

TR E Ś Ć: Prof. inż. Dr. W. Wierzbicki: Wyznaczenie linii izostatycznych. (Dokończenie). — Dr. Inż. St. Jamróz: Zagadnienie dopuszczalnych naprężeń dla blach kotłowych, z uwzględnieniem wpływu temperatury. (Dokończenie). — Wiadomości z literatury technicznej. — Recenzje i krytyki.

Prof. inż. Dr. Witold Wierzbicki.

Wyznaczenie linii izostatycznych.

(Dokończenie).

III. Linje izokliniczne i ich zastosowanie.

Linje izokliniczne (isoclinic lines)⁵⁾, są to krzywe posiadające tę własność, że we wszystkich punktach jednej z nich naprężenia główne tego samego rodzaju są względem osi współrzędnych jednakowo nachylone.

Poszczególne elementy poszczególnych linii izostatycznych są więc dla danego rodzaju naprężenia głównego w miejscach przecięcia ich z linjami izoklinicznymi do siebie równoległe. Linje izokliniczne (izokliny) mogą być z tego powodu pomocne przy budowie linii izostatycznych.

Rolę równań linii izoklinicznych odgrywają równania (6) i (7), o ile kąty φ będziemy uważali w nich za wielkości stałe. Gdy chcemy więc sporządzić linję izokliniczną dla danej wartości kąta nachylenia danego naprężenia głównego, wstawiamy wartość tę w lewą część wyrażenia (7), prawą zaś przedstawiamy jako funkcję x i y , wyrażając naprężenie σ_x i σ_y w ten sam sposób, jak w rozdziale poprzednim.

W ten sposób równania izokliniczne stają się równaniami typu:

$$\operatorname{tg} 2\varphi = F(x, y) = \text{const.} \quad (49)$$

Dla przykładu omówimy tu sposób powstawania linii izoklinicznych w konstrukcjach przedstawionych na rys. 16, 18, 19 i 21.

Dla łatwiejszego budowania linii izoklinicznych wskazaniem jest, aby równania ich były rozwiązane względem jednej ze współrzędnych. W tym celu nieraz wygodniej jest tu korzystać nie z równania (7), lecz bezpośrednio z równania (6).

Ustawmy równanie linii izoklinicznej dla belki, przedstawionej na rys. 16.

Zastępujemy przedewszystkiem równanie (6) przez równanie:

$$\operatorname{tg} 2\varphi = -\frac{2\tau_0}{\sigma_x}, \quad (50)$$

które przybiera w danym przypadku postać:

$$\operatorname{tg} 2\varphi = -2 \cdot \frac{\frac{P}{2I} \left(\frac{h^2}{4} - y^2 \right)}{\frac{Pxy}{I}} = -\frac{h^2 - y^2}{xy} \quad (51)$$

lub postać:
$$y^2 - yx \operatorname{tg} 2\varphi - \frac{h^2}{4} = 0, \quad (52)$$

skąd po rozwiązaniu równania otrzymujemy:

$$y = \frac{x \operatorname{tg} 2\varphi}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{x \operatorname{tg} 2\varphi}{2} \right)^2 + \frac{h^2}{4}} \quad (53)$$

Dla belki obciążonej w sposób ciągły odpowiednio znajdujemy:

$$\operatorname{tg} 2\varphi = -2 \cdot \frac{\frac{h^2}{4} - y^2}{xy} \quad (54)$$

$$y^2 - y \cdot \frac{x}{2} \operatorname{tg} 2\varphi - \frac{h^2}{4} = 0 \quad (55)$$

$$y = \frac{x \operatorname{tg} 2\varphi}{4} \pm \sqrt{\left(\frac{x \operatorname{tg} 2\varphi}{4} \right)^2 + \frac{h^2}{4}} \quad (56)$$

Wstawiamy dalej we wzory (53) i (56) np. $\varphi = 60^\circ$ oraz x równe kolejno 2, 4, 6 i t. d. i tą drogą dochodzimy do linii izoklinicznych, oznaczonych cyfrą 60° na rys. 16 i rys. 18. Cyfra 60° oznacza tu, iż w każdym punkcie danej krzywej jeden z przekrojów głównych nachylony jest względem osi OX pod kątem 60°.

Ponieważ wiemy, że większe naprężenie główne na górnej powierzchni belki ma kierunek poziomy, czyli równoległy do osi belki, co odpowiada $\varphi = 90^\circ$

i $y = +\frac{h}{2}$, więc przyjmujemy w równaniach (53) i (56) przed pierwiastkiem znak + (więcej). Dla podobnych powodów w dolnej części belki przyjmujemy znak — (mniej).

Przy $\varphi = 45^\circ$ otrzymujemy zarówno z równania (53), jak i z równania (56) dla y wyrażenie nieokreślone $\infty - \infty$, którego wartość rzeczywista równa się 0. Oś belki więc jest linją izokliniczną dla kąta $\varphi = 45^\circ$.

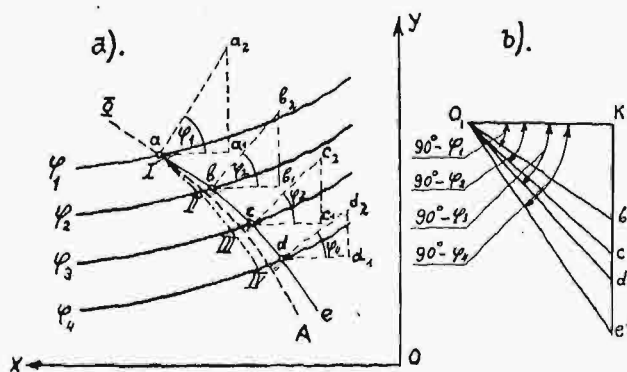
Na rys. 16, 18 i 19 krzywe izokliniczne dla różnych kątów przedstawione są zapomocą cienkich linii pełnych.

Aby otrzymać linje izokliniczne dla zapory, przedstawionej na rys. 21, nadajemy równaniu (6), w związku z oznaczeniami (44) i (45), postać następującą:

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2\tau_0}{\sigma_y - \sigma_x} = \frac{2x \operatorname{ctg}^2 \omega}{cy + bx} \quad (57)$$

Rozwiązując równanie (57) względem x , otrzymujemy:

$$x = \frac{y \operatorname{ctg} 2\varphi}{2 \operatorname{ctg}^2 \omega - a \operatorname{tg} 2\varphi} = -\frac{1,6y \operatorname{tg} 2\varphi}{6 - 6,46 \operatorname{tg} 2\varphi} \quad (58)$$



Rys. 22.

Wstawiając w równanie (58) poszczególne wartości kąta φ dochodzimy do pęku prostych izoklinicznych wskazanych na rys. 21 zapomocą cienkich linii pełnych.

Pęki linii izoklinicznych mogą być z powodzeniem wykorzystane do budowy linii izostatycznych.

Przypuśćmy więc, iż mamy pęk linii izoklinicznych (rys. 22), odpowiadających kątom $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ itd. Jeżeli linja izostatyczna ma przejść przez punkt a , leżący na izoklinie φ_1 , wówczas przeprowadzamy

⁵⁾ Akira Miura: „Spannungskurven in rechteckigen und keilförmigen Trägern“, Berlin, 1928, str. 5 i następne.

z tego punktu prostą $a\alpha_1$, równoległą do osi OX i odkładamy od niej kąt $\varphi_1 = a_1 a_2$ w sensie schematu rys. 1. Prosta $a\alpha_2$ będzie tu kierunkiem przekroju (elementu izostaticznego), na który działa naprężenie główne, odpowiadające danemu pękowi linii izoklinicznych. Przeprowadzając prostą ab prostopadłą do prostej $a\alpha_2$, znajdujemy kierunek odcinka linii izostaticznej, zawarty między izoklinami φ_1 i φ_2 .

W punkcie b przeprowadzamy prostą bb_2 , nachyloną pod kątem φ_2 względem osi X -ów oraz prostą bc do niej prostopadłą i stanowiącą odcinek linii izostaticznej między izoklinami φ_2 i φ_3 . W ten sam sposób budujemy pozostałe odcinki poszukiwanej linii izostaticznej. Kąty $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ i t. d. odkładamy tu od osi X -ów na podstawie tangens'ów.

Wyznaczenie linii izostaticznej na podstawie izoklinów można uprościć sobie w sposób następujący:

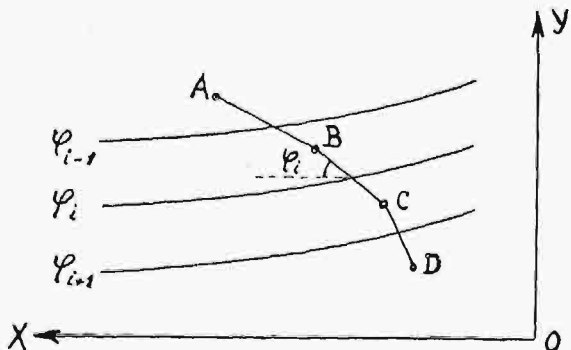
Przeprowadzamy prostą $O_1 K$ równoległą do osi X -ów i prostą Kc' do niej prostopadłą. Na tej ostatniej prostej odkładamy odcinki Kb', Kc' i t. d. w ten sposób, aby:

$$\frac{Kb'}{OK} = \operatorname{tg}(90^\circ - \varphi_1) = \operatorname{ctg} \varphi_1, \quad \frac{Kc'}{OK} = \operatorname{tg}(90^\circ - \varphi_2) = \operatorname{ctg} \varphi_2$$

i t. d.

Łącząc ze sobą punkt O_1 z punktami $b', c', d' \dots$ znajdujemy kierunki $O_1 b' \parallel ab, O_1 c' \parallel bc$ i t. d. Dla wyznaczenia więc linii izostaticznej $abcde$ przeprowadzamy z punktu a prostą równoległą do $O_1 b'$, z punktu b równoległą do $O_1 c'$ i t. d. Mamy tu w ten sposób do czynienia z pewną analogią wieloboku sznurowego (por. rys. 21). Gdyby linie izokliniczne były do siebie nieskończenie zbliżone, wówczas odcinki ab, bc, cd i t. d. byłyby nieskończenie małe i dałyby w rezultacie ściśle linię izostaticzną aA . Ponieważ jednak wymienione odcinki mają długość skończoną, linia łamana $abcd \dots$ odsunie się na rys. 22 względem odpowiedniej krzywej w kierunku do początku współrzędnych.

Jeżeli przeprowadzimy przez punkt a , zamiast prostej ab , równoległą do niej prostą OI , a następnie, zamiast prostej bc , równoległą do niej prostą III itd., nowa linia łamana $OIII \dots$ byłaby przesunięta względem linii łamanej $abc \dots$ w kierunku dodatnich X -ów. Dwie wymienione tu linie łamane tem różnią się od siebie, że każdy element linii $abc \dots$, zawarty między izoklinem φ_i a izoklinem φ_{i+1} , nachylony jest względem osi X -ów pod kątem $90^\circ - \varphi_i$, a każdy element linii $OIII \dots$ zawarty między temi samymi izoklinami nachylony jest względem osi X -ów pod kątem $90^\circ - \varphi_{i+1}$. Krzywa aA , jako ściśle przeprowadzona linia izostaticzna, przechodzi między liniami łamanymi $abc \dots$ i $OIII \dots$ i odgrywa dla nich obu rolę granicy przy nieskończeniu zwiększającej się liczbie izoklinów



Rys. 23.

