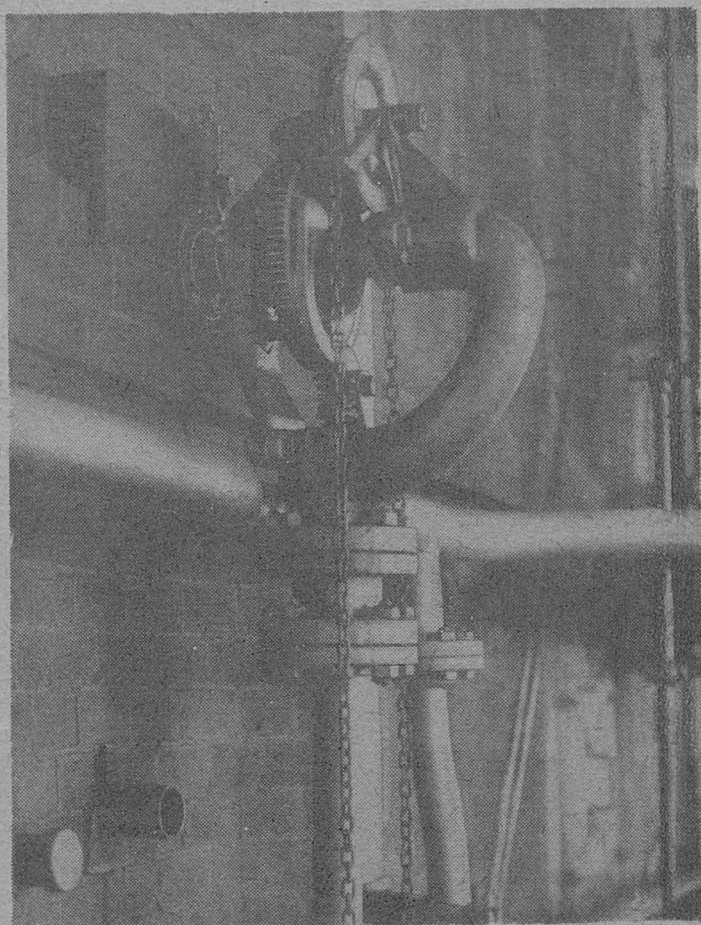


Biblioteka Politechniki

PRZEGŁĄD MECHANICZNY

A 1192 II

MIESIĘCZNIK NAUKOWO-TECHNICZNY



Głowica wielodyszowa zdmuchiwacza sadzy produkcji krajowej, zabudowana na kotle (p. art. w zeszycie).



ROK XI

KWIECIEŃ 1952

ZESZYT 4

WYDAWNICTWO NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ

ARTYKUŁY GŁÓWNE	str
Prof. dr inż. Aleksy Piątkiewicz — Uwagi o obliczaniu i konstrukcji dwuszcękowych hamulców dzwignic	133
Mgr inż. Jan Woźniacki — Ścieralność metali	140
Mgr inż. Andrzej Józefik — Produkcja narzędzi ze stali szybko tnącej (dokończenie)	147
TECHNIKA CIEPLNA	
Mgr inż. Jerzy Łaskiewicz — Zagadnienie zanieczyszczania powierzchni grzejnych kotłów parowych i jego zwalczanie	150
Dr inż. Władysław Gundlach — O układach jednostek miar (uwagi pod kątem widzenia zagadnień cieplnych maszyn przepływowych)	157
Prof. dr inż. Stanisław Ochęduszek, mgr inż. Jan Szargut — Bilanse energetyczne reakcji chemicznych (dokończenie)	162
Mgr inż. Arkadiusz Zmysłowski — Współczesne tendencje w budownictwie kotłowym w NRD	168
PRZEGLĄD PRASY TECHNICZNEJ	
Elektromechaniczne wyglądanie powierzchni — W. C.	169
Obliczanie napędu podwójnie związanego — W. K.	170
Chłodzenie paro-wodne — inż. E. Augustyniak	171
BIBLIOGRAFIA	
KRONIKA	
Do zeszytu załączony jest Przegląd Bibliograficzny Mechaniki (str. 4)	

СОДЕРЖАНИЕ
ГЛАВНЫЕ СТАТЬИ

Замечания относительно расчёта и конструкции двубашманных тормозов подъёмных машин
Истиральность металлов
Производство инструментов из быстрорежущей стали (окончание)

ТЕПЛОВАЯ ТЕХНИКА

Проблема загрязнения нагревательной (топочной) поверхности паровых котлов и борьба с ней
О схемах единиц измерений
Энергетические балансы химических реакций (окончание)
Современные стремления в котельном строительстве в Германской Демократической Республике

ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

БИБЛИОГРАФИЯ
ХРОНИКАCONTENTS
GENERAL ARTICLES

Remarks on calculation and design of double block brakes for hoisting machinery
Surface wear of metals
Production of HSS cutting tools (conclusion)

HEAT ENGINEERING

The problem of fouling the heating surfaces of steam boilers and its prevention
About the systems of units
Energy balances for chemical reactions (conclusion)
Present trends in boiler construction

TECHNICAL PRESS REVIEW

BIBLIOGRAPHY

CHRONICLE

SOMMAIRE
ARTICLES GENERAUX

Remarques concernant le calcul et la construction des freins à deux sabots des engins de levage
Usure des métaux par le friction
Production d'outils en acier rapide (fin)

LA THERMOTECNIQUE

Problème de salissage des surfaces de combustion des chaudières à vapeur et son élimination
Des regroupements des unités de mesure
Bilance energetiques des réactions chimiques (fin)
Tendances contemporaines dans la construction des chaudières dans la République Démocratique Allemande

REVUE DE LA PRESSE TECHNIQUE

BIBLIOGRAPHIE

CHRONIQUE

WYDAWCA: NACZELNA ORGANIZACJA TECHNICZNA, WARSZAWA, Czackiego 3/5
Komitet Redakcyjny: mgr inż. ZYGMUNT BOCHENEK, mgr inż. PAWEŁ KOSIERADZKI, JAN STEFAN KOWALSKI, mgr inż. STANISŁAW KULESZA, dr inż. JAN OBALSKI, prof. dr inż. ALEKSY PIĄTKIEWICZ, prof. inż. ZDZISŁAW RYTEL, prof. dr inż. ROBERT SZEWAŁSKI, mgr inż. LECH STRZELECKI, mgr inż. JOZEF ZAGORSKI
Redaktor Naczelny: mgr inż. MARIAN WAKALSKI
Z-ca Redaktora Naczelnego: inż.-mech. WŁADYSŁAW KAWĘCKI
Sekretarz redakcji: HALINA MIKULSKA
Redaktor techniczny: CZESŁAW PIEKARSKI
Rysunki wykonał: STANISŁAW LIPINSKI
PKO Nr konta 1-19881/110.

MIESIĘCZNIK NAUKOWO-TECHNICZNY
STOWARZYSZENIA INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW MECHANIKÓW POLSKICH

ADMINISTRACJA : WARSZAWA, MICKIEWICZA 18, TEL. 10-62-26

Prof. dr inż. ALEKSY PIATKIEWICZ

Właściwy dobór parametrów, decydujących o mechanicznej i cieplnej charakterystyce hamulca umożliwia podwyższenie niezawodności jego działania i uzyskanie oszczędnego zużycia materiałów ciernych przy eksploatacji. Artykuł ma na celu upowszechnienie współczesnej teorii hamulców klockowych, naświetlenie zagadnienia granic stosowalności przybliżonych roboczych metod obliczeniowych oraz zagadnienia racjonalnego wyboru typu hamulca i parametrów jego układu.

Współczesna teoria hamulców klockowych³⁾ znacznie lepiej wyjaśnia rozkład sił w układzie hamulca, co zezwala na bardziej racjonalne ukształtowanie jego elementów. Podstawowym założeniem tej teorii jest pominięcie odkształceń szczęk, klocków i tarczy hamulcowej jako małych w porównaniu z odkształceniami okładziny ciernej. Dostępna literatura techniczna nie zawiera wzmianki o doświadczalnym potwierdzeniu prawa rozkładu docisków promieniowych, uzyskanego przy takim założeniu.

Rys. 1.

Diets — „Die Berechnung von Backenbremsen“ VDI,
grudzień 1937.

chodzące na skutek odkształcenia okładziny, jest jednakowe dla wszystkich punktów klocka. Wynika stąd, że promieniowe odkształcenia okładziny Δ'_φ spełniają zależność $\Delta'_\varphi = \Delta_x \cos \varphi$.

Przy obrocie tarczy hamulcowej elementarne siły tarcia, rozwijające się na czynnej powierzchni okładziny ciernej, w najogólniejszym przypadku wywołają powstanie względem osi przegubu klocka momentu powodującego obrót klocka o kąt $d\gamma$ (rys. 1b). Wywołane tym obrotem dodatkowe promieniowe odkształcenia Δ''_φ okładziny będą równe:

$\Delta''_\varphi = m d\gamma \cos [90^\circ - (\varphi + \gamma)]$ skąd po uwzględnieniu zależności $\frac{L}{\sin(\varphi + \gamma)} = \frac{m}{\sin \varphi}$ otrzymamy:

$$\Delta''_\varphi = L d\gamma \sin \varphi.$$

Z powyższego wynika, że w obszarze proporcjonalności pomiędzy dociskiem a odkształceniem, prawo rozkładu docisków normalnych na czynnej powierzchni okładziny ciernej określa związek:

$$P_\varphi = A \cos \varphi + B \sin \varphi \quad [1]$$

gdzie A i B są dla przyjętego klocka stałymi współczynnikami proporcjonalności, których wartości wyznaczamy z warunków równowagi klocka. Przy klocku symetrycznym o kącie opasania α i szerokości okładziny b_o oraz współczynniku tarcia pomiędzy materiałem okładziny a materiałem tarczy hamulcowej, wynoszącym μ_o otrzymujemy następujące zależności:

z warunku $\Sigma X = 0$

$$\frac{2N}{Rb_o} = A(\alpha + \sin \alpha) + \mu_o B(\alpha - \sin \alpha) \quad [2]$$

z warunku $\Sigma Y = 0$

$$\frac{2T}{Rb_o} = \mu_o A(\alpha + \sin \alpha) - B(\alpha - \sin \alpha) \quad [3]$$

z warunku $\Sigma M = 0$

$$\frac{B}{A} = \mu_o \frac{\alpha + \sin \alpha - 4 \frac{R}{L} \sin \frac{\alpha}{2}}{\alpha - \sin \alpha} \quad [4]$$

