

# PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

## TREŚĆ:

Ogólna formuła wytrzymałościowa dla zginanych i skręcanych przekrojów, nap. Inż. Dr. W. Burzyński.  
Racjonalizacja a koszt wytwarzania, nap. Inż. E. Hauswald, Profesor Politechniki Lwowskiej.  
Prace techniczne s. p. Inż. G. Narutowicza, b. Prezydenta Rzplitej, nap. Dr. K. Pomianowski, Profesor Politechniki Warszawskiej.  
Przeгляд pism technicznych.  
Bibliografia.  
Nekrologja.  
Sprawozdania i Prace Polskiego Komitetu Energetycznego.

## SOMMAIRE:

La formule générale pour le calcul des sections soumises à la flexion et à la torsion (à suivre), par M. W. Burzyński, Dr. Ingénieur.  
Rationalisation industrielle et son effet sur les prix de revient, par M. E. Heuswald, Professeur à l'Ecole Polytechnique de Lwów.  
Les travaux du défunt M. l'Ingénieur G. Narutowicz, ancien Président de la République Polonaise, par M. K. Pomianowski, Dr., Professeur à l'Ecole Polytechnique de Varsovie.  
Revue documentaire.  
Bibliographie.  
Nécrologie.  
Bulletin du Comité Polonais de l'Energie.

## Ogólna formuła wytrzymałościowa dla zginanych i skręcanych przekrojów kołowych.

Napisał Inż. Dr. W. Burzyński, Getynga

Mam na myśli temat, poruszany kilkakrotnie w czasopiśmie obcych i polskich, ostatnio np. przez prof. Hubera;<sup>1)</sup> zaszczytna dla mnie wzmianka w cytowanym artykule skłoniła mnie między innymi do zajęcia się tą sprawą i możliwie definitywnego zakończenia toczzonej często dyskusji propozycją formuły ogólnej, której walory będą miał zaszczyt przedstawić. Nie wdając się w dłuższe wstępy, pozwolę sobie przystąpić wprost do rzeczy.

W obliczeniach wytrzymałościowych zachodzi często potrzeba obliczania przekrojów równocześnie zginanych i skręcanych momentami  $M_g$  i  $M_k$ ; do najczęstszych należy przekrój kołowy pełny lub współśrodkowo pusty (dla tematu niniejszego obojętne). Z tytułu założonego przekroju nie zachodzi potrzeba rozkładu momentu zginającego na składowe. Z korzyścią tedy dla rachunku, założmy  $zx$  jako płaszczyznę gięcia,  $yz$  jako płaszczyznę skręcania (rys. 1). Wobec nieobecności sił podłużnych i poprzecznych, określają stan napiecia dowolnego punktu  $P(z, \rho)$  przekroju napiecia:

$$\left. \begin{array}{l} \text{podłużne: } \sigma_x = \frac{M_g z}{I_g} \\ \text{i poprzeczne: } \tau_s = \frac{M_k \rho}{I_k} \end{array} \right\} (1),$$

przyczem  $I_g$  i  $I_k = 2I_g$  oznaczają odpowiednio równikowy i biegunowy moment bezwładności przekroju; pod  $M_g$  i  $M_k$  należy rozumieć bezwzględne wartości momentów, lub też — bez ujemy dla ogólności — założyć dla nich znaki dodatnie; wreszcie przyjmijmy, że  $\sigma_x > 0$  oznacza ciągnięcie.

Z tytułu identycznie spełnionej równości:

$$\sigma_x \sigma_y \sigma_z + 2\tau_x \tau_y \tau_z - \sigma_x \tau_x^2 - \sigma_y \tau_y^2 - \sigma_z \tau_z^2 = 0,$$

mamy najwidoczniej do czynienia wyłącznie z dwuosiowym stanem napiecia o składowych głównych:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_1 = \frac{M_g z + \sqrt{M_g^2 z^2 + M_k^2 \rho^2}}{I_k} \\ \sigma_3 = \frac{M_g z - \sqrt{M_g^2 z^2 + M_k^2 \rho^2}}{I_k} \end{array} \right\} (2),$$

uporządkowanych wobec  $\tau_2 = 0$  według nierówności:  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ .

W następującym się w związku z tem płaskim zagadnieniu wyteżenia musimy odpowiedzieć na dwa pytania: W którym punkcie przekroju należy szukać maximum wyteżenia lokalnego? Ile ono wynosi?

Jedynie — zdaje się — w przypadku przekroju własnie kołowego możemy dać odpowiedź na pierwsze pytanie bez uciekania się do konkretnej matematycznej formy hipotezy wyteżenia. Najprościej sprawa da się wyjaśnić na drodze rysunkowej. Zauważmy mianowicie, że w układzie prostokątnym  $(\sigma_1, \sigma_3)$  możemy odwzorować jednocześnie każdy dowolny punkt  $P(z, \rho)$  rozpatrywanego przekroju, przekształcając układ równań (2) do formy:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_1 \sigma_3 = -\tau_0^2 a^2 \\ \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{\sqrt{b^2 + c^2} - b}{\sqrt{b^2 + c^2} + b} \end{array} \right\} (3),$$

w której dla skrócenia podstawiono:

$$a = \frac{\rho}{r}, \quad c = \frac{M_k}{M_g}, \quad b = \frac{z}{\rho}$$

z ograniczeniami:  $1 \geq a \geq 0$ ,  $1 \geq b \geq -1$ ; wreszcie:

$$\frac{M_k r}{I_k} = \tau_0 = \frac{M_k}{W_k} \quad (3')$$

oznacza największą wartość liczbowa napiecia poprzecznego. Pierwsze z równań (3) przedstawia

<sup>1)</sup> M. T. Huber. Jakim wzorem wytrzymałościowym należy obliczać wałki? *Przeгляд Techniczny*, 1928.

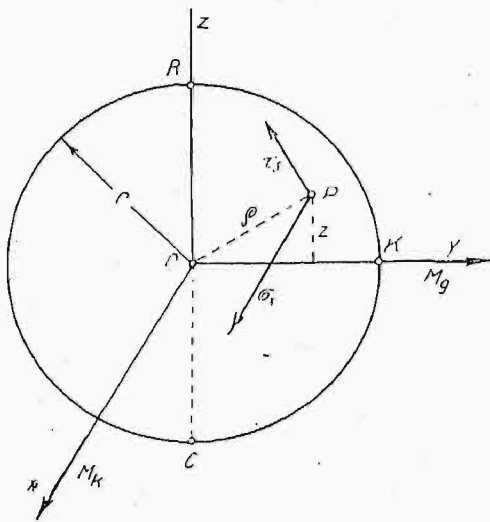
(rys. 2) układ hyperbol równobocznych, drugie — pęk prostych z wierzchołkiem w początku układu  $O$ ; wzajemnym punktem przecięcia tych układów odpowiadają punkty przekroju, więc np.  $O, P, R, K, C$ . Wszelkimi możliwymi miejscami przekroju odpowiada pole ograniczone krzywą  $a = 1$  i prostymi  $b = -1$ , tudzież  $b = 1$ ; rozwartość tych ostatnich  $\alpha = \arccos \left( 1 + \frac{2}{c^2} \right)$  waha się między  $0$  i  $\frac{\pi}{2}$ , w zależności od stosunku  $c$ , co zdaje się być jasnym, skoro stale według (2) jest:  $\sigma_1 > 0, \sigma_3 < 0$ ; przy stałym  $c$ , odpowiada wszelkim zwiększeniom  $M_g$  i  $M_k$  także sama zmiana wymiarów opisanego wykresu. Zauważmy wreszcie dodatkowo, że układ (2) można było również przekształcić do postaci:

$$\begin{cases} \sigma_1 \sigma_3 = -\tau_0^2 a^2 \\ \sigma_1 + \sigma_3 = \sigma_0 d \end{cases} \quad (4)$$

w której stosunek  $d = \frac{z}{r}$  ograniczna nierówność  $1 \geq d \geq -1$ , a

$$\frac{M_g r}{I_g} = \sigma_0 = \frac{M_g}{W_g} \dots \dots \dots (4)$$

oznacza bezwzględnie największą wartość naprężenia podłużnego. Z układu prostych równoległych,



Rys. 1.

przedstawionych nowem równaniem, wrysowano — z korzyścią dla przejrzystości rysunku — tylko dwie skrajne:  $d = \pm 1$ .

Uwagi powyższe uzupełnimy obecnie pewnemi prostymi faktami, zaczerpniętymi z dziedziny wyteżenia, — i to ze skromnego obszaru płaskiego:  $\sigma_1 \geq 0, \sigma_2 = 0, \sigma_3 \leq 0$ . W obrębie mianowicie tegoż dadzą się zawsze stwierdzić doświadczalnie dwa, względnie trzy następujące stany krytyczne: I. Jednoosiowe rozciąganie:  $\sigma_1 = k_r, \sigma_2 = 0, \sigma_3 = 0$ , II. Jednoosiowe ściskanie:  $\sigma_1 = 0, \sigma_2 = 0, \sigma_3 = -k_c$ , III. Proste ścinanie:  $\sigma_1 = k_s, \sigma_2 = 0, \sigma_3 = -k_s$ , poza oczywiście całym szeregiem innych, nie objętych powyższymi schematami. Zadaniem teorii wyteżenia jest ująć wszelkie możliwe ugrupowania liczbowe krańcowych składowych stanu naprężenia w jednoznaczna funkcję matematyczną. W roz-

patrywanym przypadku szczególnym stanów płaskich, odpowiada każdej hipotezie pewien kontur krytyczny (nie w znaczeniu katastrofy, lecz przeciwnie — określonej pewności), spełniający z większą lub mniejszą dokładnością fakty doświadczalne ( $\sigma_1, \sigma_3$ ) — w tem znaczeniu, że, w zależności od liczby użytych parametrów napięciowych, przejdzie on albo tylko przez punkt I, albo też przez I i II, albo wreszcie przez punkty I, II i III<sup>2)</sup>. Zestawienie wszelkich istniejących teorii wyteżenia poucza, że kontur ów może być prostym lub krzywym, i to z nieciągłościami pierwszego lub drugiego rzędu, albo bez nich. — nigdy jednakże nie jest zwrócony wypukłością, czy też wierzchołkami załamania, do wnętrza obszarów podkrytycznych. Na omawianym rysunku zaznaczono potrzebną dla naszych rozważań część takiego, zresztą dowolnego, konturu z trzema charakterystycznymi punktami doświadczalnymi, I II i III.

Przechodzimy obecnie do odpowiedzi na pytanie pierwsze. Przyjąwszy określone  $\sigma_0$  i  $\tau_0$ , ustalamy tem samym wymiary i kształt obszaru odwzorowań. Na uwagę zasługują oczywiście te punkty przekroju kołowego, których odwzorowania położone są najbliżej konturu krańcowego. Bez względu zatem na to, jaki obierzemy kierunek  $OP$ , czyli  $b$ , musimy się po nim posuwać aż ku krzywej  $a=1$ , wpadając tem samym na obwód zewnętrzny przekroju; po tej, względnie po tym ostatnim, musimy z konieczności iść stale tak, by osiągnąć punkt  $R$ , czyli stosunek  $b=1$ . Równocześnie rysunek w sposób przejrzysty wykazuje nam ad oculos, jak się superponują dwa składowe wyteżenia, to jest wyłącznie samo zginanie (punkt  $G_r$ ) i wyłącznie samo skręcanie (punkt  $K$ ) do przypadku złożonego (punkt  $R$ ). Równie daleko od  $O$  oddalony punkt  $C$  nie zasługuje na uwagę, skoro jest zawsze  $\alpha = \frac{k_r}{k_c} \leq 1$ .

Nawiązując ostatni wynik do uwag o kształcie konturu, widzimy, że, dla przekroju kołowego, miejscem, w którym wyteżenie lokalne osiąga najszybciej wartość krytyczną, jest, stale niezależnie od szczegółów matematycznych teorii wyteżenia, punkt położony w sferze  $\sigma_x > 0$ , a mianowicie  $R$  ( $z = r, \rho = r$ ). Analogicznego twierdzenia nie możnaby zaryzykować w odniesieniu do innych przekrojów. Grupy wzorów (1) i (2) można przeto uprościć do form, odpowiadających wyłącznie temu punktowi; przy pozostawieniu bez zmian wskaźników, otrzymujemy:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{M_g}{W_g}, \\ \tau_r &= \tau_s = -\frac{M_k}{W_k}; \end{aligned} \right\} (5)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{nadto: } \sigma_1 &= \frac{M_g + \sqrt{M_g^2 + M_k^2}}{W_k}, \\ \sigma_3 &= \frac{M_g - \sqrt{M_g^2 + M_k^2}}{W_k}, \end{aligned} \right\} (6)$$

przyczem moduły zgięcia  $W_g$  i skręcenia  $W_k$  wiąże relacja  $W_k = 2W_g$ .

Wreszcie, z tytułu wykazanej drugorzędności punktów o składowych podłużnych ujemnych,

<sup>2)</sup> Potrzeba użycia większej liczby stałych dla ciał równokierunkowych dotychczas nie zaszła.

ograniczmy wykres pomocniczy do jednej jedynej prostej  $b = 1$ , co znów, przy uwzględnieniu uwag o symetryczności i możliwej rozwartości tegoż, prowadzi w konsekwencji do skrócenia konturu krytycznego do łuku I III. W jakich więc ciasnych granicach mieści się nasz temat i jak niewiele można się po nim spodziewać!

Równocześnie jednakże dotknęliśmy prawie odpowiedzi na pytanie drugie. Przy określonym mianowicie wykładniku  $c$ , wyznacza nam ściśle oznaczona prosta  $b = 1$  punkt krytyczny  $R^*$ ; przenosząc go prostą i łukiem hyperbolicznym na proste  $\sigma_3 = 0$  i  $\sigma_1 + \sigma_3 = 0$ , otrzymujemy  $\sigma^*$  i  $\tau^*$ , a stąd krańcowe  $M_g^*$  i  $M_k^*$  według (4)' i (3)'. Nie wdając się w bliższe rozwinięcie ostatniej konstrukcji, rozwiążemy w dalszym ciągu problem na drodze czysto rachunkowej.

Przedewszystkiem jednakże, dla zrozumienia dalszego toku, zauważmy, że — jak z dotychczasowego wynika — wyteżenia nie można w żadnym konkretnym przypadku określić bezpośrednio co do jego wielkości; leży to oczywiście wprost w naturze zjawiska. Możemy natomiast dwa różne stany porównać pod względem wyteżeniowym; i tak np. obecność równoczesna punktów, odzwierciedlających owe dwa różne ugrupowania składowych, na konturze krytycznym (ogólniej powierzchni), dowodzi, że oba stany są wyteżeniowo identyczne. W powyższej spekulacji myślowej leży rozwiązanie zadania, a tem samem odpowiedź na drugie pytanie. Punkt bowiem  $R^*$  możemy związać zawsze z innym, a więc np. I lub III, lub — jeszcze inaczej — możemy zawsze zamienić równoczesne zginanie momentem  $M_g$  i skręcanie momentem  $M_k$  na równoznaczne z punktu widzenia wyteżenia materiału inne obciążenie zewnętrzne, a więc najlepiej tylko zginanie momentem zastępczym  $M_{ig}$ , lub tylko skręcanie momentem zastępczym  $M_{ik}$ .

W ten sposób, po nieco długim, ale — ze względu na ścisłość koniecznym — wstępie, doszliśmy wreszcie do sprawy momentu sprowadzonego, lub zredukowanego, lub też idealnego, lub wreszcie fikcyjnego, t. j. kwestji w tym artykule aktualnej. Niestety jednakże wprawdzie jeszcze musimy dotychczasowe wywody opatrzyć pewnemi — zdaje się — dość ważnemi uwagami.

Podstawą — przynajmniej dotychczasową — ważności dla wzorów zamieszczonych pod (5), a w konsekwencji i (6), jest założenie istnienia prawa Hooke'a. Nasuwa się pytanie, jak wielki też błąd popełniamy, stosując owe wzory do materiałów, których zachowanie nie odpowiada powyższemu prawu. Odpowiedź tkwi w sposobie ich użycia przy wyznaczaniu  $M_{ig}$ , czy też  $M_{ik}$ . Otóż — jak się przekonamy — naprężenie stanu fikcyjnego zwiążemy z momentem idealnym również przy pomocy relacji (5), względnie ściślej (7), popełniając w ten sposób błąd tego samego typu po dwóch stronach równania, określającego kontur stanów krańcowych; prawdopodobnie zatem pozostanie to bez żadnego poważniejszego wpływu na dokładność  $M_{ig}$ , względnie  $M_{ik}$ . Pozatem wydaje mi się — podstawy rachunkowe takiego przypuszczenia będą się starał podać w specjalnej pracy, — że, jeśli w szczególności chodzi o przekrój kołowy, to zmiana prawa linowego Hooke'a na inne, bardziej złożone, nie może zbyt, a może nawet zupełnie wpłynąć na budowę obu wymienionych

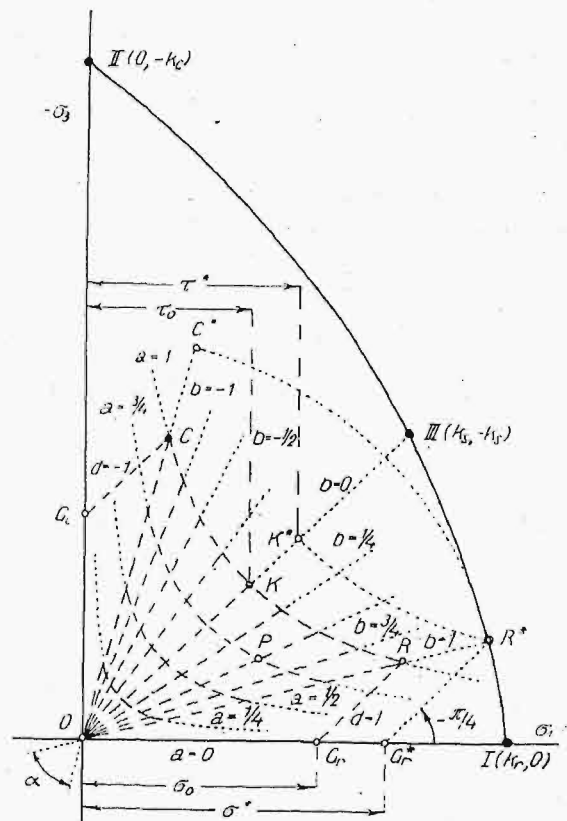
w (5) wzorów, przez co możliwość błędu ścieśnia się jeszcze bardziej.