Aby możliwie jaknajlepiej zastąpić linię aA (rys. 22) przez linię łamaną, można przeprowadzać tę ostatnią

w ten sposób, aby jej odcinek przecinający linię izokliniczną φ_i i nachylony względem osi X -ów pod kątem φ_i znajdował się częściowo między izoklinami φ_{i-1} a φ_i , częściowo zaś między izoklinami φ_i i φ_{i+1} (rys. 23). W tym wypadku wierzchołki linii łamanej B, C i t. d. powinny znajdować się w jednakowej odległości od izoklinów, między którymi są zawarte⁶⁾. Linia izostaticzna tą drogą wyznaczona wskazana jest na rys. 16, jako linia I , przy czym, jak widać, linia ta dobrze zgadza się z krzywą, otrzymaną drogą przybliżonego całkowania równania (21). Na tym samym rysunku linia II została zbudowana na podstawie linii izoklinicznych, przeprowadzonych co 5° , a linia III na podstawie linii izoklinicznych przeprowadzonych co 10° .

Na rys. 18, 19 i 21 grubymi liniami punktowanymi uwidocznione są linie wykonane na podstawie linii izoklinicznych według schematu linii $abc \dots$ z rys. 22.

Budowanie linii izostaticznej według schematu $ABC \dots$ z rys. 23 następcza trudności przy określaniu położenia punktów B, C, D jednakowo odległych od zawierających je izoklinów. To powoduje dowolności i dlatego uważam, iż przy korzystaniu z wymienionego schematu koniecznym jest jednocześnie sporządzenie linii izostaticznej według schematów $abc \dots$ i $OIII \dots$ z rysunku 22 celem ustalenia granic błędów.

IV. Wnioski.

Porównajmy teraz sposób wyznaczenia linii izostaticznych na podstawie linii izoklinicznych ze sposobem przybliżonego całkowania równania różniczkowego linii izostaticznej.

Przy całkowaniu równania krzywej izostaticznej dokładność obliczenia może być, jak to wykazano w rozdziale II, łatwo ustalona drogą porównania ze sobą kolejnych przybliżeń obliczenia. Dokładność, jaka tu może być uzyskana przez zmniejszanie dowolnych przyrostów, jest dostateczna dla wszelkich zagadnień o charakterze technicznym.

Przy wyznaczeniu linii izostaticznych na podstawie izoklinów dokładność tego wyznaczenia zależy od takich okoliczności, jak skala rysunku, ściśłość rysunku, ilość wyznaczonych linii izoklinicznych i t. d., które nie zawsze są łatwo uchwytne i które nie pozwalają wobec tego łatwo ustalić granic błędów obliczenia.

Z drugiej strony wyznaczenie jednej linii izostaticznej drogą przybliżonego całkowania wymaga mniej więcej 1–2 godzin czasu i znacznego natężenia uwagi, wobec tego, że związana z tem całkowaniem praca rachunkowa nie daje się zmechanizować.

Samo wyznaczenie linii izostaticznej na podstawie danego pęku izoklinów jest rzeczą bardzo prostą. Wyznaczenie linii izoklinicznych wymaga wprowadzenia dość znacznej ilości działań arytmetycznych, lecz działań powtarzających się i dających się ująć w tablice. Przytem pęk izoklinów pozwala na przeprowadzenie linii izostaticznych przez dowolną liczbę punktów.

Uważam więc iż, dopóki chodzi o wyznaczenie linii izostaticznych dla celów ogólnego zorientowania się w pracy danej konstrukcji, wyznaczenie tych linii na podstawie linii izoklinicznych jest całkowicie wskazane, gdy jednak chodzi o dokładne wskazanie miejsca w danej konstrukcji, które powinno być wzmocnione lub, w którym należy oczekiwać pęknięć, należy wówczas uciec się do opisanego wyżej sposobu całkowania równania linii izostaticznej.

⁶⁾ Th. Wyss: „Die Kraftfelder in festenelastischen Körpern und ihre praktischen Anwendungen“, Berlin, 1926.

Dr. Inż. Stanisław Jamróz.

Zagadnienie dopuszczalnych naprężeń dla blach kotłowych, z uwzględnieniem wpływu temperatury.

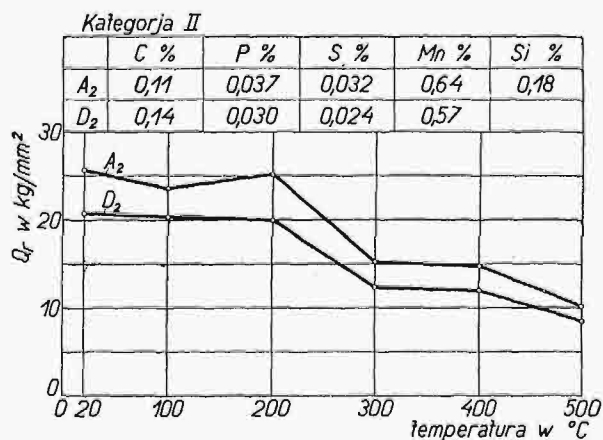
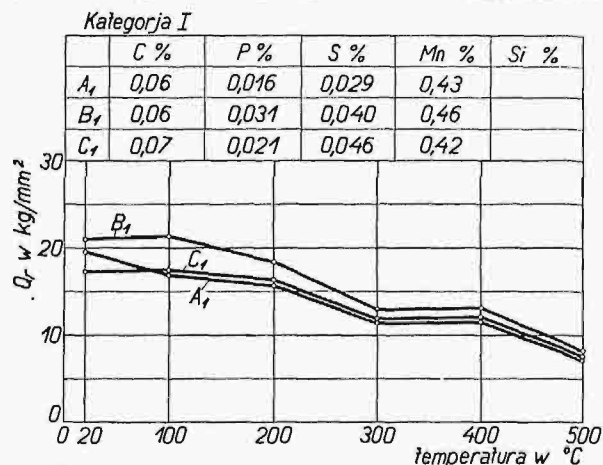
(Dokończenie).

Przejdźmy po kolei ważniejsze z nowszych badań granicy płynności blach kotłowych.

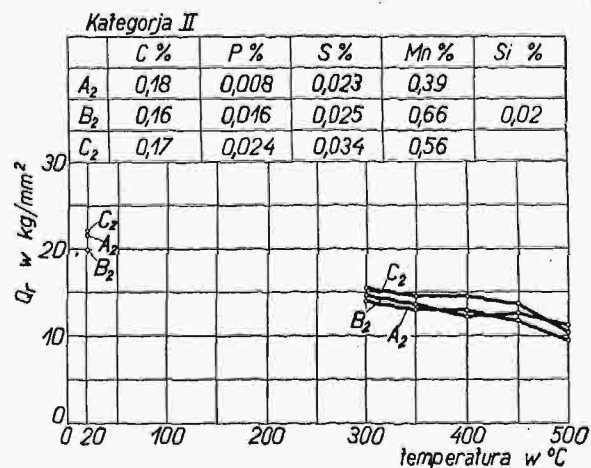
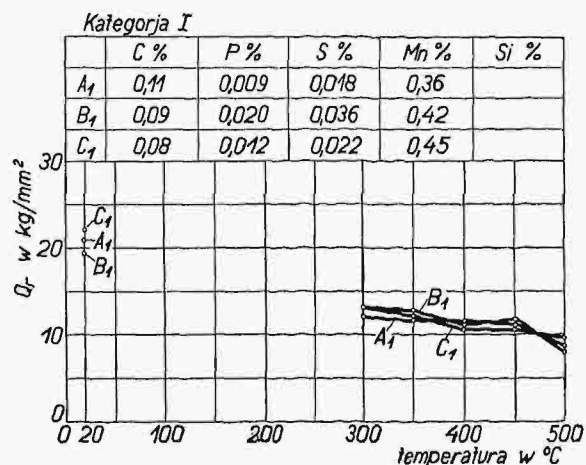
Badanie Kais. Wilh. Inst. f. Eisenforsch. Körbera i Pompa z 1927 r. i z 1930 r.

Badania objęły wszystkie cztery kategorie blach kotłowych według niem. przepisów. Na załączonych wy-

Próbki w ilości 144 sztuk na każdą blachę pobrano z 4 S. M. wyżarzonych blach kotłowych, ze stopy, z głowy, podłużnie i poprzecznie w ilości po 3 próbki na 1 punkt (20°, 100°, 200°, 225°, 250°, 275°, 300°, 325°, 350°, 400°, 500°, 600°).



Rys. 14.



Rys. 15.

kresach rys. 14 i 15 zestawiono wyniki badań blach I—II kategorii, publikowane w r. 1927 i 1930.

Warunki badania były następujące:

1927: Próbkę pobrano z S. M. wyżarzonych blach 3000×2000×20 mm podłużnie w ilości 1—3 na każdy punkt 20°, 100°, 200°, 300°, 400°, 500°. Maszyna Amslera 50 t. Pomiar wydłużeń aparatem lusterkowym Martensa. Ogrzewanie elektryczne w kąpeli olejowej i solnej. Pomiar temperatury prawdopodobnie pośredni przez pomiar temperatury płynu termometrem rtęciowym i termoelementem. Szybkość obciążania 2 kg/mm²/sek. Czasu trwania obciążania nie podano, prawdopodobnie odczyt zaraz po dojsciu do właściwego obciążenia. Oznaczenie granicy płynności przy 0,2% odkształcenia trwałego.

1930: Próbkę pobrano z S. M. wyżarzonych blach 6000×2000×20 mm poprzecznie w ilości 3 na każdy punkt (20°, 300°, 350°; 400°, 450°, 500°). Inne warunki jak w badaniach z r. 1927 z tym, że podano czas trwania obciążenia na około 10 sekund.

Badania Urbańczyka (13) z 1927 r.

Badania Urbańczyka objęły nie tylko granicę płynności, ale i inne cechy wytrzymałościowe I—IV kategorii blach kotłowych. Wyniki badań dwu pierwszych są przedstawione w załączonych wykresach. Rys. 16.

Maszyna Amslera 100 t. Pomiar wydłużeń własnym przyrządem, bez podania opisu i konstrukcji, ogrzewanie gazowe w kąpeli. Sposób pomiaru temperatury nie podany podobnie jak i czas trwania obciążenia, z zaznaczeniem, że cały czas badania próbki trwał 3—5 minut, a więc uwzględniając konieczną ilość stopni obciążenia należy uważać, że wyczekiwania po dojsciu do właściwego obciążenia nie było. Oznaczenie granicy płynności przy 0,2% odkształcenia trwałego.

Badania własne (M. S. D.) 1931—32⁴⁾.

Do badań uzyskano 2 blachy wykonane ze spustu z pieca S. M. o następującym składzie chemicznym spustu:

Blacha	C	P	S	Mn	Si
26 mm (K)	0,11	0,02	0,018	0,52	—
18 " (D)	0,15	0,031	0,09	0,49	—

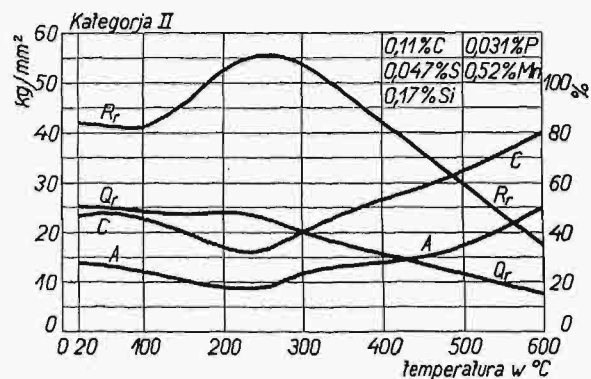
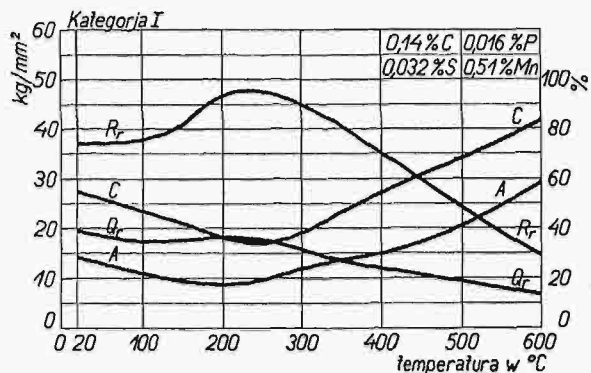
Analiza chemiczna gotowych blach potwierdziła wyniki analizy spustu. Blachy pochodzenia jednej z hut krajowych, wzięte z normalnej produkcji⁵⁾. Przeprowa-

⁴⁾ Przedstawione na VI. Zjeździe Inżynierów Mechaników Polskich w Warszawie w maju 1932 r.