Rozwiązanie równań [2], [3], i [4] daje

$$A = \frac{2N}{Rb_o} \cdot \frac{1}{(1 + \mu_o^2)(\alpha + \sin \alpha) - 4\mu_o^2 \frac{R}{L} \sin \frac{\alpha}{2}} \quad [5]$$

$$B = \frac{2N}{Rb_o} \cdot \frac{\mu_o \left(\alpha + \sin \alpha - 4 \frac{R}{L} \sin \frac{\alpha}{2} \right)}{(\alpha - \sin \alpha) \left[(1 + \mu_o^2)(\alpha + \sin \alpha) - 4\mu_o^2 \frac{R}{L} \sin \frac{\alpha}{2} \right]} \quad [6]$$

$$T = \frac{4 \sin \frac{\alpha}{2}}{(1 + \mu_o^2)(\alpha + \sin \alpha) - 4\mu_o^2 \frac{R}{L} \sin \frac{\alpha}{2}} \mu_o N \frac{R}{L} \quad [7]$$

Wielkość i położenie wypadkowej elementarnych sił normalnych (reakcję tarczy hamulcowej) określimy z zależności:

$$W_x = Rb_o \int_{-\frac{\alpha}{2}}^{\frac{\alpha}{2}} P_\varphi \cos \varphi d\varphi = \frac{Rb_o}{2} A(\alpha + \sin \alpha)$$

$$W_y = Rb_o \int_{-\frac{\alpha}{2}}^{\frac{\alpha}{2}} P_\varphi \sin \varphi d\varphi = \frac{Rb_o}{2} B(\alpha - \sin \alpha),$$

$$\text{stąd } W_n = \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \quad \text{oraz } \operatorname{tg} \beta = \frac{W_y}{W_x} = \frac{B}{A} \frac{\alpha - \sin \alpha}{\alpha + \sin \alpha} \quad [8]$$

Wypadkowa elementarnych sił tarcia $W_s = \mu_o W_n$ jest prostopadła do kierunku W_n (rys. 2). Ramię R_z wypadkowej siły tarcia określimy z zależności

$$\frac{R_z}{\sin \gamma} = \frac{L}{\sin \delta}$$

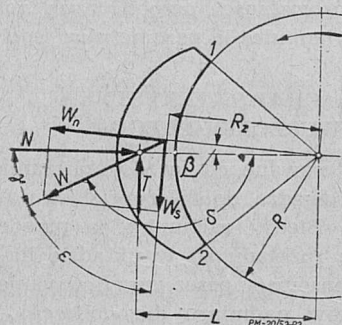
lecz $\delta = 90^\circ + \epsilon'$; gdzie $\operatorname{tg} \epsilon' = \frac{1}{\mu_o}$ zaś

$\gamma = 180^\circ - (90^\circ + \epsilon' + \delta)$; stąd po podstawieniu i przekształceniu

$$R_z = L \left(\cos \beta - \frac{1}{\mu_o} \sin \beta \right) \quad [9]$$

Ramię R_z wypadkowej W_s jest tym większe od promienia tarczy hamulcowej im większy jest kąt opasania α .

Na rys. 2 W_n i W_s uwidoczniło jako reakcje tarczy na klocek, zatem iloczyn $W_s R_z$ jest równy momentowi hamującemu, wywołanemu na tarczy hamulcowej przez docisk klocka siłą N . Suma momentów wszystkich sił względem osi obrotu tarczy hamulcowej



Rys. 2.

$$TL - W_s R_z = TL - M_h = 0$$

Stąd na podstawie zależności [7]

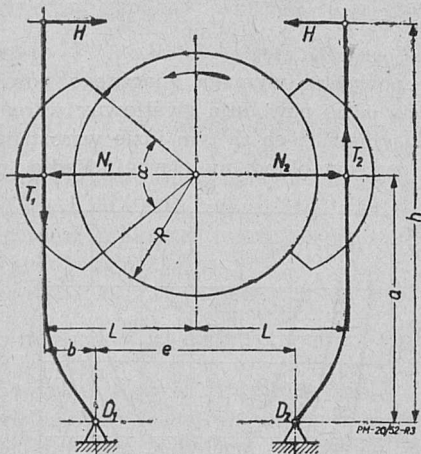
$$M_h = \frac{4 \sin \frac{\alpha}{2}}{(1 + \mu_o^2)(\alpha + \sin \alpha) - 4\mu_o^2 \frac{R}{L} \sin \frac{\alpha}{2}} \mu_o N R \quad [10]$$

W wyniku rozkładu sił przedstawionego na rys. 2 w hamulcu dwuszczkowym (rys. 3) wypadkowa sił zewnętrznych zginająca wał tarczy hamulcowej staje się równa zero tylko dla $b = 0$. Całkowity moment

4) Zależność [10] można określić bezpośrednio jako

$$M_h = \mu_o R^2 b_o \int_{-\frac{\alpha}{2}}^{\frac{\alpha}{2}} P_\varphi d\varphi \quad \text{jednak nie daje to obrazu rozkładu}$$

hamujący zależy od wartości b , wpływającej nadto na udział każdego z klocków w jego rozwijaniu.



Rys. 3.

Istotnie, zgodnie z oznaczeniami rys. 3 mamy

$$H \cdot h - N_1 a - T_1 b = 0$$

$$H \cdot h - N_2 a + T_2 b = 0$$

Uwzględniając wg wzoru [7], że

$$T_i = k N_i \quad \text{otrzymamy}$$

$$N_1 = \frac{Hh}{a + kb}; \quad N_2 = \frac{Hh}{a - kb}$$

Stąd wg wzoru [10]

$$M_h = (N_1 + N_2) k L = 2H \frac{h}{a} L \frac{k}{1 - \left(k \frac{b}{a}\right)^2}$$

uwzględniając, że przy $b = 0$, $M_{oh} = 2H \frac{h}{a} L k$ otrzymamy względny wzrost momentu hamującego równy:

$$\frac{M_h}{M_{oh}} = \frac{1}{1 - \left(k \frac{b}{a}\right)^2} \quad [11]$$

Wartości wynikające z zależności [11] w małym stopniu zależą od przyjętego stosunku $\frac{R}{L}$. Wzrost momentu hamującego jest uwidoczniiony na wykresie rys. 4, przedstawiającym przebieg zmienności M_h/M_{oh} w zależności od wartości $\frac{b}{a}$ dla klocka o charakterystyce: $\alpha = 75^\circ$; $\frac{R}{L} = 0,85$, $\mu_0 = 0,3$. Inaczej natomiast

wpływa zwiększanie wymiaru b na wielkość wypadkowej W_g zginającej wał tarczy hamulcowej.

$$W_g = \sqrt{(N_2 - N_1)^2 + (T_2 - T_1)^2} = 2H \frac{h}{a} \frac{b}{a} \frac{k \sqrt{1 + k^2}}{1 - \left(k \frac{b}{a}\right)^2}$$

Wielkość wypadkowej jest wygodniej przedstawić w zależności od siły obwodowej, występującej na tarczy hamulcowej.

Ponieważ

$$M_h = 2H \frac{h}{a} L \frac{k}{1 - \left(k \frac{b}{a}\right)^2} \quad \text{zaś} \quad U_h = \frac{M_h}{R}$$

przeto

$$\frac{W_g}{U_h} = \frac{L}{R} \frac{b}{a} \sqrt{1 + k^2} \quad [12]$$

Stosunek docisków, występujących na odpowiadających sobie powierzchniach ciernych obu klocków jest proporcjonalny do wartości wyrazu

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{1 + k \frac{b}{a}}{1 - k \frac{b}{a}}$$

Przebiegi zmienności W_g/U_h oraz N_2/N_1 w zależności od wartości stosunku a/b są przedstawione na wykresie rys. 4. Powyższe zależności stają się bardziej złożone przy uwzględnieniu momentu spowodowanego umieszczeniem na jednej ze szczęk luzownika krótkoskokowego, albo też przy uwzględnieniu sił pionowych, wywieranych na szczęki przez układ dźwigniowy w hamulcach zwieranych obciążnikiem lub pracujących w układzie „Eldro“.

Przy zamocowaniu dolnych sworzni szczęk hamulca w ścianie skrzyni olejowej reduktora, zwartość budowy wymaga stosowania wymiaru $e < 2L$. Zjawia

się wówczas siła zginająca wał tarczy hamulcowej i nadto w mechanizmach podnoszenia występuje niejednakowe zużycie okładzin obu klocków, wywołane jednokierunkowością najintensywniejszych hamowań.

b. Wybór charakterystyk porównawczych

Przy posilkowaniu się przybliżoną metodą obliczeniową używamy dla określenia momentu rozwijanego przez klocek hamulca zależności:

$$M'_h = \mu_0 N R \quad [13]$$

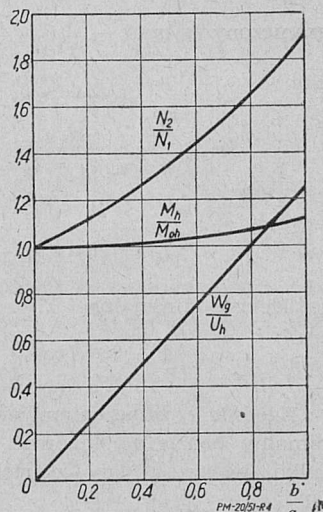
oraz dla docisku średniego

$$P_{sr} = \frac{N}{2Rb_0 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad [14]$$

Dla określenia granic stosowalności wzorów [13] i [14] jak również dla ustalenia najkorzystniejszych wartości parametrów hamulca wprowadzimy następujące charakterystyki: współczynnik skutku hamowania $\frac{M_h}{M'_h}$

określający błąd powstający przy wyznaczaniu metodą przybliżoną momentu hamującego. Przy $b = 0$ wg zależności [10] i [13]

$$\frac{M_h}{M'_h} = \frac{4 \sin \frac{\alpha}{2}}{(1 + \mu_0^2)(\alpha + \sin \alpha) - 4\mu_0^2 \frac{R}{L} \sin \frac{\alpha}{2}} \quad [15]$$



Rys. 4. Wartości charakterystyczne dla hamulca dwuszczkowego przy $\alpha = 75^\circ$, $\frac{R}{L} = 0,85$, $\mu_0 = 0,3$.

