach z piasku; »jądro« składało się z piasku, albo z gliny. W ten sposób jeszcze dzisiaj odlewamy nienormalnie długie rury kolnierzone i prawie wszystkie kształtki. Charakterystyczne znamię tak odlewanych rur stanowi podłużny »szew« zewnętrzny na powierzchni rury czy kształtki. Wewnątrz rura jest gładka »bez szwu«. Przy odlewaniu rur »leżące« tania masowa produkcja jest niemożliwa. Pod względem odlewniczo-technicznym sposób ten utrudnia w wysokim stopniu zachowanie równomiernej grubości ścianek, a »szew« powoduje przy najmniejszej nieo-

strożności odlew porowaty, nieuszczelny, nie wytrzymujący wewnętrznego ciśnienia hydraulicznego.

Z tych dwóch powodów odlewamy dzisiaj rury wodociągowe »stojące«; sposób ten jest obecnie we wszystkich normach rur żeliwnych zgóry przepisany. Początkowo ułatwiano sobie sporządzenie formy z piasku w ten sposób, że w osobnych skrzyniach formowano pierścienie z piasku o długości około 500 mm i wkładano do skrzyni — o przekroju dokładnie okrągłym — w położeniu poziomem. Po ułożeniu całej formy stawiano skrzynie pionowo, wkładano na tokarce ręcznej wykonane i wysuszone jądra i odlewano »stojące«. System ten znany był doniedawna także w Polsce pod nazwą »systemu Kudlicza« (odlewnia rur Rudzkiego w Warszawie). Odlane w ten sposób rury zamiast jednego prostego szwu posiadały zewnątrz tyle okrągłych szwów, ile było części formy. Te szwy okrągłe, »pręgi«, stanowiły na całym, bardzo dużym terenie zbytu rur Rudzkiego, a więc w b. Kongresówce, w Rosji i na Syberji kryterjum »stojące« lanych rur\*).

Podczas gdy wyrób jąder\*\*), poza zastosowaniem mechanicznego napędu tokarki zamiast ręcznego, pozostał od lat kilkudziesięciu bez zmian zasadniczych, to sposób wykonania form zatrudniał ciągle umysły techników odlewniczych. Zarzucono więc przedewszystkiem dzielenie formy na części i ubijano drągami drewnianymi (»ubijakami«) wzdłuż modelu rury ręcznie formy z jednego kawałka w pionowo wiszącej skrzyni.

Pierwsze próby mechanicznego ubijania formy rur przedsięwzięto w Anglii w r. 1850, ale z niewielkim skutkiem, bo ubijarce nie potrafiono nadać ruchu obrotowego podczas ubijania, koniecznego dla równomiernego rozdziału piasku i równomiernego ubijania formy (Cochran i Slate 1850, Samuel Fulton 1861). Ubijarka mechaniczna Artura Deslandes'a\*\*\*) z Manchesteru, będąca w użyciu jeszcze dzisiaj w Niemczech, Anglii i Ameryce, odpowiadała temu zadaniu, ale niezupełnie.

\*) Kiedy »Węgierska Górka« wystawiła na Targach we Lwowie swe rury, uważano je za lane »leżące«, bo nie posiadały szwów okrągłych. Z tego samego powodu niedawno jeden urząd celny zwrócił dokumenty celne z uwagą, że 5-metrowe gładkie rury nie są lane, lecz walcowane!

\*\*) W Szwajcarii jądra do rur nie są toczone z gliny na tokarkach, lecz ubijane z piasku nawet przy średnicach największych. Jest to wyjątek, gdyż wszystkie inne odlewnie rur wyrabiają jądra z gliny.

\*\*\*) »Stahl u. Eisen«, 1910, str. 188.

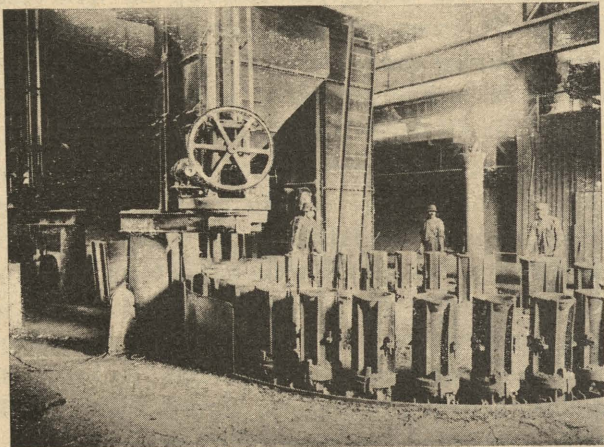
\*) »Gaz i Woda«, 1928, Nr. 2, str. 32.



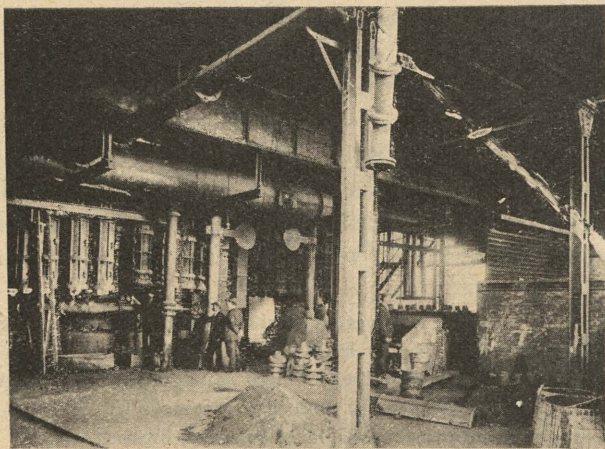
Stosować ją można do wyrobu rur o większej średnicy niż 250 mm.

Dopiero »ubijarka« elektryczna systemu Ardelta, patentowana we wszystkich państwach cywilizowanych (1905 — 1907), odpowiadać może wszelkim wymaganiom i stanowi obecnie najbardziej nowoczesne urządzenie w odlewniach rur odlewających rury do form z piasku. Nie od rzeczy więc będzie zapoznać się bliżej ze sposobem odlewu rur przy stosowaniu ubijarki elektrycznej Ardelta.

Nadmienić wypada, że w Polsce odlewnia rur w Węgierskiej Górcie wyposażona jest w urządzenia zupełnie nowoczesne, pomiędzy którymi elektryczne ubijarki Ardelta zajmują zaszczytne miejsce. Cały budynek odlewni, 25 m wysoki, dostosowany jest do wymagań sposobu Ardelta odlewania rur. Rys. 117 i 118 przedstawiają wnętrze tej odlewni.



Rys. 117.



Rys. 118.

Aby wyzyskać całą wydajność ubijarek elektrycznych, całe inne urządzenie odlewni dostoso-

wane być powinno do szybkości ubijania form. Więc żórawie elektryczne z szybkim udźwigniem (32 do 26 m/min.), dobrze funkcjonująca przygotowalnia piasku i gliny, dostosowane do produkcji obszerne suszarnie jąder, położone jak najbliżej przy miejscu roboczym, dostępne ze wszystkich stron skrzynie formierskie, szybkie suszenie form i jąder, to niezbędny warunek dużej produkcji.

Jeżeli się zważy, że dla każdej rury podnosić wypada model na wysokość 5·5 m, następnie go opuszczać do skrzyni ca 5 m, po ukończeniu ubijania formy wyciągać do góry (5·5 m), że pozatem podnosić należy jądro (5·5 m), opuszczać je do formy (5·5 m), że należy wyciągnąć po odlaniu rury rdzeń (5·5 m) i ułożyć go na pomoście roboczym (5·5 m), że nareszcie wyciągnąć wypada odlaną rurę ze skrzyni (5·5 m) i ułożyć ją na pomoście roboczym (5·5 m), zrozumiałe jest, że szybkość podnoszenia żórawia powinna być jak największa. Dla każdej odlanej rury o długości 5 m hak żórawia odbywa drogę ca 40 m długą.

Tak samo żóraw obsługujący tokarki jąder i suszarnie jąder dużo ma do czynienia: ułożyć rdzeń na tokarce, po ukończeniu pierwszej warstwy (tłustej) gliny ułożyć jądro na wozie do suszenia, następnie po wysuszeniu ułożyć znowu na tokarce, po ukończeniu drugiej warstwy (chudej) gliny ułożyć na wozie, po wysuszeniu przenieść znowu jądro na tokarkę, po ukończeniu »czernienia« ułożyć na wóz do suszenia.

Drogę pomiędzy tokarką i suszarnią odbywa żóraw dla każdej rury 5 razy; wynika z tego, że szybkość żórawia powinna być duża, a oddalenie tokarki od suszarni jak najmniejsze.

Jeżeli jeszcze uwzględnimy pracę potrzebną do podnoszenia kadzi z żeliwem płynnym, piasku formierskiego i gliny, otrzymamy pracę w kilogrammetrach  $P = v \cdot t \cdot R \sim 100 - 150 R$ , jeżeli R oznacza wagę rury w kg, v chyżość ruchu, t ilość sekund. Praca, wykonana przy przenoszeniu względnie podnoszeniu modelu, rdzeni, jąder, gliny, piasku i żeliwa wynosi np. dla jednej rury o średnicy 300 mm, ważącej 489 kg, przy długości 5 m, 53790 kgm (teor.). Faktyczna ilość pracy — zależna od sprawności urządzeń — będzie daleko większa, już ze względu na tarcie modelu, rdzenia i odlanej rury w piasku. Te przykłady wskazują wyraźnie kierunek, w jakim iść trzeba, aby ilość pracy mechanicznej dla danej produkcji rur zmniejszyć i obniżyć w ten sposób koszt produkcji.

### Elektryczna ubijarka Ardelta.

Ubijarka jest tak skonstruowana, że ubijak porusza się w kierunku pionowym i że równocześnie posuwa się na obwodzie koła o średnicy  $(D_1 + g)$ .  $D_1$  oznacza średnicę zewnętrzną modelu rury,  $g$  grubość warstwy piasku w skrzyni formierskiej. Ubijak składa się z kilku »stępek«, przymocowanych do wspólnego pierścienia żelaznego, zawieszono go na żerdziach z rur ciągnionych. Każda żerdź ubijaka trzymana jest w sprzęgle poruszaniem zapomocą ekscentru na dół i do góry. Skoro piasek jest odpowiednio silnie ubity, żerdzie, przewyciężając tarcie w sprzęgle, poruszają się stopniowo do góry. Wał ekscentru obraca zapomocą kół zębatych płytę, na której spoczywa maszyna; w ten sposób ruch obrotowy przenosi się także na ubijaki.

Ubijarka pracuje w sposób następujący: do skrzyni formierskiej spuszcza się model; następnie przesuwamy ubijarkę na środek skrzyni, rozluźniamy trochę sprzęgło; ubijak opada na dół do wrzuconego przedtem piasku. Teraz puszcza się w ruch motor i dorzucamy zwykle z ręki piasek. Małe formy w przeciągu 1 minuty, większe w przeciągu 4—5 minut są gotowe; ubijak podniósł się w górę, maszynę odsuwamy ponad skrzynią formierską w bok, wyciągamy model, wkładamy do skrzyni następnej i t. d. Ardel t podaje w »Stahl u. Eisen« (1910, str. 366), że ubijanie 1 formy dla rur o średn. 40—60 mm trwa 1 min. 15 sek.

„	„	„	„	70—80	„	„	1	„	20	„
„	„	„	„	90—100	„	„	1	„	25	„
„	„	„	„	125—150	„	„	1	„	45	„
„	„	„	„	175—225	„	„	1	„	55	„
„	„	„	„	250—300	„	„	2	„	05	„
„	„	„	„	400—500	„	„	2	„	30	„
„	„	„	„	700—800	„	„	4	„		„
„	„	„	„	1000	„	„	5	„		„
„	„	„	„	1200	„	„	6	„		„

W Ameryce, gdzie elektryczne ubijarki Ardelta są bardzo rozpowszechnione, pracują niektóre odlewnie rur według sposobu Herberta\*). Sposób ten polega na wyciskaniu formy z piasku zapomocą długiego tłoka. Niektóre odlewnie stosują także sposób »strzęsania« formy rury. Tam, gdzie niema specjalnych ubijarek maszyn, używane

są drągi poruszane, zamiast ręcznie, powietrzem ścieśnionem. Rys. 119 przedstawia elektryczną ubijarkę Ardelta, zaś rys. 120—122 różne urządzenia odlewni rur systemu Ardelta w Eberswalde.

Elektryczne żórawie odlewni rur są skonstruowane odmiennie od zwykłych żórawi w tym celu, aby odpowiadały w zupełności wszelkim wymaganiom właściwym. Przedewszystkiem budowane są daleko mocniej, niż zwyczajne żórawie, aby mogły podołać wielkim, chociaż momentalnym obciążeniom podczas wyciągania modelu z ubitej formy, rdzenia jądra po ukończonym odlewie rury i odlanej rury ze skrzyni. Następnie szybkość podnoszenia powinna być stosunkowo bardzo duża. Nareszcie żórawie odlewni rur winny być tak budowane, aby części mechaniczne i elektryczne pracować mogły bez zarzutu w pyle, dymie i gorącu, jednym słowem żórawie te winny być dostosowane do bardzo ciężkich warunków ruchu. Tylko takie specjalne żórawie potrafią w odlewniach rur pracować nawet 10 lat i więcej bez większych reparatur, jak uczy doświadczenie z żórawiami dostarczonymi przez Zakłady Ardelta w Eberswalde.

### Sposób wirujący odlewu rur\*).

Najważniejszym zdarzeniem w latach ostatnich jest praktyczne zastosowanie sposobu wirującego odlewu rur. Podczas gdy w Europie dotąd tylko nieśmiało pokazują się w handlu żeliwne rury, odlewane sposobem wirującym, w Ameryce już duży procent wytwarzanych rur stanowią rury odlewane »wirująco«.