⁵⁾ Na tem miejscu składamy podziękowanie Zarządowi Huty Laura i Huty Bismarka za bezpłatne dostarczenie próbek blach.

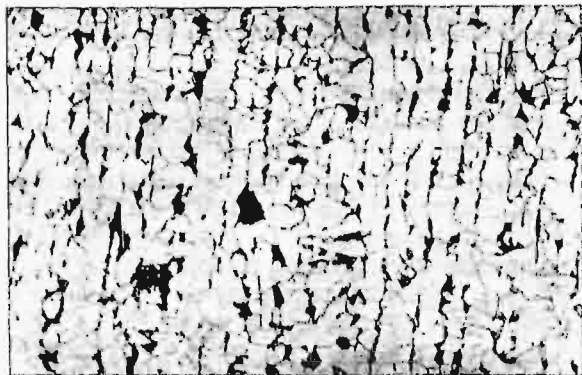
dzenie normalnej próby na rozciąganie w temperaturze pokojowej dało następujące wyniki wytrzymałości na rozciąganie:

Blacha	Głowa		Stopa		Średnio
	podł.	poprz.	podł.	poprz.	
26 mm	36,2	38,1	36,6	36,8	36,9
16 „	41,8	40,3	38,7	43,2	41,0



Rys. 16.

Jak widzimy średnia wytrzymałość obydwu blach odpowiada wytrzymałości obliczeniowej blach kołowych obydwu kategorii. Kategorji trzeciej „B” (45—55 kg/mm²) narazie nie badano, wobec braku jej zastosowania, a temsamem trudności w uzyskaniu odpowiedniego materiału.



Ryc. 17 a.

Obraz przeciętnej struktury blachy 26 mm widzimy na ryc. 1 a, blachy 18 mm na ryc. 17 b.

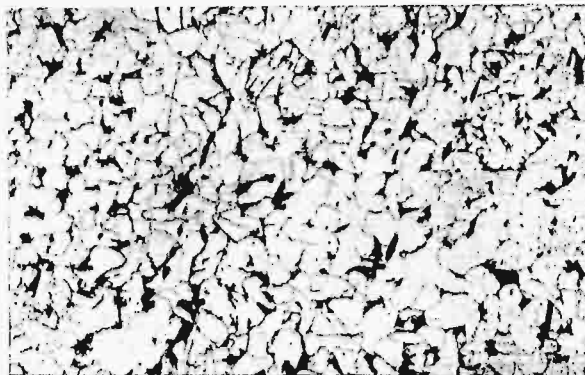
Próbki pobrano w sposób wskazany na rys. 18 z blach starannie wyżarzonych ze stopy i z głowy, podłużnie i poprzecznie, w ilości 2—3 próbek na 1 punkt (20°, 100°, 200°, 300°, 400°). Zdecydowano się na dwukierunkowe pobranie próbek ze stopy i z głowy dla opanowania różnic, jakie mogą z tego powodu zachodzić w blaszach kołowej.

Do przeprowadzenia prób użyto maszyny Amslera 30 t (r. wyk. 1930) z siłomierzem wahadłowym, spraw-

dzoną, do pomiaru wydłużeń aparatu lusterkowego Martensa.

Wymiary próbek przedstawia rys. 19.

Ryc. 20 przedstawia próbkę zamocowaną w maszynie z zmontowanym na niej aparatem Martensa i nałożonym piecykiem.

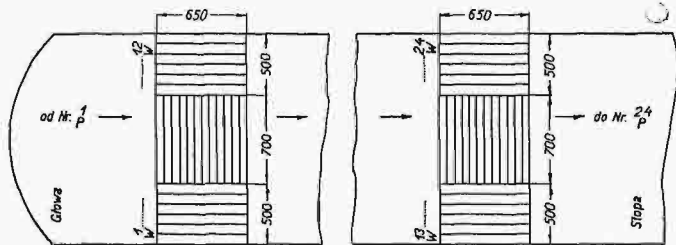


Ryc. 17 b.

Do ogrzewania próbek zastosowano piecyk elektryczny Amslera z ogrzewaniem próbek w powietrzu. Rys. 9. Pomiar temperatur pośredni przez umieszczenie sprawdzonego termoelementu żelazo-konstantan w powietrzu w p. 6 po poprzednim wywzorcowaniu przebiegu temperatur w próbce, o czym była mowa poprzednio. Wybrano ogrzewanie powietrzem ponieważ:

1. Jest możliwe umieszczenie lusterek aparatu Martensa pod piecykiem, a więc w strefie wolnej od gorących prądów powietrznych.

2. Unikamy korozji aparatu i próbki i zachodzenia lusterek mgłą i oparami oraz innych kłopotów, jakie dają ogrzewanie płynowe.



Rys. 18.

Rys. 21 podaje cztery wykresy przebiegu wydłużeń całkowitych, trwałych i elastycznych dla naprężeń do granicy płynności z pomiarów aparatem Martensa dla temperatur 20°, 200°, 300°, 400°.

Rys. 22 przedstawia wykresy uzyskane wyniki badań, dla obydwu blach i czterech sposobów pobrania próbki. Średnie wyniki podano w tabelicy.

Oprócz tego wykreślono średnią wartość granicy płynności 0,2% dla całej blachy (grubsza linja na wykresie).

Omówienie wyników badań granicy płynności.

Jak już zaznaczyliśmy poprzednio poszczególne badania badaczy niemieckich jak i badania M. S. D. nie mogą być całkowicie porównywalne ze względu na odmienne warunki badania głównie przez zastosowanie 10 sek. czasu trwania obciążenia przy badaniach M. S. D., a wreszcie i ze względu na nieuniknione różnice w składzie chemicznym blachy, jej grubości, a wreszcie wpływu poprzedniej przeróbki. Jednak w pewnych granicach możemy sobie pozwolić na wspólne omówienie wyników.

Jeżeli zaczniemy jeszcze od badań Martensa z 1890 roku (1), to wprawdzie Martens uważa przebieg granicy płynności za malejący proporcjonalnie ze wzrostem tem-

peratur, jednak na zestawionych przez niego wykresach widzimy, że do około 200° spadek granicy płynności jest stosunkowo nieznaczny i przybiera na wartości bardziej zdecydowanie powyżej tej granicy temperatur.

Badanie Körbera i Pompa z 1927 r. (8) przedstawione na rys. 13 i 14, dla pewnych ilości blach nie wykazują prawie spadku do 200°, dla innych spadek ten jest znaczny.

Badania Körbera i Pompa z 1930 r. (9) obejmują wartość granicy płynności od 300° do 500°, oraz w temperaturze pokojowej. Brak pomiarów pośrednich między 100° i 300°, któreby wykazały zachowanie się granicy płynności w tym zakresie temperatur.

Badania Urbańczyka wykazują dla wszystkich czterech kategorii blach kotłowych stałość granicy płynności do około 200° a nawet do 250°, poczem spadek prawie prostoliniowy z tendencją malejącą od 400° do 600° C.

Badania Fischera (14) znane nam właściwie nie z bezwzględnych wartości, ale z propozycji obliczeniowych wartości granicy płynności, wykazują jej spadek już dla niskich zakresów temperatur do 200°.

Badania M. S. D. wskazują na stosunkowo nieznaczny spadek granicy płynności do 200° i znaczny, prawie liniowy, spadek od 200° do 400°.

Na podstawie powyższych wyników badań własnych i obcych można przyjąć, że:

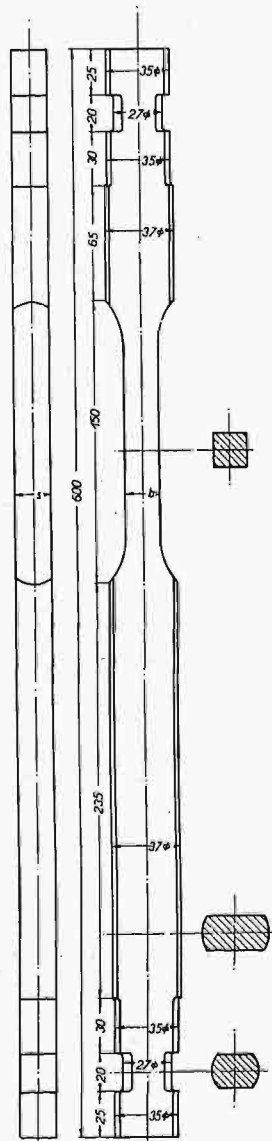
Granica płynności przy 0,2% zachowuje praktycznie stałą wartość do 200° poczem dopiero ulega znacznemu spadkowi.

Co do bezwzględnych wartości to dla poszczególnych blach kotłowych uzyskano następujące cyfry (w kg/mm^2):

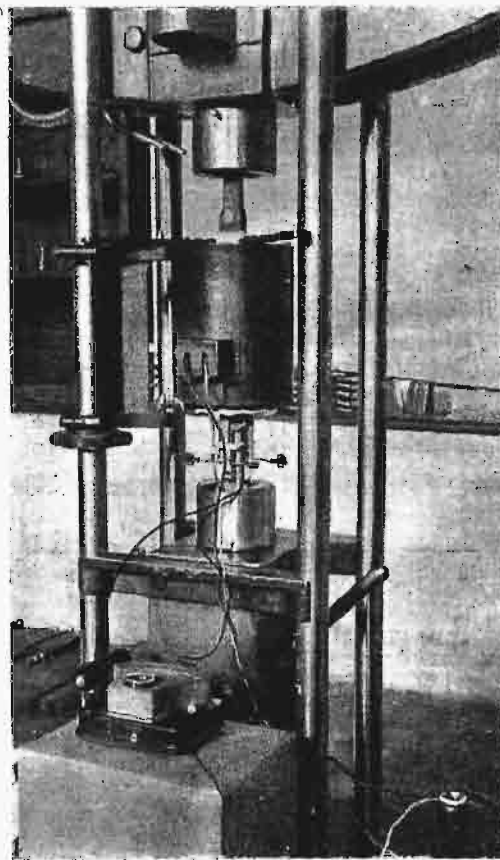
	I. Kategoria (K) (35—44)					
	20°	100°	200°	300°	400°	500°
Körber i Pomp 1927	19,6	17,1	15,8	11,7	11,7	7,4
	21,0	21,4	18,5	12,9	13,2	8,2
	17,3	17,5	16,4	11,8	12,0	7,6
Körber i Pomp 1930	20,9	—	—	12,1	11,6	8,8
	19,4	—	—	12,9	11,5	8,6
	22,1	—	—	12,9	11,4	9,3
Urbań- czyk 1927	19,7	17,8	18,6	16,0	12,4	9,3
M. S. D. 1931-32	19,8	20,2	19,5	13,8	11,2	—

Powyższe wartości są obliczone jako średnie dla każdej blachy, przyczem badania Körbera i Pompa z 1927 obejmowały po 1—3 próbek podłużnych dla każdej blachy

i temperatury, badania tychże autorów z 1930 po 3 próbki poprzeczne. Badania Urbańczyka i M. S. D. obejmowały po 2—3 próbki, podłużne, poprzeczne ze stopy i z głowy czyli razem po 8—12 próbek z każdej blachy dla jednej wartości temperatury.