Znacznie poważniej należy się liczyć z faktem następującym: Przyjęto się, że proces, zachodzący w skrajnych włóknach pręta zginanego lub skręcanego, traktuje się za identyczny z jednoosiowym rozciąganiem (względnie ściskaniem) lub też prostem ścinaniem, czyli twierdzi się, że krytyczne

$M_g$  i  $M_k$  spełniają bezbłędnie relacje  $k_r = \frac{M_g}{W_g}$  i  $k_s = \frac{M_k}{W_k}$ . Niestety, doświadczenie wyraźnie

wskazuje na to, że wyteżeniowo równe wielkości  $k_r$  i  $\frac{M_g}{W_g}$ , względnie  $k_s$  i  $\frac{M_k}{W_k}$  są mniej lub więcej

liczebnie różne, z czego wynika, że nierównomierne stan napięcia da się zastąpić układem sąsiadu-



Rys. 2.

jących stanów równomiernych tylko formalnie, w znaczeniu matematycznym, ale nigdy wyteżeniowym. Powyższym faktem zawdzięczają swoje istnienie parametry praktyczne włókien skrajnych  $k_g$  i  $k_k$  używane w miejsce teoretycznych  $k_r$  i  $k_s$ . Niestety, teoretycznie sprawy te nie zostały wogóle opanowane; nie znając zaś prawą wyteżenia sumarycznego, musimy poprzestać na prawie wyteżenia lokalnego i w konsekwencji zidentyfikować oba procesy doświadczalne. Wobec tego — nawet przy użyciu hipotezy bardzo dokładnej — musimy się zastrzec, że formuły z niej wyprowadzone na  $M_{ig}$  i  $M_{ik}$  będą miały ten sam stopień dokładności, co związki  $k_r = k_g$ , względnie  $k_s = k_k$ .

Przystępujemy obecnie do zasadniczego tema-



tu. Stanowi go podanie formuł na  $M_{ig}$  i  $M_{ik}$ <sup>3)</sup>, wynikających z wszelkich dotychczasowych znanych mi hipotez<sup>4)</sup>. Odsyłając po wszelkie szczegóły Sz. Czytelników do cytowanej przed chwilą swej pracy, dodam tylko co następuje. Użyte do obliczeń teorie mają charakter wyłącznie statyczny w tem znaczeniu, że nie uwzględniają stanów napięcia, których składowe zależne są od czasu; pozatem nie liczą się one i z innymi wpływami ubocznymi, jak działanie zmian temperatury i t. p. Kierując się względami przejrzystości, ubrałem wszystkie teorie w formę możliwie jednolitą, nie odpowiadającą zatem szacie oryginalnej, ale oczywiście nie zmieniającą nic z ich treści zasadniczej. Do każdego równania dołączono potrzebne dla zaokrąglenia treści niniejszego artykułu związki zeń wynikające, odnoszące się do trzech cytowanych podstawowych stanów napięcia. Hipotezy wyrażone składowymi podłużnymi głównymi dostosowane są do założonej nierówności  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ ; w innych ta uwaga odpada.

Jeśli wreszcie chodzi o kwestję obliczenia momentów zastępczych, to przedstawia się to nadzwyczaj prosto. Matematyczną formą hipotezy wyteżenia jest ogólnie równanie:

$f_0(\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_x, \tau_y, \tau_z) = f(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3) = K$ , jednorodne ze względu na składowe stanu napięcia i parametry napięciowe. Pierwsze określają wzory (5), względnie (6), za drugie należy podstawić:

$$k_r = \frac{M_{ig}}{W_g} \text{ i } k_s = \frac{M_{ik}}{W_k} \dots \dots \dots (7)$$

Z uzyskanego w ten sposób równania, jednorodnego ze względu na  $M_{ig}$ ,  $M_g$  i  $M_k$ , względnie  $M_{ik}$ ,  $M_g$  i  $M_k$  obliczamy  $M_{ig}$ , względnie  $M_{ik}$ . Rachunek skraca się przy użyciu związku:

$$2k_s M_{ig} = k_r^3 M_{ik} \dots \dots \dots (8)$$

Hipoteza stałego krańcowego ciągnięcia (Galileusz, Leibniz, Navier, Lamé, Clapeyron):

$$\sigma_1 = k_r \dots \dots \dots (A1)$$

uważa za miarę wyteżenia tylko największe algebraicznie naprężenie podłużne, czyli wyzyskuje związki:  $k_c = -\infty$ ,  $k_s = k_r$ , nadto prowadzi do związków:

$$\left. \begin{aligned} M_{ig} &= \frac{1}{2} M_g + \frac{1}{2} \sqrt{M_g^2 + M_k^2}, \\ M_{ik} &= M_g + \sqrt{M_g^2 + M_k^2}, \end{aligned} \right\} (a1) \equiv (a2)^5)$$

Hipoteza stałego krańcowego naprężenia podłużnego (Clebsch, Rankine, Maxwell, Hopkinson):

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= k_r \\ \sigma_3 &= -k_c, \end{aligned} \right\} (A2)$$

z relacją:  $k_s = k_r$  rozszerza miarę wyteżenia do bezwzględnie największego naprężenia podłużnego. Wobec stale zachodzącego związku  $k_c > k_r$ , parametr  $k_c$  w grę w naszym zadaniu nie wchodzi, i otrzymujemy na  $M_{ig}$  i  $M_{ik}$  grupę (a2) zewnętrznie identyczną z (a1); zauważymy niedługo, że jednak oba układy kryją w sobie pewną subtelną różnicę.

Hipoteza stałego krańcowego naprężenia poprzecznego (Coulomb, Tresca, Darwin, Guest, de St. Vénant, Mesnager) przyjmuje za czynnik wyteżeniowy porównawczy największe główne naprężenie poprzeczne; w konsekwencji prowadzi do równania:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = k; \dots \dots \dots (A3),$$

nadto do związków:  $k_r = k_c = k$ ,  $k_s = \frac{1}{2} k$  i wreszcie do formuł:

$$\left. \begin{aligned} M_{ig} &= \sqrt{M_g^2 + M_k^2} \\ M_{ik} &= \sqrt{M_g^2 + M_k^2}. \end{aligned} \right\} (a3)$$

Według hipotezy krańcowego tarcia wewnętrznego (Coulomb, Duguet, Perry), miarę wyteżenia stanowią naprężenia podłużne i poprzeczne płaszczyzny poślizgowej, przechodzącej przez kierunek naprężenia średniego  $\sigma_2$  a bliżej określonej współczynnikiem tarcia wewnętrznego; nie wchodząc bliżej w jego zależność od stanu napięcia, zakłada dlań wartość stałą i w konsekwencji wiąże składowe graniczne równaniem:

$$k_c \sigma_1 - k_r \sigma_3 = k_c k_r, \dots \dots \dots (A4),$$

z którego wynika:  $k_s = \frac{k_c k_r}{k_c + k_r}$ , nadto:

$$\left. \begin{aligned} M_{ig} &= \frac{1}{2}(1-x) M_g + \frac{1}{2}(1+x) \sqrt{M_g^2 + M_k^2} \\ M_{ik} &= \frac{1-x}{1+x} M_g + \sqrt{M_g^2 + M_k^2} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} (a4) \equiv \\ (b4), \end{aligned}$$

jeśli dla skrócenia postawimy:  $\frac{k_r}{k_c} = x$

Przy  $x = 1$  przechodzi (a4) na (a3).

Hipoteza zmiennego krańcowego naprężenia poprzecznego (Mohr) zakłada, że w stanie krytycznym naprężenie poprzeczne powierzchni poślizgu lub rozdarcia — przechodzącej zawsze przez  $\sigma_2$  — osiąga wartość graniczną, zależną od naprężenia podłużnego tej powierzchni i własności materiału. Szczegółowe uwagi Mohra o kształcie obwiedniej głównych kół napięciowych stanów krytycznych pozwoliły mi wiernie odtworzyć jego zapatrywania w równaniu:

$$(\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (k_c - k_r)(\sigma_1 + \sigma_3) = k_c k_r \quad (A5),$$

prowadzającym do relacji:

$$k_s = \frac{\sqrt{k_c k_r}}{2}; \text{ ponadto wzorów;}$$

$$\left. \begin{aligned} M_{ig} &= \frac{1}{2}(1-x) M_g + \frac{1}{2} \sqrt{(1+x)^2 M_g^2 + 4M_k^2} \\ M_{ik} &= \frac{1-x}{2\sqrt{x}} M_g + \sqrt{\left(\frac{1+x}{2\sqrt{x}}\right)^2 M_g^2 + M_k^2} \end{aligned} \right\} (a5)$$

Te również przy założeniu  $x = 1$  przechodzą na

<sup>5)</sup> W pracy <sup>4)</sup> oznaczono literą  $x$  odwrotny stosunek,

<sup>3)</sup> Z tym ostatnim nie spotkałem się w żadnej publikacji; będę go jednakże stale podawał obok  $M_{ig}$ , bo wyraża się on zwyczajnie prościej, czego nie można powiedzieć o momencie  $M_{ig}$  chociażby dlatego, że z dwóch równo-uprawnionych dat  $k_r$  i  $k_c$  z konieczności wywyższa on pierwszą. Najpraktyczniej oczywiście byłoby podać wzór na  $W_g$ , względnie  $W_k$ , bo do tego przecież zmierzają obliczenie przekroju; jednakże i z tradycją trzeba się liczyć.

<sup>4)</sup> W. B u r z y Ń s k i. Studium nad hipotezami wyteżenia. Nakładem Akademii Nauk Technicznych. Lwów, 1928.

<sup>5)</sup> Wzór znaleziony przez p. A. T. w Mechanical Engineers Handbook, 1923, odrazu pochodzeniem swem zdradza, że nie można go absolutnie traktować, jako uproszczonej formy (b'1)  $\equiv$  (b'2).

grupę (a3). Dla ścisłości jednakże muszę w tem miejscu dodać, że faktycznie Mohr swej teorii w formie (A5) nie ustalił; przeciwnie, pomijając swe uwagi o możliwym kształcie obwiedniej, założył w dalszym ciągu jej prostolinjowość i na tej drodze doszedł oczywiście do równania (A4).

Hipoteza stałego krańcowego wydłużenia (Mariotte, Navier, de St. Venant, Poncelet):

$$\sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3) = k_r \dots \dots \dots (B1)$$

przyjmuje za miarę wyężenia największe wydłużenie. W konsekwencji otrzymujemy:

$$k_c = \frac{k_r}{\mu} \text{ i } k_s = \frac{k_r}{1 + \mu}; \text{ ponadto:}$$

$$\left. \begin{aligned} M_{ig} &= \frac{1}{2}(1 - \mu) M_g + \frac{1}{2}(1 + \mu) \sqrt{M_g^2 + M_k^2} \\ M_{ih} &= \frac{1 - \mu}{1 + \mu} M_g + \sqrt{M_g^2 + M_k^2} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} (b1) &= \\ &= (b2), \end{aligned}$$

przyczem  $\mu$  oznacza stałą Poisson'a. Przy  $\mu = 0$  — jeśli z racji związku  $\nu = \mu$  wogóle tu o takim założeniu może być mowa — hipoteza przechodzi na (A1). Dla  $\mu = 0,3$  (np. stal) przyjmuje wzór na  $M_{ig}$  znaną — niestety — powszechnie postać ze współczynnikami 0,35 i 0,65.

Hipoteza krańcowego odkształcenia podłużnego (Grashof, Bach) modyfikuje (B1) w tym sensie, że rozszerza miarę wyężania do wogóle bezwzględnie największego odkształcenia podłużnego. Jej niejednolita forma:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3) &= k_r \\ \sigma_3 - \mu(\sigma_1 + \sigma_2) &= -k_c \end{aligned} \right\} (B2)$$

ze związkiem:  $k_s = \frac{k_r}{1 + \mu}$  pozostaje jednakże wobec  $k \leq 1$  bez wpływu na zewnętrzną budowę poszukiwanych formuł, jeśli nota bene pominiemy w nich poprawkę Bach'a, tkwiącą w znanym współczynniku  $\alpha_0$ .

Powody nowej mimo wszystko nomenklatury (a2) dla odnośnej grupy wyjdą na jaw w dalszym ciągu. Przy  $\mu = 0$  przechodzi (B2) na (A2).

Hipoteza krańcowego odkształcenia i naprężenia (Becker) stanowi komplikację teorii (B2) i nieznacznie zmienionej (A3). Obie przenikają się tu za pośrednictwem równań:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 - \sigma_3 &= \gamma k \\ \sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3) &= k \\ \sigma_3 - \mu(\sigma_1 + \sigma_2) &= -k \end{aligned} \right\} (B3),$$

w których należy podstawić:  $\mu = \frac{1}{3}$ ,  $\gamma = \frac{6}{5}$ .

Otrzymujemy tu:  $k_r = k_c = k$ ,  $k_s = \frac{3}{5} k$ ; ponadto

z tytułu załamania konturu krytycznego w obrębie miarodajnym I III, dwie grupy wzorów, z których pierwsza:

$$\left. \begin{aligned} M_{ig} &= \frac{5}{6} \sqrt{M_g^2 + M_k^2} \\ M_{ih} &= \sqrt{M_g^2 + M_k^2} \end{aligned} \right\} (b3')$$

ważną jest w obrębie:  $M_k \geq M_g \sqrt{3} \geq 0$ , druga natomiast:

$$\left. \begin{aligned} M_{ig} &= \frac{1}{3} M_g + \frac{2}{3} \sqrt{M_g^2 + M_k^2} \\ M_{ih} &= \frac{2}{5} M_g + \frac{4}{5} \sqrt{M_g^2 + M_k^2} \end{aligned} \right\} (b3'')$$

— dla przypadków  $0 \leq M_k \leq M_g \sqrt{3}$

Hipoteza krańcowego odkształcenia poprzecznego (Sandel):

$$k_c \sigma_1 + \frac{k_c - k_r}{2} \sigma_2 - k \sigma_3 = k_c k_r \dots \dots \dots (B4)$$

zakłada, że w stanach krytycznych osiąga największe odkształcenie poprzeczne wartość krańcową, zależną linjowo od odkształtowania objętościowego. Wobec  $\sigma_2 = 0$ , przechodzi (B4) na (A4) i odnośne tam cytowane wzory (stanów oczywiście płaskich).

Hipoteza stałej krańcowej energii odkształcenia (Beltrami, Huber, Haigh) uważa za miarę wyężenia stałą graniczną wartość jednostkowej energii odształcenia  $\Phi$ . Prowadzi to do formy ogólnej.

$$2E \Phi = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - 2\mu(\sigma_x \sigma_y + \sigma_x \sigma_z + \sigma_y \sigma_z) + 2(1 + \mu)(\tau_x^2 + \tau_y^2 + \tau_z^2) = k^2 \dots \dots (C1_0),$$

z której łatwo przejść na szczególniejszą (C1), kładąc  $\tau_x = \tau_y = \tau_z = 0$  i zastępując wskaźniki przy  $\sigma$  kolejno przez 1, 2, 3;  $E$  oznacza przytem moduł sprężystości podłużnej (Young'a). Z obu form wynika:

$$k_r = k_c = k \text{ i } k_s = \frac{k}{\sqrt{2(1 + \mu)}}; \text{ nadto formuły:}$$

$$\left. \begin{aligned} M_{ig} &= \sqrt{M_g^2 + \frac{1 + \mu}{2} M_k^2} \\ M_{ih} &= \sqrt{\frac{2}{1 + \mu} M_g^2 + M_k^2} \end{aligned} \right\} (c1) = (c2).$$

Dwa krańcowe przypadki uzyskuje się przy:

$\mu = 0$  i  $\mu = \frac{1}{2}$ ; w tym drugim przechodzi (C1) na (C3).

Hipoteza stałej krańcowej energii objętościowo-postaciowej (Huber) mierzy wyężenie sumą tych części właściwej energii odkształcenia ( $\Phi = \Phi_o + \Phi_f$ ), które zostały wywołane zmianą postaci ( $\Phi_f$ ) i zwiększeniem objętości ( $\Phi_o$ ).

Otrzymujemy zatem w formie ogólnej równanie:

$$\left. \begin{aligned} 2G \Phi &= \frac{1}{2(1 + \mu)} (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2) - \\ &- \frac{\mu}{1 + \mu} (\sigma_x \sigma_y + \sigma_x \sigma_z + \sigma_y \sigma_z) + \\ &+ (\tau_x^2 + \tau_y^2 + \tau_z^2) = k_s^2 \\ \text{ważne przy: } \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z &\geq 0, \text{ względnie:} \\ 2G \Phi_f &= \frac{1}{3} (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x \sigma_y - \sigma_x \sigma_z - \\ &- \sigma_y \sigma_z) + (\tau_x^2 + \tau_y^2 + \tau_z^2) = k_s^2 \\ \text{ważne przy: } \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z &\leq 0, \end{aligned} \right\} (C2_0),$$

przyczem  $G$  oznacza moment sprężystości postaciowej (Kirchhoff'a). Do formy specjalnej (C2) dochodzi podobnie jak przy teorii poprzedniej. Przy  $\mu = \frac{1}{2}$ , hipoteza przestaje być niejednolitą i prze-

chodzi na (C3). Z teorii omawianej otrzymujemy:  
 $k_s = \frac{k_r}{\sqrt{2(1+\mu)}} = \frac{k_c}{\sqrt{3}}$ , napto grupę (c 2)  $\equiv$  (c 3);

identyczność ta — zresztą jak przy (a2) i (b2) tylko zewnętrzna — wynika z tego powodu, że w badanym przez nas stanie jest stale  $\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z \geq 0$ .