Współczynnik docisku maksymalnego $\frac{P_{max}}{P_{sr}}$ określający błąd powstający przy stosowaniu wzoru [14], współczynnik asymetrii docisków $\frac{P_{max}}{P_{min}}$ zezwalający na ocenę stopnia nierównomierności zużycia okładziny ciernej. Z zależności [1] wynika, że maksimum funkcji p_φ występuje przy wartości φ_m spełniającej związek

$$\operatorname{tg} \varphi_m = \frac{B}{A}$$

Ponieważ czynny obszar okładziny ciernej jest ograniczony kątami $-\frac{\alpha}{2}$ i $+\frac{\alpha}{2}$, przeto dla przypadku gdy

$$\varphi_m > \frac{\alpha}{2}; \quad P_{max} = A \cos \frac{\alpha}{2} + B \sin \frac{\alpha}{2}, \quad [16]$$

oraz gdy

$$\varphi_m < \frac{\alpha}{2}; \quad P_{max} = A \cos \varphi_m + B \sin \varphi_m = \sqrt{A^2 + B^2}, \quad [16a]$$

zaś docisk minimalny

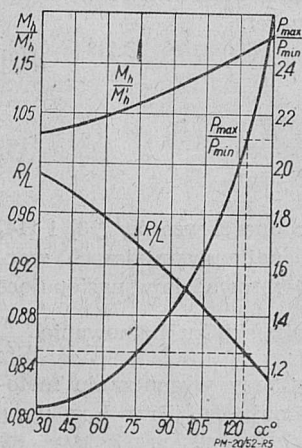
$$P_{min} = A \cos \frac{\alpha}{2} - B \sin \frac{\alpha}{2} \quad [17]$$

Zgodnie z oznaczeniami rys. 2 widać, że docisk minimalny będzie występować na krawędzi 2 okładziny tylko wówczas, gdy wartość $\beta > 0$. Gdy $\beta = 0$ to $\frac{B}{A} = 0$, czyli znika moment elementarnych sił tarcia względem osi przegubu klocka. Wówczas $P_{max} = A$, zaś $P_{min} = A \cos \frac{\alpha}{2}$ wystąpi na krawędziach 1 i 2.

Ze wzoru [4] wynika, że $\frac{B}{A} = 0$ gdy

$$\frac{\alpha + \sin \alpha}{4 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{R}{L} \quad [18]$$

wówczas zgodnie ze wzorem [9] $R_z = L$.



Rys. 5. Wartości $\frac{R}{L}$ przy $R_z = L$ oraz odpowiadające wartości $\frac{M_h}{M'_h}$ i $\frac{P_{max}}{P_{min}}$.

Wykres na rys. 5 przedstawia przebieg zmienności $\frac{R}{L}$ według wzoru [18], oraz przebiegi wartości M_h/M'_h oraz $\frac{P_{max}}{P_{min}}$ odpowiadające tym wartościom. Z wykresu wynika, że w obszarze praktycznie osiągalnych wartości $\frac{R}{L}$

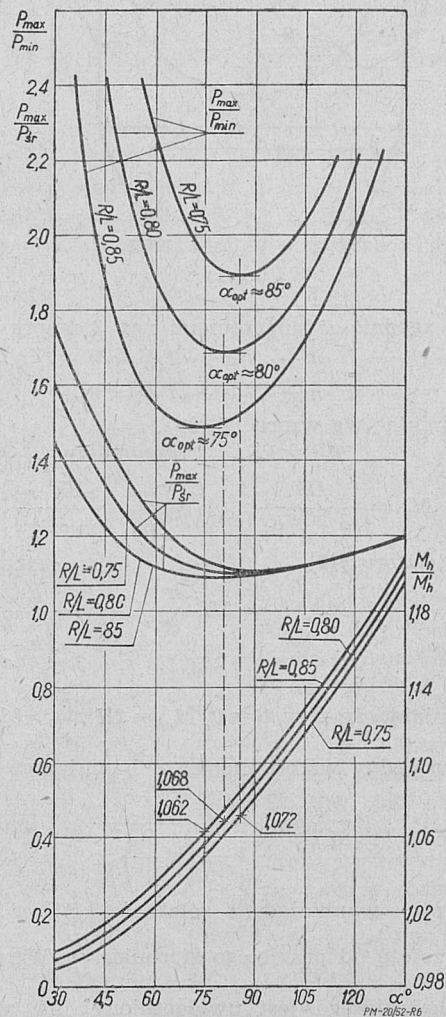
wielkość współczynnika asymetrii jest znaczna.

F. Czetyrbok w publikacji „Tormożenie krinowych mechanizmów (Maszgis 1950 r. str. 66)

zaleca taki dobór parametrów klocka, aby

$$\frac{R}{L} = \frac{\alpha + \sin \alpha}{4 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

Zalecenie powyższe wymaga znacznego powiększenia kąta opięcia α , co powoduje gwałtowny wzrost współczynnika asymetrii i co za tym idzie wzrost nierównomierności zużycia okładziny ciernej. Nadto, ponieważ



Rys. 6. Charakterystyka porównawcza klocków o przegubowym zamocowaniu przy $\mu_0 = 0,3$.

ramię R_z wypadkowej W_s zależy od współczynnika tarcia μ_0 , przeto wahania wielkości tego współczynnika wywoływać będą względem osi przegubu klocka powstawanie momentów o zmiennych kierunkach, (kłócek będzie się znajdował jakgdyby w stanie równowagi chwiejnej). Można więc spodziewać się, że w tych warunkach łatwo mogą wystąpić niepożądane drgania klocków.

Z tych powodów zalecenie Czetyrboka należy uznać za niewłaściwe. Bezsprzecznie słuszniej jest wybór parametrów klocka w oparciu o minimalną wartość współczynnika asymetrii. Wykres na rys. 6 przedstawia przebieg funkcji $\frac{P_{max}}{P_{min}}$ w zależności od kąta opięcia α dla wartości $\frac{R}{L} = 0,85, 0,80$ i $0,75$.

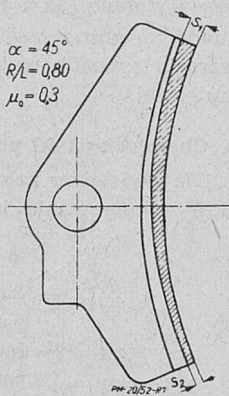
Na wykresie podano wartości α_{opt} występujące przy różnych $\frac{R}{L}$. Ten sam wykres zawiera nadto przebiegi funkcji $\frac{P_{max}}{P_{sr}}$, uwiadamiające wielkość błędów,

spowodowaną stosowaniem przybliżonego wzoru [14]. Jak wynika z wykresu, przy stosowaniu wielkości α_{opt} , użycie w praktyce wzoru przybliżonego może być usprawiedliwione.

W dolnej części wykresu rys. 6 przedstawiono przebieg funkcji $\frac{M_h}{M'_h}$, określającej współczynnik

skutku hamowania (wzór [15]). Z wykresu wynika, że stosowanie znacznych kątów opięcia α zwiększa przy tej samej sile przyciskającej N moment rozwijany przez klocek. Tym niemniej na skutek wzrostu współczynnika asymetrii docisków zostaje to okupione zwiększeniem nierównomierności zużycia okładziny ciernej.

Dalszym wnioskiem, wynikającym z wykresu na rys. 6 jest stwierdzenie, że stosowanie wzoru przybliżonego [13] dla określenia momentu rozwijanego przez hamulec jest w zakresie kątów α_{opt} całkowicie usprawiedliwione, gdyż błędy pomiędzy obliczeniową, a rzeczywistą wartością μ_0 są większe, niż błędy wynikające ze stosowania wzoru [13]. Z rys. 7 widać, jak ważną z użytkowego punktu widzenia charakterystyką jest współczynnik asymetrii. Zakresowane pole przedstawia zużycie okładziny, jakie wystąpi po pewnym okresie pracy klocka. Zużycie okładziny w kierunkach promiennych jest proporcjonalne do



Rys. 7.

docisków p_φ przeto stosunek $\frac{s_1}{s_2} = \frac{P_{max}}{P_{min}}$.

Duże wartości współczynnika asymetrii wskazują na to, że okładzinę trzeba będzie wymieniać, wyłącznie skutkiem zużycia w obszarze występowania większych docisków.

2. Kłódek o sztywnym zamocowaniu

a. Rozkład sił

Pod wpływem siły przyciskającej N zajdą odkształcenia okładziny ciernej, wywołane obrotem klocka wraz ze szczęką o kąt $d\gamma$. Zgodnie z oznaczeniami rys. 8

$$\Delta_\varphi = \overline{AB} d\gamma \cos [90^\circ - (\varphi + \gamma)]$$

oznaczając $\overline{AO} = c$ oraz po uwzględnieniu

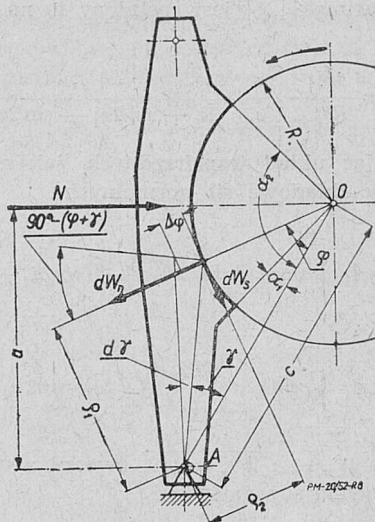
$$\frac{c}{\sin [180^\circ - (\varphi + \gamma)]} = \frac{\overline{AB}}{\sin \varphi}$$

otrzymamy:

$$\Delta_\varphi = c \cdot d\gamma \cdot \sin \varphi,$$

czyli w obszarze proporcjonalności pomiędzy dociskiem a odkształceniem prawo docisków normalnych jest określone zależnością

$$P_\varphi = A_1 \sin \varphi \quad [19]$$



Rys. 8.

gdzie A_1 — stały współczynnik proporcjonalności, którego wartość wyznaczamy z warunków równowagi szczęki. Poza tym:

elementarna siła normalna $dW_n = R b_0 A_1 \sin \varphi d\varphi$
 elementarna siła tarcia $dW_s = \mu_0 R b_0 A_1 \sin \varphi d\varphi$
 ramię elementarnej siły normalnej $\rho_1 = c \sin \varphi$
 ramię elementarnej siły tarcia $\rho_2 = c \cos \varphi - R$
 Z warunku $\Sigma M_A = 0$ otrzymujemy

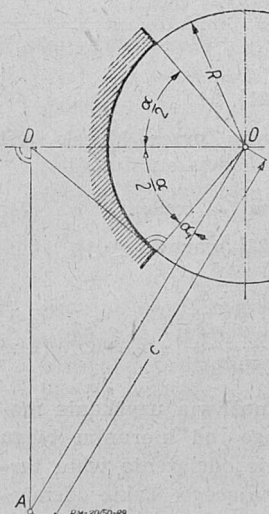
$$Na = R b_0 A_1 c \left[\frac{2(\alpha_2 - \alpha_1) + \sin 2\alpha_1 - \sin 2\alpha_2}{4} - \mu_0 \frac{\cos 2\alpha_1 - \cos 2\alpha_2}{4} + \mu_0 \frac{R}{c} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \right] \quad [20]$$

Przy zmianie kierunku obrotu tarczy hamulcowej zmieni się kierunek elementarnych sił tarcia, a więc i znak momentu spowodowanego tymi siłami względem punktu A. Aby przy niezmienniej sile przyciskającej N uzyskać moment hamujący niezależny od kierunku biegu tarczy hamulcowej należy spełnić warunek

$$\mu_0 \frac{\cos 2\alpha_1 - \cos 2\alpha_2}{4} + \mu_0 \frac{R}{c} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) = 0,$$

z którego, po przekształceniach i uwzględnieniu że $a = \alpha_2 - \alpha_1$ otrzymujemy

$$\frac{c}{R} = \frac{1}{\cos \left(\frac{\alpha}{2} + \alpha_1 \right) \cos \frac{\alpha}{2}} \quad [21]$$



Rys. 9.