Rys. 19.



Ryc. 20.

Najmniejsze różnice między poszczególnymi wynikami uzyskano przy 20°, co jest zrozumiałe, bo wpływ warunków badania przy tej temperaturze jest stosunkowo najmniejszy. Przy 200° najwyższe wyniki dla kategorii I dają badania M. S. D., potem następuje Urbańczyk, najniższe Körber i Pomp, chociaż dla II kategorii jeden wynik Körbera i Pompa wyskakuje powyżej wyników M. S. D. i Urbańczyka. Przy 300° i 400° najwyższe wyniki uzyskuje Urbańczyk, zaś wyniki M. S. D. są dla kategorii I-ej najniższe. Daje się to wytłumaczyć różnicą czasu trwania obciążenia dla poszczególnych badań.

	II. Kategoria (D) (41—50)					
	20°	100°	200°	300°	400°	500°
	25,7	23,6	25,2	15,2	14,8	10,1
	20,8	20,4	20,0	12,3	12,0	8,5
	21,6	—	—	14,3	13,0	9,8
	20,0	—	—	14,6	12,7	11,0
	21,7	—	—	15,3	14,6	10,6
	25,0	24,7	24,0	20,9	16,0	11,7
	23,4	24,0	22,7	18,7	15,4	—

Wyżej przedstawione pomiary mają nam służyć do określenia pewnych wartości naprężeń, które mają być

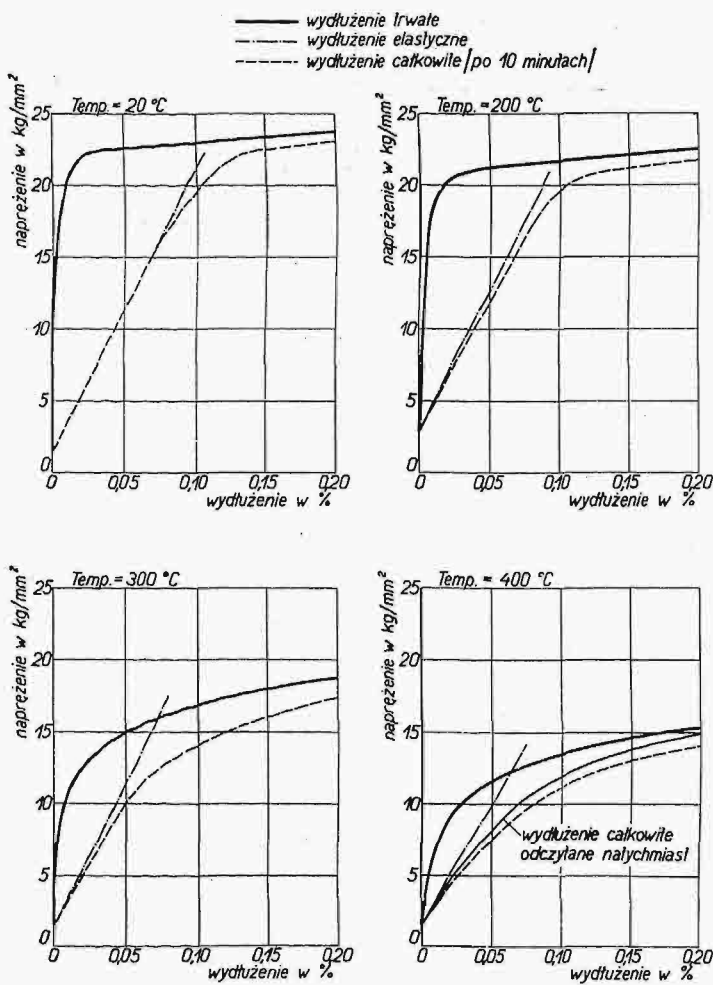
przyjęte za obliczeniową granicę płynności analogiczną do obliczeniowej wytrzymałości na rozciąganie.

Autorowie niemieccy schodzą dość nisko z propozycjami obliczeniowej granicy płynności. I tak Urbańczyk (13) proponuje następującą tabelę:

$t^{\circ}\text{C}$	I. kategoria (35—44 kg/mm^2)	II. kategoria (41—50 kg/mm^2)
20	18,0	21,0
100	17,0	20,5
200	16,5	19,0
250	15,5	18,0
300	14,5	17,0
350	13,0	14,0
400	11,0	12,0
500	8,0	9,0

Propozycje Fischera i Ehmcke'go idą jeszcze dalej:

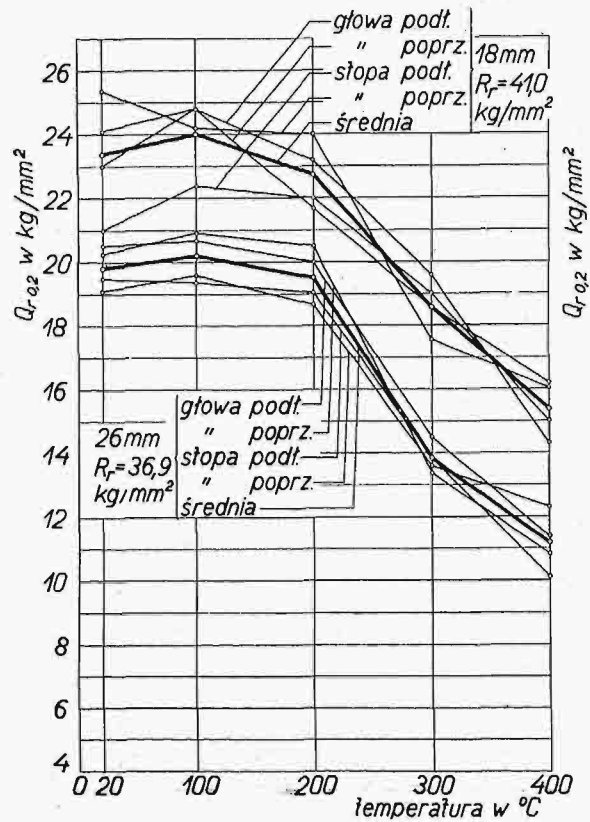
$t^{\circ}\text{C}$	I. kategoria (35—44 kg/mm^2)	II. kategoria (41—50 kg/mm^2)
20	18,0	20,0
100	17,5	19,5
200	15,0	18,0
250	12,5	15,0
300	10,0	12,5
350	8,5	11,5
400	6,5	9,5
500	5,0	6,5



Rys. 21.

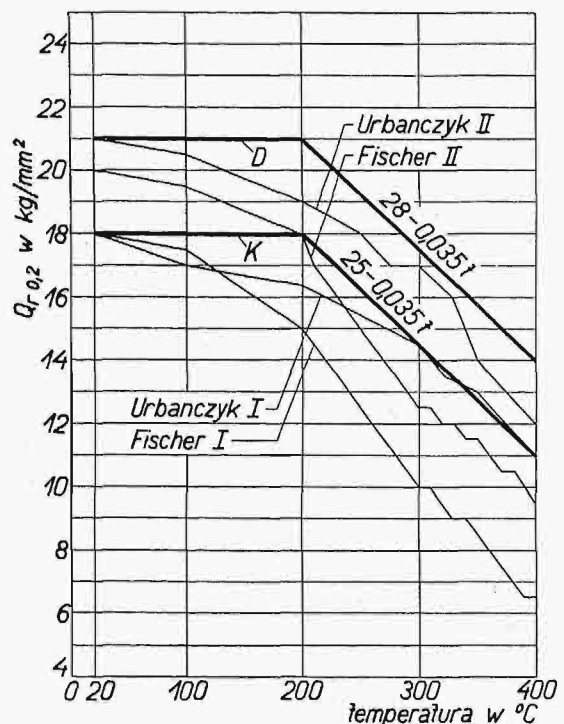
Te wartości nie odpowiadają rzeczywistym wartościom gr. płynności dla tych kategorii blach kotłowych i są przyjęciami, w których tkwią pewnego rodzaju współczynniki pewności, zresztą zupełnie niepotrzebne, jeżeli istnieje właściwy współczynnik pewności. Prowadzi to do przedymenzjonowania blach, a temsamem i zwiększenia

wagi kotłów pracujących w niezbyt jeszcze wysokim zakresie temperatury, gdzie jej wpływ jest faktycznie nieznaczny.



Rys. 22.

Propozycja M. S. D. oparła się na założeniu, że do 200° wpływ temperatury na granicę płynności jest stosunkowo nieznaczny tak, że można przyjąć pewną jej stałą wartość. Za taką przyjęto dla kateg. (K) 18 kg/mm^2



Rys. 23.

dla kateg. (D) 21 kg/mm^2 . Daje to dla kategorii K równoznaczność w przyjęciu naprężeń dopuszczalnych tak z uwagi na wytrzymałość, na rozciąganie, jak i na gra-

nicę płynności (dla kategorii K wytrzymałość obliczeniowa = 36 kg/mm^2 , zaś wsp. pewn. do R_r , $n = 4$). Dla kategorii „ D ” naprężenia dopuszczalne obliczone z R_r wypadają o $0,25 \text{ kg}$ niższe od naprężeń dopuszczalnych obliczonych według obliczeniowej granicy płynności do 200° , a więc praktycznie to samo. Przyjęcie stosunkowo niskich wartości granicy płynności dla zakresu od 20 — 200° mimo uzyskania faktycznie wyższych wartości, wynika więc z dobrania stosunków współczynników pewności dla wytrzymałości na rozciąganie i granicy płynności. Różnica jest jednak stosunkowo nieznaczna i przyjęcie jej ułatwia następnie dobranie właściwszego przebiegu spadku granicy płynności dla wyższego zakresu temperatur, t. j. do 400° .

Przebieg ten uzyskaliśmy przez dobranie granicy płynności przy 400° dla kategorii (K) 11 kg/mm^2 , dla kategorii (D) 14 kg/mm^2 i połączenia tych punktów linią prostą z punktami 18 kg/mm^2 i 21 kg/mm^2 przy 200° .

Otrzymane linie proste wyrażone są równaniami:

$$\text{dla kategorii (K)} \quad y_K = 25 - 0,035 t$$

$$\text{„ „ (D)} \quad y_D = 28 - 0,035 t.$$

Rys. 23 przedstawia wykreślenie propozycję Mech. Stacji Dośw. P. L. obliczeniowej granicy płynności dla blach kotłowych, pracujących w podwyższonej temperaturze, przyczem zdaje się nie potrzeba podkreślać pewnego ułatwienia i przejrzystości, jakie pociąga za sobą tego rodzaju zestawienie w przeciwstawieniu do zestawień tabelarycznych. W rys. 22 zostały równocześnie wkreślane do porównania propozycje obliczeniowej granicy płynności według Urbańczyka i Fischera dla dwu pierwszych kategorii blach kotłowych.

Propozycja powyższa została przyjęta jednogłośnie na posiedzeniach Komisji Kotłowej Polskiego Komitetu Normalizacyjnego w dniu 1 sierpnia 1931.