Hipoteza stałej krańcowej energii odkształcenia postaciowego (Mises, Huber, Hencky) w formie ogólnej:

$$5G\Phi_1 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x\sigma_y - \sigma_y\sigma_z - \sigma_x\sigma_z + 3(\tau_x^2 + \tau_y^2 + \tau_z^2) = k^2 \dots \dots (C3.)$$

lub specjalnej (C3), wyrażonej w składowych podłużnych głównych, wynika z przyjęcia stałej wartości właściwej energii odkształcenia postaciowego w stanach krytycznych. Teoria ta prowadzi do związków:  $k_r = k_c = k$  i  $k_s = \frac{k}{\sqrt{3}}$ ; nadto do formuł:

$$\left. \begin{aligned} M_{ig} &= \sqrt{M_g^2 + \frac{3}{4} M_k^2} \\ M_{ik} &= \sqrt{\frac{4}{3} M_g^2 + M_k^2} \end{aligned} \right\} (c3)$$

Hipoteza zmiennej krańcowej energii odkształcenia (Schleicher) nie godzi się z możliwością stałości energii  $\Phi$  w stanach granicznych; przeciwnie, przyjmuje, że wartość tejże jest zależną od stanu napięcia i typu materiału, czyli że ogólnie jest:

$$\sigma_{of} = \sqrt{2E\Phi} = f(p), \text{ gdzie } p = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{3}$$

Dla materiałów kruchych, przyjmuje Schleicher paraboliczną (C4') lub linjową (C4'') zależność  $\sigma_{of}$  od  $p$  lub też jedno i drugie razem. Przy linjowej zależności ogranicza  $\kappa$  do

datkowo nierównością  $\frac{1-\kappa}{1+\kappa} \leq \sqrt{\frac{1-2\mu}{3}}$ ; bez

owego warunku (C4'') ważne jest tylko w pewnym ograniczonym obszarze. Materiały plastyczne, poza drobnymi uwagami rysunkowymi, nie doczekały się jeszcze matematycznego rozwiązania. Dotychczasowe możemy wyrazić równaniem:

$$\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - 2\mu(\sigma_x\sigma_y + \sigma_y\sigma_z + \sigma_x\sigma_z) + 2(1+\mu)(\tau_x^2 + \tau_y^2 + \tau_z^2) + (k_c - k_r)(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) = k_c k_r \dots \dots (C4)$$

lub podobnem (C4''), jeśli w (C4') w miejsce  $\mu$  podstawimy:

$$\mu'' = \frac{\mu(k_c + k_r)^2 + (k_c - k_r)^2}{4k_c k_r}$$

Przejsie do składowych głównych nie nastęrcza trudności. Z (C4'), względnie (C4'') otrzymujemy:

$$k_s = \sqrt{\frac{k_c k_r}{2(1+\mu)}}, \text{ względnie:}$$

\*) Wielkość  $\mu$  musimy, zgodnie z zapatrzywaniem Schleicher'a, traktować w jego hipotezie jako stałą Poisson'a, można jednakże wykazać w dość łatwy sposób, że wskutek przyjęcia układu (p,  $\sigma_{of}$ ) jako terenu operacyjnego, stała ta automatycznie zatraciła ów charakter. Schleicher dotychczas nie dostrzegł tego; z drugiej strony jednakże artykuł jego najnowszy, umieszczony w czasopiśmie „Bauingenieur” w r. 1928, wskazuje już wyraźnie na to, że autor hipotezy (C4) pragnie się koniecznie pozbyć niepokojącego wpływu wielkości  $\mu$ , przerzucając się na inny układ współrzędnych — niestety nie jego.

$$k_s = \frac{k_c k_r}{k_c + k_r} \sqrt{\frac{2}{1+\mu}}; \text{ nadto:}$$

$$\left. \begin{aligned} M_{ig} &= \frac{1}{2} (1-\kappa) M_g + \\ &+ \frac{1}{2} \sqrt{(1+\kappa)^2 M_g^2 + 2(1+\mu)\kappa M_k^2}, \\ M_{ik} &= \frac{1-\kappa}{\sqrt{2(1+\mu)\kappa}} M_g + \\ &+ \sqrt{\frac{(1+\kappa)^2}{2(1+\mu)\kappa} M_g^2 + M_k^2}, \end{aligned} \right\} (c4')$$

względnie:

$$\left. \begin{aligned} M_{ig} &= \frac{1}{2} (1-\kappa) M_g + \\ &+ \frac{1}{2} (1+\kappa) \sqrt{M_g^2 + \frac{1+\mu}{2} M_k^2}, \\ M_{ik} &= \frac{1-\kappa}{1+\kappa} \sqrt{\frac{2}{1+\mu}} M_g + \sqrt{\frac{2}{1+\mu} M_g^2 + M_k^2} \end{aligned} \right\} (c4'')$$

Przy  $k=1$ , przechodzą obie formy teorii na (C1<sub>0</sub>) lub też (C1').

Hipoteza zmiennej krańcowej energii odkształcenia objętościowego - postaciowego (autor) wyraża przekonanie, że miarę wyteżenia lokalnego stanowi suma gęstości quasi-energii odształcenia postaciowego i pewnej, zależnej od stanu napięcia i własności indywidualnych ciała, części pseudo-energii odkształcenia objętościowego. Dodatek quasi, względnie pseudo, zastrzega sobie, że do wysłowienia hipotezy użyto wyrażen zwanych w teorii sprężystości w granicach ważności prawa Hooke'a energią właściwą odkształcenia objętościowego  $\Phi_1$  i postaciowego  $\Phi_2$  bez krępowania się przytem charakterem materiału — brak istnienia prawa Hooke'a — lub typem stanu napięcia — przekroczenie granicy proporcjonalności. Jak bowiem można wykażać charakter matematyczny hipotezy jest niezależny od spełnienia obu tych postulatów, skoro teoria da się równie dobrze wysłowić na gruncie czysto naprężeniowym. Z matematycznej formy tak postawionej hipotezy:  $\Phi_1 + \eta \Phi_2 = K$  przejść można po prostych rachunkach do funkcji  $\sigma_f = \sqrt{1+\nu} G \Phi_f = g(p)$ , względnie — jeśli chodzi o szczegóły — do równania:

$$\frac{1+\nu}{3} \sigma_f^2 + 3(1-2\nu)p^2 + 3(k_c - k_r)p - k_c k_r = 0,$$

regulowanego współczynnikiem plastyczności

$$\nu = \frac{k_c k_r}{2k_s^2} - 1, \text{ wahającym się w zależności od charakteru materiału w prawdopodobnych granicach}$$

$1 \geq \nu \geq 0$ . Rozwinięcie dalsze prowadzi do formy ostatecznej ogólnej:

$$\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - 2\nu(\sigma_x\sigma_y + \sigma_y\sigma_z + \sigma_x\sigma_z) + 2(1+\nu)(\tau_x^2 + \tau_y^2 + \tau_z^2) + (k_c - k_r)(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) = k_c k_r \dots (C5.)$$

i specjalnej, odpowiednio skróconej (C5). Z omawianej teorii wynika związek:

$$k_s = \sqrt{\frac{k_c k_r}{2(1+\nu)}},$$

nadto formuły:



$$M_{lg} = \frac{1}{2} (1 - \kappa) M_g + \frac{1}{2} \sqrt{(1 + \kappa)^2 M_g^2 + \frac{1}{\kappa_r^2} M_k^2}$$

$$M_{lk} = (\kappa_r - \kappa_c) M_g + \sqrt{(\kappa_r + \kappa_c)^2 M_g^2 + M_k^2}$$

(c 5) ≡  
≡(c5)\*

jeśli zachowując dotychczasowe:  $\kappa = \frac{k_r}{k_c}$  wprowadzimy dodatkowo dla skrócenia:  $\kappa_r = \frac{k_s}{k_r}$  i  $\kappa_c = \frac{k_s^*}{k_c}$ .

1) Odwrotnie aniżeli w pracy 4).

Do identycznego układu formuł prowadzi i hipoteza (C5)\*:

$$\sigma_1^2 + (1 + 2\delta^*) \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2(v^* + \delta^*) \times$$

$$\times \left[ \sigma_2 \sigma_3 + \frac{v^* - \delta^*}{v^* + \delta^*} \sigma_3 \sigma_1 + \sigma_1 \sigma_2 \right] +$$

$$+ (k_c - k_r) (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) = k_c k_r \dots (C5)^*$$

stanowiąca nieznaczną modyfikację (C5), służącą do regulowania pewnych zboczeń, wynikłych z nieuchwytnych wpływów różnokierunkowości materiału.

(d. n.)

## Racjonalizacja a koszt wytwarzania.

Napisał Inż. E. Hauswald, Profesor Politechniki Lwowskiej.

Jednym z najprostszych sposobów nowoczesnej racjonalizacji wytwarzania jest zwiększenie prędkości przeróbki zapomocą lepszej organizacji prac, dokładnych dyspozycji Biura organizacji robót (B O), starannego doboru materiałów, stosowania lepszych narzędzi, urządzeń pomocniczych, uchwytów, wprowadzania nowych maszyn, ulepszenia transportów w obrębie fabryk i t. d.

Wynik racjonalizacji tego typu powinien się objawić w zwiększeniu produkcji dziennej i obniżeniu kosztów wytwarzania, przypadających na jednostkę wyrobu.

Zadaniem naszym będzie zebranie dostępnych danych z materiałów kalkulacyjnych badanego oddziału i ogólne obliczenie kosztów jednostki przy różnych ilościach (x) produktów, względnie przy różnych „prędkościach” przeróbki, którym znowu odpowiadać będą czasy zużyte t.

Z dawniejszych wywodów wiemy, że przeciętny koszt wytworzenia jednostki (sztuki) wyrobu będzie:

$$k = m + r + o, \dots (2)$$

Przyjmujemy najpierw, że ani materiał, ani konstrukcja przedmiotu, ani też podstawowe urządzenia technologiczne nie ulegną zmianie, skutkiem czego nie trzeba będzie dokonywać dodatkowych wkładów pieniężnych. Mimo to koszt k zmieni się będzie odpowiednio do prędkości przerobu i odpowiadających jej ilości pracogodzin. Z podanych składników pozostanie stałym koszt materiału m, a przy systemie płacy od sztuki, czyli akordowej, także składnik

$$r = a = cT \dots (3)$$

gdy c jest stawką normalnej płacy za godzinę, a T normalnym czasem, potrzebnym do wykonania roboty.

Roboty akordowe wykonywa się zwykle w czasie krótszym od powyższej normy, ale wynagrodzenie a za jednostkę wyrobu pozostanie niezmiennione.

Przy innych sposobach wynagrodzenia, składnik r będzie się zmienił wraz z długością czasu zużytego t.

Przy płacy czasowej (czasówce) koszt pracy

będzie wprost proporcjonalny do czasu zużytego na robotę:

$$r = c t \dots (4)$$

Przy systemie Halseya i stawce premijowej c/2:

$$r' = \frac{c}{2} (T + t), \dots (5)$$

przy systemie Rowana zaś:

$$r'' = c t \left( 2 - \frac{t}{T} \right) \dots (6)$$

Trzeci składnik, oznaczony literą o, obejmuje koszty wspólne lub ogólne zakładu, oddziału i posterunku, z pominięciem drobnej stosunkowo części kosztów tego typu, którą można doliczać wprost do jednego ze składników kosztów bezpośrednich (m albo r).

Na podstawie danych księgowych i kalkulacyjnych, można obliczyć składnik o dla pewnego stopnia zatrudnienia, przyjętego za normę tymczasową.

Jeżeliby suma wydatków wspólnych oddziału — a, przy dokładniejszej kalkulacji danego posterunku (stanowiska roboczego) wynosiła w ciągu roku 80 000 zł, odpowiadająca zaś suma zużytych pracogodzin ok. 80 000 h, to iloraz koszt/godziny da nam liczbę d zł./godz., zwaną dodatkiem kosztów wspólnych na godzinę. W podanym przykładzie

$$d = \frac{80\,000 \text{ zł.}}{80\,000 \text{ godzin}} = 1 \text{ zł./godz.}$$

Doświadczenie praktyczne i studja wykazały, że składnik o kosztów wspólnych na jednostkę wyrobu zmienia się wprost proporcjonalnie do czasu faktycznie zużytego, wobec czego

$$o = d.t \dots (7)$$

Dawniej używano innego sposobu ustalania tego składnika, jako pewnej wielokrotności kosztu pracy bezpośredniej, bez względu na tempo produkcji i czas zużyty, t. zn.

$$o' = b.r \dots (8)$$

Popularny ten sposób liczenia ma tę zasadniczą wadę, że uważa składnik o' za niezależny od prędkości wytwarzania, względnie od

czasu zużytego, co się nie zgadza z rzeczywistością. Zajmujące jest stwierdzenie (por. Hauswald: Wpływ wydajności i stopnia zatrudnienia. Gubrynowicz, Lwów, 1925 r.), że wartości (*br*) są prawdziwymi tylko w odniesieniu do płacy czysto czasowej (*ct*). Natomiast przy systemie akordowym wyniki dawnego sposobu liczenia są błędne, z wyjątkiem tylko tej wartości, która odpowiadałaby normalnej prędkości wytwarzania.

Zatrzymując poprawny sposób obliczania kosztów wspólnych według równania (7), przedstawimy w dwu przykładach i wykresach zmienność całkowitych kosztów wytwarzania jednostki przy różnych prędkościach wytwarzania. Pierwsze rozważanie odnosi się do zmian, jakie wystąpiłyby przy istniejących urządzeniach i metodach technicznych, a więc bez wprowadzania kosztownych ulepszeń.

Z kalkulacji mamy dane: koszt materiału  $m=2$ , płacę  $c=1$  zł. za godzinę, czas normalny do wykonania 1 sztuki  $T=4$  h, płacę akordową  $a=cT=4$  zł.; dodatek na koszty wspólne  $d=1$  zł. na pracogodzinę.

1) W tych warunkach koszt normalny, t. zn. dla czasu  $t=T$ , będzie:

$$k_n = m + a + d.T = 2 + 4 + 4 = 10 \text{ zł.} \quad (9)$$

a koszt dla dowolnego czasu i płacy akordowej:

$$k = m + a + d.t \dots \dots \dots (10)$$

dla  $t=3$ ,  $k = 2 + 4 + 3 = 9$  zł.

2) Płaca czasowa. Jeżeli przyjmiemy, że przy płacy czasowej wynagrodzenie za czas normalny będzie także  $cT$ , to  $k_n$  się nie zmieni. Natomiast  $k$  będzie inne:

$$k = m + ct + d.t = m + (c + d)t \dots \dots (11)$$

Dla  $t=3$  i podanych już wartości  $m, c, d$ , otrzymamy:

$$k = 2 + (1 + 1)3 = 8 \text{ zł.}$$

Wynik jest więc korzystniejszy, niż przy płacy akordowej.

Wykres 1. W tym wykresie, podobnym do podanego już w „Kosztach wytwarzania” z r. 1924, odcinamy od osi *X* czasy *t*, na osi *Y* przynależne koszty składowe *m, r, o* i *k* dla jednostki wyrobu, biorąc liczby i warunki z powyższego przykładu. Jako okres normalny, biorę  $T=4$  h. Wielkości  $m=2$  i  $a=4$  są tu stałe, niezależne od zużycia czasu, natomiast płaca czasowa  $C=ct$  i jednostkowe koszty wspólne  $d.t$  są wprost zależne od czasu, dają więc pochylone linie proste.

a) Dla płacy akordowej, koszty zmieniają się według linii  $k_n$  z idealnym minimum kosztu, występującym przy  $t=0$ ,

$$k_o = m + a \dots \dots \dots (12)$$

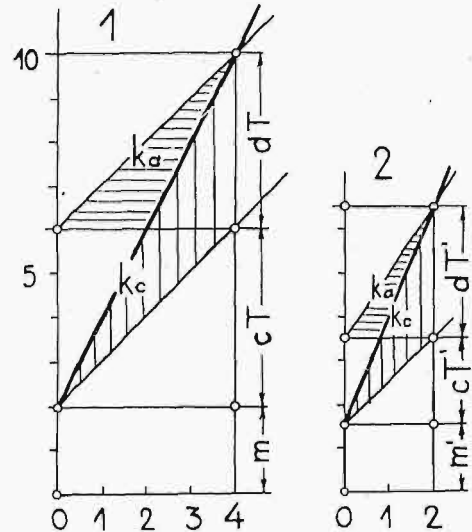
b) Dla płacy czasowej, mielibyśmy takie same  $k_n$  jak pod a), natomiast dla czasów  $t < T$  koszty będą niższe od poprzednich i określone linią  $k_c$ . Dla  $t=3$ , można wprost odczytać koszt 8 zł. Dolna granica kosztu wynosi tu  $k_o' = m \dots \dots \dots (13)$

c) Dla płacy systemu Halseya, otrzymalibyśmy również prostą, leżącą w połowie odstępów pionowych między liniami  $k_a$  i  $k_c$ . W zakresie czasów *t*, krótszych od normy *T*, system płacy czasowej daje najniższe możliwe koszty produkcji. Z tego jego zalety

korzysta się przy stosowaniu przeróbki kolejno - ciągłej, zwłaszcza tam, gdzie tempo przerobu można samoczynnie regulować zapomocą ruchomych taśm (conveyor), sygnałów i t. p.

Wykresy kosztów jednostkowych, jako funkcji okresów czasowych, odznaczają się prostotą i przejrzystością, gdyż przedstawiają zmienność kosztów linjami prostymi, podczas gdy odpowiadające im wykresy kosztów i sprawności (*ks*) dają linie hyperboliczne.