Interpretacja geometryczna warunku [21] jest podana na rys. 9. Dla uzyskania niezależności momentu hamującego od kierunku biegu tarczy hamulcowej oś przegubu A szczęki powinna się znajdować na prostej DA, której położenie znajdujemy w sposób wskazany na rys. 9.

Jeżeli warunek [21] jest spełniony to na podstawie wzoru [20]

$$A_1 = \frac{4N}{Rb_o} \cdot \frac{a}{c} \frac{1}{2\alpha + \sin 2\alpha_1 - \sin 2\alpha_2} \quad [22]$$

Przyjmując układ współrzędnych jak na rys. 10 wyznaczamy składowe siły normalnych:

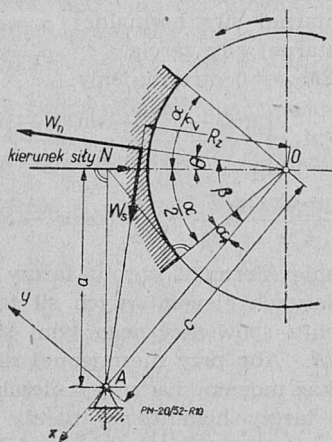
$$W_x = Rb_o A_1 \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \sin \varphi \cos \varphi d\varphi = \frac{Rb_o A_1}{4} (\cos 2\alpha_1 - \cos 2\alpha_2)$$

$$W_y = Rb_o A_1 \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \sin^2 \varphi d\varphi = \frac{Rb_o A_1}{4} (2\alpha + \sin 2\alpha_1 - \sin 2\alpha_2)$$

Wypadkowa $W_n = \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$ tworzy z osią odciętych kąt spełniający zależność

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{W_y}{W_x} = \frac{2\alpha + \sin 2\alpha_1 - \sin 2\alpha_2}{\cos 2\alpha_1 - \cos 2\alpha_2}$$

Wypadkowa siła tarcia $W_s = \mu_o W_n$ jest prostopadła do kierunku W_n . Jeżeli kierunek wypadkowej W_s przechodzi przez oś przegubu A szczęki hamulca (co zostało przyjęte na rys. 10), to moment hamujący roz-



Rys. 10.

wijany przez klocek jest niezależny od kierunku biegu tarczy hamulcowej. Wówczas

$$R_z = c \cos \beta = R \frac{4(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)}{\sqrt{(\cos 2\alpha_1 - \cos 2\alpha_2)^2 + (2\alpha + \sin 2\alpha_1 - \sin 2\alpha_2)^2}} \quad [23]$$

oraz jest spełniony warunek [21].

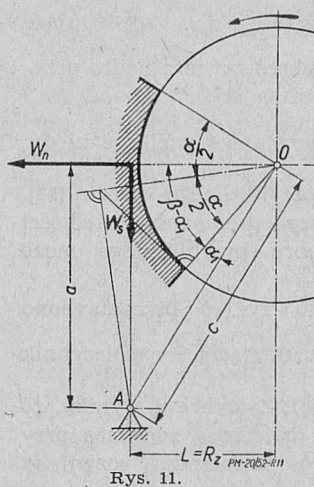
Moment hamujący, rozwijany przez klocek jest równy iloczynowi $W_s \cdot R_z$,

$$M_h = \mu_o R^2 b_o A_1 (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \quad [24]$$

lub uwzględniając wg wzoru [22] wartość A_1

$$M_h = \frac{8 \sin^2 \left(\frac{\alpha}{2} + \alpha_1 \right) \sin \frac{\alpha}{2}}{2\alpha + \sin 2\alpha_1 - \sin 2\alpha_2} \cdot \mu_o N R \quad [24a]$$

Spełnienie warunku [21] umożliwia uzyskanie momentu hamującego niezależnego od kierunku biegu tarczy hamulcowej, ale nie daje odciążenia wału tarczy od działania momentu zginającego. Takie odciążenie można uzyskać tylko wówczas, gdy kierunek wy-



Rys. 11.

padkowej W_n pokryje się z kierunkiem siły przyciskającej N , czyli gdy kąt $\Theta = 0$.

Klocek musi być wówczas niesymetryczny względem poziomej osi hamulca. Asymetria klocka jest określona kątem $\beta - \alpha_1$ (rys. 11). Rozstaw zaś przegubów A obu szczęk powinien być równy $2R_z$.

Przy klockach symetrycznych wał tarczy hamulcowej będzie zginany siłą wyznaczającą:

$$W_g = 2 W_n \sin \Theta \sqrt{1 + \mu_o^2} \quad [25]$$

gdzie $\Theta = \beta - \left(\frac{\alpha}{2} + \alpha_1 \right)$ (porównaj z rys. 10).

Istnienie dodatkowych momentów spowodowanych działaniem sił pionowych na szczęki hamulca wywołuje podobnie jak i przy hamulcach z klockiem przegubowym różne naciski N na klocki, co prowadzi do wzrostu wypadkowej W_g zginającej wał tarczy hamulcowej.

b. Charakterystyki porównawcze

Na podstawie zależności [13] i [24a] współczynnik skutku hamowania jest określony stosunkiem:

$$\frac{M_h}{M'_h} = \frac{8 \sin^2 \left(\frac{\alpha}{2} + \alpha_1 \right) \sin \frac{\alpha}{2}}{2\alpha + \sin 2\alpha_1 - \sin 2\alpha_2} \quad [26]$$

Ze wzoru [19] docisk maksymalny wynosi:

$$\begin{aligned} \text{przy } \alpha_2 \geq 90^\circ & \quad P_{\max} = A_1 \\ \text{przy } \alpha_2 < 90^\circ & \quad P_{\max} = A_1 \sin \alpha_2 \end{aligned}$$

Docisk minimalny $P_{\min} = A_1 \sin \alpha_1$

Wynika stąd, że współczynnik docisku maksymalnego

$$\frac{P_{\max}}{P_{sr}} = \frac{8 \sin \alpha_2 \sin \left(\frac{\alpha}{2} + \alpha_1 \right) \sin \frac{\alpha}{2}}{2\alpha + \sin 2\alpha_1 - \sin 2\alpha_2} \quad [27]$$

zaś współczynnik asymetrii docisków

$$\frac{P_{\max}}{P_{\min}} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} \quad [28]$$

przy czym przy $\alpha_2 \geq 90^\circ$ do wzorów [27] i [28] należy podstawiać $\sin \alpha_2 = 1$.

Na wykresie rys. 12 przedstawione są krzywe zmienności współczynnika skutku hamowania dla 3 kątów opięcia $\alpha = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ w funkcji kąta α_1 . Na tym samym wykresie zostały naniesione krzywe obrazujące zmienność $\frac{c}{R}$ wg zależności [21] wymaganej

dla otrzymania skutku hamowania niezależnego od kierunku biegu tarczy hamulcowej oraz krzywe $\frac{P_{\max}}{P_{sr}}$

i $\frac{P_{\max}}{P_{\min}}$. Przebiegi charakterystyk są wybitnie nieko-

rzystne i wyraźnie wykazują, że hamulce z klockami o sztywnym zamocowaniu posiadają szereg ujemnych cech tak z konstrukcyjnego, jak i użytkowego punktu widzenia.

Jak wynika z wykresu rys. 12 uzyskanie niezbyt dużych wielkości c jest możliwe tylko przy małym kącie opięcia α i małych wartościach kąta α_1 . Jednakże występuje wówczas znaczna asymetria docisków na czynnej powierzchni okładziny ciernej, co zmusza do stosowania większych kątów.

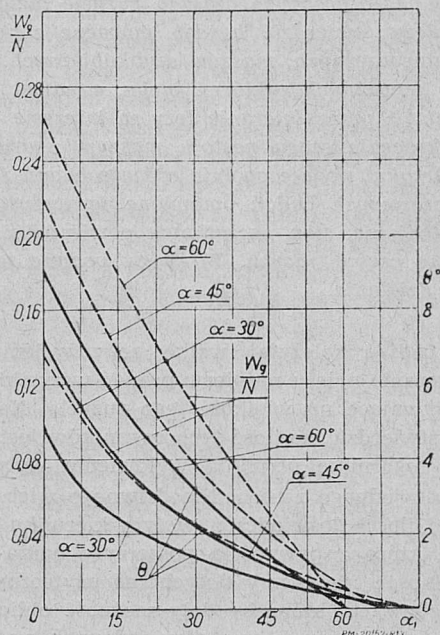
Ponadto wykresy na rys. 12 wskazują na możliwość popełnienia dość znacznych błędów przy zastosowaniu do obliczeń hamulca przybliżonych wzorów [13] i [14]. Na podstawie omawianych wykresów można wysunąć wniosek, że hamulce ze sztywnym zamocowaniem klocków powinny być budowane dla małych kątów opięcia ($\alpha = 30^\circ \div 50^\circ$), przy czym szczególna uwaga powinna być zwrócona na takie ukształtowanie szczęk, aby kąt α_1 był możliwie duży.

Symetryczne ustawienie klocków względem poziomej osi hamulca zezwala na uzyskanie małej siły zginającej wał tarczy hamulcowej tylko przy kątach α_1

bliskich 90° — $\frac{\alpha}{2}$ czyli dla bardzo dużych c , o ile dą-

żymy do uzyskania momentu hamującego klocka niezależnego od kierunku biegu tarczy hamulcowej. Jed-

nakże uzyskanie odciążenia wału tarczy hamulcowej od momentu zginającego jest możliwe przy zastosowaniu klocków niesymetrycznych (jak na rys. 11), o asymetrii zadanej kątem Θ .