W Europie urządzenia do wyrobu rur sposobem wirującym posiada parę zakładów, a mianowicie:

W Niemczech:

- 1) w Gelsenkirchen (Gelsenkirchener Bergwerks Aktiengesellschaft, Abteilung Schalke),
- 2) Buderus-Werke Wetzlar,
- 3) w Ambergu w Bawarji.

W Belgji: »Compagnie Générale des Conduites d'eau« w Liège.

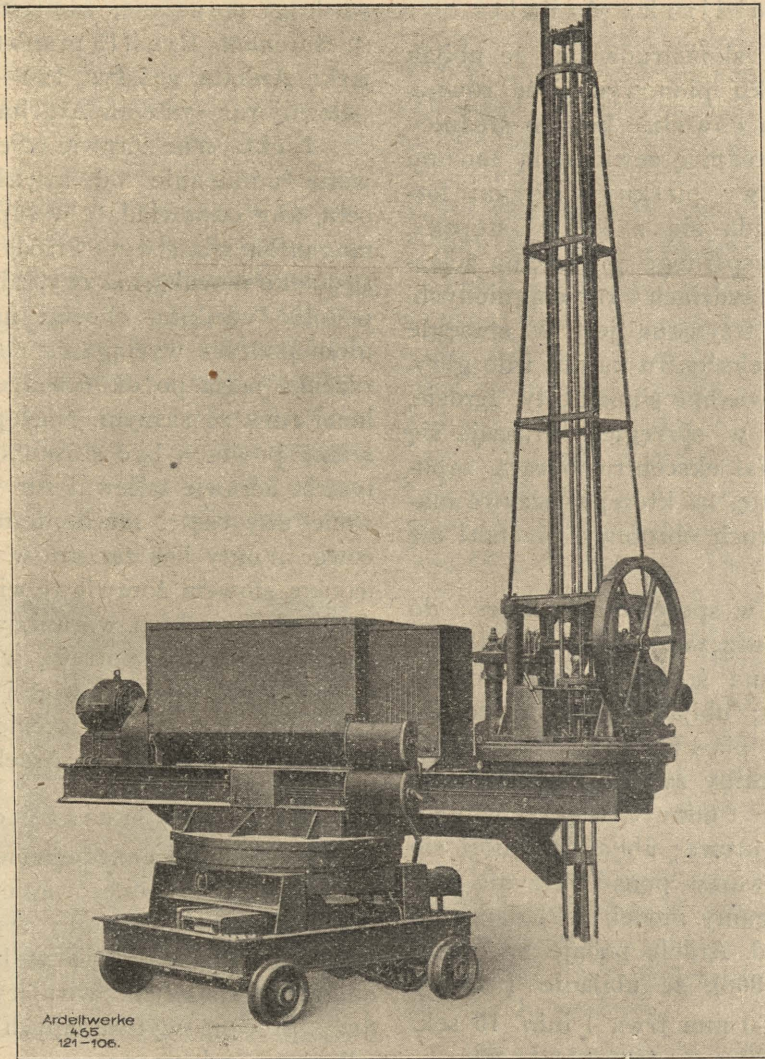
W Anglji: »Stanton Ironworks Company Limited« od r. 1922.

\*) 1) E. I. Fox i P. H. Wilson: The principles of centrifugal castings as applied to the manufacture of »Spun« Iron Pipes.

2) Dr. Ing. Carl Pardun w Gelsenkirchen: Ueber die wissenschaftlichen Grundlagen des Schleudergusses. »Stahl u. Eisen« 1924, No. 31, 35, 40.

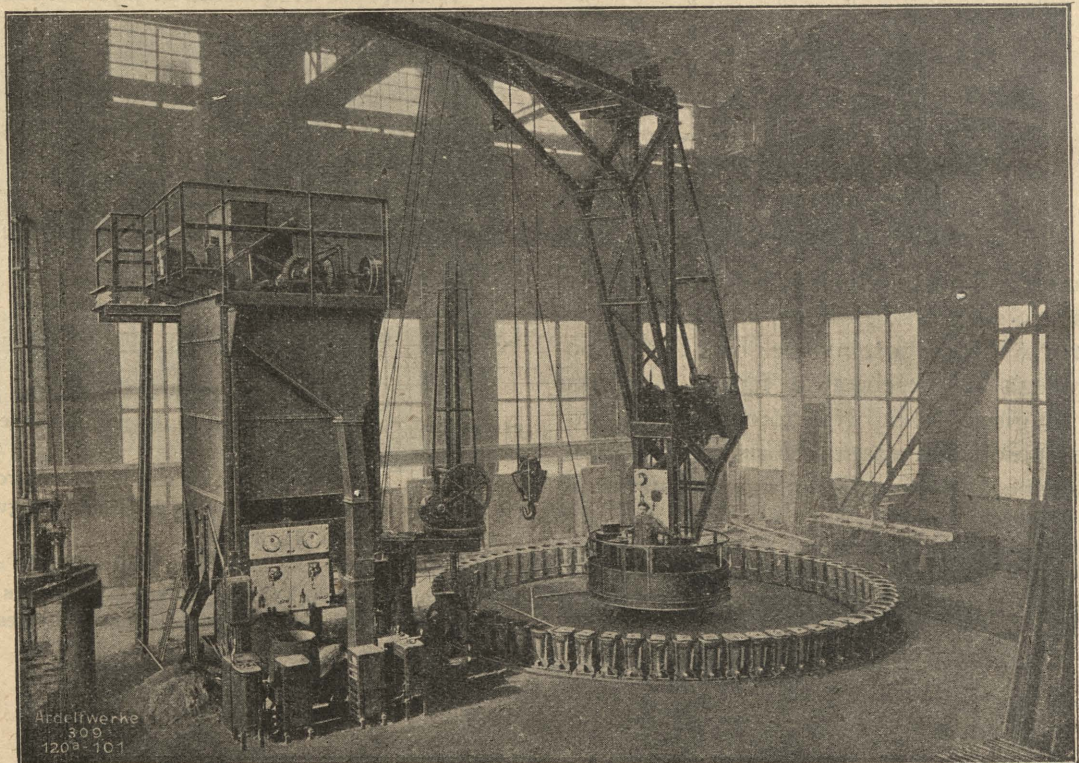
3) Journal of the American Water Works Association, July 1926, Arthur N. Talbot: Strength properties of cast iron pipe made by different processes as found by tests.

\*) »Stahl u. Eisen« 1911, str. 1221—24 i 1927, str. 1600. Także Dr. Geiger: »Handbuch der Eisen u. Stahlgiesserei«, II tom, str. 237.



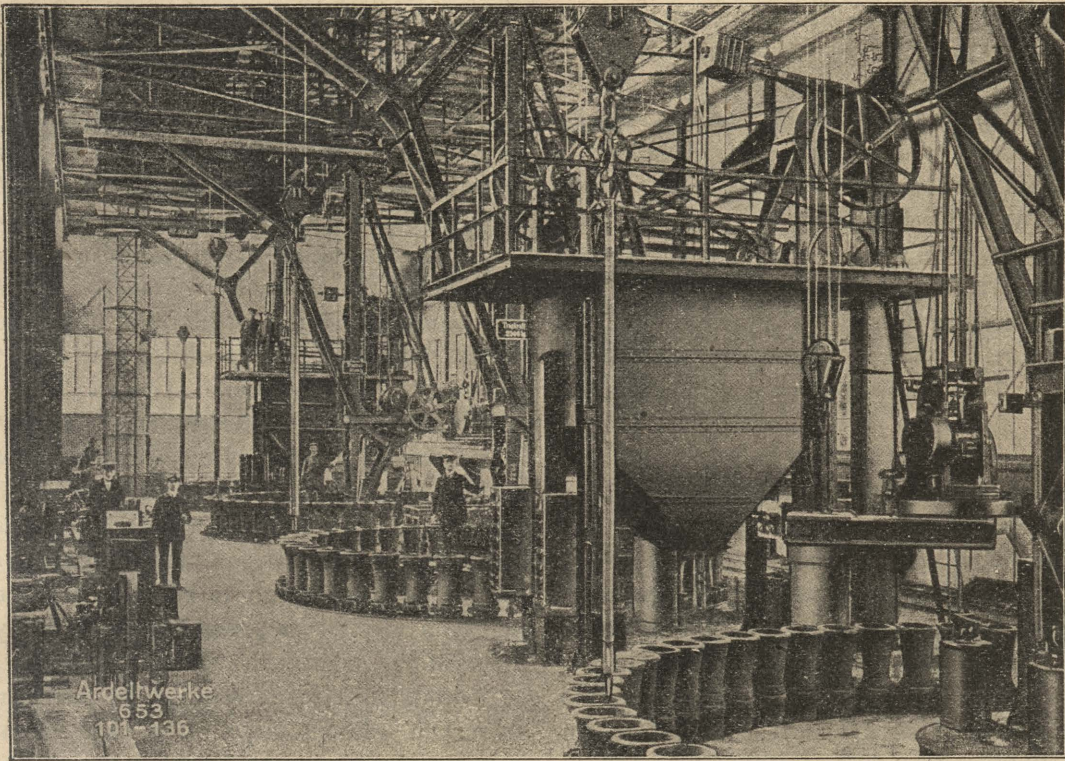
Rys. 119.

Ardeltwerke  
455  
121-106.

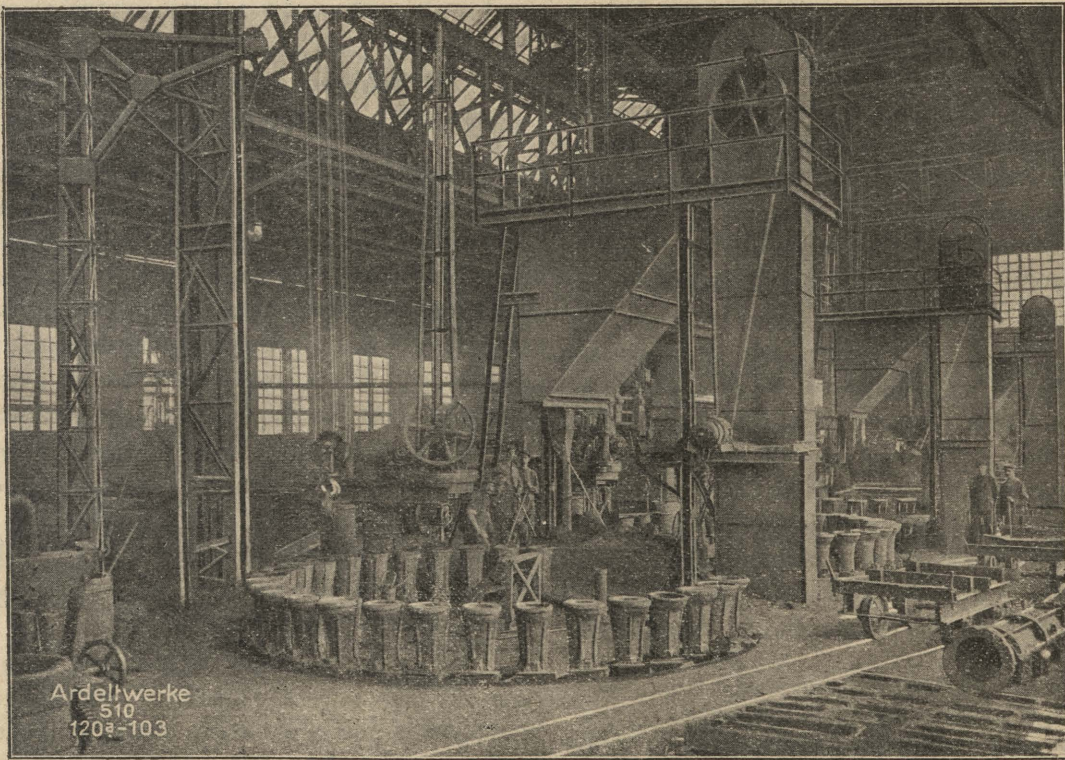


Rys. 120.

Ardeltwerke  
309  
120-101



Rys. 121.



Rys. 122.

W Ameryce urządzenia te posiadają:

1) »American Cast Iron Pipe Company« w Birmingham, Ala od r. 1926 (syst. Moore),

2) »United States Cast Iron Pipe and Foundry Co.«, także Birmingham (syst. De Lavaud),

3) szereg innych mniej znanych zakładów.

W zasadzie istnieją dwa różne sposoby wirujące odlewu rur, a mianowicie:

a) sposób D. Sensaud De Lavaud,

b) sposób W. D. Moore'a, prezydenta Towarzystwa »American Cast Iron Pipe Co.«

De Lavaud wlewa żeliwo do stalowych lub żeliwnych form (kokil) wirujących, chłodzonych wodą,

Moore zaś wyprawia zwykle formy żeliwne piaskiem, a chłodzenie ich jest zbyt skuteczne.

Rury odlewane do kokil »nagich«, bez wyprawy, należy w celu usunięcia naprężeń wewnętrznych, powstających wskutek nierównomiernego stygnięcia żeliwa, wyżarzać w osobnym piecu. Sposób De Lavaud nie zezwala na odlewanie rur z obrzeżem na bosym końcu, gdyż rury takiej nie możnaby wydobyć z wydrążonego walca, jakim jest żeliwna kokila. Przy tym sposobie cała robota formierska ogranicza się tylko do sporządzenia z piasku zwykłego jądra kielichowego.

Sposób Moore'a natomiast umożliwia odlew rur kielichowych z obrzeżem. (Odlew rur kołnierzych jest naturalnie przy obu sposobach wirujących niemożliwy). Rury odlane w kokilach wyprawionych nie wymagają wyżarzania, ale sporządzanie dla każdego odlewu nowej wyprawy formy zabiera dużo czasu i wymaga osobnego urządzenia formierskiego oraz nadzwyczaj wielkiej uwagi\*). O ile mi wiadomo, pracuje Gelsenkirchen i Liège według sposobu De Lavaud, więc z kokilami nie wyprawionymi piaskiem.