Zdajemy sobie sprawę z tego, że powyższa propozycja, jako nieoparta na wielkiej ilości badań nie może mieć tak ugruntowanych podstaw, jakie mają inne cechy materiału badane w temperaturze pokojowej. Dlatego też Komisja kotłowa P. K. N. dla zebrania większej ilości doświadczeń z materiałami kotłowymi, uchwaliła pobieranie dalszych próbek z bieżącej produkcji blach kotłowych w sposób ciągły i badanie ich w podwyższonej temperaturze.

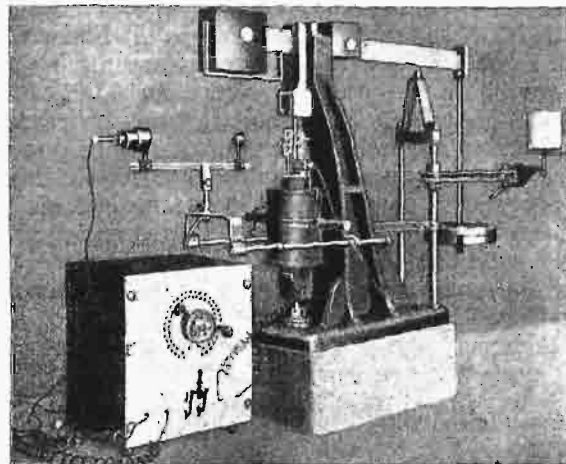
Prawdopodobnie jednak te przyszłe wyniki nie dadzą nam tak wielkich różnic, któreby przy stosowaniu proponowanych obecnie wartości i zachowaniu obecnego współczynnika pewności, wykazały niebezpieczeństwo osiągnięcia zbyt wysokich naprężeń z uwagi na wpływ temperatury. Wynika to z porównania naszych badań z wyżej opisanymi badaniami niemieckimi, gdzie mimo odmiennych warunków badania różnice wyników nie były tak rażące, ażeby przewidywać jakieś komplikacje.

Górną granicę temperatur dla obliczeniowej granicy płynności przyjęliśmy przy 400° . Wynika to z założenia, że powyżej tej granicy, granica płynności nie może być podstawą do ustalenia naprężeń dopuszczalnych w blachach kotłowych. Do tego wniosku doszliśmy na podstawie poprzednich rozważań, oraz na podstawie badań wytrzymałości trwałej, z których wynika, że temperatura ta jest maksymalną, do której granicę płynności oznaczoną przy 10 minutowym czasie trwania obciążenia można uważać za praktyczne przybliżenie trwałej granicy płynności. Powyżej tej granicy zjawiska trwałego płynięcia występują tak znacznie, że tylko przez ich uwzględnienie można dojść do ustalenia obliczeniowych, wzgl. dopuszczalnych naprężeń.

Zanim poweźmiemy pewną decyzję, jakie wartości należy wziąć w rachubę, przejdziemy kolejno ważniejsze doświadczenia, względnie propozycje:

Badania wykonane w Kaiser Wilhelm Inst. f. Eis. forsch. przez Körbera, Pompa, Endersa, Dahmena i Högera (7, 8, 10—12), obejmują pomiary wytrzymałości trwałej blach kotłowych, stali węglowej i niskostopowych stali konstrukcyjnych.

Badania ich zostały wykonane na specjalnie w tym celu przygotowanej aparaturze widocznej na rys. 24. Jak z rysunku widać, obciążenie próbki jest mechaniczne przy pomocy ciężarów zawieszonych na odpowiednim przeniesieniu. Użycie tego rodzaju urządzenia jest przy długotrwałych pomiarach konieczne ze względu na pewność utrzymania stałego obciążenia, czego nie mamy przy hydraulicznym wytworzeniu siły. Odpada przytem koszt napędu. Interesuje nas szczególnie ogrzewanie próbki i sposób pomiaru wyłuzień. Do ogrzania użyto piecyka o identycznej konstrukcji co piecyk użyty przy oznaczaniu granicy płynności rys. 12. Co do rozkładu temperatur w próbce, będą więc aktualne spożyczenia wyrażone przez nas poprzednio przy omawianiu tego tematu. Pomiar odkształceń był dokonany przy pomocy aparatu lusterkowego Martensa, przyczem zastosowano optyczną rejestrację.



Ryc. 24.

Początkowo jak wiemy przyjęli wyżej wymienieni badacze za praktyczną trwałą wytrzymałość tę wartość naprężenia, która między 3—6 godziną obciążenia daje szybkość odkształcenia równą $0,001\%/h$. Przy tem założeniu uzyskali oni szereg wartości. I tak Pomp i Dahmen (7) badali szereg stali węglowych i stopowych, z których podamy wyniki dla czterech bardziej nas interesujących. Próbki badano w stanie wyżarzenia.

Gatunek stali	Wytrzymałość trwała w kg/mm^2		
	$0,001\%/h$ między 300°	400°	500°
A (0,046% C)	8,9	7,2	3,3
B (0,06 % C)	11,0	7,9	2,5
C (0,11 % C)	13,1	10,9	4,0
D (0,23 % C)	17,0	12,1	3,7

Równocześnie usiłowania obu autorów szły w kierunku znalezienia zależności między wytrzymałością trwałą, a poszczególnymi granicami odkształceń trwałych ($0,01\%$, $0,02\%$, $0,2\%$); wyznaczonymi w normalnych krótkich pomiarach. Osiągnięte rezultaty uważamy jednak za niepewne, wobec znanego objawu braku stabilizacji tych wartości, na skutek szybkiego początkowego płynięcia, należy je traktować jako szukanie zastępczych metod do wyznaczenia wytrzymałości trwałej.

W następnej publikacji Kais. Wilh. Inst. z tegoż roku (1927) Körber i Pomp (8) przedstawiają wyniki badań wytrzymałości trwałej blach kotłowych wszystkich trzech kategorii, przyjmując w dalszym ciągu za wy-

trzymałość trwałą naprężenie, które między 3 a 6 godziną daje szybkość odkształcenia równą $0,001\%/h$. Badania przeprowadzono na tych samych blachach, dla których wyznaczono również granicę płynności $0,2\%$, a przedstawione na rys. 13 i w tablicy. Obowiązuje więc skład chemiczny wypisany na rys. 13.

Uzyskano wartości następujące:

Gatunek blachy		Wytrzymałość trwała w kg/mm^2 $0,001\%/h$ pomiędzy 3 a 6 godz.		
		300°	400°	500°
I. kateg.	A_1	10,9	7,9	2,5
	B_1	13,9	7,0	2,4
	C_1	12,4	9,7	1,1
II. kateg.	A_2	17,0	10,9	4,0
	D_2	16,4	9,0	2,2
III. kateg.	B_3	20,3	10,0	3,2
	C_3	20,7	7,0	2,0
	D_3	20,5	9,5	2,3

Jak widzimy, są to wartości bardzo niskie, które zbiegają się z wartościami granicy płynności raczej przy 300° , a nawet poniżej.

Jednak badania dalsze Pompa i Endersa (11) z 1930 r. zmierzają do tego, ażeby udowodnić, że przyjęcie początkowe szybkości płynięcia na $0,001\%/h$ między 3 a 6 godz. daje za niskie wartości wytrzymałości trwałej, że zahamowanie płynięcia następuje przy znacznie, bo pięć razy większej szybkości płynięcia. Uzyskane więc poprzednio wyniki badań dają wartości dla materiału za niskie. Pomp i Enders (11) podają więc wyniki badań 8 gatunków stali, uważając za wytrzymałość trwałą tę wartość naprężenia, przy której szybkość odkształcenia między 3 a 6 godz. wynosi $0,005\%/h$.

Podajemy wyniki dla gatunków stali bardziej nas interesujących (próbki wyżarzane):

Gatunek stali		Wytrzymałość trwała w kg/mm^2 $0,005\%/h$ między 3 a 6 godz.		
		300°	400°	500°
C_1	$0,06\% C$	29,0	10,0	6,5
	$0,51\% Mn$			
C_3	$0,44\% C$	40,0	15,0	10,0
	$0,20\% Si$			
	$0,78\% Mn$			

Różnice między powyższymi wynikami badań, a poprzednimi są rzeczywiście poważne i przesuwają okolicę zetknięcia się wytrzymałości trwałej z granicą płynności $0,2\%$ na około 400° . Pomp i Enders w swych badaniach wykazują następnie, że szybkość $0,005\%/h$ między 3 a 6 godz. odpowiada szybkości $0,003\%/h$ między 5 a 10 godz. i szybkości $0,0015\%/h$ między 25 a 35 godz. i proponuje do pomiarów stosować tę drugą wartość t. j. szybkość $0,003\%/h$ między 5 a 10 godz. obciążenia.

Badania Pompa i Högera z 1932 r. (12) obejmują między innymi bardzo dla nas interesujące badania wytrzymałości trwałej blach kotłowych.

Badania te są tembardziej dla nas cenne, że uwzględniono przy ich wykonaniu wpływ czynników ubocznych, a przedewszystkiem sprawę rozkładu temperatury w próbce i dążono do jej wyrównania. Za wytrzymałość trwałą przyjęto uważać podobnie, jak w poprzednich badaniach Pompa i Endersa (11) tę wartość naprężenia, która między 5 a 10 godziną obciążenia daje szybkość odkształcenia równą $0,003\%/h$.

Gatunek blachy		Wytrzymałość trwała w kg/mm^2 $0,003\%/h$ między 5 a 10 godz.			
		300°	350°	400°	500°
A_1	$0,11\% C$	23,9	—	11,0	4,7
	$0,36\% Mn$				

B_I	$0,09\% C$	26,1	—	11,3	4,4
	$0,42\% Mn$				
C_I	$0,08\% C$	29,7	—	11,7	5,3
	$0,45\% Mn$				
A_{II}	$0,18\% C$	—	17,8	12,1	5,3
	$0,39\% Mn$				
B_{II}	$0,16\% C$	—	18,8	13,3	5,8
	$0,02\% Si$				
	$0,66\% Mn$				
C_{II}	$0,17\% C$	—	19,6	14,6	6,1
	$0,56\% Mn$				
A_{III}	$0,17\% C$	—	—	14,2	6,4
	$0,2\% Si$				
	$0,48\% Mn$				
A_{IV}	$0,22\% C$	—	—	12,4	5,2
	$0,1\% Si$				
	$0,61\% Mn$				

Należy dalej wspomnieć, że badania Pompa i Högera miały za zadanie wykazać, czy powstające w czasie wyznaczania wytrzymałości trwałej, całkowite odkształcenie trwałe nie przekracza pewnych granic niepożądanych dla materiału. Badania te zostały spowodowane powstaniem w międzyczasie drugiego kierunku reprezentowanego przez Ulricha (16), zmierzającego do wprowadzenia t. z. trwałej granicy płynności, o czym była już poprzednio mowa. Badania wykazały, że całkowite odkształcenie trwałe po 40 godz. przy naprężeniu odpowiadającym wytrzymałości trwałej nie osiągnęło wartości $0,2\%$ dla blach kotłowych I—III kategorii. Odmiennie zachowały się blacha IV kategorii i stale stopowe, gdzie wartość całkowitego odkształcenia trwałego przekroczyła po 40-tu godz. $0,2\%$, dla tych ostatnich nawet dość znacznie, bo w poszczególnym wypadku przeszło $1\frac{1}{2}\%$.

Definicja wytrzymałości trwałej użyta przez Pompa i Högera może mieć więc zastosowanie tylko dla stali miękkich i dla blach kotłowych, jeżeli przyjmujemy za słuszne założenie, że całkowite odkształcenie trwałe nie może przekroczyć $0,2\%$.