Rys. 13. Przebiegi zmienności siły zginającej wał tarczy hamulcowej $\left(\frac{W_g}{N}\right)$ występujące przy klocku symetrycznym.

Wykresy na rys. 13 wykonane linią przerywaną obrazują przebiegi zmienności siły zginającej wał tarczy hamulcowej $\left(\frac{W_g}{N}\right)$ występujące przy klocku symetrycznym. Wykresy zaś wykonane linią ciągłą określają wymagane wartości kątów odciążających Θ , wyznaczających asymetrię klocka wymaganą dla uzyskania $W_g = 0$.

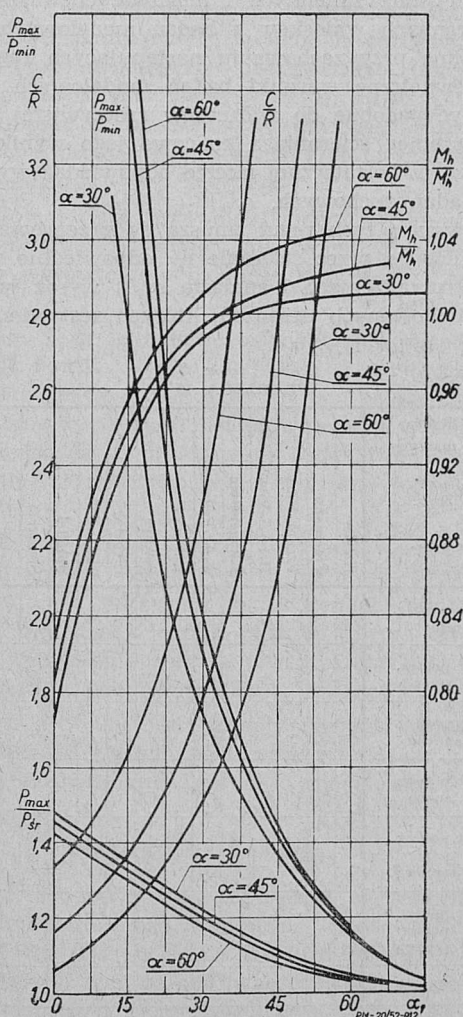
Wnioski

Charakterystyki porównawcze klocków o przegubowym i sztywnym zamocowaniu dowodzą, że tylko przy klockach o z a m o c o w a n i u p r z e g u b o w y m, stosując optymalne wartości kątów opięcia, można uzyskać najlepsze rozkłady docisków normalnych, zapewniające właściwe wykorzystanie okładziny ciernej.

Dla takich hamulców stosowanie przybliżonych metod obliczeniowych w warunkach przemysłowych (biura konstrukcyjne) jest całkowicie usprawiedliwione.

Hamulce z klockami o s z t y w n y m z a m o c o w a n i u nie powinny być stosowane, gdyż nieznaczne uproszczenia budowy nie równoważą ich cech ujemnych. Wyjątkowo, dla mało odpowiedzialnych i rzadko pracujących mechanizmów, względnie przy bardzo małych momentach hamujących hamulce te mogą być użyte, jednak przy zachowaniu małych kątów opięcia i ukształtowaniu szczęk, umożliwiającym uzyskanie odpowiednio dużych kątów α_1 .

(c. d. n.)



Rys. 12. Charakterystyki porównawcze klocków o sztywnym zamocowaniu przy $\mu_0 = 0,3$.

Ścieralność metali

Mgr inż. JAN WOŹNIACKI

O ile w dawnych czasach zużycie metali na skutek tarcia różnych części maszyn było nieznaczne, to dziś należy stwierdzić bardzo poważne zwiększenie zużycia dzięki wprowadzeniu do przemysłu ogromnej ilości nowoczesnych maszyn szybkobieżnych. Zużycie części maszyn spowodowane ścieraniem może prowadzić do poważnych zakłóceń biegu, a nawet do całkowitego zniszczenia maszyny. Stąd też walka z zużyciem metali przez ścieranie leży w interesie gospodarki narodowej z jednej strony ze względu na możliwość skrócenia czasu postoju maszyn, z drugiej, ze względu na obniżenie kosztów własnych produkcji.

Artykuł podaje ogólnie rodzaje badań ścieralności metali oraz charakterystykę ścieralności. W świetle dotychczasowych badań omówione są wszystkie czynniki wpływające na wielkość zużycia przez ścieranie, jak: utlenianie, stan początkowy powierzchni trących, smarowanie, nacisk powierzchniowy i szybkości względne części trących. W końcu podane są typowe konstrukcje maszyn do badania ścieralności oraz ich zasady działania.

Aby podjąć należyłą walkę ze zużyciem metali przez ścieranie należy najpierw poznać wszystkie czynniki wpływające na wielkość tego zużycia. Należy tu od razu stwierdzić, że ilość tych czynników jest bardzo duża, co ogromnie utrudnia wyłowienie wpływu na ścieralność jednego z nich. Nic dziwnego więc, że mimo dużej ilości doświadczeń w tym kierunku prowadzonych, które z pewnością poszerzyły naszą wiedzę o ścieralności, nie mamy dotychczas użytecznych danych liczbowych, które by dały możliwość obliczyć zachowanie się tworzywa w z góry zadanych warunkach pracy.

1. Rodzaje badań ścieralności

W praktyce przemysłowej nasuwają się dwie możliwości badań: *ruchowych* i *modelowych*.

Przez badania ruchowe rozumiemy badania w warunkach dokładnej takich samych, w jakich dany element maszyny ma pracować, przez badania modelowe rozumiemy badania w warunkach w przybliżeniu tylko naśladujących rzeczywiste warunki pracy badanej części. Wady i zalety obu rodzajów badań ujmuje tablica I.

TABLICA I.

Cecha porównawcza		Badania modelowe	Badania ruchowe
Warunki badania	Zgodność z warunkami ruchu	tylko podobieństwo	zupełna
	Stołość warunków	dobra	przeważnie zła
	Zakres zmiany warunków	duża	ograniczona
Wyniki	Odtwarzalność	dobra	zła
	Zgodność z wynikami ruchu	wątpliwa	w badaniach masowych duża
Nakład pracy i czasu	Przygotowanie	nieduże	rozmaicie
	Czas trwania	mały	przeważnie duży
	Przydatność	Do wyboru tworzywa i wyjaśnienia wpływu poszczególnych czynników	Do zacydowania wyboru tworzywa optymalnego

Do zmniejszenia zużycia przez ścieranie przyczyniły się w głównej mierze badania ruchowe. Lecz badania ruchowe takich elementów jak koła zębate, czo-

py i panewki, szyny i obręcze kół, pierścienie tło-kowe i cylindry, łopatki turbin itp. jest bardzo kosztowne i długotrwałe. Koszty tego rodzaju badań można by zmniejszyć przez wprowadzenie badań statystycznych, lecz wtedy przedłuża się czas badań, ogranicza się zakres i zmienność warunków oraz zmniejsza się ich stałość.

Jedynie słuszną drogą byłoby uzupełnienie badań ruchowych badaniami modelowymi, pozwalającymi na szybsze i tańsze przeprowadzenie prób w warunkach dowolnie zmiennych i możliwie odtwarzalnych. Wiele cennych wniosków z badań modelowych można wysnuć przy zachowaniu następujących reguł:

1. zewnętrzne warunki badań modelowych muszą być podobne do warunków rzeczywistej pracy;
2. przebieg ścierania i końcowe jego wyniki muszą w dostatecznej mierze odpowiadać wynikom badań ruchowych.

Pierwsza z tych reguł zmusza do przeprowadzenia badań zużycia przez ścieranie na odpowiednio zbudowanych urządzeniach i znalazła swój wyraz w mnogości zbudowanych urządzeń, których zestawienie podano w tablicy II.

TABLICA II

Rodzaj maszyny		Ansler	Freemann	French-Hart.	Heimes-Piwowarsky	Klingenstein	Mohr-Federhaff	Robin	Sanier	Siebel	Skoda-Sawin	Spindel	Suzuki	Swift	Zajcew
Rodzaj ścierania (próbka przeciwpróbki)	Me : Me poślizg. smar	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△
	Me : Me potocz. smar	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△
	Me : Me poślizg. sucha	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△
	Me : Me potocz. sucha	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△
	Me : Me poślizg. papier szmergl.	△	○	○	○	△	○	○	○	○	○	△	△	△	△
	Me : Me potocz. papier szmergl.	△	○	○	○	△	○	○	○	○	○	△	△	△	△
	Me : Mineral	△	○	○	○	△	○	○	○	○	○	△	△	△	△
		○ Główny zakres stosowania △ Warunkowy zakres stosowania													

Druga z nich wymaga przeprowadzenia dokładnej analizy warunków ruchu i porównania z nimi warunków przeprowadzenia prób modelowych oraz porównania wyników badań modelowych z danymi odnośnie zachowania się danej części w pracy. W wyborze i ocenie właściwej maszyny do badania ścieralności metodą modelową grają rolę takie cechy jak np. kształt i powierzchnia stosowanej próbki, rodzaj i ilość ścierniwa, drgania własne maszyny, stałość docisku próbki do przeciwp próbki, prędkości względne obu próbek itd.

Dla uzyskania możliwie odtwarzalnych i porównywalnych wyników badania ścieralności należałoby trzymać się pewnych norm. Lecz niestety znormalizowania prób ścieralności dokonano tylko w odniesieniu do maszyn *Amslera* (PN/H-04380), a więc jedynie dla tego rodzaju prób, jakie na tej maszynie można przeprowadzić.

Chociaż metoda badań modelowych ma szerszy zakres stosowania, jak to widać z tablicy I, niż metoda badań ruchowych, to jednak i dla niej istnieją pewne granice stosowalności. Chodzi głównie o kwestię odtwarzalności wyników i różnicowania tworzyw.

Stwierdzono, że próby przeprowadzone w różnych miejscach przez różnych badaczy w pozornie jednakowych warunkach ścierania dają wyniki rozbieżne w granicach 1 : 100. Wpływają na to drobne różnice w obróbce powierzchni próbki, w sposobie obciążenia, w sposobie przeprowadzenia początkowego okresu próby, w stopniu zużycia maszyny użytej do badania, różnice w stopniu odtłuszczenia powierzchni, w sposobie usuwania produktów ścierania i różnice wielu innych czynników.