Dokładność i pewność wyników, otrzymanych z naszych wykresów 1 do 3, jest mimo prostoty konstrukcji bardzo wysoka, dzięki czemu wykresów takich używać można przy rozważaniach i obliczeniach, dotyczących korzyści, jakie nam dać może osiągalne w danych warunkach z zwiększenie prędkości obrotów przetwórczych, o czym mówią i piszą Amerykanie w „Industry” i „Mechanical Engineering” pod ulubionym hasłem „speeding” (pośpiech).



Rys. 1 i 2. Wykresy kosztów wytwarzania w zależności od czasu.

Wykresy dają natychmiast ścisłe odpowiedzi na typowe pytania praktyki; jak np.:

- 1) O ile trzeba zredukować czas, uważany dotychczas za normę *T*, aby koszt jednostki  $k_n$  obniżyć o 10 lub 15%?
- 2) Ile procentów wyniesie obniżka dotychczasowego kosztu po redukcji czasu *T* o 10 lub 15%?
- 3) Jak się zmieniać będą koszty jednostkowe produkcji w razie wprowadzenia nowego systemu płacy, lub też nowych stawek taryfowych?

Do 1). Jeżeli np. chcemy obniżyć koszt z 10 na 8 złotych, to rysujemy w wysokości 8 linię poziomą aż do przecięcia się z liniami kosztów ( $k_a$ ) i  $k_c$ ). Piony poprowadzone z tych punktów wykazują potrzebę redukcji czasu o 2 godziny (50%) dla akordu, a o 1 godzinę (25%) dla płacy czasowej.

Do 2). Gdybyśmy zaś przez realne zabiegi racjonalizacyjne mogli zredukować czas przerobu z 4 na 3 godziny, to linia pionowa, wystawiona w miejscu  $t=3$ , pokaże nam odrazu nowe koszty 9 zł. dla akordu i 8 zł. dla płacy czasowej.

Do studjów tego rodzaju używać też można



wzorów algebraicznych, podanych w „Przeglądzie Organizacji” z r. 1929.

**Racjonalizacja techniczna.**

Wykres 2-gi odnosi się do wyników otrzymanych po dokonaniu stosunkowo znacznych wkładów na nowe maszyny, narzędzia i urządzenia transportowe, które mają umożliwić redukcję pierwotnej normy czasowej  $T$  do połowy, a tem samem podniesienie „prędkości” wytwarzania i wydajności dziennej do podwójnej wielkości.

Aby należycie uwzględnić wpływ kosztów związanych z tego rodzaju racjonalizacją techniczną, przyjmujemy, że roczna suma wydatków ogólnych badanego oddziału, która w I-ym przykładzie wynosiła 80 000 zł., wzrośnie teraz o 40 000 zł. (rocznie), z powodu zakupienia wspomnianych nowych maszyn i urządzeń za kwotę ok. 200 000 zł.; dla pewności liczymy roczny koszt  $A'$  konserwacji, umorzenia, zużycia i t. d. nowego wkładu wysoko, bo 20% od 200 000 zł.

Nowa suma kosztów ogólnych będzie więc

$$O' = 80\ 000 + 40\ 000 = 120\ 000 \text{ zł.}$$

Przypuszczamy następnie, że — dzięki obniżeniu cen, a podwojeniu produkcji — zdołamy sprzedać zwiększoną ilość wyrobów i dzięki temu utrzymać liczbę pracogodzin na dawnym poziomie (80 000).

W takim razie nowy dodatek  $d'$  na koszty wspólne będzie równy

$$d' = \frac{O' \text{ (zł)}}{80\ 000 \text{ (h)}} = \frac{120\ 000}{80\ 000} = 1,5 \text{ zł./godz.}$$

Jeżeli równocześnie postaramy się o udoskonalenie konstrukcji danego produktu, nastąpi też pewne obniżenie kosztu materiału na jednostkę przypuszczalnie o 25% poprzedniej liczby, wobec czego  $m = 1,5$  zł. na jednostkę.

Co do kosztu pracy, zaznaczyć trzeba, że nowe maszyny powodują nie tylko nowy czas normalny  $T' = \frac{T}{2} = 2$ , ale także nowe akordy,  $a' = cT' = 2$  zł./jedd.

Ze względu na podwojenie produkcji dziennej, zarobki, czyli dochody robotników nie ulegną przytem zmianie.

Nowy koszt normalny, t. zn. dla okresu  $T' = 2$ , wypadnie:

$k_n' = m' + a' + d' T' = 1,5 + 2 + 1,5 \times 2 = 6,5 \text{ zł.}$   
W razie dalszego skrócenia czasu z  $T'$  na  $t$ , otrzymamy:

a) dla płacy akordowej koszt

$$k_a' = m' + a' + d' t = 1,5 + 2 + 1,5 t \quad (14)$$

b) dla płacy czasowej ( $c = 1$  zł/godz.):

$$k_c' = m' + ct + d' t = m' + (c + d') t = 1,5 + 2,5 t \quad (15)$$

Zmienność tych kosztów pokazuje dokładnie wykres 2. Z bezpośredniego zestawienia obok siebie obu wykresów widać, jak wiele oszczędności na jednostce dały opisane zabiegi i wkłady, mające na celu podwojenie dawnej prędkości przeróbki.

Ważne jest tu spostrzeżenie, że racjonalizacja zmieniała także procentowe udziały składników  $m$ ,  $a$  i  $o$  w całkowitym koszcie jednostki.

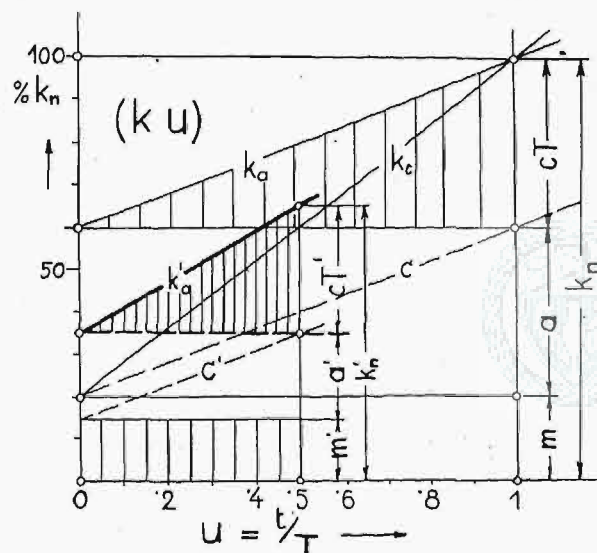
Przedtem mieliśmy: Po racjonalizacji mamy:  
 $m = 20\%$  } od  $k_n$  ||  $m' = 15\%$  } oraz  $23\%$  } od nowego  
 $a = 40\%$  } ||  $a' = 20\%$  } od  $k_n$  ||  $31\%$  } go kosztu  
 $o = 40\%$  } ||  $o' = 30\%$  } ||  $46\%$  }  $k_n'$ .

**Ogólniejsze ujęcie zależności między kosztami a stosunkiem czasowym  $u$ .**

Pewną niedogodnością wykresów  $k, t$  jest to, że dla każdej wartości czasu normalnego trzeba sporządzać nowy, chociaż prosty rysunek. Wyrażając każdorazowy koszt normalny w 100 jednostkach, odcięte zaś poziome — jako stosunek  $u = t/T$ , otrzymamy wykres procentowy, mający zastosowanie prawie uniwersalne (rys. 3).

Koszty składowe  $m, r, o$  trzeba teraz wrysować w odsetkach, odniesionych do kosztu normalnego  $k_n = 100$ . Jeżeli w poprzednim przykładzie było  $m = 2, a = 4, k = 10$ , to w nowym wykresie uniwersalnym trzeba odmierzyć:

$$m\%_n = 100 \frac{2}{10} = 20\%, \quad a\%_n = 100 \frac{4}{10} = 40\%.$$



Rys. 3. Wykres procentowy (uniwersalny).

Inne linje, znane już z wykresu 1, będą miały podobne do poprzednich kierunki, a koszty  $k$ , odpowiadające różnym stosunkom  $u$ , odczytywać się będzie z wykresu 3 w odsetkach danego kosztu normalnego.

a) Np.  $k = 6$  zł.,  $u = t/T = 0,75$ ; odpowiadający temu stosunkowi koszt  $k_c = 80\%$  normalnego, to znaczy równy

$$\frac{80}{100} 6 = 4,80.$$

b) Jeżeli znowu koszt normalny będzie równy 10 zł., jak w poprzednim rozdziale, to odczytanie wartości 80% będzie oznaczało  $k_c = 8$  zł.

Powyższy wykres ( $k, u$ ) wykonano celem porównania wyników wytwarzania przed i po racjonalizacji, opisanej w poprzednim rozdziale, dla czasów  $T$  i  $T'$ , względnie dla  $u = 1$  i  $u = 1/2$ , zatrzymując podane poprzednio warunki.

Linja ( $k_a$ ) pokazuje zmienność kosztów przy płacy akordowej i czasie  $T$ , linja zaś  $k_a'$  — zmienność znizonych skutkiem racjonalizacji kosztów, wyrażonych jednak w stosunku do pierwotnego

kosztu normalnego  $\left( k_n' = \frac{65}{100} k_n \right)$ .

Co do stosunku zużycia czasu, zauważyć jeszcze trzeba, że  $u = \left( \frac{t}{T} \right)$  jest odwrotnością znanej już powszechnie sprawności (efficiency).

**Wzory zależności  $k = f(u)$ .**

a) Dla czasu faktycznie zużytego  $t_1 = T$ , mamy  $u_1 = 1$  i odpowiadający mu koszt normalny jednostki

$$k_n = m + (c + d) T \dots \dots \dots (16)$$

Dla innych wartości  $u$  podstawiamy we wzorach (10) i (11) czas  $t = uT$   $\dots \dots \dots$  (17) i otrzymujemy:

b) dla akordu  $a = cT$ :

$$k_a = m + cT + d \cdot u \cdot T \dots \dots \dots (18)$$

c) dla płacy czasowej  $r = ct = cuT$ :

$$k_c = m + (c + d)uT \dots \dots \dots (19)$$

Gdyby zaś wymagane było obniżenie kosztu do wartości  $k'$ , to możemy z wzoru (19) wyznaczyć odpowiednie  $u$ :

$$u = \frac{k' - m}{(c + d)T} \dots \dots \dots (20)$$

Przykład.

Dotychczasowy koszt jednostki był  $k_n = 10$  zł.,  $m = 2$ ,  $c = 1$ ,  $d = 1$ ,  $T = 4$ .

Nowy koszt ma być, przy płacy czasowej,  $k' = 8$  zł. W takim razie stosunek zużycia czasu musi być równy

$$u = \frac{t}{T} = \frac{8 - 2}{2 \cdot 4} = \frac{6}{8} = 0,75,$$

a dopuszczalny okres

$$t = uT = \frac{3}{4} \cdot 4 = 3 \text{ godziny}$$

Obliczenia i studia dokonywane przy pomocy wykresu  $(k, u)$  i podanych wzorów dają, jak widać, w krótkim czasie dokładne i pewne wyjaśnienia.

## Prace techniczne ś. p. Inż. G. Narutowicza, b. Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej<sup>\*)</sup>.

*Napisał Inż. Dr K. Pomianowski, Profesor Politechniki Warszawskiej.*

**W** połowie grudnia roku ubiegłego upłynęło 6 lat od chwili, gdy od kuli mordercy zginął pierwszy Prezydent Rzeczypospolitej, gorący patriota, człowiek nieskazitelnego charakteru i jeden z najwybitniejszych inżynierów, o światowej sławie, w dobie obecnej. Z okazji przeniesienia zwłok Jego do nowej krypty, słusznym jest poświęcić pamięci tragicznie zmarłego słów kilka.

Gabryel Narutowicz, urodzony w Telszach na Litwie dnia 17.III.1865 r., pochodził z rodziny od wieków w tym samym majątku osiadłej i nie bez pewnej dumy opowiadał, iż na tej ziemi, na której Narutowicze za króla Jagiełły chrzest przyjęli, pozostali aż do dziś dnia. Gimnazjum kończył Narutowicz w Libawie, przeniósł się następnie na wydział matematyczny do Petersburga, lecz stosunki w carskiej Rosji i nieodpowiedni dla Niego klimat sprawiły, iż po krótkim pobycie w Petersburgu przeniósł się do Zurychu, pierwotnie tylko dla zdrowia, wnet jednak zaczął uczęszczać na wydział inżynieryjny Politechniki Zuryskiej, którą chlubnie ukończył w roku 1891.

Upodobawszy sobie stosunki w wolnej Szwajcarii, przyjął po ukończeniu Politechniki obywatelstwo szwajcarskie. Mimo swej niezależności finansowej — zapragnął, jako zamiłowany inżynier, pracować twórczo i wstąpił do praktyki, zajęty najpierw przy budowie kolei żelaznych, następnie przez 3 lata w miejskim biurze wodociągowym

w St. Gallen, później przez rok jako inżynier sekcyjny przy budowie kanału odwadniającego w związku z regulacją Renu powyżej jeziora Bodęńskiego, wreszcie w roku 1895 wstąpił do biura budowlanego Kürzsteinera.

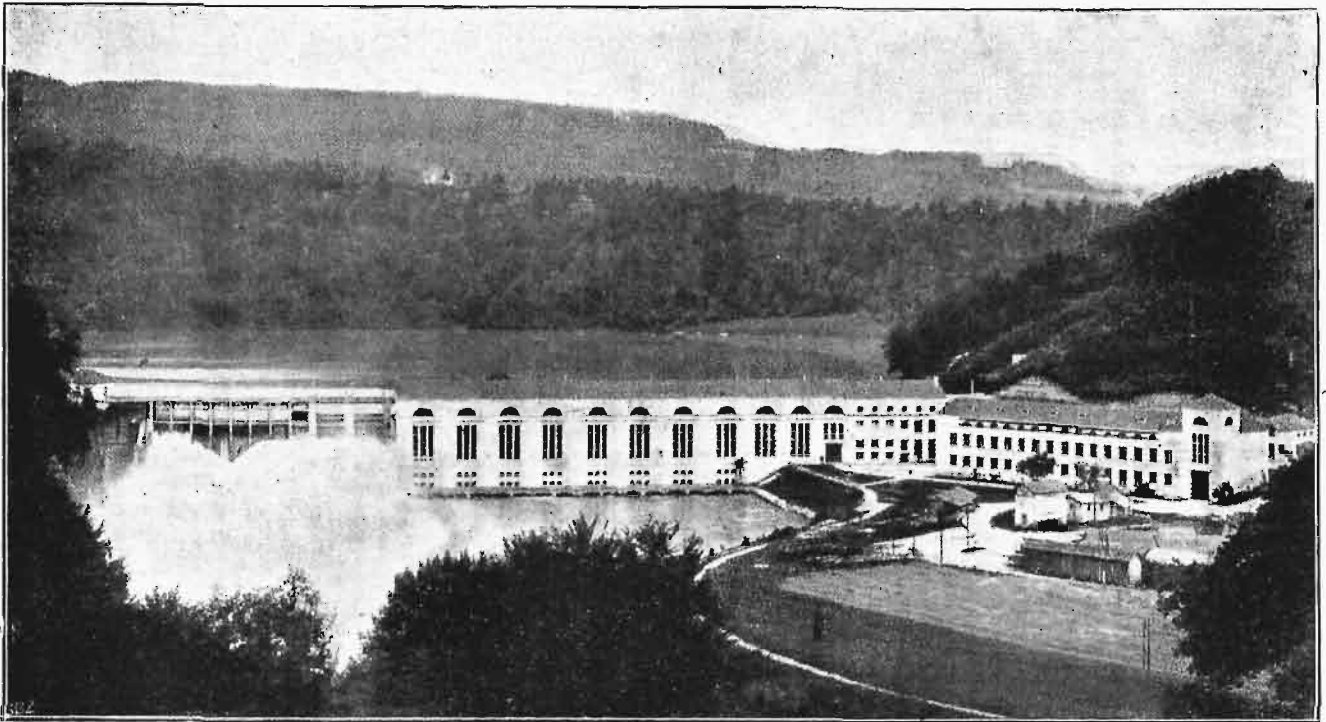
Data ta była przełomową w życiu Narutowicza. Biuro Kürzsteinera cieszyło się zasłużoną sławą, wykonywało największe budowle w Szwajcarii i zagranicą, koleje, wodociągi, kanalizacje, zakłady o sile wodnej i t. d. W biurze tem Narutowicz wybił się na stanowisko naczelnego inżyniera, następnie na współnika Kürzsteinera i pozostawał w niem aż do chwili powołania Go na katedrę budownictwa wodnego Politechniki Zuryskiej, w roku 1908.

W biurze Kürzsteinera projektował i wykonał Narutowicz kilka wodociągów i kanalizacyj, między innymi w Grecji, następnie kilka zakładów o sile wodnej jak Refrain, Andelsbach, Monthey, Kubelwerk. Ten ostatni zakład, rozszerzony w roku 1904 na dalsze ujęcie rzeki Sitter, był pierwszym zakładem szczytowym w świecie. Niezwykle bystry i ruchliwy umysł Narutowicza przewidział niezmierną korzyść, płynącą z budowy zakładów szczytowych, na cały dziesięć lat przed wybudowaniem drugiego zakładu szczytowego w Szwajcarii, Löntschwerk, budowanego również przez Polaka, szczerego przyjaciela Narutowicza, Dyr. Karola Brodowskiego. Dwa te szczytowe zakłady zapewniły Szwajcarii regularną dostawę energii w pierwszych tygodniach wojny światowej, gdy ustał zupełnie dowóz węgla do kraju.