Który sposób, czy sposób De Lavaud, czy sposób Moore'a, ma większe widoki powodzenia? Naga kokila wymaga surowca wysoko nakrzemionego, więc drogiego i nie zezwala na zbyt małe grubości ścianek. Wyprawiona kokila zaś zadowolili się może mniej nakrzemionem żelwem i zasadniczo łatwiej daje rury o małych grubościach ścianek. Naogół twierdzą odlewnie pracujące sposobem wirującym, że wytrzymałość żeliwa jest

o 40% większa, niż przy starym sposobie. Jeżeli się zważy, że rury amerykańskie, odlewane wedle starego sposobu posiadają, jak już przedtem zaznaczyłem, nawet o 50% grubsze ścianki, niż rury np. francuskie, niemieckie i polskie, przychodzimy do wniosku, że w Europie, a więc także u nas, wirujący sposób odlewu rur nie może przyczynić się do znaczniejszego obniżenia grubości ścianki i zaoszczędzenia na materiale żeliwa w takiej mierze, jak to ma miejsce w Ameryce. Przy sposobie De Lavaud zużycie kokil na 1 tonnę rur i wyżarzanie odlanych rur pochłania więcej pieniędzy, niż zarobki formierskie i »jądra rury«.

Miałem sposobność zwiedzić jedną odlewnię i być obecnym przy odlewie sposobem wirującym 2 rur o średnicy 300 mm i długości 5 m. Wrażenie jest wprost imponujące. Maszyna wirująca umieszczona niby w salonie: niema kurzu, dymu, nie widać prawie robotników, a co cztery minuty maszyna wypuszcza jedną rurę o średnicy 300 mm, 5 m długą, o grubości ścianki 13 mm. Wrażenie to jednak straciło na sile, kiedy parę dni później słyszałem zdanie zawodowca, który zna prawie wszystkie odlewnie rur, pracujące — lub głoszące, że pracują — sposobem wirującym. Zakończył on w ten sposób rozmowę: »Dużo jeszcze czasu upłynie, nim rury odlane sposobem wirującym potrafią zadowolić odbiorców i także wytwórców«.

#### N) Żeliwne rury zlewowe (ściekowe).

[*Abflussrohre, pipes for sewage, tuyaux salubres*].

Rury zlewowe różnią się znacznie od rur wodociagowych, chociaż ich wygląd zewnętrzny jest podobny. Rury zlewowe nie podlegają ciśnieniu próbnemu, wymagania trwałości są niezbyt wygórowane. Rury te stanowią zwykły odlew handlowy, przy którym taniłość, wskutek szczupłej bardzo grubości ścianki i wskutek jak najprostszego sposobu fabrykacji, odgrywa najważniejszą rolę.

Grubość ścianki rur zlewowych wynosi zależnie od średnicy rury 3—6 mm; średnice rur zlewowych wynoszą 50—200 mm, długość użyteczna najwyżej 2 m; odlewanie rur zlewowych odbywa się »leżąc« lub »skośno« w dwudzielnych skrzyniach, bardzo często »na mokro«.

W ostatnim czasie czynione są próby odlewania rur zlewowych sposobem wirującym, wymagającym z powodu bardzo małej grubości ścianek żeliwa bardzo bogatego w krzem i węgiel, uboższego w mangan i siarkę, więc stosunkowo dro-

\*) C. Pardon: Die Herstellung der Schleudergussröhren in Sandformen. »Stahl u. Eisen«, 1927, No. 39, str. 1611.

C. E.: Un nouveau tuyau de fonte: Le tuyau centrifugé (syst. De Lavaud). »Bulletin de l'Association des Gaziers Belges«, Mars-Avril 1927, str. 65.

giego. Zważywszy, że oprócz tego kosztu instalacji maszyn są duże, należy wątpić, czy sposób wirujący do wyrobu rur zlewowych zdoła się rozposzechnić. Na terenie dzisiejszej Polski istniało przed wojną (1913) dziesięć odlewni, poświęcających się w dużej mierze wyrobowi rur zlewowych. Łączna roczna produkcja wynosiła w r. 1913 około 16.000 t. Były to następujące odlewnie:

1) Tow. akc. Herzfeld i Victorius w Grudziądzu.

2) Odlewnia żelaza i Emaljerna »Kamienna«, Jan Witwicki.

3) Tow. akc. Suchedniowskiej fabryki odlewów żelaznych w Suchedniowie i w Kielcach.

4) Tow. akc. Zakładów górniczo-hutniczych »Stąporków«.

5) Odlewnia i Emaljerna »Słowianin« w Końskich.

6) Zakłady mech. i odlewnia żelaza »Białogon« st. Kielce.

7) Huta »Blachownia«, odlewnia, tłocznia, emaljerna.

8) Tow. Częstochowskiej fabryki odlewów i Emaljerna »Metalurgia«.

9) Wolska Odlewnia Aronowicza w Warszawie.

10) »Poręba« w Zawierciu.

Z ogólnej produkcji przypadało w roku 1913 na pojedyncze odlewnie kolejno około:

9<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, 7<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, 14<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, 9<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, 27<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, 8<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, 8<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, 4<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, 4<sup>0</sup>/<sub>0</sub> i 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Bardzo znaczną część swej produkcji zbywały odlewnie b. Kongresówki na terenie dzisiejszej Rosji. Obecnie ilość odlewni rur zlewowych spada do siedmiu, gdyż ani »Poręba« ani »Metalurgia« ani »Aronowicz« rur zlewowych nie wyrabiają.

Pod względem wysokości produkcji kroczy na czele Herzfeld i Victorius w Grudziądzu, eksportujący przeważającą część do Niemiec i krajów północnych. Z produkcji ogólnej 2.677 t w r. 1923 przypada na:

firmę Herzfeld i Victorius . . . . .	702 t
»Suchedniów« . . . . .	534 t
»Stąporków« . . . . .	277 t
»Słowianina« . . . . .	210 t
»Białogon« . . . . .	249 t
»Kamienną« . . . . .	40 t
»Blachownię« . . . . .	121 t
Odlewnię Wolską . . . . .	14 t

Zagranicę wysłano ogółem 901 t, t. j. około 32% całej produkcji; dla konsumpcji wewnątrz kraju pozostało 1776 t; obecnie wskutek ożywienia się ruchu budowlanego zapotrzebowanie w Polsce wynosi około 8.000 t!

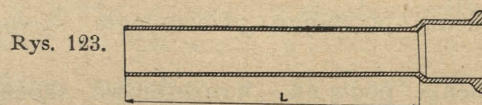
Typy rur zlewowych stosowane na terenie Polski:

1) Tak zwany typ »moskiewski«, używany jedynie na prowincji w b. Kongresówce i na kresach. Waga rur tego typu zbliżona bardzo do wagi typu lekkiego niemieckiego.

2) Typ lekki niemiecki (LD, leicht deutsch) używany w całej Małopolsce, na Śląsku, w Poznańskim, na Pomorzu i w Gdańsku. W ostatnich latach także w całej b. Kongresówce. Jest to więc typ dzisiaj najbardziej wszędzie stosowany.

3) Typ ciężki tak zwany normalny niemiecki (ND, normal deutsch) używany przede wszystkim przez Magistrat warszawski, następnie także w miastach, które obecnie świeżo wprowadzają kanalizację (Łódź, Częstochowa, Piotrków, Lublin, Radom, Kielce).

#### I. Rury zlewowe typu lekkiego niemieckiego (Herzfeld i Victorius — Grudziądz).

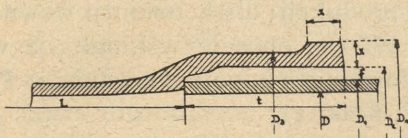


Tablica LV.

Średnica rury	mm	52	65	78	105	130	157	210
	cale	2	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3	4	5	6	8
Grubość ścianek	mm	3	4	4	4	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
Średnica kielicha	mm	74	90	104	130	155	182	233
Długość wewnętrzna kielicha	mm	65	70	75	80	85	90	90
Waga rury kg	L = 1 m	5	7 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	—	11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	14	17	29
	L = 1·25 m	6	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	10	13 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	17 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	22	—
	L = 1·50 m	8	10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	—	16	21	26	42
	L = 2 m	11	13	15	20	27·5	33	53

## II. Rury zlewowe typu niemieckiego normalnego.

Rys. 124\*).



Tablica LVI.

Średnica wewn. rury	D	50	70	100	125	150	200
Średnica zewn. rury	D <sub>1</sub>	60	80	112	137	162	212
Średnica wewn. kielicha	D <sub>2</sub>	72	92	124	151	176	226
Średnica zewn. kielicha	D <sub>3</sub>	84	106	138	167	192	242
Średnica zewn. obrzeża kielicha	D <sub>4</sub>	92	114	146	175	200	252
Głębokość kielicha	t	65	70	75	75	80	90
Szerokość szczeliwni	f	6	6	6	7	7	7
Grubość ścianki rury	s	5	5	6	6	6	6
Waga rury przy długości użytkowej L	1 m	7·3	10	16·7	21	25	—
	1·25	8·8	12·3	20·3	25·3	30·3	—
	1·5	10·3	14·3	24	30	35·6	—
	2·0	13·5	18·6	31	39	46·3	—

Przy rurach zlewowych stosowane są następujące kształtki:

odgałęzienia pojedyncze prostokątne, skośne, półskośne,

odgałęzienia podwójne przeciwległe skośne, półskośne,

odgałęzienia podwójne narożnikowe skośne, półskośne;

następnie: kolana, kolana z »rewizją«, ze stopą; nareszcie łuki, odstępki, rewizje, rury redukcyjne, końcówki, króćce, nasuwki, korki, kielichy podwójne.

Polski Komitet Normalizacyjny pracuje jeszcze obecnie nad ustaleniem polskich norm rur zlewowych. Normy te należałoby dostosować do typów w Polsce obecnie najbardziej rozpowszechnionych, w celu zaoszczędzenia odlewniom nowych wydatków na modele i w celu ułatwienia eksportu.

Podkreślić wypada, że do celów zlewowych stosowane są wyłącznie rury żeliwne. Rury walcowane nie mogą z nimi konkurować, gdyż dal-

sze zmniejszenie grubości ścianek jest niemożliwe, a przy tej samej grubości trwałość rur walcowanych byłaby za mała, cena zaś za wysoka.

### O) Kalkulacja kosztów własnych i cen rur żeliwnych i kształtek.

Polskie warunki techniczne odbioru i dostawy przepisują stosowanie do wyrobu rur mieszanki surowcowej, przetapianej w żeliwiakach z maksymalną zawartością siarki 0·15%. Do wyrobu rur nie wolno więc używać mieszanki taniej z dużą zawartością taniego złomu, lecz tylko czysty surowiec, własne odpadki, ewentualnie z małym dodatkiem dobrego złomu maszynowego.

Proces przetapiania pociąga za sobą pewną stratę wsadu, która wynosi 5—8%, średnio 6·5%. Następnie ze względów odlewniczo-technicznych nie można zużyć całej wydobytej z żeliwiaka ilości płynnego żeliwa wyłącznie do wyrobu rur; pewna część odpada na wlewy, nadlewy i braki, a mianowicie 30—50 kg. Wsad surowca na 100 kg dobrych rur normalnych waha się więc pomiędzy  $\frac{100 + 30}{0·935}$  a  $\frac{100 + 50}{0·935}$  t. j. 139 kg a 160 kg w normalnych warunkach, zależnie przeważnie od grubości ścianki rury. Ze 100 kg wsadu otrzymujemy 72—62·5 kg dobrych rur, 21·5 do 31 kg odpadków i 6·5 kg straty na przetapianie. Z ilości płynnego żeliwa przypada na rury 77·7% do 66·7%, reszta (22·3% do 33·3%) na nadlewy, wlewy i braki.

Jeżeli koszt 100 kg mieszanki wynoszą m Zł, a koszt przetapiania na 100 kg mieszanki t Zł, to koszt wsadu na 100 kg dobrych rur bez uwzględnienia straty na przetapianie wyniosą 1·39 (m + t) do 1·6 (m + t). Z tej kwoty należy potrącić wartość uzyskanych zpowrotem ilości odpadków po cenie złomu z Zł, aby otrzymać dokładne koszty żeliwa na 100 kg rur z uwzględnieniem straty na przetapianie.

$$[1] \quad \begin{aligned} a) \quad \dot{Z} &= 1·39 (m + t) - 30 z \\ b) \quad \dot{Z} &= 1·60 (m + t) - 50 z \end{aligned}$$

Rzecz jasna, że tę samą ilość odpadków po tej samej cenie należy liczyć w stosowanej mieszance wsadu. Jeżeli zaś jesteśmy zmuszeni zastąpić pewną ilość odpadków samym surowcem, to w takim razie koszt mieszanki na 100 kg będą wyższe.

Drugim składnikiem kosztów własnych są koszty robocizny i siły mechanicznej, zużytej w odlewni rur. Przyjmijmy, że koszt te na 100 kg rur

$$[2] \quad \text{wynoszą } R \text{ Zł.}$$

\*) Wszystkie rysunki do klisz wykonał według moich szkiców p. K. Wenglorz.

Trzecim składnikiem są »koszta ogólne ruchu«, obejmujące koszta materiałów formierskich i innych, pensje urzędników zakładu, wkładki ubezpieczeniowe, utrzymanie budynków i urządzeń i t. d. Koszta te przy kalkulacji obliczamy w odsetkach kosztów R w wysokości

$$[3] \quad a \cdot R \text{ Zł.}$$

Współczynnik »a« zależy w pewnej mierze od stopnia zatrudnienia zakładu, gdyż pewne obciążenia są stałe, niezależne prawie od wysokości produkcji. Współczynnik »a« jest w odwrotnym stosunku do wysokości produkcji dla tego samego gatunku odlewów.