Przyjęcie tego założenia wydaje się nam tembardziej uzasadnione, że odpowiada przesłankom, które braliśmy pod uwagę przy przyjęciu definicji granicy płynności, a która to granica jest podstawą do ustalenia naprężeń dopuszczalnych w niższym zakresie temperatur.

W pierwszym rozdziale niniejszej pracy omówiliśmy również propozycje definicji trwałej granicy płynności.

Ulrich podaje następujące wartości trwałej granicy płynności (naprężenie przy $0,2\%$ odkształcenia trwałego i końcowej szybkości płynięcia = $1 \cdot 10^{-4}/h$). Wybraliśmy tylko wartości dla dwu stali węglowych.

Gatunek stali	Trwała granica płynności kg/mm^2 $0,2\%$, $1 \cdot 10^{-4}\%/h$	
	400°	500°
stal węglowa $R_p = 36 kg/mm^2$ 20°	10,5	4,0
stal węglowa $R_p = 44 kg/mm^2$ 20°	—	5,0

Nie widzimy zbyt wielkich różnic między wartościami osiągniętymi przez Pompa-Högera i przez Ulricha, jednak o jakiegokolwiek porównywanie obydwu metod trudno się pokusić, ponieważ Ulrich nie przedstawia poważniejszego materiału doświadczalnego.

U innych badaczy trudno wyłowić poważniejszy zespół konkretnych wartości, gdyż badania ich idą raczej

w kierunku opanowania zjawiska płynięcia i metody badania, aniżeli dostarczona pewnej ilości cyfr, któremi można posłużyć się przy ustalaniu naprężeń dopuszczalnych dla poszczególnych materiałów pracujących w podwyższonej temperaturze.

Galibourg (19) podaje wartości wszystkich trzech proponowanych przez siebie granic dla 13 gatunków stali konstrukcyjnych węglowych i nskostopowych przy 450°. Podajemy wyniki dla trzech gatunków stali węglowych:

Gatunek stali	Graniczne naprężenie w kg/mm^2					
	I.		II.		III.	
	dolne	górne	dolne	górne	dolne	górne
A 0,115% C, 0,06% Si 0,55% Mn	9,05	10,75	5,6	6,48	8,15	10,75
C 0,42% C, 0,018% Si 0,58% Mn	8,5	9,52	8,5	0,23	10,23	13
D 0,28% C, 0,35% Si 0,55% Mn	11,2	12,5	9,05	10,10	15,95	—
	11,8	12,5	9,05	9,50	15,95	19,4

Przypominamy, że I. graniczne naprężenie odpowiada granicy proporcjonalności; II. najniższe naprężenie, przy którym niema zupełnie objawów płynięcia; III. tej wartości naprężenia, przy której płynięcie ulega zahamowaniu po pewnym odstępie czasu.

Lea (4) podaje następujące wartości trwałe (creep limit) dla stali węglowej o zawartości 0,14% C.

temperatura w °C 230°, 350°, 400°, 500°, 600°

Wytrzymałość trwała wyznaczona przez ekstrapolację wykresu szybkości płynięcia w kg/mm^2	52,0	44,0	22,0	6,3	1,5
--	------	------	------	-----	-----

Jak z powyższego zestawienia wynika wartości wytrzymałości trwałe podane przez poszczególnych badaczy są dość rozbieżne.

Ustalenie z poszczególnych pomiarów wartości obliczeniowych, któreby były użyteczne przy konstrukcji jest dość trudne. Ponieważ jednak nie każdemu konstruktorowi jest dostępną cała obszerna i rozrzucona dotycząca tej sprawy literatura, której interpretacja jest zresztą dosyć uciążliwa, skłonieni ku temu przez poszczególnych członków Komisji Kotłowej P. K. N. postanowiliśmy zaproponować tymczasowe wartości obliczeniowej wytrzymałości trwałe.

W wykresie rys. 25 przedstawiliśmy zestawienie przebiegu granicy płynności od 20°—600° dla obydwu kategorii blach kotłowych (K i D) na podstawie badań M. S. D. i badań Urbanczyka dla kat. I i II, oraz wytrzymałości trwałe dwu pierwszych kategorii (I i II) blach kotłowych według badań Pompa-Högera dla zakresu od 300°—500°. Niezależnie od tego wpisaliśmy wartości z pomiarów Galibourga i Lea.

Jak już poprzednio zaznaczyliśmy wartości wytrzymałości trwałe uzyskane dla blach kotłowych w badaniach Pompa-Högera zbiegają się z wartościami granicy płynności, uzyskanej przy 10 minutowym czasie trwania obciążenia w okolicy 400° C. Na rys. 25, widzimy wkreślone wartości obliczeniowej granicy płynności do 400° według propozycji M. S. D. przyjętej przez Komisję kotłową P. K. N.

Idąc po linii wyrażania obliczeniowych wartości naprężeń granicznych dla blach kotłowych w równaniach linii prostych, należałoby przyjąć obliczeniową wartość wytrzymałości trwałe w postaci linii prostej, mającej swój początek przy 400° na wysokości obliczeniowej granicy płynności, przecinającej się z osią odciętych w okolicy 600°.

W rzeczywistości wytrzymałość trwała zwyczajnych blach kotłowych zdąża najprawdopodobniej asymptotycznie do zera, przybierając jednak przy 600° wartości, które nie posiadają praktycznego znaczenia.

Równania linii prostych przedstawiających obliczeniową wytrzymałość trwałą znajdziemy, przyjmując następujące wartości wytrzymałości trwałe:

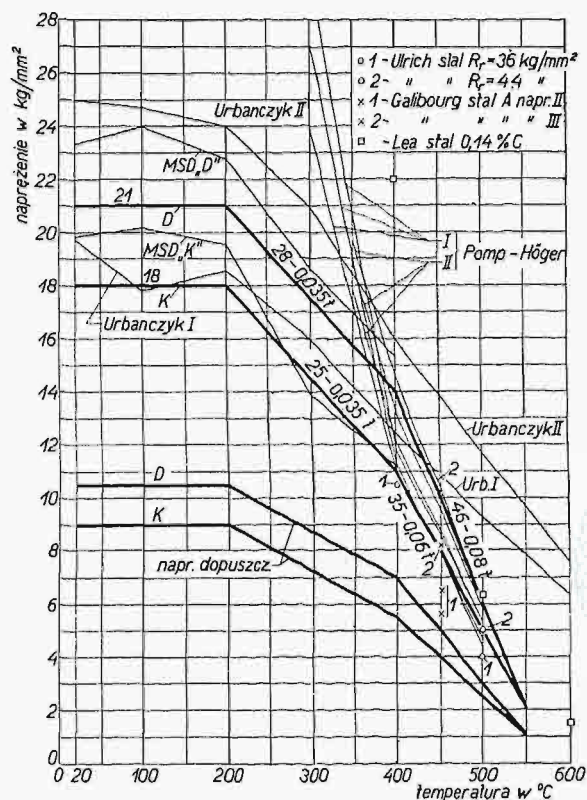
	przy 400°	500°	550°
kg/mm^2 K	11,0	5,0	2,0
D	14,0	6,0	2,0

Otrzymałyśmy dwie proste o następujących równaniach:

$$(K) y_K = 35 - 0,06 t$$

$$(D) y_D = 46 - 0,08 t$$

Obydwie proste przecinają oś odciętych w okolicy 580°. Sądziemy jednak, że przyjęcie temperatury 550°, jako granicy stosowalności powyższych równań nie będzie zbyt daleko posuniętą ostrożnością. Przy tej temperaturze uzyskaliśmy z obliczenia wartości wpisane w powyższej tablicy, t. j. 2 kg/mm^2 .



Rys. 25.

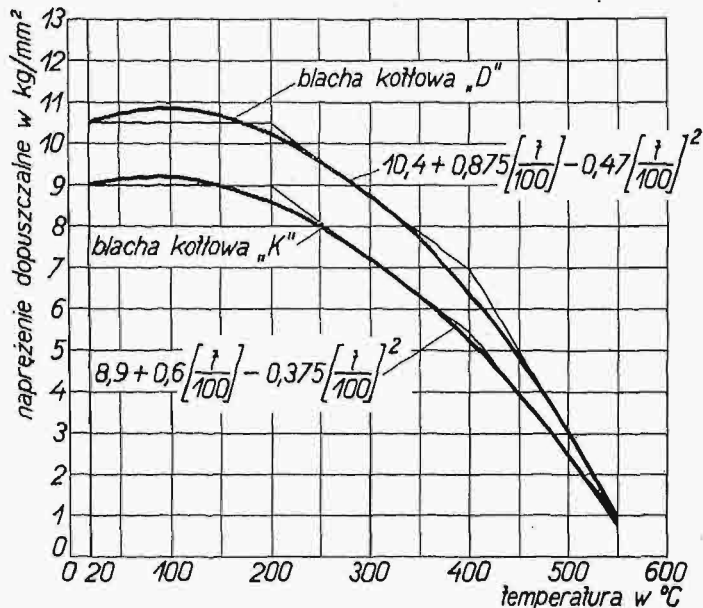
Naprężenia dopuszczalne uzyskujemy z naprężeń obliczeniowych granicy płynności i wytrzymałości trwałe przez wprowadzenie współczynnika pewności. Współczynnik ten w stosunku do wytrzymałości na rozciąganie wynosi 4 według polskich przepisów kotłowych, przy normalnym zastosowaniu blach kotłowych, zaś w stosunku do granicy płynności 1,9 co zostało poprawione na jednym z ostatnich posiedzeń Komisji Kotłowej P. K. N. na 2.

Wydaje się nam, że zastosowanie współczynnika pewności = 2 również w stosunku do obliczeniowej wytrzymałości trwałe nie napotka na sprzeciw. Będzie się to logicznie wiązać ze sobą tak, jak wytrzymałość trwała przejmuje rolę granicy płynności powyżej 400° i według ostatnich badań Pompa i Högera będzie się obracać w granicach trwałe granicy płynności.

Wprawdzie możnaby się spotkać z zarzutem, że obranie współczynnika pewności = 2 w stosunku do wartości naprężeń, będących teoretyczną granicą naprężeń bezpiecznych jest zbyt daleko posuniętą ostrożnością, że wystarczyłoby może współczynnik n. p. 1,5, to jednak z uwagi na możliwość a) niekorzystnych lokalnych odchylen w własnościach materiału, b) możliwej różnicy między naprężeniami ustalonymi rachunkowo a występującymi rzeczywiście, c) osłabieniem materiału przez korozję, rysy lub lokalnie wyższą niż przewidzianą tempe-

raturę, uważamy, że schodzenie ze współczynnikiem pewności poniżej cyfry 2 byłoby niepożądane.

W rys. 25 zostały wkreślone wartości naprężeń dopuszczalnych dla blach kategorii *K* i *D* w zakresie od 20—550°, ustalone na podstawie przedstawionych w niniejszej pracy wyników badań, rozważań i propozycji.



Rys. 26.

Charakterystyczny przebieg zaproponowanych przez nas naprężeń dopuszczalnych na podstawie granicy płynności i wytrzymałości trwałej, dla obydwu kategorii blach kotłowych, od 20°—550°, nasunął nam myśl, ażeby naprężenia dopuszczalne przedstawić równaniami

Wykaz literatury, na którą powoływano się w tekście.