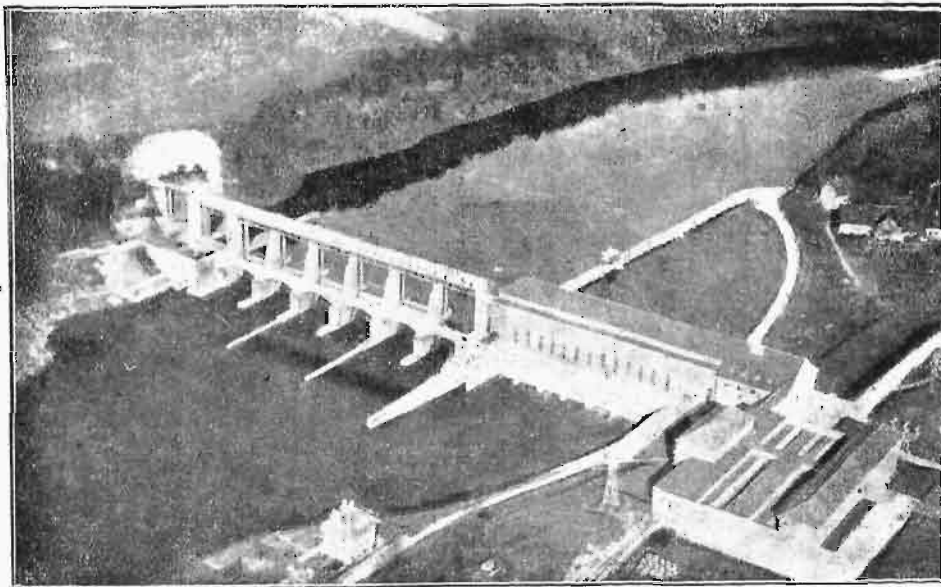
W St. Gallen żył się Narutowicz zupełnie ze stosunkami miejscowymi, znał dialekt miejscowy, brał udział we wszystkich lokalnych uroczystościach, oddawał na strzelnicy przepisową liczbę

<sup>\*)</sup> Pracę niniejszą zamieszczamy w *Przebiegu* z *Techn.* w porozumieniu z Komitetem Uczczenia Pamięci Ś. p. Gabryela Narutowicza. Komitet pragnie umieścić zeszyt niniejszy naszego pisma w ozdobnej szkatułce, która będzie włożona do sarkofagu, razem z aktem o poświęceniu krypty, podpisanym przez Prezydenta Rzplitej Prof. I. Mościckiego i przez cały Rząd.





Rys. 1. Zakład wodny Mühleberg. Widok ogólny.



Rys. 6. Zakład w Eglisau na Renie.



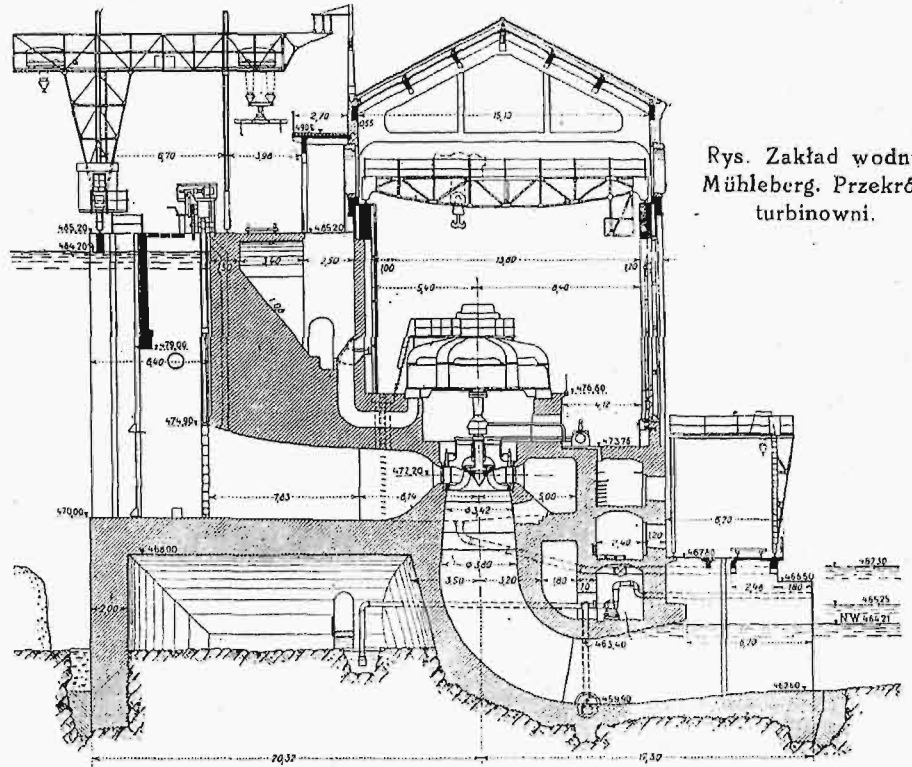
strzałów z karabinu, jako milicjant wolnej Szwajcarii.

W zrozumieniu ważności dużych zbiorników wyrównawczych dla produkcji siły i zmiennego jej zapotrzebowania, zaprojektował Narutowicz zbiornik na rzece Sihl w pobliżu Zurychu, ze spadem około 400-metrowym do jeziora Zuryskiego, jako zakład służący do napędu mających się zelektryfikować kolei szwajcarskich. Zakład ten (Etzelwerk), dotychczas jeszcze niewykonany, jest jednak nadal aktualny i budowa jego ma w niedługim czasie nastąpić.

W roku 1908, jako wybitny już i znany fachowiec, został Narutowicz powołany na katedrę budownictwa wodnego Politechniki Zuryskiej. Nie mogąc się oderwać od praktyki, prowadził równocześnie własne biuro techniczne, które z początkowych małych rozmiarów wkrótce rozrosło się w najpoważniejsze biuro, pracujące nie tylko dla Szwajcarii, lecz i na dalekie kraje.

Osoby i towarzystwa prywatne, władze, gminy, koncerty zwracały się do Narutowicza w sprawie najpoważniejszych robót. Gdy osunął się kanał zakładu Wangen an der Aare, kanał prowadzą-

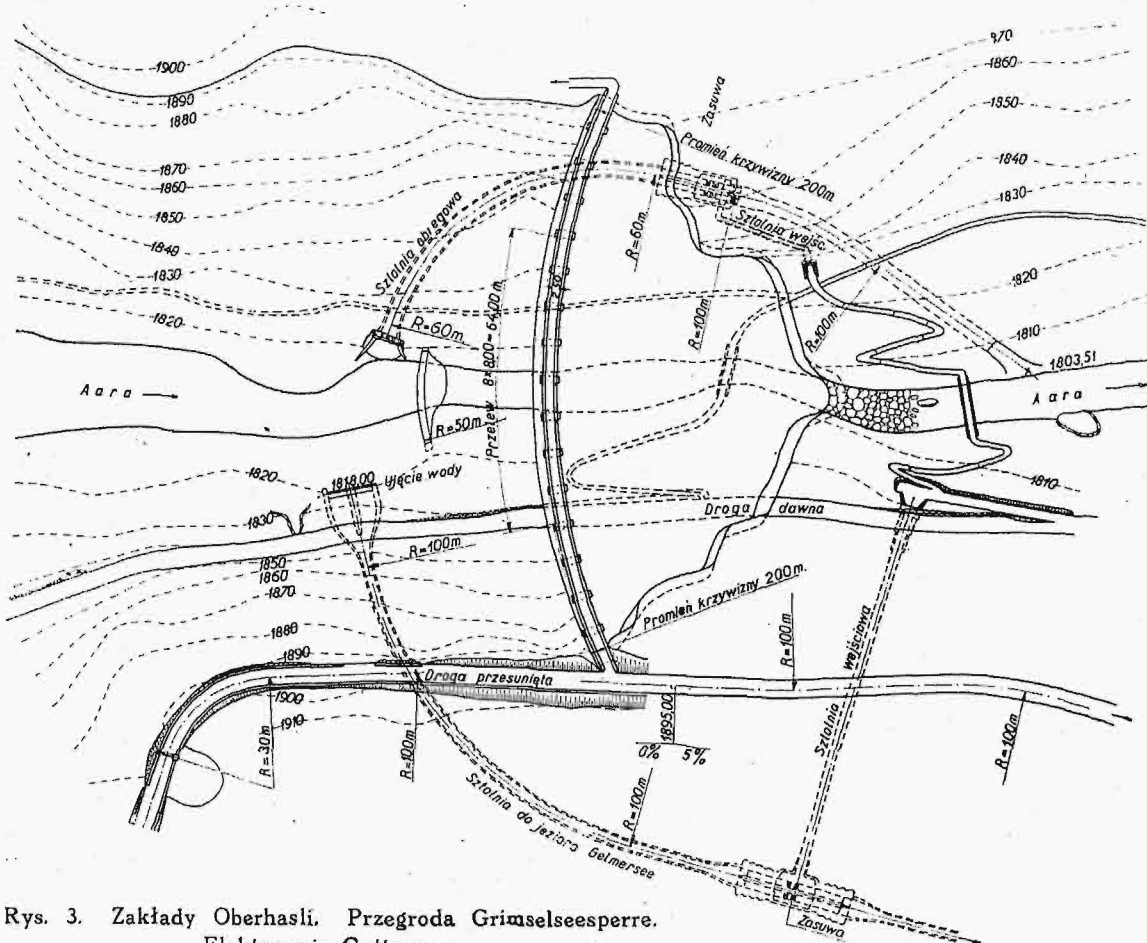
cy 100 m<sup>3</sup>/sek, naprawę jego powierzono Narutowiczowi. Potężny konsern Bernische Kraftwerke oddał również rozwój swych zakładów Narutowiczowi. Nie wahano się włożyć w najcięższych czasach woj-



Rys. Zakład wodny Mühleberg. Przekrój turbinowni.

ny kilkadziesiąt milionów franków w budowę zakładu w Mühleberg (rys. 1 i 2), całkowicie zaprojektowaną i wykonaną we własnym zarządzie przez Narutowicza. Z jego inicjatywy przeprowadzono dla tegoż samego konsernu studia w górnym biegu Aary, u podnóża lodowca, na wysokości prawie 2000 m n. p. m., gdzie, w szczegółach wprowadzie zmienione, lecz w głównych zarysach ściśle podług projektu Narutowicza, buduje się obecnie potężne zakłady Oberhasli (rys. 3).

Podług projektu Narutowicza, już po Jego śmierci, został wybudowany na Renie zakład w Egli-sau (rys. 6).



Rys. 3. Zakłady Oberhasli. Przełaz Grimselseesperre. Elektrownia Guttannen.

przez Niego jeszcze zakład w Buitreras na Guadiaro w Hiszpanji, w Monjovet w dolinie Aosty

Hiszpanji i Portugalji, w czasie wojny — mimo polskiego pochodzenia — nawet do Austrii, do prowincyj zachodnich; dalej nie pozwolono Mu jechać. W Szwajcarii ostateczne decyzje we wszystkich ważniejszych sprawach technicznych opierały się o Narutowicza. Był członkiem komisji bud. miasta Zurychu, członkiem komisji międzynarodowej regulacji Renu, należał do Towarzystw technicznych, komitetów specjalnych technicznych w Szwajcarii i t. d.

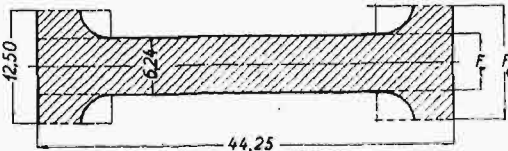
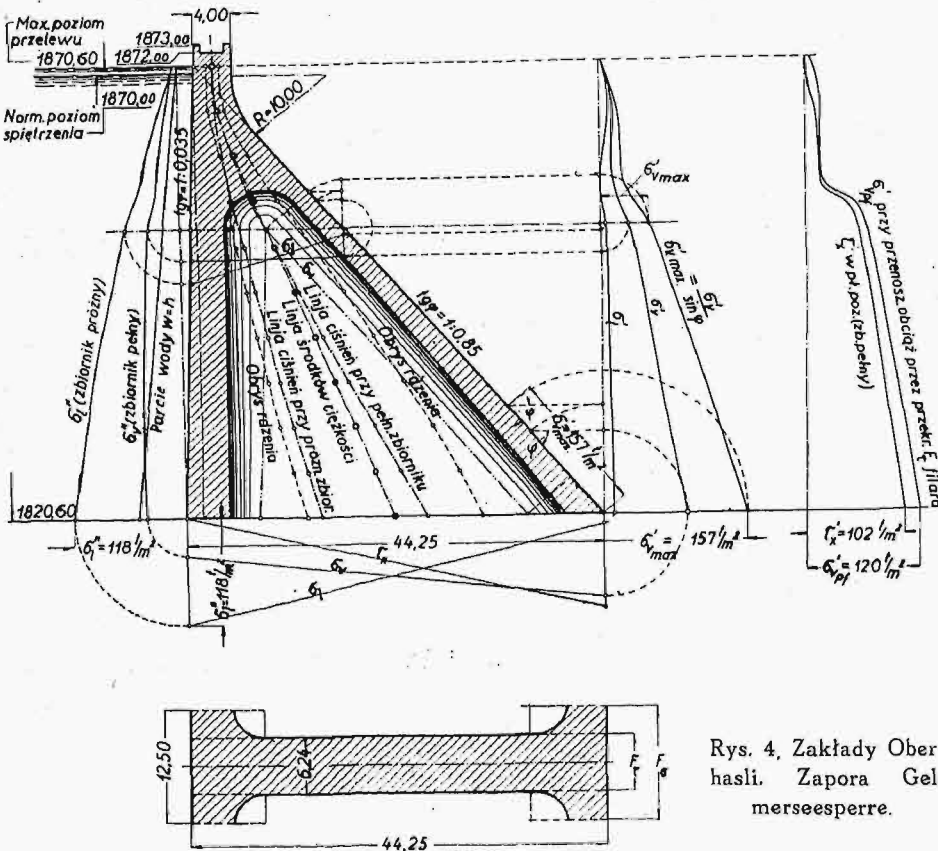
Przez ostatnie lata pobytu swego na Politechnice Zuryckiej był dziekanem Wydziału Inżynierji i doprowadził do powtórzenia czasowo rozłączonych wydziałów inżynieryjnych, lądowego i wodnego.

Rys. 4. Zakłady Oberhasli. Zapora Gelmerseesperre.

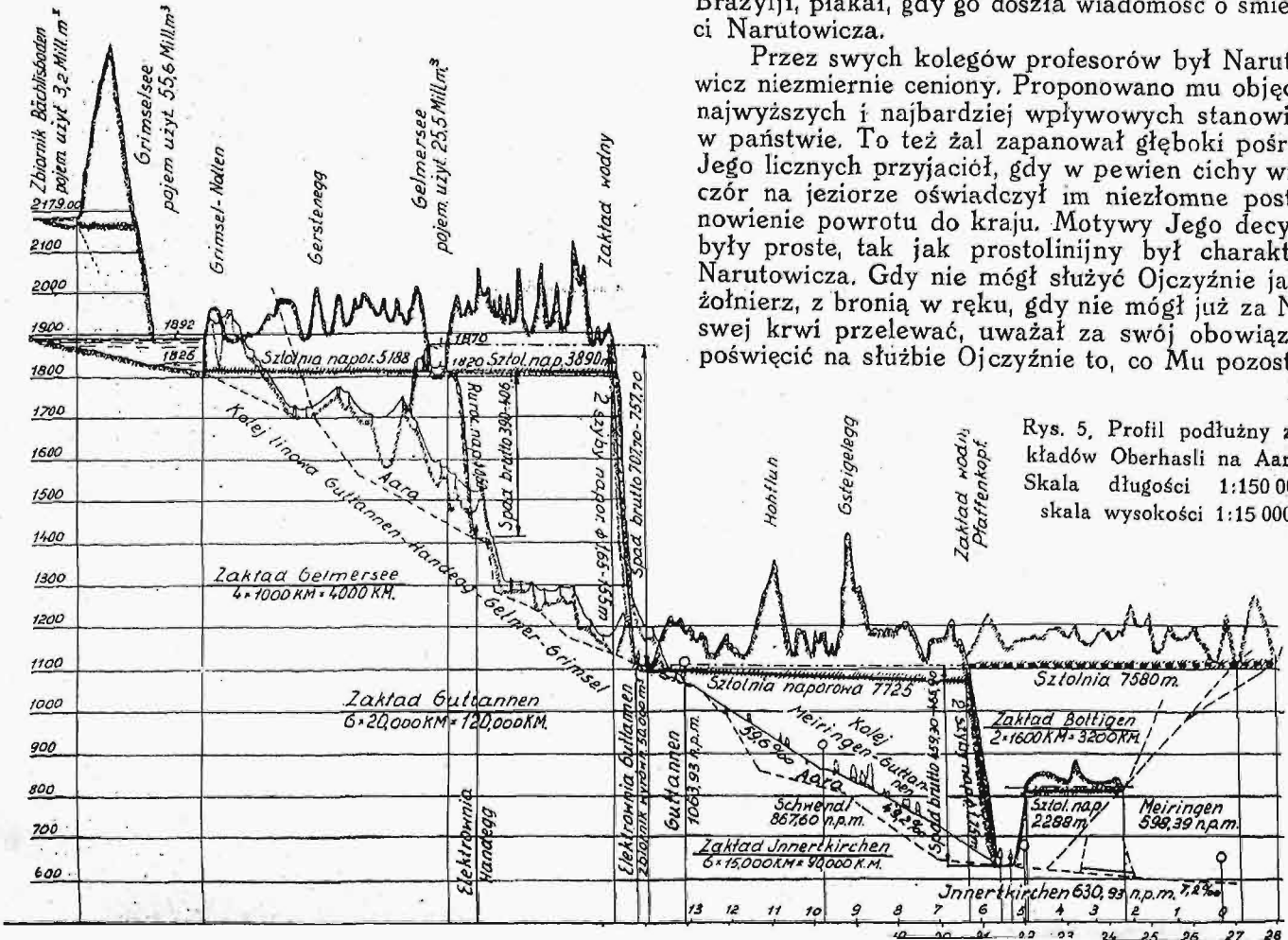
Przez studentów był uwielbiany, był na sali zawsze starszym i wyrozumiałym kolegą swych uczniów, służył im zawsze dobrą radą, tak w szkole, jak i po jej ukończeniu. Zdarzyło mi się słyszeć z ust osoby zgoła obcej, Amerykanina, pracującego w południowej Ameryce, iż były uczeń Narutowicza, zagubiony jako prowadzący roboty inżynier w odludnych puszczech Brazylii, płakał, gdy go doszła wiadomość o śmierci Narutowicza.