Suma tych trzech pozycji [1—3] przedstawia t. zw. »koszta wytwórcze« rur względnie kształtek Kw:

$$[4] \quad K_w = \dot{Z} + R + aR = \dot{Z} + R(1 + a)$$

»Koszta wytwórcze« nie obejmują ani kosztów sprzedaży, ani »ogólnych kosztów przedsiębiorstwa«, do których zaliczamy zwykle koszta kapitału ruchu i kapitału inwestycyjnego, podatki i t. d. Koszta sprzedaży łącznie z ogólnymi kosztami przedsiębiorstwa obliczamy przy kalkulacji kosztów własnych w odsetkach »kosztów wytwórczych«. Jeżeli g oznacza te koszta na 100 kg odlewu, b współczynnik kosztów wytwórczych, K koszta własne, to:

$$g = b \cdot K_w$$

$$K = K_w + g = K_w(1 + b)$$

$$[5] \quad K = [\dot{Z} + R(1 + a)](1 + b)$$

Jeżeli do kosztów własnych doliczymy jeszcze pewien odsetek na zysk i ryzyko, a ten współczynnik zysku wynosi c, więc zysk sam c · K, to cenę sprzedaży C określa równanie:

$$C = K + c \cdot K = K(1 + c)$$

$$[6] \quad C = [\dot{Z} + R(1 + a)](1 + b)(1 + c)$$

Współczynniki a, b, c zależą w dużej mierze od stopnia zatrudnienia zakładu. Przy obniżaniu się stopnia zatrudnienia wzrastają współczynniki a i b niepomierne, natomiast współczynnik c maleje nawet do zera. Dalsze obniżenie produkcji pociąga za sobą dalszy wzrost kosztów ogólnych ruchu, czyli współczynnika a. Chcąc utrzymać zakład w ruchu, rezygnujemy czasowo z pełnego pokrycia kosztów ogólnych przedsiębiorstwa, obniżamy sztucznie współczynnik b i zaczynamy pracować nietylko bez zysku, ale nawet ze stratą. Jeżeliby zaś współczynnik b stał się wartością ujemną, wówczas zmniejsza się już sama

»substancja« przedsiębiorstwa i przedsiębiorstwo w takim wypadku szybkim krokiem zdąża do zupełnego upadku. Im silniejsze finansowo jest przedsiębiorstwo, im więcej nagromadziło zapasów z »zysków«, tem dłuższy okres depresji gospodarczej potrafi przetrzymać. Widzimy, że t. zw. »zysk« w pojęciu gospodarczym przedstawia się w zupełnie innym świetle, niż w pojęciu zwyczajnym. Nie jest to gotówka »znaleziona«, ani »wygrana«, aby ją można roztrwonić lekkomyślnie; zysk jest przede wszystkim własnością »przedsiębiorstwa« i służyć mu winien na zabezpieczenie bytu i na umożliwienie pracy jak najdłużej w okresach depresji gospodarczej. Właściciel winien uważać swoje przedsiębiorstwo za osobę zupełnie obcą i postępowanie swoje w stosunku do przedsiębiorstwa winien układać według zasad etyki ogólnie obowiązujących. Zasada ta obowiązuje we wszystkich wypadkach; obojętne jest, czy mamy do czynienia z przedsiębiorstwem państwowym, komunalnym, czy uspołecznionem, czy też prywatnym.

Głównym warunkiem, umożliwiającym przedsiębiorstwu spełnianie swej funkcji społecznej, jest ciągłość i możliwie dokładna równomierność zatrudnienia. Główną zasadą: duży obrót, mały zysk procentowy. Przedsiębiorstwa, które pracują tylko wtedy, gdy im się uda zdobyć jakieś większe »dobre« zamówienie, nie starające się o równomierną ciągłość zatrudnienia i wstrzymujące co parę miesięcy ruch, nie spełniają dobrze swej funkcji społecznej, krzywdzą przede wszystkim robotników, przepłacanych w okresie pracy i wyrzucanych na bruk w okresie braku zamówień. Dla dobrobytu robotnika nie jest miarodajna wysokość dziennego zarobku, lecz wysokość jego zarobków stałych rocznych względnie kilkuletnich.

Według wzoru [6] obliczyć można koszta własne prostych rur kielichowych, kołnierзовych i kształtek nieobrobionych, nieasfaltowanych. Robocizna, liczona na 100 kg odlewu, jest w odwrotnym stosunku do wagi prostej rury. Jeżeli np. robocizna na 100 kg rur o dużej średnicy wynosi 1, to przy rurach małych wynosi ona 3, jest więc trzy razy tak duża. Tem się tłumaczą tak duże różnice cen dużych i małych rur prostych. Robocizna na 100 kg rur kołnierзовych jest około 50–100% wyższa niż przy rurach kielichowych. Koszta siły mechanicznej w obydwóch wypadkach są te same. Przy kształtkach koszt siły mechanicznej odgrywa małą rolę, natomiast robocizna na 100 kg odlewu jest bardzo

wysoka z powodu stosunkowo małej wydajności na jednostkę czasu. Robocizna przy kształtkach małych jest o około 150% wyższa, niż przy prostych rurach kielichowych tej samej średnicy, przy kształtkach zaś dużych, formowanych nie na model, lecz zapomocą szablon, o około 300—400%. Rozpiętość robocizny przy małych i dużych kształtkach wynosi tylko 30—50%. Wobec tak dużych różnic pomiędzy wartościami R kalkulacja daje w swym wyniku dla rur o pojedynczych średnicach inną cenę na 100 kg. Okazało się to w praktyce niedogodne. Utał się więc w handlu zwyczaj obliczania rur i kształtek bez względu na średnicę po równej »cenie zasadniczej« za 100 kg i doliczania odnośnych dopłat czy dodatków dla pojedynczych średnic. Dopłaty przy rurach prostych odnoszą się tylko do średnic (»dopłaty kalibrowe«), dla kształtek obowiązują oprócz »dopłat kalibrowych« także »dopłaty fasonowe«. Na zachodzie istnieje zwyczaj obliczania cen rur prostych nie na 100 kg, lecz na jeden metr bieżący. W tym wypadku liczymy zawsze »pełne ceny« za 1 m bieżący, dopłat już się nie stosuje. Sposób ten jest dogodny dla obydwóch stron, dla dostawcy i odbiorcy, gdyż nie daje powodów do tarć w wypadkach przekroczenia granicy »płatnej wagi« czy to rur pojedynczych, czy pojedynczych wysyłek wagonowych, czy też wysyłki ogólnej, obejmującej całe zamówienie.

Jakie zachodzą różnice w kosztach własnych i cenach rur kielichowych a kołnierзовych i kształtek, wynika z następującego zestawienia kilku przykładów:

	I	II	III
Rury kielichowe	100	100	100
Rury kołnierзовe	133	120	111
Kształtki	160	140	175

Rury kołnierзовe są w stosunku do rur kielichowych o 11—33% droższe, kształtki nawet od 40—75%! Mowa tu o kształtkach normalnych. Nienormalne kształtki są jeszcze droższe

Zdarza się niekiedy, że jakaś odlewnia, wyrabiająca różne odlewy handlowe lub maszynowe, kalkulująca ceny swych wyrobów według znanej, ale zupełnie fałszywej tabelki wagowej, oferuje kształtki po cenie bardzo niskiej; dopiero później po dokładnym zbadaniu właściwych kosztów wytwórczych przychodzi do przekonania, że do interesu — napozór niby dobrego — porządnie dopłaciła.

Przesunięcie się przedwojennego stosunku cen surowców do cen materiałów pomocniczych i do kosztów robocizny spowodowało, że nie można obecnie stosować przy kalkulacji tych samych, przedwojennych współczynników.

Odlewnie rur żeliwnych nie mogą zmieniać swych zdrowych zasad kalkulacyjnych nawet w tych wypadkach, gdzie grozi im utrata zamówienia z powodu konkurencji rur walcowanych.

Argument najprostszy i najwidoczniejszy, uzasadniający wyższą cenę rur żeliwnych, polega na fakcie, że odlewnia daje 100 kg materiału żelaznego, podczas gdy walcownia dostarcza zwykle tylko  $\frac{1}{3}$  część tej wagi.

Przy dostosowaniu grubości ścianki rur walcowanych do wymagań trwałości rurociągu rury żeliwne nie potrzebują się obawiać ich konkurencji.

#### **P) Rury żeliwne w porównaniu z rurami walcowanymi z żelaza lub ze stali\*).**

Rury żeliwne posiadają ze względów odlewniczo-technicznych, a przy większych średnicach także ze względu na mniejszą wytrzymałość żeliwa na rozerwanie, daleko większe grubości ścianek niż rury żelazne czy stalowe walcowane na sposób Mannesmanna, albo wykonane z walcowanej blachy i spawane. Z punktu widzenia tanioci jest to bezsprzecznie ich wadą; ale z punktu widzenia trwałości większa grubość ścianek stanowi dużą zaletę rur żeliwnych. Długość użytkowa rur żeliwnych jest daleko mniejsza niż długość rur walcowanych. Długość rur żeliwnych waha się pomiędzy 2,5—5 m, zależnie od średnicy, natomiast rury walcowane osiągają długość nawet 14 m. Wydatek na robociznę uszczelniania, jakoteż na szczeliwo (ołów i konopie) będzie przy rurach żeliwnych stosownie do ich małej długości większy, niż przy rurach walcowanych.

Różnice te wynikają z tablicy LVII.

Z takiego przedstawienia zalet rur walcowanych wynikałoby, że rury żeliwne nie mają racji bytu i nie powinny być stosowane. Tymczasem rury żeliwne posiadają inną zaletę, która nadaje im wartość i sprawia, że stosowanie i produkcja rur żeliwnych ciągle wzrasta i dochodzi do bardzo poważnych cyfr. Wspomnę tylko, że w r. 1910

\* Patrz J. Buzek: Wybór materiału metalowych rur wodociągowych. »Przegląd Techniczny« 1927.

wyprodukowano w Ameryce 397.251 tonn, w Niemczech w r. 1914 nawet 406.700 tonn, we Francji i Belgji razem wzięwszy daleko więcej niż w Niemczech. Te cyfry mówią wyraźnie. Nie z teoretycznego zamiłowania do żeliwa, lecz z powodu długiej trwałości przewodów pada wybór w tak dużej mierze na rury żeliwne.

Powodem długiej trwałości rur żeliwnych jest ich większa odporność przeciwko rdzewieniu, oraz działaniu kwasu węglowego, tlenu zawartego w wodzie i różnych kwasów ziemnych. Aczkolwiek zdarza się, że i rury żeliwne z powodu niezmiernie niekorzystnych warunków ulegają zniszczeniu, to licząc te wypadki w odsetkach metrów bieżących

Tablica LVII.  
Grubości ścianek (ciśnienie robocze około 10 atm.).

Średnica rury mm	40	50	80	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	Długość norm. m
Rury żeliwne normy pol.	8	8	9	9	10	11	13	15	16	18	20	22	24	26	30	2·5—5
Rury walcowane zwyczaj.	4	4	5	5	5·5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4—5·5
Rury kielichowe walc. Huty Bismarka	3	3	3¼	3¼	4·5	5·5	8	—	—	—	—	—	—	—	—	do 14 m
Rury żelazne spawane*)	—	—	—	—	—	—	5—15	5—20	5—24	6—24	6—24	7—24	8—24	8—24	10—24	3·35—6·7 10—12

\*) Większe grubości ścianek odnoszą się do wyższych ciśnień albo wymagane są w wypadkach, w których chodzi o stosunkowo bardzo długą trwałość przewodu.

istniejących od trzystu lat rurociągów, otrzymamy znikomą cyfrę.

Kiedy przed około 30 laty rozpoczął się zawzięty spór o zalety i wady rur żeliwnych wzgl. walcowanych, a czasopisma techniczne przepelnione były artykułami traktującymi o tej sprawie, nie zdołano na podstawie teoretycznych rozważań i badań laboratoryjnych dojść do zgody. Strony — spór wiodące — zabrały się do zbierania dowodów z praktyki wodociągowej, mających stwierdzić słuszność ich stanowiska. I tak w latach 1894—1909 Syndykat rur mannesmannowskich zebrał około 60 zaświadczeń różnych miast, gazowni i wodociągów o wypadkach pęknięcia i grafityzacji rur żeliwnych, natomiast Syndykat rur żeliwnych zebrał (1904—1912) około 100 podobnych atestów, wykazujących bardzo małą trwałość rur walcowanych. Fotografia służyła wiernie obydwom obozom. Sfotografowano cały szereg rur podziurawionych, przerdzewiałych, pękniętych. Jeżeli ktoś, mniej zaznajomiony z prawdziwą treścią sprawy, oglądałby te »corpora delicti« jednego syndykatu, łatwo stałby się jego zwolennikiem. Przy bliższym zaś badaniu tych »dokumentów« spostrzegamy brak danych, ułożonych według pewnego systemu. Statystyka wypadków zniszczenia rur mówiłaby tylko wtedy przekonywująco, gdyby obejmowała co najmniej następujące trzy dane:

a) ilość ułożonych w ziemi rur żeliwnych i walcowanych w roku x,

b) ilość zniszczonych rur w tej samej sieci po latach y,

c) rodzaj ziemi, w której ułożone są przewody.

W licznych broszurach, wydawanych przez Syndykat rur żeliwnych, z dumą wskazywano na wersalski rurociąg, wybudowany za czasów Ludwika XIV i będący dotąd, więc prawie przez lat trzysta w użyciu.