Co do zdolności różnicowania tworzyw wedle ich ścieralności badanej na jakiejś maszynie, to nieraz mała zmiana warunków próby może ją polepszyć lub pogorszyć.

Porównanie liczb ścieralności otrzymanych metodą modelową jak również i ich kolejności z wynikami obserwacji rzeczywistej nie daje na ogół zgodności. Świadczą o tym wypowiedzi licznych badaczy, z których jedni dochodzą do wniosku, że badania modelowe należy zupełnie odrzucić^{6,15}, zaś drudzy właśnie je gorąco zalecają^{11,12}.

Wynika stąd, że z liczb ścieralności tworzyw, otrzymanych w badaniach laboratoryjnych nie można określić zachowania się tworzywa w warunkach pracy rzeczywistej. Nie mniej jednak badania te przyczyniają się do wyjaśnienia zjawisk towarzyszących procesowi ścierania, a tym samym do ich opanowania.

Celem tego artykułu jest zrekapitulowanie stanu naszych wiadomości na tym polu, zdobytych przez liczne badania zarówno ruchowe jak i modelowe.

2. Charakterystyka ścierania

Z pojęciem ścierania kojarzy się zwykle wyobrażenie mechanicznego zetknięcia się w czasie ruchu względnego dwu pozornie gładkich powierzchni, polegającego na tym, że nierówności istniejące nawet na najgładszych powierzchniach w poślizgu o siebie zaczepiają, doznając zgniotu, zgięcia a w końcu oderwania od całości. W zgodzie z tym wyobrażeniem

przez ścieranie rozumie się niepożądane usuwanie materiału pojawiającego się na powierzchniach styku części współpracujących w ruchu względnym. Wszelkie zużycie przez ścieranie zachodzi dzięki jakiemuś rodzajowi tarcia, zależnego od rodzaju pracy części narażonych na ścieranie. Rodzaj tarcia określamy przymiotnikiem podającym warunki pracy trących o siebie powierzchni odnośnie rodzaju smarowania (płynne lub hydrauliczne, półpłynne) względnie jego braku (tarcie na sucho), odnośnie rodzaju materiału ściernego, odnośnie rodzaju ruchu względnego obu powierzchni (np. tarcie poślizgowe, potoczyste z poślizgiem wyrażonym w % itp.). Mechanizm tarcia tych powierzchni o siebie w każdym z tych wypadków wiąże się z topografią tych powierzchni tzn. z ich gładkością czy szorstkością, kierunkiem rys, ich kształtem i wzajemną konfiguracją, z siłami adhezji występującymi między tymi powierzchniami oraz rodzajem ruchu względnego trących o siebie powierzchni.

W przypadku tarcia poślizgowego, lecz bez towarzyszenia mu zużycia przez ścieranie, prawo *Coulomba* stwierdza niezależność stosunku siły tarcia do siły normalnej, tzn. tak zwanego współczynnika tarcia, od prędkości poślizgu i od ciśnienia powierzchni i jego zależność od stanu ślizgających się po sobie powierzchni.

W przypadku tarcia poślizgowego z towarzyszącym mu ścieraniem, współczynnik tarcia rośnie ze wzrostem ciśnienia, jak to stwierdził *Gümbel*. Zjawisku ścierania towarzyszy efekt zmęczenia i utwardzenia powierzchni metalu.

Badanie przy użyciu promieni X produktów ścierania pokazało duże zmiany siatki krystalicznej. Jak wykazały prace *Benloz'a* zmiany te mają wpływ na rezultat próby ścierania; do podobnych wniosków doszedł również szereg innych badaczy^{5,14}. Typowym przykładem takiego wpływu jest stal o dużej zawartości manganu, która będąc początkowo stosunkowo miękka (200 H_B) może znacznie zwiększyć swą twardość w czasie próby ścierania dochodząc do 550÷600 H_B , której to własności zawdzięcza ona swą specjalnie wysoką odporność na ścieranie.

3. Wpływ utleniania na ścieralność

Obok twardości i ciągliwości duży wpływ na zachowanie się metalu w procesie ścierania ma zdolność przypisywano początkowo faktowi, że cząstki metalu nie się. Zjawisko utleniania powierzchniowego badań przede wszystkim *Fink*, który w swoich licznych pracach na ten temat nazywał to zjawisko „Reiboxydation“.

Pojawienie się na powierzchni próbek ścieranych cząstek tlenków było często obserwowane. Ich obecność przypisywano początkowo faktowi, że cząstki metaliczne odrywane od powierzchni miały w stosunku do energii potrzebnej na ich odłączenie bardzo małą masę; przez to znacznie się ogrzewały aż do takiej temperatury, w której spalały się lub co najmniej częściowo utleniały. Po utlenieniu były one wciskane w powierzchnię metalu, tworząc na nim powłokę tlenkową. *Fink* wykluczył możliwość utlenienia się cząstek metalicznych już po oderwaniu od powierzchni i dał lepsze wytłumaczenie zjawiska. Przyjmuje on,

że powietrze otaczające powierzchnię próbek, a specjalnie znajdujące się w pobliżu miejsc nacisku zostaje silnie sprężone razem z materiałem próbki: w tych warunkach tlen powietrza posiada zdolność szybkiego reagowania z żelazem już w temperaturze normalnej. Do powiększenia efektu przyczyniają się dodatkowe siły absorpcji, dzięki którym warstwa powietrza znajdująca się w kontakcie z metalem jest do niego przyciągana, przez co zwiększa się lokalne ciśnienie, a z nim zdolność utleniająca. Poza tym metal podczas ścierania posiada na skutek odkształcenia i wyniku tego stąd zdeformowania siatki krystalicznej mniejszą odporność przeciwko utlenianiu, gdyż jego atomy zwiększają w tych warunkach swoją właściwą reaktywność^{11]}.

Zjawiska utleniania przy ścieraniu zachodzą prawie wyłącznie przy toczeniu się, jednakże w specjalnych warunkach (małe naciski jednostkowe i ograniczone szybkości) mogą się one pojawiać również przy tarcu poślizgowym. Badanie przy użyciu promieni X pokazało, że proszek powstały przy toczeniu składa się z Fe_3O_4 , Fe_2O_3 i żelaza metalicznego, przy poślizgu zaś, o ile stwierdzamy utlenianie, pył składa się prawie wyłącznie z Fe_2O_3 : zachodzi tu więc całkowite utlenianie^{12]}.

To, w jakim sensie powierzchniowe utlenianie wpływa na wielkość zużycia przez ścieranie, zależy od wzajemnego stosunku strony mechanicznej i fizykochemicznej zjawiska ścierania.

Gdy rola mechanicznej strony ścierania jest dominująca zjawisko utleniania powierzchniowego może być nie tylko nieszkodliwe, ale nawet pożądane dzięki tworzeniu się ochronnej warstwy tlenków^{13,14]}, gdy natomiast strona fizykochemiczna dominuje, utlenianie powierzchniowe znacznie zwiększa zużycie przez ścieranie^{4,5]}.

Podwyższenie aktywności fizykochemicznej prowadzi również do reagowania z innymi poza tlenem składnikami otaczającego ośrodka. Ostatnie badania^{17]} wykazały, że w atmosferze azotu powierzchnie ścierających się części stalowych naazotowały się do zawartości 0,12% N_2 , podczas gdy części te nie poddane ścieraniu zawierały tylko 0,004% N_2 . Zjawisko to również wpływa na wielkość zużycia przez ścieranie.

Aktywność fizykochemiczna powierzchni trących o siebie zależy w bardzo silnym stopniu od ich rozwinięcia, a zatem od struktury krystalograficznej. Według zgodnej opinii badaczy własności przeciwciernych żeliwa szarego, obecność grafitu w żeliwie powiększa utlenianie się powierzchni trących tym silniej im jest on drobniejszy i gęściej rozmieszczony, gdyż powierzchnia wystawiona na działanie tlenu jest tym bardziej rozwinięta^{18]}.

4. Wpływ początkowego stanu powierzchni pracujących

Wykończenie powierzchni pracującej wywiera silny wpływ na przebieg ścierania.

Jasne jest, że gdy przesuwamy względem siebie dwie chropowate powierzchnie, wyniosłości jednej z nich wchodzi we wgłębienia drugiej, z czego wynika znaczne powiększenie siły tarcia. O ile siła poru-

szająca wystarcza dla utrzymania ruchu, wyniosłości odkształcają się, a w razie ich dostatecznej kruchości odrywają się od powierzchni — zużycie wzrasta.

Rozważania te nabierają specjalnego znaczenia odnośnie żeliwa, materiału stosunkowo bardzo kruchego i przez to wrażliwego na stopień obróbki powierzchni. Stwierdzono poza tym, że gdy ten materiał poddamy ścieraniu o nierówno obrobioną powierzchnię siły tarcia wyłupują eutektykę fosforową, która, jak zobaczymy dalej, ma duży korzystny wpływ na uodpornienie przeciw ścieraniu.

Według Hursta żeliwny cylinder o powierzchni chropowatej zużywa się początkowo z dużą szybkością, duża ilość powstającego pyłu miesza się z oliwą smarującą i wywołuje między cylindrem a tłokiem tak duże tarcie, że powstała ilość ciepła wystarcza do stopienia pyłu i powstania w ten sposób twardych ziarenek.

Znaczenie stopnia obróbki powierzchni poddanej ścieraniu zdaje się być tym wyższe im twardszy jest materiał. Tak na przykład przy stosunkowo miękkich żeliwach ferrytycznych Knittel^{11]} wykazał odpowiednio mniejszy wpływ gładkości powierzchni. Tłumaczy się to faktem, że przy żeliwach miękkich nierówności powierzchni są dostatecznie podatne na odkształcenie się tak, że wgniatane są one w powierzchnię pracującą bez odrywania: powierzchnia początkowo nierówna dąży w czasie ścierania do wygładzania się. W materiałach twardych nie może to zająć, gdyż nierówności powierzchni odrywają się bez odkształceń, powstają w ten sposób nowe nierówności i proces trwa dalej. Badając żeliwa perlityczne Klingenstein i Schilken^{10]} stwierdzili, że wypolerowanie ich na papierze 000 znacznie zmniejsza zużycie. Przy żeliwach ferrytycznych efekt ten był dużo mniejszy.