Przez swych kolegów profesorów był Narutowicz niezmiernie ceniony. Proponowano mu objęcie najwyższych i najbardziej wpływowych stanowisk w państwie. To też żal zapanował głęboki pośród Jego licznych przyjaciół, gdy w pewien cichy wieczór na jeziorze oświadczył im niezłomne postanowienie powrotu do kraju. Motywy Jego decyzji były proste, tak jak prostolinijny był charakter Narutowicza. Gdy nie mógł służyć Ojczyźnie jako żołnierz, z bronią w ręku, gdy nie mógł już za Nią swej krwi przelewać, uważał za swój obowiązek poświęcić na służbie Ojczyźnie to, co Mu pozosta-

Rys. 5. Profil podłużny zakładów Oberhasli na Aarze. Skala długości 1:150 000, skala wysokości 1:15 000.



i w. i. Jako rzeczoznawca, był wzywany bardzo często do pobliskich Włoch i Francji, a także do



to najlepszego, swą wiedzę, swe doświadczenie, resztę dni swego życia.

Z zagadnieniami technicznymi w Polsce spotkał się Narutowicz po raz pierwszy w roku 1909 i 1910, gdy z inicjatywy b. Ministra inż. Ossowskiego opracował projekt generalny zakładu wodnego na Dunajcu w Jazowsku. Narutowicz bronił swym autorytetem projektu wobec zawsze niechętnych władz austriackich, następnie opracował projekt szczegółowy. Niestety, wpływ baronów węglowych i zasadnicza niechęć władz wiedeńskich do Polski udaremniły wówczas budowę projektowanego zakładu i na tem przerwała się dalsza przedwojenna działalność Narutowicza w kraju. W czasie wojny opiekował się liczną rzeszą Polaków, zapędzonych zdala od Ojczyzny, pomagał zwłaszcza młodzieży polskiej.

Już w odrodzonej Polsce został wezwany jako rzeczoznawca do budowy zapory w Porąbce na Sole, a następnie został opracowany pod jego kie-

runkiem nowy projekt tej zapory. Obecnie buduje się zaporę podług tego właśnie projektu. W roku 1920 został powołany na Ministra Robót Publicznych, z wiosną 1921 był delegatem Polski na konferencji w Genewie, gdzie — znając doskonale języki obce i sam znany wszystkim, — bronił skutecznie interesów Polski. To było jednak przyczyną, iż nie dano Mu dokończyć rozpoczętych prac w Min. Rob. Publ. i powołano Go na Ministra Spraw Zagranicznych. „Der Sprung vom ehrlichen Ingenieur zum Oberdiplomaten ist gewaltig und gewagt” — pisał ze zwykłym swym humorem do przyjaciół w Szwajcarii. Dnia 9 grudnia został wybrany pierwszym Prezydentem Rzeczypospolitej, dnia 16 grudnia zginął, jako ofiara zamachu, pełnego wyjątkowego tragizmu, wyrosłego na gruncie obłądnych walk partyjnych.

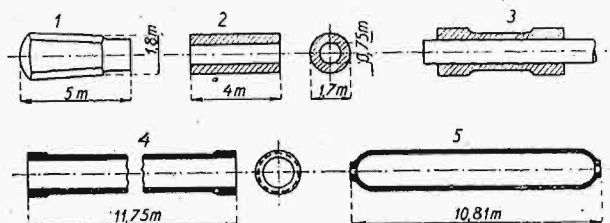
Padł wówczas na posterunku w Służbie Ojczyzny Prawy Rycerz. Cześć Jego Świetlanej Pamięci!

## PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

### KOTŁY PAROWE.

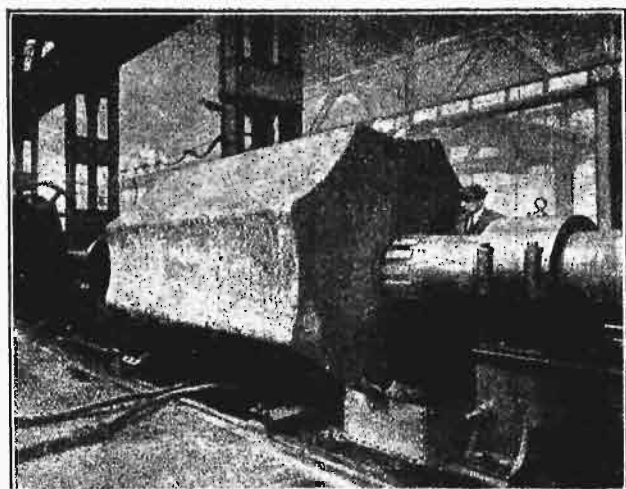
#### Wytwarzanie walczków kotłów wysokopiętnych.

Jak wiadomo, przy stosowanych dziś już dość często ciśnieniach pary ponad 100 at, dawny sposób budowy wal-



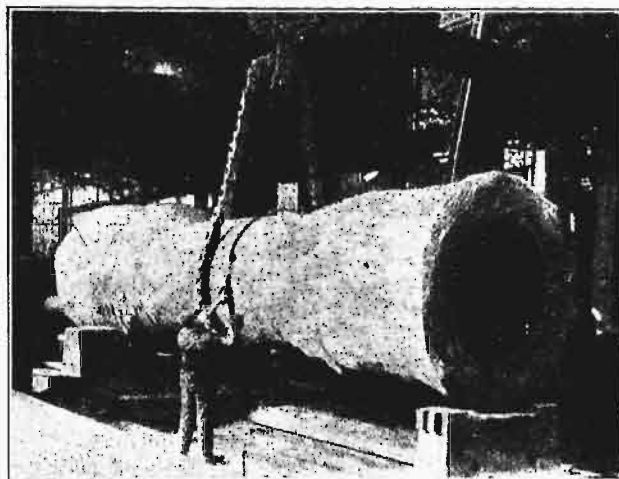
Rys. 1. Kolejne operacje wyrobu walczaka kutego.

czaków z blachy połączonej na szwie nitami okazał się zupełnie nieodpowiedni, tak ze względu na trudności wykonania nitowań przy nitach o średnicy np. 50 mm i długości po-



Rys. 2. Przewiercanie otworu w bloku stalowym.

nad 100 mm, jak i z powodu nader małej pewności takich szwów pod względem wytrzymałości i szczelności. To też zamiast walczków nitowanych zaczęto stosować walczaki spawane, tańsze i wygodniejsze w wykonaniu. Walczaki takie wykonywują np. znane zakłady Thyssen'a w Nadrenji. Mimo licznych zalet takich walczków, nie może jednak spawanie znaleźć szerszego zastosowania do ich wyrobu, bo-



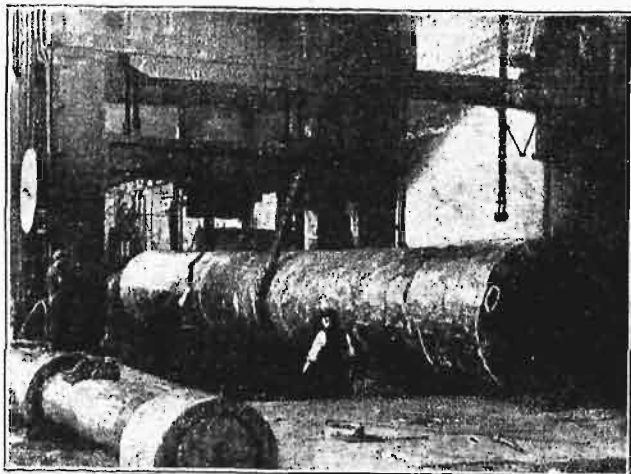
Rys. 3. Widok walczaka po 10-tem nagrzewaniu.

wiem technika spawania nie daje również często dostatecznej pewności co do należytej jakości wyrobu. Wobec tego znalazł dziś rozpowszechnienie sposób wytwarzania walczków do bardzo wysokich ciśnień z pełnych bloków stalowych, drogą kucia i obróbki skrawaniem z wielokrotnym wyżarzaniem.

Pełny blok stalowy zostaje najpierw przywiercony na wytaczarce, następnie otwór w nim zostaje zwiększony drogą kucia na gorąco, a ostatecznie zwężony na końcach walczaka (rys. 1 wskazuje kolejne operacje). W zakładach hutniczych Forges du Creusot wykonywa się tą metodą walczaki o średnicy 1,4 m, grub. ścianki 60 mm i dług. 11 m, dla ko-



tlów o ciśnieniu roboczym 43 at. Wytrzymałość materiału na rozciąganie wynosi na zimno 44 kg/mm<sup>2</sup>, granica plastyczności 26 kg/mm<sup>2</sup> w temp. pokojowej, zaś 16,5 kg/mm<sup>2</sup> — przy 260° C, a 13,5 kg/mm<sup>2</sup> przy 325° C.



Rys. 4. Widok walczaka po 18-em (ostatnim) zagrzewaniu.

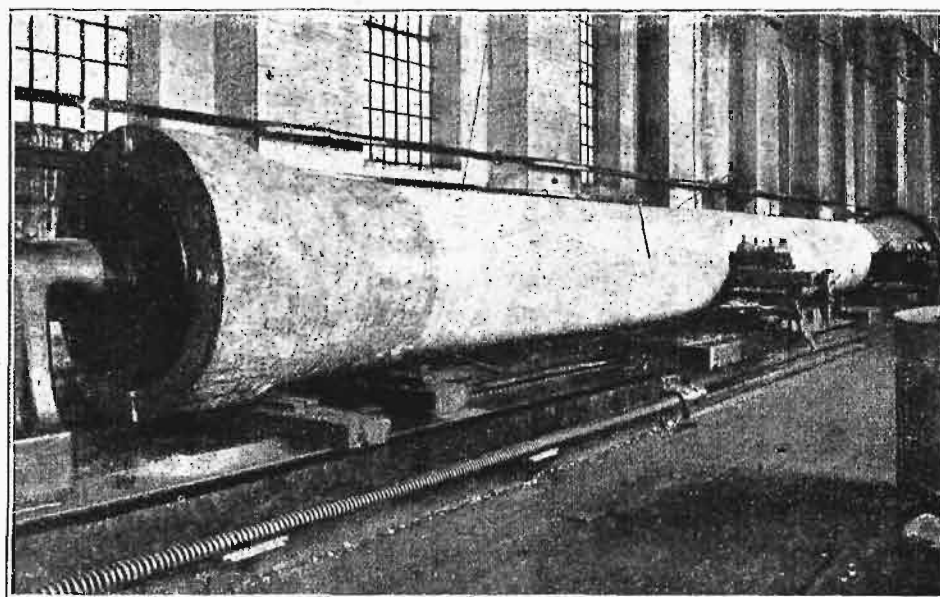
Zakłady Vickers Armstrong w Sheffield (Anglja) wykonywują podobną metodą walczaki na ciśnieniu jeszcze wyższe, dochodzące do 84 at, oraz do pracy w temperaturze, dochodzącej do 452° C, do kotłów o większej wydajności, a więc o wymiarach jeszcze większych od wyżej przytoczonych. Jako materiał, zastosowano stal martinowską z pieców o zaprawie kwaśnej. Blok pierwotny, o średnicy 2,2 m waży 165 t. W czasie odlewania bloku, poddaje się go ru-

Miejsce pobrania próbki	C%	Mn%	P%	S%	Si%
A <sub>1</sub>	0,26	0,60	0,031	0,022	0,263
A <sub>2</sub>	0,24	0,58	0,030	0,021	0,254
A <sub>3</sub>	0,225	0,55	0,029	0,023	0,235
A <sub>4</sub>	0,205	0,55	0,030	0,022	0,235
A <sub>5</sub>	0,21	0,55	0,028	0,022	0,244
B <sub>1</sub>	0,25	0,54	0,034	0,030	0,226
B <sub>2</sub>	0,225	0,53	0,028	0,029	0,226
B <sub>3</sub>	0,215	0,55	0,031	0,023	0,230
B <sub>4</sub>	0,21	0,56	0,028	0,019	0,230
B <sub>5</sub>	0,30	0,55	0,030	0,030	0,235

Próbki A<sub>1</sub> i B<sub>1</sub> wzięte były na promieniu zewnętrznym, próbki A<sub>5</sub> i B<sub>5</sub> — na promieniu o 25 mm większym od promienia przewierconego otworu centralnego. Tabela powyższa wskazuje, że skład materiału jest dość jednorodny. W dalszym ciągu następuje obróbka drogą kucia na gorąco na prasach hydraulicznych (od 1600 do 8000 t). W czasie tej obróbki walczak poddaje się kilkunastokrotnemu podgrzewaniu i wyżarzaniu. Rys. 3 i 4 wskazują niektóre z kolejnych operacji.

Po ostatniej operacji kucia, walczak zostaje obrobiony z boków na określoną długość, poczem pobiera się próbki do badań wytrzymałościowych; próbki te powinny wykazać wytrzymałość na rozciąganie 46—49 kg/mm<sup>2</sup>, granicę plastyczności 20,5 kg/mm<sup>2</sup>, wydłużenie 25% oraz przewężenie 45%. Po tej operacji walczak posiada końce nieco rozszerzone kielichowo, w celu ułatwienia obróbki (toczenia dla osiągnięcia dokładnej grubości ścianek) od wewnątrz i zewnątrz. Dopiero po tej obróbce następuje ostateczne zwężenie boków drogą kucia (patrz rys. 1,5), ostateczna ich obróbka, próba wodna na 112 at (w ciągu 1 godziny) i wreszcie wiercenie 400—500 otworów bocznych na opłomki. Rys. 6 wskazuje walczak gotowy.

Zakłady Midvale i S-ka w Filadelfji wykonywują wal-



Rys. 5. Toczenie i wytaczanie walczaka do właściwej grubości ścian.

chowi obrotowemu (4 obr./min) w celu uzyskania większej jednorodności materiału. Blok wyjęty zostaje w 24 godziny po odlaniu i następnie poddaje się powolnemu i jednostajnemu studzeniu w ciągu 4—5 tygodni — w celu uniknięcia naprężeń wewnętrznych. Następną operacją jest obróbka (planowanie) końców, poczem następuje przewiercanie otworu o średnicy 0,6 m (rys. 2). Następnie bierze się po obu końcach, na pięciu różnych promieniach, próbki materiału do analizy. Poniższa tabelka zawiera wyniki jednej z takich analiz:

czaki na ciśnieniu jeszcze wyższe, dochodzące do 98 at. Metoda jest podobna do opisanej wyżej, z tą różnicą, że w pierwszej operacji obcina się boki nie na obrabiarce, lecz na prasie hydraulicznej; podobnie otwór środkowy nie jest wiercony na wytaczarce, lecz wykonywa się go drogą przebijania na gorąco — na prasie hydraulicznej. Inne operacje są podobne jak w metodzie opisanej wyżej. Próba wodna wykonywana się przy 197 at. Średnice tych walczaków dochodzą do 1,52 m, długości do 15,3 m. (L e G é n i e C i v. t. 94 (1929), zes. 4, str. 77).

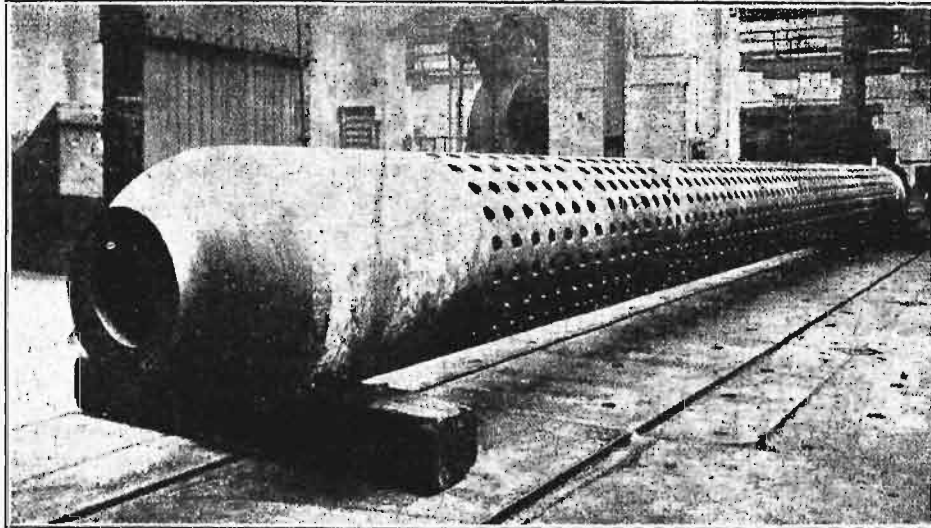
## METALOZNAWSTWO.

### Nowa teoria hartowania stali.

Do licznych teorii hartowania przybywa obecnie nowa. Dr. Scheil (Archiv für das Eisenhüttenwesen, 1928, 275 — 388) wystąpił z hipotezą, że istotną przyczyną przemiany martenzytycznej są naprężenia wewnętrzne w hartowanej stali. Według niego, przemiana austenitu w

granicę sprężystości austenitu, może towarzyszyć powstanie martenzytu, nie jest nowością. Mówił już o tem Bain w roku 1925. Natomiast założenie autora, że tylko naprężenia rozciągające sprzyjają powstaniu martenzytu, jest w sprzeczności z wynikami badań K. Hondy i K. Iwase (porównaj Przegl. Techn., 1928, 918).

T. M.



Rys. 6. Widok walczaka gotowego, wyrobu wytwórni Vickers, Armstrong, Sheffield.

martenzyt przebiega tem zupełnie, im szybciej chłodzona jest próbka. Przemiana ta zaczyna się około 300°, a ustaje po osiągnięciu przez próbkę temperatury otoczenia, nie dobiegając do końca. To zachowanie się stali podczas hartowania, odmienne od dotychczasowych poglądów, tłumaczy autor występowaniem naprężeń rozciągających, które mają stanowić istotną przyczynę przemiany austenitu w martenzyt. Dla uzgodnienia z obserwacjami, konieczne jest przy tem założenie, że przemianie sprzyjają tylko naprężenia rozciągające. Podczas hartowania, naprężenia te powoduje niejednakowa temperatura hartowanego przedmiotu, natomiast przy oziębieniu poniżej zera — rozmaita rozszerzalność martenzytu i obecnego jeszcze austenitu.