Zwolennicy rur walcowanych znaleźli jeszcze lepszy dowód na słuszność swego twierdzenia, że i żelazo kute bardzo jest trwałe, gdyż słup z żelaza kutego o średnicy 400 mm, wysokości 7 m, o wadze 6.000 kg, znajdujący się od ok. 2.000 lat w świątyni w Delhi w Indjach, jeszcze istnieje i w przeciągu tak długiego czasu nie uległ zniszczeniu przez rdzę. Duża jest jednak różnica pomiędzy działaniem powietrza, a działaniem wilgoci i kwasów ziemnych. Pozatem i warunki atmosferyczne odgrywają dużą rolę. Żelazo, nierdzewiejące w strefie tropikalnej, rdzewieje bardzo szybko, jeżeli je przeniesiemy np. do Anglii, gdzie para wody morskiej unosząca się w powietrzu wpływa bardzo ujemnie na wytrzymałość żelaza przeciw rdzewieniu. Dlatego słup Kutub w Delhi może istnieć 2.000 lat w tamtejszych warunkach atmosferycznych i klimatycznych, wykazując dotąd bardzo małe uszkodzenia wskutek rdzewienia. Kawałek jednak tego żelaza przewieziony do Europy równie prędko rdzewieje, jak każde inne żelazo kute (Archiv f. Eisenhüttenwesen, grudzień 1926, str. 438).

Dlatego lepiej przemawia do przekonania przykład rur w Wersalu. Lecz i ten przykład nie miałby wobec specjalnego składu chemicznego żeliwa rur wersalskich dużego znaczenia dzisiaj, gdyby codzienne spostrzeżenia nie umacniały nas w przekonaniu, że rury walcowane, ułożone w ziemi, za szybko się niszczą. Że rury te w przewodach prowadzonych w powietrzu, nad ziemią spełniać mogą swe zadanie bardzo dobrze w normalnych warunkach, rozumie się samo przez się. Jeżeli natomiast chodzi o długą trwałość w ziemi, to doświadczenia dotychczasowe przemawiają wyraźnie na korzyść rur żeliwnych.

Przytoczę tu zdanie znanego wodociągowca polskiego, który na podstawie własnego doświadczenia oświadczył: »Z rurami walcowanymi miałem swego czasu bardzo przykre kłopoty. Jak długo żyć będę, po raz drugi nigdy rur walcowanych, nawet owiniętych jutą terowaną, do ziemi nie włożę«.

W »Przeglądzie Technicznym« (1928, 18/4, str. 349) czytamy: »W 1921 r. w Amsterdamie spostrzeżono, że rura gazowa, średnicy 0·914 m i długości 24 m, ułożona pod rzeczką na głębokości około 5 m, przerdzewiała i przepuszcza wodę. Mia nowicie okazało się, że rury walcowane z żelaza zlewnego były uszkodzone przez kwasy gruntowe. Rury żeliwne w warunkach gruntowych takich samych są długotrwałe, zaś rury z materiału Siemens-Martinowskiego po 15 latach były silnie nadgryzione i trzeba je było zamienić, względnie z ogromnymi wydatkami wyłożyć żelazo-betonem«.

Jako dalszy dowód większej odporności żeliwa na działania tlenu zawartego w wodzie i kwasu siarkowego przytoczę ustęp odnoszący się do ekonomizerów, zawarty w książce »Perlītuss« na str. 46:

Znana firma budowy kotłów L. & C. Steinmüller, Gummersbach pisze:

»Ekonomizery żeliwne posiadają w porównaniu z żelaznami tę zaletę, że nie ulegają — można powiedzieć — wcale niszczeniu przez tlen zawarty w wodzie zasilającej kocioł i że stawiają znacznie większy opór działaniu kwasu siarkowego gazów. Dla zakładów, które nie posiadają wody bez zarzutu, wchodzi w rachubę wyłącznie ekonomizery żeliwne, a to ze względu na bezpieczeństwo ruchu«.

Po prawie piętnastoletniej walce w gazetach i broszurach zapanował spokój; obecnie koła in-

teresowane zapatrują się na tę kwestję w sposób następujący:

1) Materiał rur walcowanych posiada bezsprzecznie większą wytrzymałość na rozerwanie niż żeliwo [(3400 — 5000) > 1800 — 2500 kg/cm<sup>2</sup>]. Dlatego tam, gdzie chodzi o dużą wytrzymałość na rozerwanie, więc przy dużych ciśnieniach roboczych, zasadniczo stosować należy rury walcowane z żelaza lub stali z tem zastrzeżeniem, że — o ile rury mają być ułożone w ziemi i rurociągić ma trwać lat kilkadziesiąt — grubość ścianek bez względu na wynik obliczenia na podstawie wytrzymałości powinna być co najmniej dwa razy tak duża, jak przy rurociągu prowadzonym nad ziemią. Odnosi się to przede wszystkim do rur o małych średnicach\*). Minimalna grubość ścianki powinna wynosić 6 mm, a nie 3 mm!

2) Rury walcowane są elastyczne, nie pękają przy przypadkowo nadmiernem obciążeniu i znoszą łatwo wahania obciążeń. Dlatego powinny być stosowane do przewodów pod mostami względnie wiaduktami. Z tego samego powodu nadają się rury walcowane do przewodów na terenie usuwistym przy ciśnieniach wyższych niż 10 atm.\*\*). W obydwóch wypadkach, przede wszystkim w wypadku ostatnim, grubość ścianki nie powinna być nawet przy najmniejszej średnicy rury mniejsza niż 6 mm.

3) Zwykle rury walcowane są z powodu znacznie mniejszej wagi tanie i z korzyścią użyć ich można do rurociągić prowizorycznych, obliczonych na parę lat. Odnosi się to przede wszystkim do rur o małych średnicach.

4) Natomiast rury żeliwne, odznaczające się trwałością wskutek dużej odporności na rdzewienie, winny być stosowane zasadniczo we wszystkich innych wypadkach\*\*\*).

\*) Inż. J. Pomorski: Budowa wodociągów i kanalizacji w Lublinie, Radomiu, Częstochowie i Piotrkowie. »Gaz i Woda«, 1927, Nr. 4, str. 83.

\*\*\*) Jest to zasada teoretyczna. W praktyce bardzo często stosowane są w obydwu wypadkach rury żeliwne zaopatrzone w specjalne połączenia kielichowe. W północnym westfalskim rewirze kopalni węglowych ułożono do roku 1911 rur żeliwnych o średnicach 50—1000 mm na ogólnej długości sieci 1,402.000 m.

\*\*\*\*) Normalne rury żeliwne stosujemy zwykle do ciśnień 10 atm. Normy amerykańskie przewidują rury żeliwne także na ciśnienia robocze wyższe do 24·4 atm., normy angielskie nawet na ciśnienie robocze do 28 atm. Znane są jednak wypadki, w których zastosowano w Szwajcarii rury żeliwne dla

5) Jeżeli tu i ówdzie w sieci miejskiej, podlegającej zmianie co parę lat, możnaby stosować rury walcowane o nieco pogrubionej ściance, to dla przewodów doprowadzających wodę od ujęcia źródeł aż do sieci należy w normalnych warunkach zawsze stosować rury żeliwne.

6) We wszystkich wypadkach okupić należy długą trwałość rur walcowanych, przede wszystkim o małych średnicach, znacznym pogrubieniem ścianki. Wówczas zaś przemawia taniać na korzyść rur żeliwnych.

7) Obecnie coraz więcej uznawana jest zasada nie oszczędzania na materiale przy solidnej instalacji; stosuje się stosunkowo duże średnice i duże grubości ścianek rur żeliwnych.

Z powodów wyżej wyluszczonej należy przyznać miastom polskim, zakładającym wodociągi słuszność, że zdecydowały się na wybór rur żeliwnych, a nie walcowanych. Instalacja przy rurach walcowanych byłaby wprawdzie nieco tańsza, ale eksploatacja byłaby z powodu bardzo dużej kwoty amortyzacyjnej znacznie droższa. Przy poprawiających się coraz bardziej stosunkach gospodarczych w naszym państwie należy się spodziewać, że reszta większych miast przystąpi niebawem do budowy wodociągów i gazowni. Byłoby tylko do życzenia w interesie odlewni rur, miast i państwa, aby budowa nowych wodociągów odbywała się według zgóry ułożonego programu kolejno w przeciagu co najmniej 10—15 lat. Nagłego, za dużego zapotrzebowania rur odlewnie pokryćby nie mogły; powiększenie zaś znaczne istniejących odlewni, względnie budowa nowej odlewni rur, wymagająca bardzo dużego kapitału, nie może się opłacić, bo normalne, bieżące zapotrzebowanie rur, nawet przy znacznie powiększonej sieci przewodów, jest dla pełnego zatrudnienia już istniejących odlewni za małe. Łatwo to stwierdzić prostym obliczeniem na podstawie danych o dotychczas wybudowanych wodociągach z uwzględnieniem tych miast polskich, które w bliższej przyszłości mogłyby przystąpić do budowy.

ciśnien dochodzących aż do 60 atm. Trudności nie leżą w małej wytrzymałości żeliwa, lecz w nieszczelności połączeń kielichowych. Aby ołów nie został wyciśnięty ze szczeliwni, ułożono tuż przed szczeliwnią pierścien żelazny przymocowany do głowy kielicha śrubami. Rurociągi te o długości 10 km są do dzisiaj w ruchu od r. 1882. (*Stahl u. Eisen* 1903, str. 950).

Dlaczego rury żeliwne odporniejsze są na wpływy chemiczne niż rury walcowane, możnaby sobie wytłumaczyć w sposób następujący:

Jest może rzeczą mniej ważną, czy mamy do czynienia z żeliwem, czy żelazem względnie stałą. Ważniejsze zdaje się być to, że żeliwo rury przedstawia metal pierwotny, jaki się wytworzył z płynnego żeliwa, więc posiadający niezmienny, pierwotny stop łączący — niby spoiwo czy lepiszcze — pojedyncze ziarna ze sobą. Dotąd nie jest wyjaśnione, z czego się to lepiszcze składa. Żelazo i stal, stygnąc w blokach czy prętach, składa się także z ziarenek, aczkolwiek zazwyczaj znacznie mniejszych, niż żeliwo. Im ziarenka mniejsze, tem więcej naogół jest tego »lepiszcza«, otaczającego powierzchnię pojedynczych ziarenek. Nie zbadano dotąd, czy i w jakim stopniu żelazo względnie stal lana — nie kuta i nie walcowana — jest rzeczywiście odporniejsza na wpływy chemiczne, niż stal i żelazo w stanie kutym lub walcowanym. Ale przypuścić można, że odporność jest znacznie większa. Przypuszczenie to oprzeć można na fakcie, że szybkość rozpuszczania żelaza kutego i walcowanego jest większa, niż szybkość rozpuszczania żelaza przed kuciem względnie walcowaniem, następnie że warstwy »lepiszcza« łatwiej ulegają wpływom chemicznym środka rozpuszczającego niż samo wewnątrz ziarna, tem łatwiej, jeżeli »lepiszcze« przez kucie czy walcowanie jest zgniecione i rozkawałkowane. J. Czochralski w swem dziele »Moderne Metallkunde« (str. 110) potwierdza to, mówiąc mniej więcej tak:

»Przy metalach, jak np. żelazo, ulegających po 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«. Wynika z tego wyraźnie, że rury żelazne czy stalowe nie tylko dlatego są mniej odporne na rdzewienie, że są »żelazne czy stalowe«, lecz także dlatego, że są walcowane. W tem oświetleniu odlewy żeliwne i stalowe zyskują na wartości w pewnych warunkach zastosowania, np. do przewodów cieczy.

Różnica odporności na rdzewienie ma również swą przyczynę w różnym składzie chemicznym rur żeliwnych, żelaznych względnie stalowych.

Żelazo walcowane (kute) zawiera bardzo mało krzemu i węgla. Żeliwo zaś jest mieszaniną grafitu ze stopem żelaza, bogatym w krzem i węgiel.

Znaną jest rzeczą, że stopy żelaza z krzemem są odporne na rdzewienie. Grafit sam nie ulega utlenianiu t. j. rdzewieniu.

Grafit, rozluźniając strukturę żeliwa, powoduje w pewnych bardzo niekorzystnych warunkach

(przede wszystkim elektryczne prądy błądzące) t. zw. »grafityzację żeliwa«. Żeliwo w miejscach narażonych na wpływ prądów elektrycznych przemienia się z biegiem czasu na ciemną, grafityczną masę o twardości ołowiu lub nawet kredy.

Tablica LVIII.

Skład chemiczny rur i wytrzymałość materiału.

	Si	C	Mn	S	P	Wytrzymałość w. kg/cm <sup>2</sup>	Granica sprężystości kg/cm <sup>2</sup>	Wydłużenie %	Zwężenie %
Rury żeliwne	1—2.5	3—3.8	0.4—0.8	0.15	0.6—1.0	1800—2500	—	—	—
Zwykłe rury gaz. spawane	śląd	0.10	0.45	0.03	0.03	3400	2000	32	65
Duże rury spawane	„	0.11	0.60	„	„	3900	2250	23	57
Rury z żelaza bez szwu	0.20	0.11	0.45	„	„	4000	3500	25	63
Rury stalowe bez szwu	0.25	0.4	1.00	„	„	7000	5500	12	55

Skład chemiczny tej masy grafitycznej jest następujący:

8.1% C, 9.3% Si, 6.5% P, 46.18% Fe, ciężar wł. 3.8, podczas gdy żeliwo tej samej rury, ale na miejscu nieuszkodzonym składało się z:

2.5% C, 2.66% Si, 1.9% P i posiadało ciężar wł. 7.2.

Powodem grafityzacji żeliwa były elektryczne prądy błądzące. Poddano wpływowi prądu elektrycznego to samo żeliwo i otrzymano tę samą grafityczną masę:

9.4% C, 16.4% SiO<sub>2</sub>, 12.1% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 56% Fe.

Grafit odgrywa rolę elektropozytywną i tworzy z rozpuszczającym się żelazem ogniwo galwaniczne. Ten sam skutek wywiera też tlenek żelaza (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), działając na żelazo czyste.