1. Martens: Untersuchungen über den Einfluss der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften des Eisens. Mitteilungen aus den Königl. Techn. Versuchsanstalten VIII. 1890, str. 159.
2. Stribeck: Der Warmzereissversuch von langer Dauer. Z. d. V. D. I. 1903. Z. 16.
3. Welter: Elastizität und Festigkeit von Spezialstählen bei hohen Temperaturen. Forschungsarbeit Berlin 1921. Verl. V. D. I.
4. F. C. Lea: The Effect of Low and High Temperatures on Materials. Engineering 118 (1924), str. 816.
5. W. Hatfield: Steels at Elevated temperatures. Iron Age 1924, str. 348.
6. J. Cournot i R. Sasagawa: Contribution a l'étude de la viscosité des alliages a température élevée. Rev. Metal. 1925.
7. Pomp - Dahmen: Entwicklung eines abgekürzten Prüfverfahrens zur Ermittlung der Dauerstandfestigkeit von Stahl bei erhöhten Temperaturen. Mitt. Kais. Wilh. Inst. für Eisenforschung 1927. Bd. IX. Lief. 3.
8. Körber - Pomp: Vergleichende Untersuchungen über das Verhalten von unlegierten und legierten Kesselblechen bei erhöhten Temperaturen. Mitt. Kais. Wilh. Inst. für Eisenforschung 1927. Bd. IX. Lief. 22.
9. Körber - Pomp: Festigkeitseigenschaften von Kesselblechen bei erhöhten Temperaturen, mit besonderer Berücksichtigung des Verhältnisses der Warmstreckgrenze zur Zugfestigkeit bei Raumtemperatur. Mitt. Kais. Wilh. Inst. für Eisenforschung 1930. Bd. XII. Lief. 3.
10. Körber - Pomp: Zur Bestimmung der Warmstreckgrenze von Stahl. Mitt. Kais. Wilh. Inst. für Eisenforschung 1930. Bd. XII. Lief. 12.
11. Pomp - Enders: Zur Bestimmung der Dauer-

standfestigkeit im Abkürzungsverfahren Mitt. Kais. Wilh. Inst. für Eisenforschung 1930. Bd. XII. Lief. 10.

dla kategorii (*K*)

$$k = 8,9 + 0,6 \left(\frac{t}{100} \right) - 0,375 \left(\frac{t}{100} \right)^2$$

dla kategorii (*D*)

$$k = 10,4 + 0,875 \left(\frac{t}{100} \right) - 0,47 \left(\frac{t}{100} \right)^2$$

Są to równania parabol drugiego rzędu, dla których maksimum wypada dla pierwszej przy 80°, dla drugiej przy 93°.

Obydwie krzywe zostały wkreślone na rys. 26, przyczem możemy zauważyć, że spełniają one naogół bardzo dobrze wartości wypośredkowane w poprzednich rozważaniach. Nawet wzrost zresztą nieznaczny przy około 100°, odpowiada rzeczywistemu przebiegowi uzyskanemu w badaniach M. S. D.

W powyższych rozważaniach przyjęta temperatura (*t*) winna odpowiadać temperaturze blachy kotłowej w praktycznych warunkach ruchowych. Przepisy kotłowe z 23 grudnia 1930 r. przyjmują za temperaturę blachy (ścianek walczaka):

- a) przy walczakach położonych nad komorą ogniową, nieosłoniętych i pobierających ciepło przez promieniowanie paleniska: temperaturę pary nasyconej + 100° C;
- b) przy walczakach położonych w pierwszym lub drugim przelocie, nieosłoniętych, lecz niepobierających ciepła przez promieniowanie paleniska: temperaturę pary nasyconej + 50° C;
- c) przy walczakach położonych w 3-im lub dalszym przelocie, bądź też przy walczakach nieogrzewanych: temperaturę pary nasyconej.

12. Pomp - Höger: Dauerstandfestigkeitsuntersuchungen an Kohlenstoff und niedriglegierten Stählen nach dem Abkürzungsverfahren. Mitt. Kais. Wilh. Inst. für Eisenforschung 1932. Bd. XIV. Lief. 4.

13. Urbanczyk: Festigkeitseigenschaften von Kesselblechen bei Temperaturen von 20° bis 600°. St. u. E. 1927. str. 1128.

14. Fischer, Schleip, Ehmcke: Hochdruckkessel, Warmstreckgrenzen und Warmfestigkeiten der Kesselbaustoffe Kruppsche Monatshefte 1920, str. 185 i 1929, str. 209.

15. Eckardt: Dauerzugbeanspruchung von Stahl bei erhöhter Temperatur. Veröffentlichungen des Zentralverbandes der Preussischen Dampfkessel-Ueberwachungsvereine Bd. VII. 1930.

16. Ulrich: Werkstoffeigenschaften bei höheren Temperaturen. Maschinenbau 1930, str. 59/60.

17. E. Siebel u. M. Ulrich: Die Bestimmung von Zeit-Dehngrenzen im Dauerstandversuch. V. D. I. 1932. Str. 659.

18. French Kahlbaum: Peterson, Cross, Dowdell, Tucker; Bureau of Standards, Journal of Research 1928, 1930, 1931.

19. Galibourg: Les métaux aux températures élevées. Congrès du Zurich 1931.

20. K. Bauman: Some Considerations Effecting Future Developments of Steam Cycle. Engineer 1930, str. 518 i 538.

21. Allen: Steam Turbine Materials for High Temperatures. Joint A. S. M. E. A. S. T. M. Research Committee. Symposium on Effect of Temperature on the Properties of Metals., str. 550/66.

22. Krupkowski: Mechaniczne własności miedzi. Wyd. nakł. Akademii Nauk Techn. Warszawa 1930.

Wiadomości z literatury technicznej.

Koleje.

— **Parowozy polskie w Bułgarii.** W r. 1930 po bardzo ciężkiej walce konkurencyjnej, zarząd kolei bułgarskich oddał do budowy 22 parowozów fabrykom polskim, a mianowicie 12 sztuk tendraków towarowych o układzie osi 1—6—2 otrzymała fabryka H. Cegielski w Poznaniu i 10 sztuk parowozów pośpiesznych o układzie 1—4—1 fabryka lokomotyw w Chrzanowie.

W czerwcu i lipcu 1931 nastąpiła dostawa i odbiór zamówionych parowozów, oraz odbyła się ich próba w Bułgarii, o czym pisze inż. J. Dąbrowski pod powyższym tytułem w *Przeglądzie Technicznym* (nr. 47-48 z r. 1931).

Wszystkie dostarczone parowozy pracują od wielu miesięcy ku zupełnemu zadowoleniu bułgarskich władz kolejowych. Ustępny końcowy powyższego artykułu podają charakterystyczne dane co do pracy wytwórni taboru kolejowego w Niemczech.

Niemiecki przemysł lokomotywowo przeżywa kryzys w wyższym stopniu, aniżeli to się objawia w innych państwach. Z 21 fabryk lokomotyw pozostało tylko 8, inne zostały albo zupełnie zlikwidowane, albo połączyły się w przymusowe związki. Przemysł, którego zdolność wytwórcza wynosiła 5000 parowozów rocznie i który przed wojną eksportował rocznie 1600 lokomotyw, a dla kolei Rzeszy dostawiał również 1600 parowozów, dostarczył w r. 1930 tylko 30% eksportu przedwojennego na zewnątrz, a dla kolei Rzeszy tylko 70 parowozów.

Jako charakterystyczny przykład podaje literatura techniczna, że fabryka Henschel w Kassel, największa wytwórnia na lądzie Europy, obliczona na produkcję roczną 1000 lokomotyw, wykonała w r. 1929 jeden parowóz wąskotorowy i trzy jaszczyki. *Inż. A. W. Krüger.*

RECENZJE I KRYTYKI.

Dr. Stefan Bryła: „Podręcznik inżynierski w zakresie inżynierji lądowej i wodnej“. Tom III wyszedł z druku z początkiem maja b. r. i ukazał się w handlu księgarskim.

Dzieło to jako ciąg dalszy, już popularnego i cenionego powszechnie wydawnictwa z zakresu nauk inżynierskich obejmuje 743 stron druku z 1013 rysunkami w tekście oraz licznymi tablicami cyfrowymi i wykresami, zawiera w treści swej dwa — ze sobą ściśle sprzężone — działy, mianowicie inżynierję miejską i budownictwo jako takie.

Nim przystąpimy do szczegółowego sprawozdania z treści poszczególnych dziedzin i obszarów wiedzy inżynierskiej zawartej w omawianem dziele, musimy odpowiedzieć na nasuwające się tu pytanie — czy zachodziła potrzeba poświęcenia w podręczniku inżynierskim o charakterze encyklopedycznym osobnego, obszernie opracowanego tomu budowlanej wiedzy urbanistycznej, dotychczas w podobnych wydawnictwach zagranicznych (Hütte, Bleich-Melan, Foerster) ignorowanej zupełnie lub też nie uwzględnianej w tak rozległej mierze jak to czyni III tom „Podręcznika Inżynierskiego“? Odpowiedź na to pytanie wypada bezwzględnie pozytywnie, a to z następujących powodów:

Rozwój tego działu nauk inżynierskich datuje się od początku bieżącego stulecia, jest więc jednym z najmłodszych ramion całokształtu tego obszaru wiedzy, który powszechnie nazywają inżynierją. Oczywista rzecz, że przy obecnem tempie rozwoju niemal wszystkich dziedzin wiedzy technicznej, urbanistyka musiała dostosować się do przyspieszenia swej ewolucji, ponieważ jest nietylko z niemi związana, lecz także od niej wprost zależna.

Przyklasnąć zatem trzeba myśli poświęcenia odpowiedniego miejsca tej gałęzi wiedzy technicznej, która jest umiejętnością, tworzenia tak różnorodnych elementów jak domy mieszkalne i użyteczności publicznej, zabudowań fa-

brycznych, ogrodów, skwerów i cmentarzy publicznych, szlaków komunikacyjnych (naziemnych, wodnych i powietrznych), boisk sportowych i ćwiczeń wojskowych oraz całego szeregu urządzeń pomocniczych jak wodociągów, gazociągów, kanalizacji, przewodów elektrycznych i t. d., i zespalania tych wszystkich materialnych elementów w jednolitą, harmonijną, sprawną i doskonałą całość, przestrzegając przy tem zasadniczych podstaw ekonomji społecznej i estetyki.

Pierwsza część obejmuje 6 działów, a mianowicie:

1. Budowa miast napisana przez ś. p. Prof. Inż. Ignacego Drexlera, ilustrowana licznymi przykładami tak krajowymi jak i zagranicznymi składa się z dwóch rozdziałów. Pierwszy ogólny „Miasto jako całość“, w którym podano sporządzenie map miastowych, prace wstępne i studia przygotowawcze do opracowania planów regulacyjnych ogólnych i szczegółowych oraz przebudowę i rozbudowę miast; drugi rozdział p. t. „Elementy miast“ traktuje o elementach sieci miejskiej t. j. ulicach, węzłach ulicznych, placach, blokach budowlanych, wreszcie zieleni miejskiej i wodzie t. j. ogrodach prywatnych i publicznych, trawnikach, kwietnikach, drzewach ulicznych itd., oraz stawach, jeziorach, rzekach i morzu.

2. Porty lotnicze, napisane przez Inż. Stanisława Naszkiewicza, w których omawia tereny lotnisk, zabudowanie obszarów lotniskowych oraz hangary i garaże.