Autor skonstatował 3 przemiany stali zahartowanej, a mianowicie przy około 100° i 300° (dla szybkości ogrzewania około 10° na minutę). Pierwsza i ostatnia są przypuszczalnie przemianami właściwego martenzytu, podczas gdy zjawisko przy 250° tłumaczy autor rozkładem austenitu, który znajduje się jeszcze w zahartowanym materiale. Co do trzeciej przemiany (300°), istnieje możliwość, że jest to przemiana karbidów. Dalej rozważa autor różnorodne przemiany austenitu oraz wpływ poszczególnych czynników na twardość zahartowanego materiału, przyczem stwierdza znaczny wzrost twardości wskutek rozdrobnienia ziarn.

Sama istota martenzytu może być dokładnie zbadana tylko zapomocą roentgenografii. Tu jednak stoją na przeszkodzie:

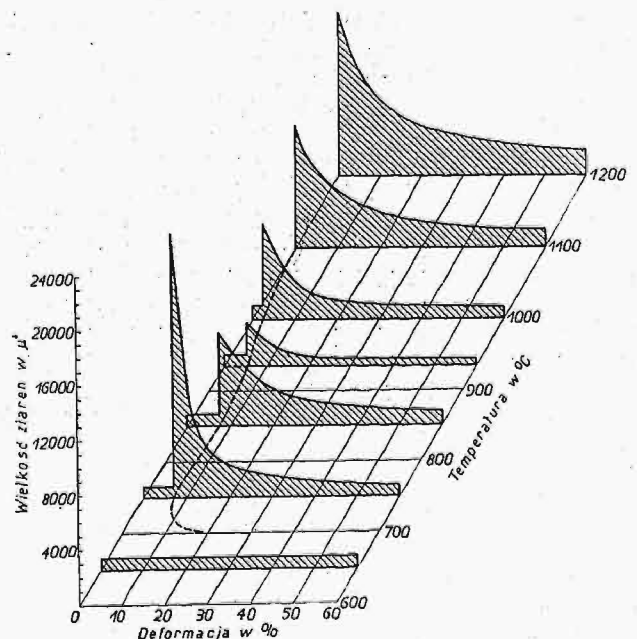
- 1) nieregularne rozszerzenie siatki przestrzennej martenzytu, skutkiem obecności atomów węgla,
- 2) napięcia sprężyste w siatkach,
- 3) bardzo mała wielkość ziarn.

W końcu rozważa autor szereg hipotetycznych wykresów austenit-martenzyt, starając się znaleźć wyjaśnienie sprawy hartowania, jednak bez konkretnych wniosków.

Fakt, że naprężeniom wewnętrznym, przekraczającym

### O rekrystalizacji przy walcowaniu na gorąco.

Badania przeprowadzone niedawno przez H. Hanne-mann'a i F. Lucke'a, wykazały, że kucie na gorąco i następne krótkotrwałe wyżarzanie w temperaturze kucia wywołuje w metalu rekrystalizację o charakterze takim samym, jak odkształcenie w temperaturze pokojowej i następne wyżarzanie. Wykres przestrzenny, przedstawiony na rys. 1 od-



Rys. 1. Wielkość ziarn w zależności od temperatury i stopnia odkształcenia przy kuciu na zimno i na gorąco.

nosi się więc zarówno do kucia na zimno, jak i na gorąco, z tem oczywiście, że dla kucia na zimno skala temperatur wskazuje temperaturę wyżarzania po zgnieciu, podczas gdy

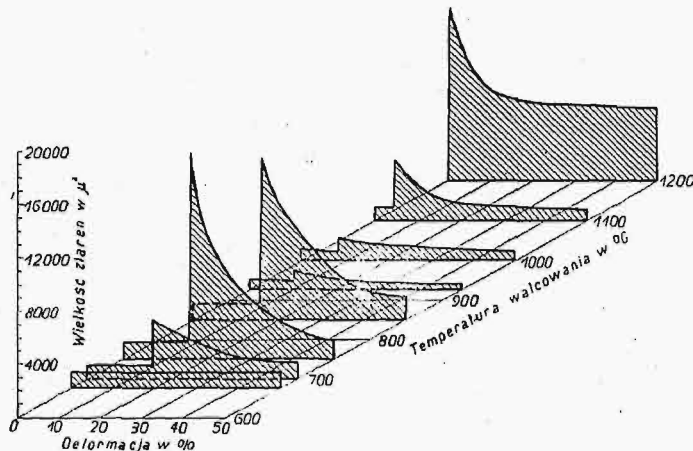
dla kucia na gorąco wskazuje tak temperaturę zgniotu, jak i wyżarzania.

Nawiązując do tej pracy, przeprowadzono ostatnio podobne badania, odnoszące się do walcowania. Chodziło przytem głównie o zestawienie, dla celów praktycznych, wykresu przestrzennego, przedstawiającego wielkość ziarn w zależności od temperatury walcowania i następnego wyżarzania oraz od stopnia odkształcenia.

Pozatem, interesującym z punktu widzenia dociekań teoretycznych był problemat, czy stopień i przebieg rekryształizacji zależy od sposobu odkształcenia, a zatem od charakteru naprężeń w odkształconym materiale.

Otrzymany, jako wynik badań, wykres przestrzenny (rys. 2), wykazuje, jak to widać z porównania rys. 1 i 2, pewne odstępstwa od takiegoż wykresu dla kucia. Przedewszystkiem inne są zakresy odkształceń krytycznych, oraz inny mają przebieg krzywe, które dla kucia zbliżają się do hyperboli.

Fakt, że przebieg rekryształizacji jest inny przy walcowaniu, niż przy kuciu, zdaje się wskazywać na słuszność za-



Rys. 2. Wielkość ziarn w zależności od temperatury i stopnia odkształcenia przy walcowaniu.

patrywania, że wzrost ziarn zależy od charakteru naprężeń, wywołanych obróbką mechaniczną. Badania nad tem zagadnieniem są nadal prowadzone.

Przy sposobności ustalono też, że stopień rekryształizacji nie zależy zupełnie od pierwotnej wielkości ziarn, a zatem jest tylko funkcją temperatury i stopnia odkształcenia.

Wspomniany wykres (rys. 2) odda w praktyce walcowniczej nieocenione wprost usługi. Wskazuje bowiem na pierwszy rzut oka, jakich temperatur dla danego stopnia odkształcenia, względnie jakich odkształceń w danej temperaturze należy unikać, aby się nie narazić na zbytni wzrost ziarn, pociągający za sobą, jak wiadomo, obniżenie własności mechanicznych. (W. Tafel, H. Hannemann, A. Schneider. St. u. E. 1929, Nr. 1 str. 7).

S. O.

## Bibliografia.

L'état actuel des travaux hydrographiques en Pologne. Tadeusz Zubrzycki, Warszawa, 1928.

Autor, Naczelnik Centralnego Biura Hydrograficznego w Ministerstwie Robót Publicznych, opisał działalność Polskiej Służby Hydrograficznej do użytku II-giej Konferencji Bałtyckiej w sprawach hydrologii i hydrometrii, która odbyła się w Tallinnie w r. 1928.

Z publikacji tej dowiadujemy się, że Centralnemu Biuru Hydrograficznemu w Warszawie podlegają oddziały w Warszawie (dorzecze Wisły poniżej ujścia Sanu), w Kra-

kwie (dorzecze Wisły powyżej ujścia Sanu), we Lwowie (dorzecza Dniepru, Dniestru i Prutu), w Wilnie (dorzecza Niemna i Dźwiny) i w Poznaniu (dorzecze Odry).

Stacyj wodostanowych było w r. 1919: 149, w r. 1928: 651, stacyj ombrometrycznych, utrzymywanych od 1925 r. przez służbę hydrograficzną, poza stacjami prowadzonymi przez P. I. M., było w 1928 r.: 334. Pomiarów hydrometrycznych wykonano w latach 1919—1927: 1591.

Na życzenie zainteresowanych Ministerstw, Biuro Hydrograficzne założyło w Gdyni stację mareograficzną. Oprócz publikacji specjalnych, jak np. wyniki pomiarów objętości przepływów w dorzeczu Dunajca, (Warszawa, 1927), Centralne Biuro Hydrograficzne wydaje *Roczniki Hydrograficzne* dla poszczególnych dorzeczy.

Spawanie i cięcie metali wykłady na kursach spawaczy, zebrane przez inż. P. Tułacza. Nakładem księgarni Ludwika Fiszer, Łódź — Katowice, 1928, str. 207.

Książka ta, wydana przy współdziale „Związku polskiego przemysłu acetylenowego i tlenowego”, opisuje własności, otrzymywanie i zastosowanie acetyleny i tlenu przy spawaniu, aparaty i przyrządy, samą technikę spawania, wreszcie spawanie acetyleno - tlenowe, spawanie żeliwa, miedzi i jej stopów, glinu oraz ołowiu, a także spawanie maszynowe. Dalej traktuje o cięciu tlenem i w końcu podaje krótki zarys techniki spawania elektrycznego. Nie uwzględnia natomiast spawania termitem i gazem wodnym. Książka zawiera przedewszystkiem dane i wskazówki praktyczne. Na zakończenie podano krótki spis literatury książkowej z dziedziny spawania acetylenowo - tlenowego.

Jako jedną z licznych zalet tego wydawnictwa, należy podnieść jasność i przystępność wykładu. Niestety posiada ono i pewne usterki. Rozdział XV, w którym jest mowa o metalografii żelaza, pominiawszy nieszczególnie wykonanie mikrofotografii, zawiera kilka błędów i nieścisłości, jak określenie martenzytu, wpływ walcowania i kucia i t. p. W kilku miejscach, prawdopodobnie skutkiem nieopanowania polskiej terminologii chemicznej, niektóre nazwy są użyte błędnie: zamiast krzem — krzemionka ( $\text{SiO}_2$ ), zamiast węgiel—węgiel (karbid), zamiast magnez—magnezja ( $\text{MgO}$ ). Wreszcie często są używane nazwy obce, na które mamy już w naszym języku powszechnie przyjęte określenia, np. element — zamiast pierwiastek (chemiczny), tungsten — zamiast wolfram i t. d.

Inż. T. Malkiewicz,

Zakład Badawczo-Doświadczalny  
Huty pokoju.

## Nekrologja.

ś. P. JÓZEF NATANSON.

Józef Natanson, przyrodnik i finansista, zmarły 5-go b. m., był w r. 1883, wspólnie z Henrykiem Wizbikiem, inicjatorem utworzenia w piśmie naszym specjalnego działu cukrowniczego, z którego w r. 1895 powstała do dziś wychodząca *Gazeta Cukrownicza*.

Urodzony w r. 1855 w Warszawie, kandydat nauk przyrodniczych uniwersytetu warszawskiego, oddawał się z zapałem pracy naukowej, należał do grona założycieli tygodnika *Wszechświat*, w którym, oprócz wielu pomniejszych, ogłosił prace: „Przyczynek do historii rozwoju glist okrągłych pasożytnych” (1879 r.) i „Świat istot najdrobniejszych” (1885 r.). Zesłany w r. 1883 do gubernii wołodzkiej, za złożenie w Kurjerze Warszawskim ofiary na cele dobroczynne, z okazji spoliczkowania Apuchtina, przebył lat parę na wygnaniu. Od r. 1883 do r. 1895 był członkiem komitetu redakcyjnego *Przeгляdu Technicznego*, następnie do zgonu członkiem spółki wydawniczej i stałym przyjacielem naszego pisma. Cześć jego pamięci!



## T R E Ś Ć :

Projekt przepisów odbiorczych kotłów parowych.

WARSZAWA

20 LUTEGO

1929 R.

## S O M M A I R E :

Le projet des prescriptions concernant les essais de réception des chaudières à vapeur.

## Projekt przepisów odbiorczych kotłów parowych. \*)

### I. Uwagi ogólne.

1. Badania odbiorcze służą do sprawdzenia, czy dostawca wykonał swe zobowiązania.

2. O ile obie strony nie zastrzegły sobie specjalnych warunków odbiorczych, obowiązują je przepisy niniejsze.

3. Badania odbiorcze powinny być wykonane po ustaleniu się warunków pracy danego urządzenia kotłowego, w każdym razie nie wcześniej, jak po upływie 300 godzin pracy, i nie później, jak w pół roku od dnia uruchomienia urządzenia kotłowego, przyczem okres suszenia obrmurza i próbnego palenia nie jest brany w rachubę.

4. Rodzaj, ilość i czas trwania badań odbiorczych należy dostosować do celu doświadczenia, przyczem dla odbioru miarodajne są tylko te wyniki badań, które są niezbędne do stwierdzenia przyrzeczonych gwarancyj.

5. Jeżeli dostawa obejmuje kilka kotłów jednakowego układu i wielkości, to, za zgodą obu stron, wystarczy poddać badaniom tylko jeden kocioł.

6. Celem zaznajomienia się z działaniem urządzenia kotłowego i usunięcia możliwych niedokładności, dostawca ma prawo przed badaniem odbiorczym przeprowadzić badania wstępne. Datę badań odbiorczych ustalają obie strony.

Badania wstępne można uważać, za zgodą obu stron, za badania odbiorcze, jeżeli odpowiadały one przepisom badań odbiorczych.

### II. Jednostki i przyrządy pomiarowe.

1. Wszystkie miary powinny być wyrażone w jednostkach metrycznych.

2. Temperaturę należy mierzyć w skali Celsjusza, a ilość ciepła w kilogramowych jednostkach cieplnych (*Kal*).

3. Całkowitą zawartość ciepła pary należy obliczać wg. tablic liczbowych, umieszczonych w ostatnim wydaniu „Technika”. Jeżeli obliczenie nastąpiło według innych tablic, należy podawać, która z tych tablic była użyta do obliczenia.

4. Ciśnienie należy wyrażać w  $\text{kg/cm}^2 = 1 \text{ at} = 735,5 \text{ mm}$  słupa rtęci, bądź to nadciśnienia (*atn*), bądź też ciśnienia absolutnego (*ata*).

Ciśnienie bliżej nieokreślone należy rozumieć, jako nadciśnienie.

Ciśnienie małe wyrażać można w *mm* słupa rtęci, lub wody. Przy wszelkich pomiarach, pożądane jest podawanie średniego ciśnienia barometrycznego.

5. Wszystkie przyrządy używane do badań powinny być dokładne i niezawodne.

Przyrządów samopiszących używać można przy dokładnych badaniach tylko wówczas, gdy ich wskazania mogą być podczas pracy w każdej chwili sprawdzone.

6. Ilość wody zasilającej ustala się przez ważenie, albo przez mierzenie w zbiornikach wzorcowanych.

Zbiorniki powinny być wzorcowane przy średniej temperaturze mierzonej wody, lub też zawartość ich powinna być przeliczona na tę temperaturę.

Używanie wskazań wodomierzy do obliczeń odbiorczych jest niedopuszczalne, natomiast można używać tych przyrządów celem stwierdzenia, czy przy pomiarach nie zaszła pomyłka, należy jednak uprzednio przekonać się o prawidłowości wskazań wodomierzy.

7. Do mierzenia ilości pary można używać dysz, wzorcowanych przy przeciętnej temperaturze przepływającej przez dyszę pary.

8. Ilość paliwa stałego, lub płynnego, ustala się wyłącznie przez ważenie, zaś gazowego przez mierzenie objętości, z podaniem temperatury i ciśnienia.

9. Temperaturę mierzy się zapomocą termometrów rtęciowych albo elektrycznych, sprawdzonych przez porównanie z przyrządami wzorcowanymi. Termometry trzeba tak osadzić, aby uchronić je od wpływu temperatury otoczenia, pozatem do zakładania termometrów przy próbach odbiorczych należy użyć rurek o cienkich ściankach i możliwie małej średnicy, a to w celu szybkiego oddziaływania wahań temperatury na termometr. Przestrzeń między termometrem, a wnętrzem rurki zapełnia się rtęcią, jeżeli mierzona temperatura nie przekracza  $350^{\circ} \text{C}$ . Przy wyższych temperaturach, jako przewodnik ciepła, należy stosować drobne opiłki metalowe, a górny koniec rurki starannie uszczelnić azbestem. Zewnętrzne końce rurek do zanurzenia termometrów nie powinny zbyt

\*) Projekt ten, opracowany w Komisji Energetycznej P. K. En., został zgłoszony do Polskiego Komitetu Normalizacyjnego.

wystawać ponad przewód, ponieważ może to powodować nieprawidłowe wskazania. Jeżeli przy pomiarach temperatury cały słupek rtęci termometru nie jest zanurzony, wtedy należy wprowadzić odpowiednią poprawkę, przyczem temperaturę wystającego nazewnątrz końca rurki mierzy się zapomocą osobnego termometru, którego kulka rtęci powinna znajdować się około połowy wysokości niezanurzonego słupka rtęci, i w tem miejscu obydwu termometry należy owinąć sznurkiem azbestowym. Jeżeli przez  $n$  oznaczyć ilość niezanurzonych stopni termometru głównego, przez  $t_1$  jego wskazanie oraz przez  $t_2$  wskazanie termometru pomocniczego, to rzeczywista temperatura  $t$  powinna wynosić:

$$t = t_1 + n \cdot (t_1 - t_2),$$

gdzie  $\alpha = 0,000135$  dla termometrów szklanych.

Przy pomiarach temperatury pary przegrzanej, należy przyrząd pomiarowy wprowadzić promieniowo możliwie aż do środka przewodu parowego i, w miarę możności, koniec przyrządu, wrażliwy na ciepło, skierować przeciwko prądowi pary.

Pomiary należy uskuteczniać tylko w dobrze otulonych miejscach przewodu.