Szczegółowo opisany jest jeden wypadek grafityzacji żeliwa w »Stahl u. Eisen«, 1904, str. 266.

Grafityzacja występuje także w żelazie kutem, lecz z powodu bardzo małej zawartości węgla jest niewidoczna. Grafityzacja żeliwa nie ogranicza się tylko do jednego punktu rury, lecz może rozszerzyć się na cały przewód (15—20 m długości).

Prócz grafityzacji występują czasem i inne czynniki niszczące rury żeliwne. Np. uszkodzenie rury żeliwnej może nastąpić w jednym miejscu przez dłuższe działanie wody sączącej się z rynny. Rury ułożone w żużlu wielkopieczowym niszczą się prędko wskutek działania wyługowanego SO<sub>3</sub>. Bezpośrednie połączenie żeliwa względnie żelaza z brązem lub mosiądzem powoduje w obecności wilgoci wytwarzanie się prądów elektrycznych, co pociąga za sobą przyspieszenie zniszczenia metalu mniej szlachetnego, w tym wypadku żeliwa względnie żelaza.

Te wszystkie objawy i skutki działania wody spostrzegane na rurach metalowych nazywamy »korozją«, której podlegają tak samo żeliwne jak i żelazne rury. Korozja nie tylko niszczy materiał rur, lecz wskutek tworzenia się narostów zmniejsza często prześwit i wydajność rurociągu\*).

Wykaz statystyczny sporządzony przez Szkocki Instytut Żelaza i Stali dowodzi, że w 33 latach (1890—1923) z wyprodukowanej na całym świecie ilości wyrobów żelaznych i stalowych (1.766 milionów tonn), około 40% (718 milionów tonn) zostało zniszczone przez korozję. Strata roczna wynosi więc około 22,000.000 tonn żelaza i stali.

Widzimy więc, że w wypadkach wyjątkowo niekorzystnych tak żeliwo, jak i żelazo niszczeje. Faktem jednak jest, że w warunkach normalnych przy ciśnieniach dochodzących do 10 atm, rury żeliwne ułożone w ziemi trwają 3—4 razy dłużej niż rury walcowane o małej grubości ścianek, najstaranniej owinięte jutą terowaną; rurki o średnicy 1—2" z grubością ścianki od 2—3 mm niejutowane niszczejają często już w przeciągu kilku lat. Żeliwne rury wersalskie od 250 lat leżą w ziemi, ale śruby żelazne często są wymieniane.

W sprawozdaniu z wycieczki europejskich zawodowców odlewniczych do Ameryki czytamy: »Widzieliśmy tam odlewnie rur różne, urządzone na starą modłę i najbardziej nowoczesnie. Widzieliśmy odlewnie rur, w których skrzynie formierskie ustawione były w rzędach prostych, albo

\*) »Gas u. Wasserfach«, 1927, str. 142 i nast.: Bekämpfung der Korrosion etc.

w rzędach na obwodzie półkoła, lub na obwodzie całego koła; skrzynie pozostawały na miejscu, albo po każdej operacji posuwały się naprzód w prostej linii albo razem z bębniami. Wszystkie są bardzo dobrze zatrudnione, co świadczy o tem, że rury żeliwne w Ameryce znakomicie wytrzymują konkurencję rur walcowanych.

Więc nawet w Ameryce, gdzie z powodu dużych bardzo odległości i wielkich kosztów transportu, spodziewalibyśmy się małego zbytu rur żeliwnych, cieszą się one, pomimo swej stosunkowo dużej wagi na 1 m b., dużym popytem.

W tablicach LIX, LX i LXI podaję wymiary i wagi walcowanych rur bez szwu i rur spawanych.

Tablica LIX.

Wymiary i wagi kielichowych rur walcowanych bez szwu na sposób Mannesmanna wedle katalogu Związku Walcowni Rur w Düsseldorfie (1927).

Prześwit D mm	Grubość ścianki s mm	Szerokość szczeliwni k mm	Głębokość kielicha l mm	Waga 1 m b.		Waga szczeliwa na 1 połączenie kielichowe		
				asfaltowane i jutowane kg	tylko asfaltowane kg	Ołów kg	Konopi kg	Warkocz terowany kg
40	3	7	85	4	3.3	0.64	0.07	0.15
50	3	7.5	95	5	4.1	0.94	0.10	0.19
60	3	7.5	95	5.5	4.8	0.97	0.11	0.21
70	3.25	7.5	95	7	6	1.09	0.13	0.25
75	3.5	7.5	95	7.8	7	1.15	0.13	0.25
80	3.5	7.5	100	8.6	7.5	1.20	0.16	0.32
90	3.75	7.5	105	10	9	1.26	0.18	0.35
100	4	7.5	110	11.7	10.6	1.54	0.21	0.42
125	4	7.5	115	14.6	13.1	1.97	0.26	0.51
150	4.5	7.5	115	19.5	17.7	2.40	0.32	0.65
175	5	7.5	120	25	22.9	2.74	0.37	0.75
200	5.5	8	125	31.3	28.7	3.26	0.46	0.92
225	6.5	8	130	41.3	38.2	4.19	0.59	1.17
250	7	8.5	135	49	45.7	5.03	0.71	1.42
275	7.5	8.5	145	58	53.8	5.55	0.82	1.63
300	7.75	8.5	150	66	60.6	5.93	0.90	1.80
325	8	8.5	155	73	68	—	—	—
350	8	8.5	160	80	74	—	—	—
375	9	9	160	98	91.5	—	—	—
400	10	9.5	160	110	103.5	—	—	—
425	11	10	165	129	122	—	—	—
450	11.5	10.5	165	143.5	136	—	—	—
475	12.5	11	165	161.5	154	—	—	—

Tablica LX.

Stalowe rury walcowane bez szwu (końce gładkie) o średnicy 1¼—13" według katalogu Górnośląskich Walcowni Rur.  
(Wyciąg).

Średnica zewnętrzna cale ang.	1¼	1⅞	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12½	13
Grubość ścianki mm	2¼	2¼	2.5	3	3¾	4	4.5	4.5	5.5	6.5	6.5	7.5	7.5	8	8
Waga 1 m b. kg	1.62	2.49	2.97	5.35	9.01	12.03	16.22	19.08	26.6	35.3	39.5	49.6	54.7	60.5	—

Rury z miękkiego żelaza walcowane bez szwu albo spawane wyrabiają huty w średnicach od 1/8"—4" (średnica wewnętrzna).

Tablica LXI.

Wymiary i wagi kołnierzowych rur z blachy żelaznej spawanych wodorem.

Długość użytkowa wynosi 3,35 do 12 m.

Średnica rur od 300 mm do 1400 mm.

Grubość ścianki od 5—24 mm.

Średnica prześwitu D mm	Grubość ścianki s mm	Ciśnienie robocze max. atm.	Śruby		Długość m	Waga kg		U w a g a
			d''	Ilość		1 m b. rury	1 łącz. kołnierz.	
300	5	23	7/8	16	3,35—10	39	39	Przyjmując wytrzymałość żelaza na rozzerwanie 3500 kg/cm <sup>2</sup> , otrzymamy ze wzoru $n_c = \frac{D \cdot p}{2 \cdot s}$ dozwolone natężenie $n_c$ w kg/cm <sup>2</sup> ~ 700 kg cm <sup>2</sup> , a stopień bezpieczeństwa $m = \frac{w_c}{n_c} = \frac{3500}{700} = 5$ . Obliczone odwrot z tych danych grubości ścianek rur na ciśnienie duże 70—24 atm. gwarantują dosyć długą trwałość rur (15—24 mm). Natomiast grubości ścianek 5—10 mm dla średnic 300—1400 mm uważać należy za niewystarczające w tych wypadkach, w których rury te mają być ułożone w ziemi, chociaż odpowiadają zupełnie wymogom wytrzymałości.
	10	46	1	14		78	59	
	15	70	1 1/4	14		119	105	
350	5	20	7/8	18	3,35—10	45	44	
	10	40	1	16		82	66	
	15	60	1 1/4	16		138	117	
400	5	17	7/8	20	6—12	51	49	
	10	35	1	18		104	75	
	20	70	1 3/8	16		211	178	
500	5	14	7/8	24	6—12	64	60	
	10	28	1	22		129	89	
	20	56	1 3/8	20		263	211	
600	6	14	1	26	6—12	92	93	
	12	28	1 1/8	24		185	142	
	24	56	1 1/2	22		378	307	
700	6	12	1	30	6—12	107	108	
	12	24	1 1/8	28		215	162	
	24	48	1 1/2	26		438	350	
800	7	12	1	34	6—12	142	141	
	12	21	1 1/8	32		245	183	
	24	42	1 1/2	28		499	390	
900	8	12	1	38	6—12	183	163	
	16	25	1 1/4	34		370	275	
	24	37	1 1/2	32		560	431	
1000	8	11	1 1/8	38	6—12	203	198	
	16	23	1 1/4	38		409	319	
	24	34	1 1/2	34		620	500	
1100	9	11	1 1/8	42	6—12	251	222	
	16	21	1 1/4	40		449	346	
	24	31	1 1/2	32		679	543	
1200	10	12	1 1/8	46	6—12	305	246	
	17	20	1 1/4	44		520	382	
	24	28	1 1/2	40		740	585	
1300	10	11	1 1/8	50	6—12	329	264	
	19	21	1 3/8	46		631	500	
	24	26	1 1/2	44		806	630	
1400	10	10	1 1/8	52	6—12	354	282	
	20	20	1 3/8	48		716	540	
	24	24	1 1/2	46		861	688	

W Polsce wyrabia huta <sup>Bismarck</sup> w W. Hajdukach kielichowe rury stalowe o średnicach 25–300 mm na sposób Mannesmana bez szwu.

Grubość ścianek wynosi:

przy średnicy 25–70 mm . . . . .	3	mm
80–90 „ . . . . .	3.25	„
100 „ . . . . .	3.75	„
125 „ . . . . .	4	„
150 „ . . . . .	4.5	„
200 „ . . . . .	5.5	„
250 „ . . . . .	7	„
300 „ . . . . .	8	„

## R) Statystyka.

### A) Sieć wodo- i gazociągowa.

Polska. Na ogólną liczbę miast 615 w 15 województwach (bez Śląska) z ludnością 6,418.431 posiada wodociągi kompletne 76 miast z ludnością 2,511.029; 29 miast posiada wodociągi częściowe. Kanalizację jednolitą posiadają 33 miasta z ludnością 2,038.873, kanalizację częściową posiada 69 miast z ludnością 874.537.

Ogólna długość sieci wodociągowej\*) wszystkich miast polskich wynosi obecnie około 2.500 km. Długość sieci wodociągowej na 1000 mieszkańców wynosi np.:

dla Warszawy .	360 m	(liczba mieszk.	1,029.000)
„ Lwowa . .	662 „	( „ „	239.000)
„ Krakowa .	762 „	( „ „	203.000)
„ Poznania .	614 „	( „ „	231.000)
„ Bydgoszczy	665 „	( „ „	109.000)
„ Białegostoku	494 „	( „ „	90.000)
„ Tarnowa .	1110 „	( „ „	45.000)
„ Grodna . .	745 „	( „ „	46.000)
„ Grudziądza	702 „	( „ „	57.000)
„ Radomia .	552 „	( „ „	63.000)
„ Piotrkowa .	711 „	( „ „	45.000)
„ Częstochowy	663 „	( „ „	83.000)
„ Lublina . .	300 „	( „ „	105.000)

W miastach mniejszych z ludnością 10.000 do 20.000 wypada na 1000 mieszkańców 961 do 1326 m, z ludnością 5.000 do 10.000 — 1335 do 2950 m, z ludnością do 5.000 — 1913 do 3650 m.

\*) Inż. Ignacy Piotrowski: Wodociągi i Kanalizacja Miast Polskich (1927).

Ogólna długość sieci gazociągowej\*) wynosiła w r. 1925 2073 km.

	na 1000	
	mieszk.	
w Warszawie . . . . .	370 m,	ogółem 370.000 m
we Lwowie . . . . .	1000 „	202.900 „
w Krakowie . . . . .	686 „	137.255 „
w Poznaniu . . . . .	900 „	182.024 „
w Bydgoszczy . . . . .	900 „	89.992 „
w Tarnowie . . . . .	315 „	14.170 „
w Grudziądzu . . . . .	579 „	33.000 „

Niemcy. Ogólna długość sieci wodociągowej, kanalizacyjnej i gazociągowej dużych miast niemieckich wynosiła w r. 1910 około 47.000 km\*\*). Długość sieci w niektórych miastach niemieckich wynosiła w r. 1910:

	Kanały	Wodociągi	Gazociągi	Średnice rur mm
Berlin	381.000 m	1,517.718 m	1,440.593 m	75–1200
Wrocław	—	364.000 m	365.621 m	50–1200
Kolonja	—	430.000 m	485.000 m	80–1200
Gdańsk	—	263.391 m		40–580
Düsseldorf	—	431.633 m	370.943 m	80–1000
Lipsk	—	594.111 m	451.332 m	35–1000
Norymberga	—	325.500 m	301.275 m	80–1000

### B) Wytwórczość rur żeliwnych.

I. Polska. W Polsce istnieją cztery odlewnie wodociągowych rur żeliwnych stojąco lanych, a mianowicie:

- w Węgierskiej Górcie pod Żywcem Odlewnia Górniczo-hutniczej Spółki akcyjnej »Węgierska Górka«;
- w Porębie obok Zawiercia Odlewnia Towarzystwa górniczego Odlewów żelaznych, emaljowanych, Warsztatów Mechanicznych i Kopalni Węgla »Poręba« Sp. akc.;
- w Warszawie »Lilpop, Rau i Loewenstein«;
- w Warszawie »K. Rudzki i Spółka« (Odlewnia rur nieczynna obecnie).