5. Wpływ smarów

Przyjęto ogólnie, że przy doskonałym smarowaniu, to znaczy gdy smar jest odpowiedniego rodzaju i nie zawiera żadnych materiałów działających ścierająco nie zachodzi żadne zauważalne zużycie. Boegehold w próbach ścierania przeprowadzonych na silniku samochodowym 4 cylindrowym, w którym każdy cylinder wykonany był z innego gatunku żeliwa stwierdził, że o ile utrzymywane jest dobre smarowanie powierzchni między tłokiem a cylindrem rodzaj żeliwa ma mały wpływ na zużycie.

Do tych samych wniosków doszli Steinitz i Danse^{3]}. Ten ostatni przy utrzymywaniu doskonałego smarowania nie zauważył różnicy zużycia między żeliwami mającymi twardości 100 i 300 jednostek Brinella.

Jest zresztą jasne, że o ile między częściami pracującymi utrzymujemy stale ciągłą warstwę oliwy nie może następować znaczniejsze zużycie, gdyż powierzchnie metalu nie stykają się bezpośrednio ze sobą. Takie warunki „idealnego smarowania“ są jednakże trudne do osiągnięcia zarówno podczas prób, jak i w praktyce. Zdarza się, że warstwa smaru stale przerywa się i stale tworzy na nowo. Poza tym trudno jest osiągnąć jej ciągłość i przez to uniknąć całkowicie stykania się powierzchni metali. W większości wy-

padków znajdujemy się w warunkach częściowego smarowania, które trudno jest odtworzyć w czasie prób z taką dokładnością, aby otrzymać wyniki porównywalne. Z tego powodu większość badaczy woli wykonywać próby ścierania bez smarowania, nawet przy materiałach, które w praktyce będą pracowały ze smarem, a to również w celu skrócenia czasu prób. Według tych autorów wyniki prób takich trwających znacznie krócej dają pewne wskazówki, gdyż zużycie ma tutaj ten sam charakter co i przy użyciu smaru.

Większa lub mniejsza ciągłość warstwy smaru przylegającego do ścieranych powierzchni była badana przez *Boegeholda*^{21]} przy pomocy rejestrowania przepływów prądu przez obie próbki i warstwę smaru za pomocą oscylografu; jeżeli warstwa smaru była ciągła nie było żadnego przepływu prądu. Ciągłość warstwy smaru zależy w dużej części od przyczepności jego cząstek do metalu, przyczepności, która według nowych teorii smarowania zależy ma od rodzaju smaru oraz od gatunku metalu: przyjmuje się, że cząstka smaru jest przyciągana do powierzchni metalu siłą adhezji różną dla różnych metali ^{7]}.

O własności smaru zwanej potocznie *s m a r o w n o ś c i ą* decyduje przede wszystkim ilość zawartych w nim związków polarnych. Drobinę tych związków wykonują na zewnątrz działania elektrostatyczne, dzięki którym jednym swym biegunem przyciągają się do powierzchni metalu. Siła adhezji zależy od rodzaju metalu i od rodzaju tych związków polarnych.

Nie wszystkie smary są jednakowo bogate w związki polarne; najbogatsze są oleje zawierające duże ilości związków aromatycznych albo naftowych, nasyconych. Najbiedniejsze złożone są prawie wyłącznie z węglowodorów parafinowych. Ogólnie można stwierdzić, że smary o wyższej „polarności” zawierają cząstki o łańcuchach aromatycznych, połączeniach podwójnych albo o grupach utlenionych. Oleje roślinne mają z powodu obecności składników utlenionych najlepszą smarność.

Smary o podstawie wyłącznie parafinowej byłyby więc najmniej wskazane z punktu widzenia smarowania, ponieważ jednak z drugiej strony smary takie są cenne z punktu widzenia ich trwałości i odporności na temperaturę i ponieważ zachowują niezmienną lepkość w temperaturach podwyższonych, próbowano w ostatnich latach powiększyć ich zdolność adhezji przez dodatki substancji o dużej „polarności” jak na przykład małych ilości olejów roślinnych lub grafitu koloidalnego. Znaczenia tych dodatków nie należy przeceniać ponieważ okazały się one bardzo skłonne do utraty owej polarności w temperaturach podwyższonych.

Z innej strony wiemy, że również bez dodatków wymienionych substancji oleje mające początkowo małą smarność polepszają ją w czasie pracy przez tworzenie rozpuszczalnych związków utlenionych, podczas gdy ich składniki nierozpuszczalne zostają prawie zupełnie usunięte przez filtrowanie. *Kadmer*^{8]} wyciągając przy pomocy acetonu utlenione związki zawarte w zużytej oliwie stwierdził, że utworzona z nich warstwa smarująca wytrzymała nacisk 1000

kG/cm², podczas gdy warstwa oliwy świeżej przerywała się już przy 300 kG/cm².

6. Wpływ nacisku i szybkości względnej części trących

Według *Kehla* i *Siebela*^{9]} zużycie próbek żeliwnych i stalowych na sucho przy czystym poślizgu można uważać za proporcjonalne do nacisku. Do podobnych wniosków doszli *Soenchen* i *Piowarsky*^{10]} w odniesieniu do ścierania poślizgowego na sucho stali o żeliwo: przy próbkach żeliwnych ścieranych o próbki żeliwne otrzymali proporcjonalność zużycia do kwadratu nacisku.

Dies^{1]} w doświadczeniach swoich nad tarcie poślizgowym stali o stal nie stwierdził tej proporcjonalności: w krzywej przedstawiającej zużycie jako funkcję nacisków otrzymał duże odstępstwa od przebiegu liniowego. Podobnie *Suzuki*^{14]} znalazł dla żeliwa pewien krytyczny nacisk, powyżej i poniżej którego badana zależność ma zupełnie różny przebieg.

Kehl i *Siebel*^{9]} powtarzając swoje próby ścierania przy użyciu mieszaniny oliwy ze szmerglem znaleźli, że zużycie rośnie w tych warunkach proporcjonalnie do nacisku tylko początkowo, zaś później, gdy powierzchnie stały się już chropowate, dalsze znaczne nawet zwiększenie nacisku może powodować powiększanie się zużycia kilkadziesiątkrotnie w stosunku do wartości początkowej.

Odnośnie wpływu szybkości względnej obu próbek *Kehl* i *Siebel*^{9]} twierdzą, że przy prędkościach zawartych między 0,2 a 1 m/sek zużycie na sucho zmniejsza się ze wzrostem prędkości, powyżej zaś tego zakresu znacznie wzrasta. Przy użyciu smaru szybkość ma nieznaczny tylko wpływ na zużycie.

7. Maszyny do badania ścieralności

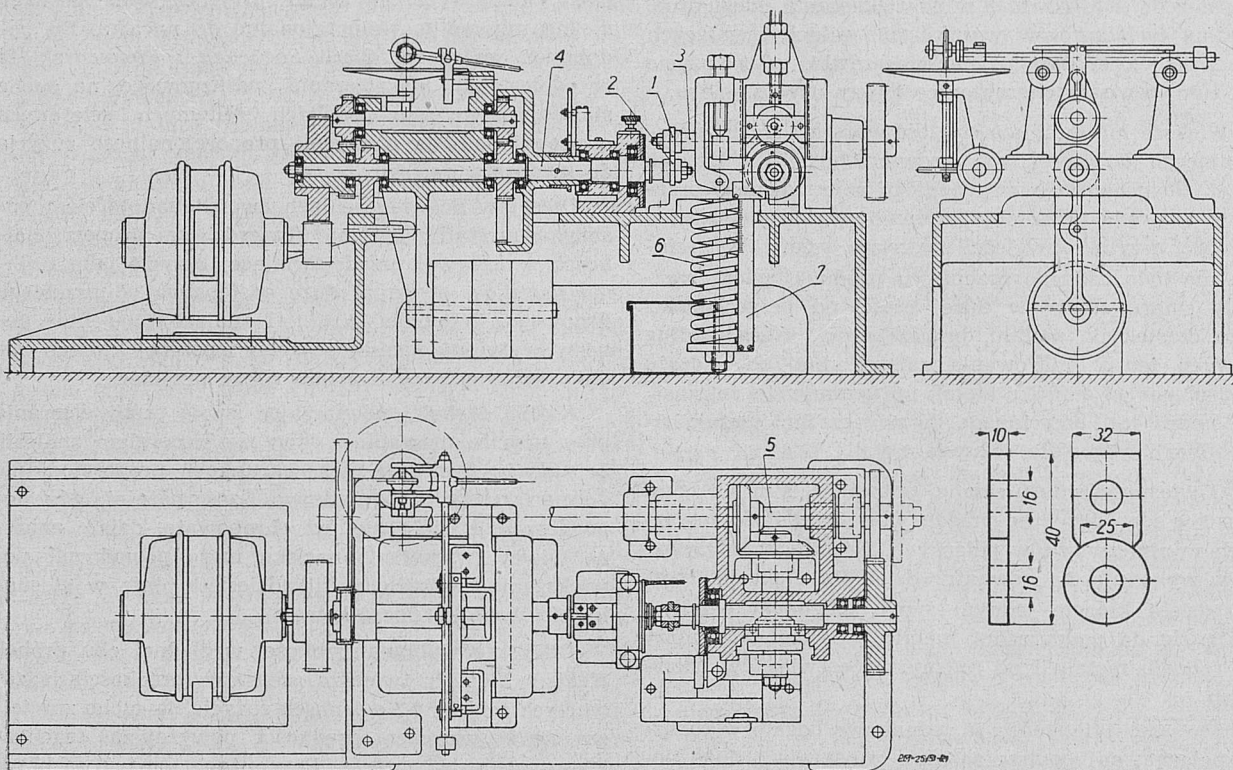
Różnaitość sposobów objawiania się zjawisk zużycia zależnie od warunków pracy metali czyni próby te trudnymi i niepewnymi. Odporności na ścieranie nie możemy uważać za określoną własność materiału niezależnie od warunków pracy^{18]}. Tak, jak przy próbach korozji, w których nie mamy żadnych metod ogólnych i zawsze podawać musimy ośrodek korodujący, w którym próbę przeprowadzamy, również nie można mówić o uniwersalnej próbie ścieralności, gdyż wynik jej związany jest najściślej z warunkami próby, które należy wobec tego dobierać tak, by jak najlepiej odtwarzały rzeczywiste warunki pracy materiału. Powyższe uwagi tłumaczą istnienie tak wielkiej ilości metod i maszyn używanych do badania ścieralności. Większość z nich odtwarza pewne specjalne warunki pracy, podczas gdy inne badają określone typy zużycia zachodzące przy praktycznym stosowaniu badanego materiału. W dalszym ciągu podamy opis najpowszechniej spotykanych maszyn do badań laboratoryjnych (modelowych).

a. Maszyna Amslera (rys. 1)

Maszyna ta określa zużycie metalu przy tarcu toczenia oraz przy tarcu toczenia z poślizgiem. Nadaje się dobrze do badania zużycia szyn i kół kolejowych, zużycia walców itp.