10. Ciśnienie pary należy mierzyć zapomocą manometru kontrolnego lub rtęciowego. Wskazane jest zaopatrzenie wszystkich obsad manometrów w specjalne kołnierze 38 mm średnicy i 6 mm grubości, celem możności zakładania manometrów kontrolnych.

11. Przy mierzeniu temperatury gazów spalinowych należy zwrócić uwagę, żeby termometr zagłębiał się należycie w strumieniu spalin i nie był narażony na oddziaływanie chłodnych ścianek.

### III. Oznaczenia i wartości porównawcze.

1. Za powierzchnię ogrzewaną kotła i podgrzewacza wody przyjmuje się tę część powierzchni jego ścianek, która się styka z jednej strony z wodą lub inną cieczą, a z drugiej strony ze spalinami. Wielkość powierzchni ogrzewanej oblicza się w metrach kwadratowych, ściśle według wymiarów ścian, po stronie ogrzewanej spalinami. Przy obliczeniu ogólnej powierzchni ogrzewanej, nie potrąca się powierzchni styku ścianek międzykanałowych z kotłem. Jeżeli kocioł posiada ścianki ogrzewane gazami i stykające się z drugiej strony z parą, to tej części powierzchni nie należy doliczać do ogólnej powierzchni kotła, lecz podać ją oddzielnie.

2. Powierzchnię przegrzewaczy pary mierzy się również od strony spalin i do obliczenia przyjmuje się tylko tę część ścianek, która z jednej strony styka się z parą, a z drugiej ze spalinami.

3. Za powierzchnię rusztu przyjmuje się całkowite pole rusztu w komorze paleniskowej, pokryte węglem i posiadające szczeliny dla przejścia powietrza.

4. Wielokrotność odparowania i wydajność kotła określa się w  $kg$  pary odprowadzonej w ciągu godziny, przeliczonej również na parę normalną o wartości cieplnej 632  $Kal$ .

5. Przy ocenie sprawności urządzeń kotłowych przyjmuje się, jako miarę wartości opałowej paliwa, jego wartość opałową użyteczną (dolną), t. j. ilość kaloryj z 1  $kg$  paliwa w stanie pierwotnym, bez potrącenia popiołu, wilgoci i t. p., obliczoną w założeniu, że woda hygroskopijna i chemiczna jest w postaci pary wodnej.

Wartość opałową paliwa gazowego odnosi się do 1  $m^3$  przy 0° C i 760  $mm$  ciśnienia sł. rtęci.

### IV. Badania odbiorcze.

Przedmiotem badań w urządzeniach kotłowych mogą być:

- A. Kotły parowe.
- B. Paleniska.
- C. Przegrzewacze pary.
- D. Podgrzewacze wody, ogrzewane spalinami
- E. Urządzenia do sztucznego ciągu.
- F. Przewody parowe.

#### A. K o t ł y p a r o w e.

Przy badaniach kotłów parowych należy ustalić:

1. Ilość spalanego w ciągu godziny paliwa, natężenie powierzchni rusztu, wyrażone w  $kg/m^2/h$ , jak również wartość opałową paliwa.

2. Ilość pary odprowadzanej z kotła w ciągu godziny lub, przy stałym poziomie wody w kotle, ilość wody włączanej w ciągu godziny i natężenie powierzchni ogrzewanej, wyrażone w  $kg/m^2/h$ .

3. Ciśnienie pary w kotle, temperaturę wody zasilającej przy wejściu do kotła i temperaturę pary przegrzanej oraz jej ciśnienie przy wylocie z przegrzewacza.

4. Sprawność urządzenia kotłowego, t. j. stosunek ilości ciepła, otrzymanego w parze z 1  $kg$  paliwa, do jego wartości opałowej użytecznej (dolnej).

O ile urządzenie kotłowe składa się również z przegrzewacza, to wtedy, oprócz sprawności tych poszczególnych grzejników, należy podać również ogólną sprawność całego urządzenia kotłowego.

5. Straty ciepłe: paleniskowe, popielnikowe, kominowe, przez promieniowanie, nie szczelności i t. d.

6. Ciąg w  $mm$  sł. wody w różnych punktach urządzenia kotłowego, szczególnie przed zasuwą kotła, wzgl. ciśnienie powietrza, włączanego pod ruszty.

7. Skład chemiczny i temperaturę spalin przed zasuwą, jak również temperaturę powietrza przed wejściem do paleniska.

8. Rozchód pary przy stosowaniu wdmuchu pary pod ruszty, rozchód mocy do napędu rusztów, wzgl. wentylatorów, zarówno do wdmuchu powietrza, jak i do wyciągania spalin.

9. Poprawność działania przyrządów zasilających, rusztów mechanicznych i wogóle całego sprzętu kotłowego.

#### B. P a l e n i s k a.

Przy badaniach palenisk, należy ustalić:

1. Ilość spalanego w ciągu godziny paliwa i jego wartość opałową.

2. Natężenie powierzchni rusztu wyrażone w  $kg/m^2/h$ .

3. Ciąg w  $mm$  sł. wody w różnych punktach paleniska, wzgl. ciśnienie powietrza, włączanego pod ruszty.

4. Skład chemiczny i temperaturę spalin oraz temperaturę powietrza przed wejściem do paleniska.

5. Rozchód pary przy stosowaniu wdmuchu pary pod ruszty, rozchód mocy do napędu rusztów, wzgl. wentylatorów, zarówno do wdmuchu powietrza, jak i do wyciągania spalin.

6. Ilość popiołu i żużla oraz zawartość w nich części palnych, stan obmurza i jakość obsługi paleniska.

#### C. Przegrzewacze pary.

Przy badaniach przegrzewaczy pary, należy ustalić:

1. Przy przegrzewaczach z oddzielnymi paleniskami, ilość spalanego w ciągu godziny paliwa i jego wartość opałową użyteczną, wzgl. natężenie powierzchni rusztu w  $kg/m^2/h$ .

2. Przy przegrzewaczach, ogrzewanych spalinami kotłowymi, ilość spalanego w ciągu godziny paliwa, jego wartość opałową użyteczną, skład chemiczny i temperaturę spalin, ciąg przy wejściu i wyjściu z przegrzewacza.

3. Ilość przepływającej przez przegrzewacz pary, jej szybkość przy wlocie i wylocie, ciśnienie i temperaturę pary przed i za przegrzewaczem.

4. Sprawność przegrzewacza, t. j. stosunek ilości ciepła, otrzymanego wskutek przegrzania pary, do ciepła, dostarczonego przez spaliny w tym samym czasie.

5. Przy przegrzewaczu z oddzielnym paleniskiem — jego sprawność, t. j. stosunek ilości ciepła, otrzymanego wskutek przegrzewania pary, z 1  $kg$  paliwa do jego wartości opałowej.

#### D. Podgrzewacze wody, ogrzewane spalinami.

Przy badaniach podgrzewaczy wody, należy ustalić:

1. Ilość spalanego w ciągu godziny paliwa, jego wartość opałową użyteczną, skład chemiczny, temperaturę spalin i ciąg przy wejściu i wyjściu z podgrzewacza.

2. Ilość przepływającej przez podgrzewacz wody, ciśnienie i temperaturę wody przed i za podgrzewaczem.

3. Sprawność podgrzewacza, t. j. stosunek ilości ciepła, wchłoniętego przez wodę, do ciepła, dostarczonego przez spaliny w tym samym czasie.

#### E. Urządzenia do sztucznego ciągu.

Przy badaniach urządzeń do sztucznego ciągu, należy ustalić:

1. Ciśnienie powietrza (w  $mm$  słupa wody) przy wylocie z wentylatora i w końcu przewodu powietrznego.

2. Śsanie (w  $mm$  słupa wody) przy wlocie do wentylatora i na początku przewodu ssącego.

3. Stosunek zdławionego prześwitu regulacyjnego dla przejścia powietrza do pełnego prześwitu przewodu za wentylatorem.

4. Przy dmuchawkach parowych, ciśnienie pary przed wlotem do dyszy i jej przekrój.

5. Różchód mocy, wzgl. pary, przez urządzenie do sztucznego ciągu.

#### F. Przewody parowe.

Przy badaniach przewodów parowych, należy ustalić:

1. Ilość pary przepływającej przez przewód, jej przeciętną szybkość, ciśnienie i temperaturę pary na początku i w końcu przewodu.

2. Długość przewodu, rodzaj i jakość otuliny oraz stratę ciepła w przepływającej parze.

3. Stratę ciśnienia przy przepływie przez zawory i kolana.

4. Wydłużenie się przewodu, celowość urzą-

dzeń kompensacyjnych oraz podparcia, wzgl. zawieszenia przewodów.

5. Straty ciepła w przewodach wody zasilającej i skroplonej.

### VI. Wykonanie badań odbiorczych.

#### A. Uwagi ogólne dotyczące badań.

1. Przed badaniem odbiorczym urządzenia kotłowego, należy — na życzenie dostawcy — oczyścić starannie kocioł wewnątrz z kamienia kotłowego i osadu, zzewnątrz z sadzy i popiołu i wogóle doprowadzić urządzenie kotłowe do należytego stanu użytkowego.

2. Przed rozpoczęciem właściwego badania odbiorczego, należy doprowadzić kocioł do stanu równowagi cieplnej; w tym celu kocioł powinien przez kilka dni pracować możliwie tem samym paliwem i z tem samym natężeniem, jak podczas badań odbiorczych.

3. Bezpośrednio przed rozpoczęciem badań odbiorczych należy wykonać przedwstępne pomiary, a to w celu przekonania się, czy urządzenie kotłowe pracuje normalnie.

4. Wszystkie notowania powinny być dokonywane przynajmniej co 20 minut i w równych odstępach czasu.

#### B. Czas trwania badań oraz dozwolone wahania spostrzeżeń.

1. W celu oznaczenia ilości zużytego paliwa i wytworzonej pary, jak również sprawności urządzenia kotłowego, przy równomiernej i nieprzerwanej pracy, czas trwania badania powinien wynosić conajmniej 6 godzin.

Przy wahaniami natężenia kotła, przekraczających o  $\pm 15\%$  wartości przeciętne, czas trwania badania należy przedłużyć conajmniej do 8 godzin.

2. Jeżeli przy badaniu kotła chodzi wyłącznie o określenie ilości pary, wytwarzanej przez kocioł, drogą ważenia skroplin ze skraplacza powierzchniowego, lub też przy pomocy paromierza, przy równomiernej i nieprzerwanej pracy kotła, czas trwania badania można skrócić do 4 godzin.

3. Przy badaniu tylko składu chemicznego, temperatury spalin i ciągu w kanałach dymowych, wystarczą badania w granicach 1—2 godzin.

#### C. Pomiar rozchodu paliwa.

1. W celu prawidłowego ustalenia rozchodu paliwa podczas badań odbiorczych, należy zwrócić uwagę, żeby warunki pracy paleniska na początku i w końcu badania były jednakowe, co się powinno wyrazić w jednakowej grubości warstwy płonącego paliwa.

W jednakowych odstępach czasu przed i w końcu badania odbiorczego należy oczyścić ruszty i popielniki z żużla i popiołu.

Przy rusztach samoczynnych, należy zwrócić uwagę, żeby ilość węgla w koszu, grubość warstwy na rusztach i szybkość posuwu rusztów były jednakowe na początku i w końcu badania.

2. Oznaczanie ilości spalonego paliwa oraz otrzymanego podczas badania żużla i popiołu odbywa się przez ważenie.

3. Podczas badania odbiorczego odrzuca się z każdego wózka paliwa przed jego ważeniem, lub też z kosza paleniskowego w równych odstępach czasu, do specjalnej skrzyni, drobną ilość paliwa, a to w celu uzyskania materiału na przeciętną



próbkę do oznaczenia jego wartości opałowej. Im drobniejsze i gatunkowo równomierniejsze jest paliwo, tem odbierane próbki mogą być ilościowo mniejsze.

Przy pospółce i węgla niesortowanym, powinien być przy braniu próbki zachowany właściwy stosunek węgla grubszego do miazgu.

Próbki wrzuca się do zamkniętej skrzynki; przy paliwie bardzo wilgotnym, skrzynka powinna być wyłożona wewnątrz blachą, lub też cała wykonana z blachy, a to w celu uniknięcia błędów przy określaniu stopnia wilgotności paliwa.

Zaraz po ukończeniu badania odbiorczego należy próbę paliwa, wziętą ze skrzyni, wysypać np. na kamienną czystą i suchą podłogę, lub na podkładkę z czystej blachy i potłuc kawałki paliwa, poczem potłuczone paliwo należy rozłożyć w kwadrat równomierną warstwą i rozdzielić po przekątnych na 4 części, z których 2 przeciwległe należy usunąć. Resztę, w miarę potrzeby, rozdrabnia się, miesza powtórnie, układa równomierną warstwą, dzieli znów na 4 części, 2 przeciwległe odrzuca i t.d.

W ten sposób otrzymaną próbkę paliwa w ilości kilku kg należy zamknąć do naczynia suchego i hermetycznego, które dawałoby gwarancję, że stan wilgotności paliwa nie ulegnie żadnym zmianom.

Dla uniknięcia wszelkich nieporozumień przy oznaczaniu wartości opałowej paliwa, należy rozdzielić próbkę na 3 części, tak, żeby można było wykonać analizę z 2 próbek w 2 różnych laboratorjach, zaś trzecia próbka powinna być opieczętowana i zachowana.

4. Dla określenia strat paleniskowych i popielnikowych, należy zważyć ilość otrzymanego podczas próby żużla i popiołu oraz wziąć przeciętne próbki do analizy.

5. Przy paliwie gazowym, należy brać ciągle próbki przez cały czas badania.

#### D. Pomiar wody zasilającej i wytworzonej pary.

1. Poziom wody i ciśnienie w kotle należy utrzymywać możliwie niezmiennie podczas badania odbiorczego, a w każdym razie na jego początku i końcu.

Jeżeli nie można uniknąć drobnych różnic między początkowym a końcowym stanem poziomu wody lub prężności pary w kotle i temperatur w podgrzewaczu, to należy różnice te uwzględnić, obliczając ich wartości cieplne.

Zasilanie kotła powinno odbywać się bez przerw, a gdy to jest niewykonalne, należy unikać zasilania w ciągu ostatnich kilku minut przed początkiem i końcem badania.

2. Rozchód wody zasilającej ustala się drogą ważenia, albo też drogą mierzenia w naczyniach wzorcowanych (patrz rozdz. II p. 6). Podczas badania odbiorczego należy zwrócić uwagę na to, żeby woda ważona lub mierzona szła wyłącznie do zasilania kotłów, bez wszelkich strat ubocznych. Wszystkie odgałęzienia uboczne przewodów wodnych i parowych, jak również rury spustowe z kotłów powinny być przez cały czas badania odbiorczego odcięte przy pomocy zaślepek. Zawory bezpieczeństwa powinny być utrzymywane w takim stanie, ażeby podczas badań nie dawały powodu do strat pary.

3. Przy badaniach odbiorczych nie należy stosować smoczków (inżektorów) oraz pomp zasilających, z których para odlotowa miesza się z wodą zasilającą.

4. Jeżeli istnieją usprawiedliwione podejrzenia co do znacznej ilości wody, porywanej przez parę, wtedy należy na przewodzie parowym, tuż przy kotle, ustawić odwadniacz i wydzieloną z pary wodę skierować możliwie z powrotem do kotła, lub też odprowadzić przez automat do specjalnego zbiornika, poczem zważyć osobno i odjąć, uwzględniając jej wartość cieplną, od ogólnej ilości wody zasilającej.

5. Temperaturę wody zasilającej należy mierzyć możliwie blisko jej wejścia do kotła.

6. Temperaturę i ciśnienie pary przegrzanej należy mierzyć możliwie blisko wylotu, najlepiej na wylotowej skrzynce zbiorczej przegrzewacza

7. Przy badaniach podgrzewaczy, należy mierzyć temperaturę możliwie blisko wlotu i wylotu.

#### E. Badanie spalin.

1. Temperaturę spalin uchodzących mierzy się przed zasuwą lub kłapą dymową u wylotu kotła i podgrzewacza.

2. Temperaturę powietrza, wchodzącego pod ruszty, należy mierzyć możliwie blisko paleniska.

3. Próbkę spalin, przeznaczone do rozbioru chemicznego, należy czerpać z rurki, wstawionej w kanał spalinowy, możliwie stale, lub przynajmniej w odstępach 20-minutowych.

4. Do oznaczenia strat ciepła, zawartego w spalinach odlotowych, miarodajny jest rozbiór spalin, zaczerpniętych przed zasuwą, lub kłapą dymową.

#### F. Przeliczenie wyników i sprawozdanie.

1. Sprawozdanie powinno zawierać opis, warunki pracy urządzenia kotłowego i wszystko, co jest potrzebne do przeliczenia i oceny wyników badań odbiorczych.

2. Jeżeli podczas badań odbiorczych zachodziły większe wahania, to należy podać w sprawozdaniu, prócz wyników przeciętnych, także najniższe i najwyższe wartości wskazań głównych przyrządów pomiarowych.

3. Jeżeli otrzymane podczas badań wartości przeciętne odnoszą się do innych warunków pracy urządzenia kotłowego, niż podane w gwarancji, to wynik badań należy sprowadzić przez interpolację do warunków gwarantowanych, o ile to okaże się możliwe do wykonania.

Gdy gwarancja nie została ujęta w postaci krzywej dla różnych obciążeń urządzenia kotłowego, a obejmuje tylko jedno obciążenie, bez specjalnych zastrzeżeń i omówień, to należy przyjąć, że powinna obowiązywać również i dla obciążeń różniących się od gwarantowanych o  $\pm 7,5\%$ .

4. Umowa powinna ustalać, czy i w jakiej wysokości dopuszczalne są odchylenia wyników badań odbiorczych od gwarantowanych.

Jeżeli umowa tego nie przewiduje, to gwarancję można uważać za dotrzymaną, gdy osiągnięte wyniki różnią się od cyfr gwarantowanych nie więcej niż o 5%, co jednak nie dotyczy ilości pary, jaką dane urządzenie kotłowe ma dostarczać i która musi być osiągnięta.