3. Scalenie gruntów podane przez Inż. Stanisława Kluźniaka omawia całość materiału odnoszącego się do wymienionego zagadnienia, podaną w sposób źródłowy i wyczerpujący. Tenże autor napisał następny rozdział p. t.:

4. Parcelacja, podając ogólne zasady projektu parcelacyjnego, likwidację stosunków dzierżawnych i służbowych przy parcelacji, prawa przy nabywaniu parcel, przepisy szczególne dotyczące parcelacji przeprowadzanej przez urzędy ziemskie oraz Państwowy Bank Rolny, następnie omawia parcelację prywatną, uproszczenia przy wykonywaniu parcelacji w związku z potępowaniem scaleniem, parcelację prywatną, dzierżawną oraz postępowanie techniczne przy projektowaniu kompleksów i grup parcel.

5. Hydrogeologia, napisana przez Inż. Dr. Romualda Rosłoińskiego opisuje w zakresie wiadomości potrzebnych dla budowy miast i osiedli ludzkich, badanie pochodzenia, przejawianie się, ilości i jakości wody podziemnej w związku z kształtem i rodzajem formacji wodonośnych ukrytych w miarodajnej konfiguracji powierzchni ziemi.

Ten sam autor opracował również:

6. kanalizację miast podając krótko i treściwie wiadomości ogólne i techniczne zasady projektowania kanalizacji. Dokładniej omawia ilość odpływu kanalizacyjnego, oraz szczególne urządzenia kanalizacyjne.

7. Wodociągi miejskie w opracowaniu Inż. Dr. Ottona Nadolskiego zawierają opis prac wstępnych przed opracowaniem projektu wodociągowego, ogólne zasady takiego projektu, ujęcia wodociągowe i rurociągi z podaniem tabel żeliwnych rur kielichowych i kołnierzowych oraz ich odmian połączeniowych, łuków, nasuwek, krzywek, kolan, zwężek, trójników, odwodników i t. d. — według norm polskich i niemieckich, wreszcie tabele materiałów uszczelniających wraz z opisem wykonania rurociągów. Ostatni rozdział części siódmej Podr. Inżynierskiego poświęcono gazownikom miejskim p. t.:

8. Gaz w gospodarce miejskiej opracowany przez Inż. Józefa Konopkę. Treść tego rozdziału składa się z krótkiego omówienia budowy gazowni i zapotrzebowania gazu oraz z nieco dokładniejszego omówienia budowy gazociągów.

Część drugą opracowało 14 autorów.

1. Materiały budowlane. Rozdział ten opracowali: Inż. Dr. Jan Bogucki, prof. Józef Galer, Inż. Dr. Maksymilian Huber, Inż. Władysław Jabłoński, Inż. Dr. Adam Kuryłło, oraz Inż. Marjan Żerebecki.

Inż. Władysław Jabłoński opracował pięć ustępów omawianego rozdziału, mianowicie: 1. kamienie sztuczne,

które dzieli na niewypalane (cegłę wapienno-piaskową, cegłę piaskowo-cementową, surówkę, płyty posadzkowe deseniowe, pustaki, dyle i deski gipsowe, sztuczne marmury, eternit, ksyloit, linoleum oraz cegły i płyty korkowe) i 2. kamienie sztuczne wypalane i cegła zwyczajna i dęta, dachówki, dreny, płytki posadzkowe, terrakota, fajans i majolika. 3. Materiały wiążące — zaprawy. 4. Metale z wyjątkiem żelaza t. j. cynk, miedź, ołów, cyna, stopy i luty. 5. Materiały pomocnicze t. j. szkło (zwykłe, wodne, szybowe, surowe na siatce, zwierciadlane, sflaczane, katedralne, pryzmowe, prasowane ornamentowe), asfalty, kity, siarkę, farby i powłoki, smoły oraz obicia, wreszcie 6. drzewo.

Prof. Józef Galer opracował *b)* cegielnie, prof. Dr. Adam Kuryłło *c)* beton z podaniem „tymczasowych przepisów, dotyczących cementów i dodatków hydraulicznych, używanych w budownictwie betonowym“ oraz „Tymczasowych przepisów, dotyczących prób wytrzymałości betonu“.

Prof. Dr. Jan Bogucki opracował ustęp *d)* o żelazie z podaniem tablic *a)* ciężaru płaskowników (żelaza wstęgowego), *β)* ciężaru i wymiarów żelaza kwadratowego i okrągłego, *γ)* funkcji statycznych kształtowników listw okiennych, szyn kopalnianych oraz blach falistych.

Inż. Marjan Żerebecki opisał *e)* tartaki. Prof. Dr. Maksymilian Huber opracował *f)* Stale sprężystości i wytrzymałości materiałów konstrukcyjnych (metali, drzewa kamieni naturalnych i sztucznych) i zapraw z podaniem ustalania naprężeń dopuszczalnych.

2. Rozdział drugi „Budownictwo ogólne“ napisali ś. p. Inż. Marjan Dolnicki i Inż. arch. Gustaw Trzeciński. W rozdziale tym Inż. G. Trzeciński podał konstrukcję ścian, otworów, łuków i sklepień, a inż. Marjan Dolnicki opracował materiały zastępcze, konstrukcję dachów, schodów, polep i posadzek oraz opisał roboty budowlane rzemieślnicze (malarskie, tapicerskie, stolarskie i szklarskie) wreszcie zasady projektowania budynku. Wspólnie opracowali obaj autorzy ustęp o stropach drewnianych i ceglanych.

3. Następny rozdział trzeci „Niektóre dane dotyczące projektowania budynków“ podano bezimiennie, a omawia on rentowność, kształt i wymiary placów i budynków czynszowych, szkół powszechnych, szpitali, hoteli, garaży i budynków gospodarczych.

4. Budownictwo przemysłowe opracowane przez Prof. Inż. Mieczysława Bronikowskiego omawia wybór terenów i ich podział przy planowaniu budynków, roboty przygotowawcze, oświetlenie budynków fabrycznych i roboty murarskie (fundamenty pod maszyny, mury z cegieł ogniotrwałych i t. p.).

5. Ochrona budynków przed pożarami (ze specjalnym uwzględnieniem budynków przemysłowych) opracował Inż. Mieczysław Rogowski. W tym rozdziale omówiono zabezpieczenie od ognia materiałów budowlanych, konstrukcji i części budynków, zabezpieczenia specjalne oraz zabezpieczenia składów zawierających materiały łatwopalne lub wybuchowe, wreszcie zniżki za konstrukcję od składek ubezpieczeniowych stosowane przez towarzystwa ubezpieczeń.

6. Katastrofy budowlane omawia Inż. Dr. Stefan Bryła.

7. Przebudowa i odnowienie (remonty) napisał ś. p. Inż. Marjan Dolnicki. Rozdział ten traktuje o robotach przygotowawczych i kierownictwie, podstemplowaniu, podkopcach, przeróbce ścian i filarów, usuwaniu i wymianach murów i podpór, dodatkowo prowadzeniu kominów w ścianach pełnych, remoncie stropów, podłóg, dachów, schodów, o robotach rzemieślniczych przy remontach wreszcie rekonstrukcjach betonowych, żelbetowych i żelaznych.

8. Drewniane konstrukcje inżynierskie napisane przez Inż. Dr. Jana Boguckiego omawiają słupy, dźwigary złożone (zazębione, klinowane i klockowe) połączenia elementów konstrukcyjnych oraz budowlane zespoły niosące. Tegoż autora:

9. Konstrukcje żelazne nitowane omawiają połączenia żelazne, słupy żeliwne (lane), słupy z żelaza walcowanego, dźwigary żelazne, dachy i schody żelazne.

10. Żelazne konstrukcje spawane napisali Inż. Dr. Stefan Bryła, Inż. Zygmunt Dobrowolski i Dr. Alfred Sznerr.

Pierwszy ustęp tego rozdziału opracowany przez Dra Sznerra opisuje spawanie acetylenem omawiające poszczególne materiały (tlen, acetylen, karbid, acetylen rozpuszczony, płomień acetyleno-tlenowy) oraz przyrządy (wytwornice, zawory redukcyjne, palniki i t. d.). Drugi ustęp opracowany przez Inż. Zygmunta Dobrowolskiego traktuje o spawaniu elektrycznym opisując zasady spawania elektrycznego, spawalnice, elektrody (pałeczki), technikę spawania i cięcie żelaza zapomocą tlenu. W trzecim ustępie tego rozdziału Dr. Stefan Bryła opisuje zasady obliczenia i wykonania żelaznych konstrukcji spawanych i podaje projekt przepisów dotyczących żelaznych konstrukcji spawanych w budownictwie lądowym, obejmujący: warunki ogólne, zasady obliczenia konstrukcji spawanych, projektowanie spawania, instalacje, materiały do spawania, przygotowanie do spawania, wykonywanie spoin, próby spawaczy i kontrolę robót.

11. Konstrukcje żelbetowe, napisali Inż. Dr. Stefan Bryła, Dr. Adam Kuryłło i Inż. Wacław Paszkowski. Jedenasty i ostatni rozdział części ósmej „Podręcznika Inż.“ podzielono na czternaście ustępów: mianowicie dwa o charakterze ogólnym, siedem, w których opisano poszczególne części budowli, jak stropy, ściany, schody, dachy, budowle wspornikowe, fundamenty i mury oporowe oraz pięć traktujących o poszczególnych budowlach. Pierwszy ustęp p. t.

a) Ważniejsze szczegóły konstrukcji żelbetowej napisał Inż. Wacław Paszkowski, *b)* stropy, *c)* ściany, *d)* dachy, *e)* fundamenty na palach, *f)* kominy maszty oraz, *g)* wykonanie budowli żelbetowych napisał Dr. Adam Kuryłło a *h)* mury oporowe, *i)* budowle wspornikowe, *j)* schody, *k)* budynki szkieletowe, *l)* budynki fabryczne, *m)* zbiorniki, wreszcie *n)* silosy (zbiorniki do przechowywania materiałów sypkich t. j. materiałów zmielonych, ziarnistych np. zboże, mąka, ruda, tłuczeń, węgiel, cukier, sól i t. p.) opracował Dr. Stefan Bryła.

Sama tylko treść omawianego dzieła, której spisanie z wyliczeniem autorów poszczególnych części rozdziałów i ustępów zajęło sporo miejsca — z zupełnym pominięciem uwag krytycznych — daje pewną orientację o różnorodności pouczającego materiału w niej zawartego, który musi sobie przyswoić nie tylko każdy inżynier pracujący w dziedzinie budowy miast, lecz także ci koledzy, którzy z tytułu swego stanowiska wykonują nadzór nad miejskimi urzędami budowlanymi. Poza to zawiera treść trzeciego tomu Podr. Inż. także cały szereg ważnych i najnowszych wiadomości dla specjalistów wodociągowych (wodociągi miejskie i hydrologja), mierniczych (scalanie i parcelacja gruntów), konstruktorów (konstrukcje żelazne nitowane, spawane i konstrukcje żelbetowe) i t. p.

Również nazwiska całego szeregu autorów, którzy podjęli się tej żmudnej pracy, a którym należy się za to wdzięczność i podziękowanie ze strony społeczności inżynierskiej — daje pewną gwarancję wysokiej wartości zawartej, w omawianym dziele, wiedzy technicznej a szczególnie naczelnemu Redaktorowi tej zbiorowej pracy należą się słowa uznania, za nieszczędzenie energii — w obecnych gospodarczo ciężkich czasach — dzięki której wydawnictwo Podręcznika Inżynierskiego zbliża się do szczęśliwego ukończenia.

Naczelnym Redaktorem i poszczególni autorzy spełnili zatem swój żmudny, lecz piękny obowiązek, obecnie należy oczekiwać, że w zainteresowanej społeczności inżynierskiej nie braknie nikogo, komu by omawiana książka nie stała się koniecznym doradcą i przyjacielem.

Dr. Aleksander Pareński.