Możliwa wydajność roczna odlewni polskich wynosi około 55.000 t. Cyfra ta podwyższy się do około 100 000 t po puszczeniu w ruch odlewni rur

\*) Inż. Józef Konopka: Gazownictwo polskie w świetle cyfr (1927).

\*\*\*) Giessereizeitung, 1912, str. 602.

w Ostrowcu, który zakupił patent de Lavaud i zamierza w bliższym czasie uruchomić nową odlewnię.

Oprócz wymienionych istnieje jeszcze kilka odlewni, odlewających rury żeliwne »leżąco« o średnicach do ok. 200 mm. Rury takie służyć mogą tylko do celów podrzędnych.

II. Rosja. W południowej Rosji były przed wojną dwie duże odlewnie rur żeliwnych w zakładach Sp. akc. Briansk (Huta Aleksandra) i w Makiejewce o wydajności rocznej około 50.000 t łącznie.

Sprzedaż ogólna rur w państwie rosyjskim wynosiła (wedle Juljana Hofmana: »Przemysł żelazny w Królestwie Polskiem«, str. 34):

w 1905 r.	26.785 t (przeliczone z pudów)
„ 1906 „	13.138 t
„ 1907 „	20.796 t
„ 1908 „	20.065 t
„ 1909 „	25.597 t

W latach następnych ilość rur żeliwnych powiększyła się na pewno znacznie, gdyż zmodernizowano stare i wybudowano nowe odlewnie rur.

III. Czechosłowacja. Duże odlewnie rur żeliwnych istnieją w Witkowicach i w Kralovem Dvorze, mniejsze w Zóptau i w Blansko.

Ogólna roczna wydajność około 40.000 t.

IV. Niemcy. Największe odlewnie rur są:

- a) Donnersmarckhütte w Hindenburgu (Zabrze) na Śląsku Górnym, tuż na granicy polskiej;
- b) Mühlheim n/Ruhrą;
- c) Gelsenkirchen (300 t dziennie);
- d) Halbergerhütte (Brebach - Saar);
- e) Zakłady Buderus'a w Wetzlar;
- f) Mitteldeutsche Stahlwerke A. G. Gröditz (Lauchhauser);
- g) Huta Luitpolda w Ambergu w Bawarii.

Ogólna produkcja odlewni niemieckich wynosiła:

w r. 1913	. . . . . 406.700 tonn
„ „ 1922	. . . . . 188.200 „
„ „ 1923	. . . . . 114.000 „
„ „ 1924	. . . . . 146.800 „

V. Francja. Francja posiada bardzo dużą odlewnię rur w Pont à Mousson. W r. 1914 wynosiła ogólna produkcja 200.000 t, w tem około 150.000 t rur żeliwnych. Według ogłoszeń dzienna produkcja wynosi 8.000 m rur żeliwnych o średnicach 30—1500 mm.

Odlewnie w Aubrives i Villerupt podają w katalogu roczną produkcję w wysokości 65.000 t, w tem około 50.000 t rur żeliwnych. Maksymalna dzienna produkcja wynosi 1.785 sztuk o wadze 325.836 kg i ogólnej długości 5.950 m.

Francja eksportowała do Ameryki w latach:

1924 . . .	22.701 t rur żeliwnych
1925 . . .	42.444 t „ „

podczas gdy cały import rur Ameryki wynosił w roku 1924 46.900 t, w r. 1925 51.213 t.

Ogólna produkcja wszystkich francuskich odlewni rur wynosi rocznie ok. 300.000 t.

VI. Belgja posiada trzy duże odlewnie rur:

- a) Compagnie Générale des Conduits d'eaux w Liège (ok. 30.000 t);
- b) Soc. A<sup>m</sup>e des Fonderies et Distributions d'Eau, Ciney (ok. 6.000 t);
- c) Soc. A<sup>m</sup>e des Hauts-Fourneaux et Fonderies »La Louvière« (ok. 7.000 t).

VII. Anglja. W Anglii połączyły się wszystkie duże odlewnie rur pod firmą: »Stanton Iron Works«. Do koncernu tego należy odlewnia rur dawnego Towarzystwa Stanton Iron Works, posiadająca 12 maszyn wirujących do wyrobu rur oprócz dużej bardzo odlewni rur lanych »stojąco«. Produkcja rur lanych »wirująco« stanowi tylko mały ułamek ogólnej produkcji. Do koncernu należą dalej »Stavelly Iron Works«, odlewnia w Halwell i odlewnia firmy »James Oakes & Co. Pye-Bridge«. Ogólna roczna produkcja rur tego koncernu wynosi ok. 400.000 t, czyli 80 % całej produkcji angielskiej. Poza koncernem jest duża odlewnia »Cochrane & Co« w Midlesborough, połączona z zakładem wielkopiecowym jak wszystkie inne, i kilka mniejszych odlewni w Szkocji.

Cała angielska produkcja wynosi ok. 500.000 t.

VIII. Włochy. Produkcja rur żeliwnych odlewni włoskich wynosi około 60.000 t. Największe odlewnie włoskie są: Alti Forni, Fonderiae Acciaierie di Piombino Portovecchio Terni, Soc. per l'Industria e l'Alleppricipa Genua.

IX. Odlewnie szwajcarskie rur żeliwnych wyróżniają się od innych odlewni rur sposobem wykonania jąder do rur. Jądra wykonują z piasku przez ubijanie około rdzenia, a nie toczą z gliny na tokarkach. Znana jest odlewnia »v. Roll'sche Eisenwerke« w Choindez.

Ogólna roczna produkcja szwajcarska wynosi ok. 16.000 t.

X. W Ameryce istnieje dużo bardzo wielkich odlewni rur, przeważnie w Stanach Zjednoczonych. Kilka odlewni pracuje częściowo z maszynami wirującymi systemu de Lavaud albo systemu Moore'a.

Produkcja rur żeliwnych w całej Ameryce wynosi ok. 1,500,000 t.

Ogólna światowa roczna produkcja rur żeliwnych sięga do cyfry ok. 2,700,000 t.

Na Europę	wypada ok.	1,150,000 t
„ Amerykę	„ „	1,500,000 t
„ inne kraje	„ „	50,000 t

Jeżeli zważymy, że te duże zagraniczne odlewnie rur są prawie zawsze połączone z zakładami wielkopicowemi, które dostarczają im płynny surowiec, jeżeli zważymy, że prawie każda duża zagraniczna odlewnia rur jest tylko składową częścią przedsiębiorstwa, produkującego obok surowca własny koks i węgiel i oddającego odlewni rur paliwo po cenie własnych kosztów, zrozumiemy — biorąc pod uwagę jeszcze tę ogromną produkcję, zmniejszającą znacznie koszt produkcji — że polskie odlewnie rur przetapiające cały wsad, nie posiadające ani własnego surowca ani koksu, częściowo ani węgla, przy stosunkowo małej produkcji, nie są w stanie konkurować skutecznie z zagranicą bez najdalej idących ulg i pomocy rządu, a wewnątrz kraju nie mogłyby istnieć bez wydatnej ochrony celnej\*). Ochrona celna jest konieczna, aby odlewnie polskie się utrzymały, nietylko dlatego, aby mogły pokrywać zapotrzebowanie wewnątrz kraju, ale i także dlatego, aby Polska i pod tym względem miała na wszelki wypadek samowystarczalność zapewnioną.

Polskie odlewnie rur żeliwnych zasługują i z tego powodu na poparcie, gdyż jakość wyrobu jest pierwszorzędna, co poświadczają odbiorcy zagraniczni.

### S) Zakończenie.

Przedstawiłem cały szereg zagadnień, odnoszących się do rur żeliwnych, które były przedmiotem obrad Komisji Pierwszej, wyłonionej ze Stowarzyszenia Techników w Warszawie, Zjazdu odbytego w dniach 11, 12 i 13 października 1919 r. i Komisji dla normalizacji rur metalowych w łonie

Polskiego Komitetu Normalizacyjnego. Materiał odnoszący się do rur żeliwnych zebrałem i opracowałem w tym celu, abym mógł, jako uczestnik Zjazdu i członek Komisji, przyczynić się do wyświetlenia sprzecznych niekiedy poglądów\*). Nie mogę przy tej sposobności nie wspomnieć o podniosłem wrażeniu, jakie odnieśli członkowie Zjazdu z października r. 1919. Brali w nim udział profesorowie, inżynierowie, wodociągowcy i gazownicy, technicy zawodowi z wszystkich dzielnic nowopowstałej Polski; było tam reprezentowane dawne Królestwo z Warszawą, dawna »Galicja«, Śląsk Cieszyński i Poznań. W obradach i wywodach poszczególnych członków Zjazdu nie było cienia dzielnicowych waśni. Z różnych poglądów na dyskutowany temat wyłonił się po trzydniowych obradach — niby jednolity odlew z różnych metali — zgodny wniosek przekazany potem Komitetowi Normalizacyjnemu. Byliśmy pod silnym wrażeniem tej zgodnej, dumą nas napelniającej wspólnej pracy i rozeszliśmy się w przekonaniu, że spokojną, rzeczową, na wzajemnem wyrozumieniu opartą pracą wszystkich dotychczasowych dzielnic zbudujemy jednolitą, silną i wielką Polskę. Technicy polscy — ludzie pracy — dali przykład dobry. Zjazdu, czy kongresy techników, gazowników i wodociągowców, inżynierów górniczych i hutniczych przyczyniają się do coraz lepszego poznania się wzajemnego i do zacierania różnic dzielnicowych, zrozumiałych poniekąd, ale jednak bardzo szkodliwych. Oby ten piękny przykład techników polskich świecił innym współobywatelom jak najjaśniejsze!

Ogłoszenie materiału tego w poczytnem czasopiśmie »Gaz i Woda« uważałem za celowe, gdyż wodociągowcy i gazownicy mają stale do czynienia z rurami i winni się zapoznać z całokształtem tego zagadnienia. Oni to na podstawie doświadczenia najlepiej mogą uzupełnić moje wywody, względnie sprostować wyniki i sposoby moich obliczeń. Normy polskie rur żeliwnych już są wprawdzie uchwalone i stosowanie ich w praktyce coraz bardziej się rozpowszechnia\*\*). Życie jednak idzie dalej i stawia nowe zadania. Już wobec tendencji opracowania i wydania międzynarodowych norm rur żeliwnych, sprawa, stanowiąca treść mej pracy, nie zejdzie tak prędko z porządku dziennego. Czy

\*) W celu jak najbardziej wyczerpującego przedstawienia zagadnienia dołączyłem do materiału zebranego w roku 1918/1919 nowsze dane, sięgające aż do roku 1928.

\*\*\*) Niestety, dotąd nawet instytucje rządowe ciągle przesyłają zamówienia na rury według »V-go Zjazdu«!

\*) Cło na rury nieobrobione wynosi obecnie 20:8 zł na 100 kg, na rury obrobione o wadze nad 5 kg 130 zł. — Popyt 150 c i 150, taryfy celnej. — Rury są w V klasie taryfy kolejowej.

dalszy rozwój odlewnictwa rur pójdzie w kierunku zapoczątkowanego na Zachodzie wirującego sposobu odlewu, czy też w kierunku stosowania »żeliwa szlachetnego« przy zachowaniu dawnego sposobu odlewu rur, okaże bliższa przyszłość. W każdym razie żeliwne rury wodo- i gazociągowe zajmować będą zawsze zaszczytne miejsce obok rur walcowanych — żelaznych i stalowych — przeznaczonych do przewodów pracujących w warunkach wyjątkowych, w których to stosowanie rur żeliwnych byłoby albo nieekonomiczne, albo wprost niemożliwe. Rozsądny znawca właściwej jakości żeliwa, żelaza czy stali, liczący się z zasadami ekonomii, nie widzi już dzisiaj walki pomiędzy temi dwoma gatunkami rur, bo wie dobrze, że obydwa gatunki przy uwzględnieniu różnych warunków zgodnie służą potrzebom cywilizacji społeczeństwa. Wyrażam na końcu życzenie, aby praca moja przyniosła pożytek wodociągowcom i gazownikom i aby przyczyniła się do uzgodnienia poglądów odbiorcy i wytwórcy na wymagania, jakie można stawiać, względnie jakie można spełniać odnośnie do rur żeliwnych i kształtek.

\* \* \*

*Résumé:*

Ayant montré dans l'avant propos l'importance des tuyaux au point de vue d'économie et d'hygiène j'ai présenté la façon de calculer l'épaisseur des

parois, semblable pour les tuyaux à emboîtement et les tuyaux à brides, ainsi que la façon de calculer la résistance des tuyaux à pression extérieure et à écrasement.

J'ai traité du moyen de serrage des tuyaux à brides et du plomb, des résultats qu'ont donnés les essais de la résistance de l'adhésion du plomb à la fonte, de la résistance des joints et des serrages des emboîtements. Ensuite j'ai indiqué les dimensions des brides de différentes constructions.

Egalement j'ai présenté la façon de calculer les dimensions des brides pour les tuyaux normaux et anormaux (haute pression jusqu'à 80 atm.) et les dimensions des couvercles.

En traitant de la question de raccords j'ai attiré l'attention sur le fait qu'il existe souvent dans l'embranchement une plus haute tension de la fonte, ce qui provoque — même si les parois sont 20 % plus épaisses — la rupture des raccords, la pression intérieure étant relativement basse.

Ensuite j'ai comparé les normes polonaises avec les normes des autres pays et indiqué les conditions techniques de réception des tuyaux en Pologne et à l'Étranger. En traitant de la fabrication des tuyaux j'ai comparé les tuyaux en fonte avec ceux en acier et en fer.

Enfin j'ai donné quelques dates statistiques de la demande et de la production des tuyaux et j'ai terminé en indiquant les motifs qui m'ont encouragé à publier ce travail.

## L i t e r a t u r a.

- 1) *Stahl und Eisen*, 1899, str. 133—138: »Zerstörungen von Wasserleitungsröhren«.
- 2) *Stahl und Eisen*, 1901, str. 1330: »Zur Lage der deutschen Rohrgiessereien«.
- 3) *Stahl und Eisen*, 1901, str. 42, E. Schott: »Ueber den Verschleiss von eisernen Wasserleitungsrohren«. — Stosunek rdzewienia żeliwa, żelaza spawanego i żelaza zlewonego 100 : 129 : 133.
- 4) *Stahl und Eisen*, 1903, str. 950: »Gusseiserne Hochdruckmuffenrohre bis 60 atm.«
- 5) *Stahl und Eisen*, 1904, str. 189: »Haltbarkeit der gusseisernen und der Mannesmannröhren«.
- 6) *Stahl und Eisen*, 1904, str. 266: »Eine eigenartige Zerstörung von Wasserleitungsröhren«.
- 7) *Stahl und Eisen*, 1904, str. 307: »Die Verwendung schmiedeiserner geschweisster Rohre für Wasserleitungs- und Kanalisationszwecke städtischer Verwaltungen«.
- 8) *Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung*, 1904, str. 517 i 1040: »Verwendung und Verhalten gusseiserner und flusseiserner (Mannesmann- und Ferrum-) Rohren«.
- 9) *Stahl und Eisen*, 1906, Nr. 3, Gustav Simon: »Gusseiserne Muffenrohr-Verbindungen«.
- 10) Lueger Otto: »Die Wasserversorgung der Städte«, 1908, dział 2-gi: »Einzelbestandteile der Wasserleitungen«.
- 11) *Stahl und Eisen*, 1909, Nr. 44, Gustav Simon: »Zur Fabrikation gusseiserner Muffenrohre«.
- 12) *Stahl und Eisen*, 1910, str. 185—192, str. 362—367, Ardelt Robert: »Maschinelle Herstellung von Formen für stehend zu giessende Rohre«.
- 13) *Stahl und Eisen*, 1911, str. 1221—24, Carl Irresberger: »Die Ziehformmaschine Bauart Herbert«.
- 14) *Stahl und Eisen*, 1911, str. 1485: »Rohrfrage auf der Industrieausstellung Dresden«.
- 15) *Stahl und Eisen*, str. 355—61, Ardelt Robert: »Ueber neue Röhrengiessereien, Bauart Ardelt«.
- 16) Geiger C.: »Handbuch der Eisen- und Stahlgesserei«, 1916, 2-gi tom, str. 344—357.
- 17) Inż. Dziakiewicz Włodz.: »Roboty wodne«. Cz. I. »Wodociągi«, 1920, str. 140—160.
- 18) *Stahl und Eisen*, 1924, Nr. 31, 35, 40, Dr. Ing. C. Pardun: »Ueber die wissenschaftlichen Grundlagen des Schleudergusses«.
- 19) *Technik und Betrieb*, Zürich, grudzień 1924, Nr. 14/15: »Sonderheft über Rohrleitungen«. (Stan projektu międzynarodowych norm rur).
- 20) *The Iron Age*, 1926, kwiecień: »Centrifugal Pipe from Sand-Molds. How the »Sandpun« or »Mono Cast« product is made in a new plant«.
- 21) *Journal of the American Water Works Association*, July 1926, N. Talbot: »Strength properties of cast iron pipe made by different processes as found by tests«.
- 22) *Bulletin de l'Association des Gaziers Belges*, Mars-Avril 1927, str. 65: »Un nouveau tuyau de fonte; le tuyau centrifugal«.
- 23) H. Weber i H. Hermanns: »Die Gussröhrenherstellung«. Nakład: Wilh. Knapp, Halle, 1927.
- 24) *Przegląd Techniczny*, 1925, str. 189/192, str. 288/291, Inż. S. Skrzywan: »Wodociągi i Kanalizacja miasta Łodzi«.
- 25) Inż. Józef Konopka: »Gazownictwo Polskie w świetle cyfr«, 1927 (statystyka).
- 26) Ignacy Piotrowski: »Wodociągi i Kanalizacja Miast Polskich«, 1927 (statystyka).
- 27) *Przegląd Techniczny*, 1927, str. 54, 78, Inż. Kazimierz Nowakowski: »Zagadnienie zaopatrzenia w wodę Górnego Śląska i Zagłębia Dąbrowskiego«.
- 28) *Przegląd Techniczny*, 1927, str. 455—457, Inż. Jerzy Buzek: »Wybór materiału metalowych rur wodociągowych«.
- 29) *Gaz i Woda*, 1927, Nr. 3 i 4, Inż. Jan Pomorski: »Budowa wodociągów i kanalizacji w Lublinie, Radomiu, Częstochowie i Piotrkowie«.
- 30) *Fonderie Moderne*, 1928, str. 70: »Moulage centrifuge par le procédé Sensaud de Lavaud«.
- 31) *Fonderie Moderne*, 1928, 25/I, str. 29, C. Derulle: »Fabrication des tuyaux par centrifugation«.

## E r r a t a.

Tablica XII poprawiona (str. 19).

D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	c	Opór ścinania D <sub>2</sub> · π · c · w <sub>s</sub> kg	Najwyższe ciśnienie $P = \frac{4 \cdot c \cdot D_2 \cdot w_s}{D^2}$
40	56	70	26	7.144	569
50	66	80	26	8.164	416
80	98	112	26	11.430	228
100	118	134	27	14.200	181
125	145	161	27	17.062	139
150	170	186	28	20.441	116
200	222	238	29	27.090	86
250	274	292	30	34.383	70
300	326	344	30	41.856	59
350	378	396	32	49.738	52
400	430	450	33	58.286	46
500	532	552	35	75.831	38.6
600	636	658	37	95.558	33.8
700	740	762	39	116.643	30.3
800	844	868	41	139.683	27.8
900	948	974	43	164.387	25.8
1000	1052	1078	45	190.402	24.2
1200	1260	1286	49	247.330	21.9

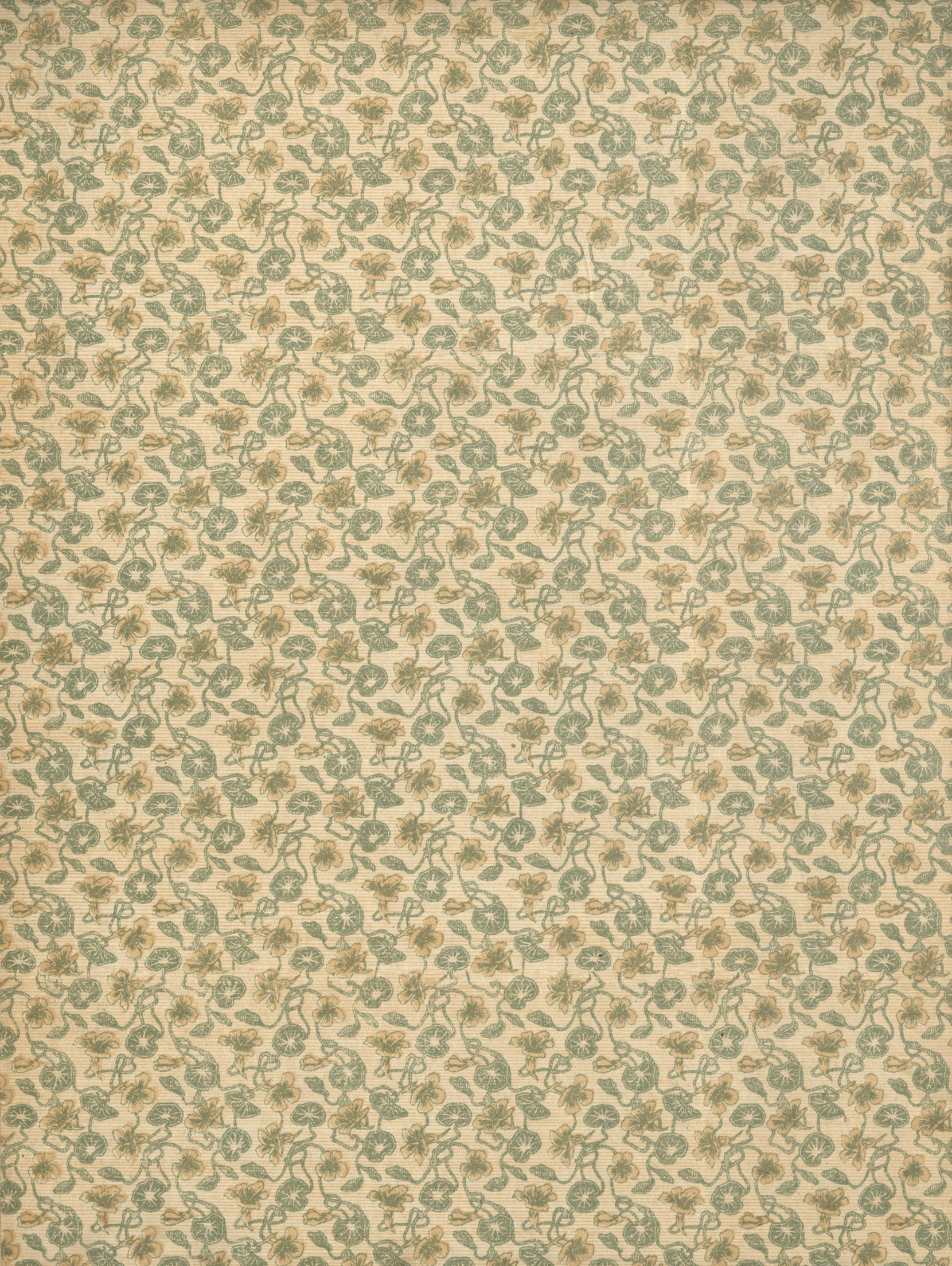
Odpowiednio do poprawionych cyfr należy użyć wykres (rys. 14) dla linii (Typ IV).

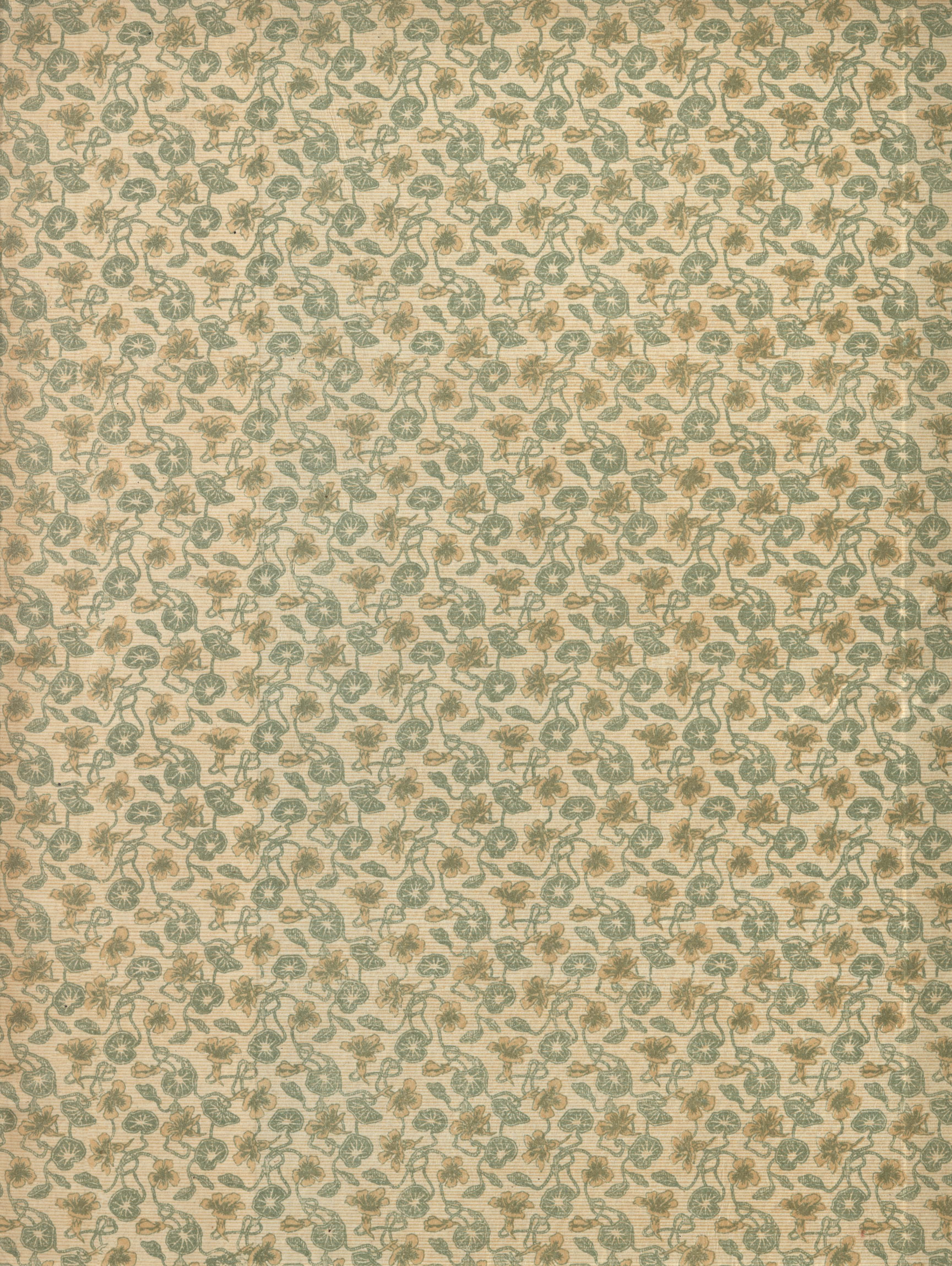












BIBLIOTEKA  
GŁÓWNA



AKADEMII  
GÓRNICZO  
HUTNICZEJ

III 23328

*Nie*

*wypożycza się*

*NZB 6616*