W maszynie *Amslera* wprawiamy w ruch obroty 2 krążki dociskane do siebie, zrobione z materiałów badanych. Krążki te oznaczone są cyframi 1 i 2. Zamocowane są one na końcach 2 równoległych wa-

ślenie ilości pracy zużytej w czasie próby. Maszynę tę można stosować do prób na sucho lub przy użyciu smarowania (wodą, oliwą itp.). Materiał smarujący doprowadzany jest na obie próbki. Zużycie określa



Rys. 1. Maszyna Amslera.

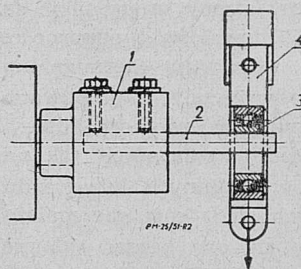
łów 4 i 3. Wał 4 krążka dolnego obraca się na łożyskach kulkowych zamocowanych w korpusie maszyny, podczas gdy wał 3 krążka górnego obraca się w łożyskach przystawki ruchomej na osi 5. W ten sposób oba wały można dowolnie do siebie przybliżać i oddalać. Górny wał przyciskany jest do dolnego za pomocą wycechowanej sprężyny 6, której napięcie odczytywane na skali 7 określa nacisk między dwoma próbkami.

Napęd obu wałów dokonuje się za pomocą układu kół zębatych. Oba próbkom możemy nadać równe, lub różne prędkości obrotowe. Możemy również osiągnąć całkowite ślizganie bez toczenia unieruchamiając wał górny. W tym przypadku najkorzystniej jest nadać próbce kształt pokazany w prawym rogu rys. 1. To ostatnie zastosowanie maszyny nadaje się dobrze do badania zużycia klocków hamulcowych, zużycia podczas tarcia wałów w łożyskach itp. Docisk obu próbek może być zmieniany dowolnie między 25 a 250 kG. Szybkość obrotu wynosi około 200 lub 400 na minutę. Maszyna zaopatrzona jest ponadto w mimośród 8, który może nadawać próbce górnej ruch wahaający podłużny, prowadzący do równomierniejszego zużycia. Wahanie to można dowolnie regulować, można je też całkiem usunąć. Wyposażenie maszyny uzupełnia licznik obrotów 9, wskaźnik momentu tarcia oraz integrator pozwalający na okre-

się przez ważenie próbek i wyraża jako funkcję ilości obrotów lub pracy wykonanej w czasie próby.

b. Maszyny Sanitera (rys. 2)

Maszyna ta była stosowana dla określania ścieralności kół wagonowych przy tarcu toczenia. Próbką 2 o kształcie cylindrycznym (długości około 125 mm, średnicy około 12 mm) zamocowana jest w uchwycie 1 obracającym się z szybkością około 400 obr/min. Próbką toczy się po wewnętrznej powierzchni łożyska kulkowego 3, które utrzymywane jest przy pomocy części 4 w ten sposób, że wywierany jest nacisk na powierzchnię styku wynoszący około 30 kG. Miarą ścieralności jest w tej maszynie zmniejszenie się średnicy próbki wyrażone w dziesięciotysięcznych cala po 200000 obrotów.



Rys. 2. Maszyna Sanitera.

c. Maszyna Frencha i Hartmanna

Maszyna ta została zbudowana^{18,3]} dla zbadania zużycia, jakiemu podlegają w praktyce sprawdziany przeznaczone do kontroli otworów. Próbką cylindrycz-

na jest w niej umieszczona pionowo między dwoma częściami dzielonego pierścienia. Nacisk między próbką i pierścieniem wywierany jest przy pomocy dźwigni poruszanych sprężynami dociskającymi półpierścienie do próbki. Miarą zużycia jest zmniejszenie średnicy albo zmniejszenie ciężaru próbki.

Dla zmierzenia zużycia przy poślizgu między klockami hamulcowymi i bandażami kół kolejowych niektórzy badacze wykonywali próby, w których próbka poddawana ścieraniu jest stała i przyciskana jest pod znacznym ciężarem do obwodu bębna żeliwnego, w sposób analogiczny do rzeczywistych warunków

szynie *Spindela* obracający się bęben jest zmniejszony do wielkości pierścienia, który zagłębia się w próbkę. Mierzona jest głębokość powstałego wgłębienia.

Celowe będzie podać dokładniejszy opis tej maszyny często stosowanej przede wszystkim w Niemczech.

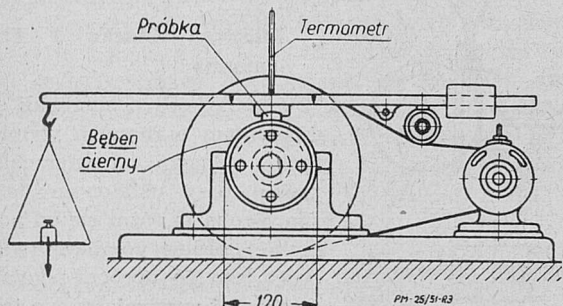
d. Maszyna Spindela (rys. 5).

Zasadniczą częścią maszyny *Spindela* jest rama 1 z wahadłem 12 oparta na osi 2 obracającej się tarczy 7. Na ramie 1 zamocowana jest przesuwająca się dookoła 4 dźwignia 5, obciążonej z drugiej strony ciężarem 13, na której założona jest próbka 6. Na skutek stycznej siły tarcia, rama 1 dąży do obracania się na osi w tym samym kierunku co i tarcza. Obracaniu przeciwstawia się dźwignia uruchamiająca wagę wahadłową 8, której wychylenia zapisywane na bębnie 14 wskazują w odpowiedniej skali wielkość siły stycznej: siła ta pomnożona przez szybkość obwodową tarczy 7 określa zużyty moc. Kąt obrotu dźwigni 5 dookoła jej osi zależy od zużycia się próbki oraz tarczy, przy czym zużycie tarczy wykazywane jest za pośrednictwem dźwigni 9 opierającej się kółkiem 10 na tarczy. Kąty obrotu dźwigni 9 zamieniane są przez układ dźwigni na przesunięcia liniowe zapisywane na bębnie 15. Śruby 11 używa się tylko w przypadku prób ścieralności narzędzi.

Najkorzystniejszymi warunkami stosowania tej maszyny są wg *Spindela*: szybkość obwodowa tarczy 25 m/min, nacisk 5 kG dla materiałów miękkich, 10 kG dla twardych. Stosuje się tę maszynę do określania odporności na zużycie lub do prób porównawczych nad stalami narzędziowymi, nad zdolnością smarowania olei itp.

e. Maszyna Skoda — Sawine (rys. 6)

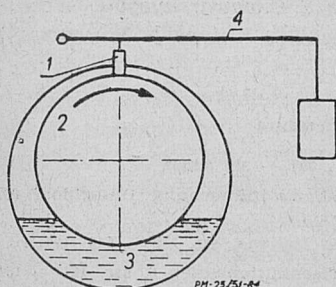
Podobnie do maszyny *Spindela* maszyna ta^{18]} zawiera obracającą się tarczę, najczęściej z metalu Vidia, która dociskana jest ze znaną siłą do badanej próbki. Tarcza 1 (rys. 6) o średnicy 30 mm i grubości 2,5 mm o 675 obr/min zamocowana jest na końcu wału 3 utrzymywanego w ruchomym suporcie 2 połączonym z dźwignią 4. Nacisk tarczy na próbkę zapewniony jest przy pomocy dźwigni 4 obracającej się dookoła p. 5; zmieniając; ciężar 6 można mieć naciski zmienne co 0,5 kG do maksymalnego 25 kG.



Rys. 3. Maszyna Scharfenberga.

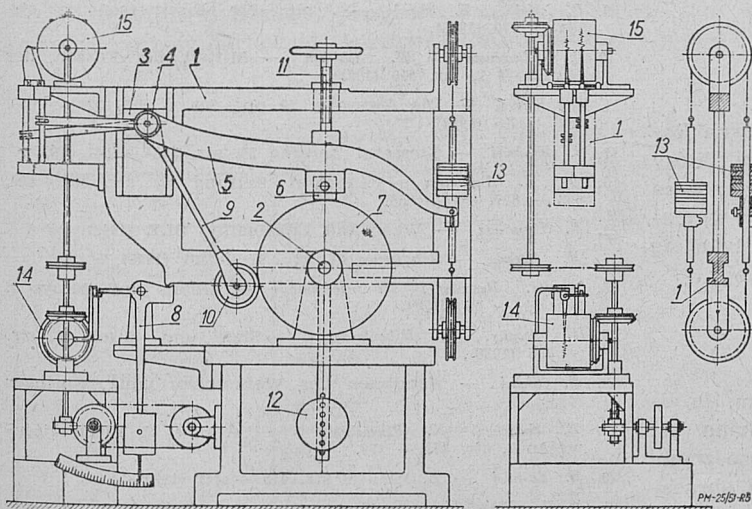
pracy klocków. Na rys. 3 podano schemat maszyny stosowanej przez *Scharfenberga*: rysunek jest tak jasny, że nie wymaga dodatkowego opisu.

Do tego ostatniego typu prób zaliczyć należy próby na maszynie *Derihona*^{16]} oraz *Spindela*^{20]}. W maszynie *Derihona* przedstawionej na rys. 4 bęben 2 zanurzony jest w kąpieli olejowej 3 w celu dokonania próby ze smarowaniem. Dźwignia 4 przyciska próbkę 1 do bębna ze znaną siłą; zużycie próbki pozostaje w związku z obniżeniem się dźwigni, co odczytujemy przy pomocy śruby mikrometrycznej. W ma-

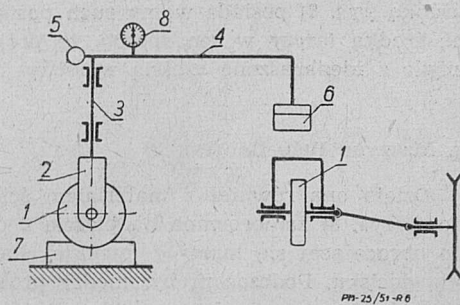


Rys. 4. Maszyna Derihona.

pozostaje w związku z obniżeniem się dźwigni, co odczytujemy przy pomocy śruby mikrometrycznej. W ma-



Rys. 5. Maszyna Spindela.



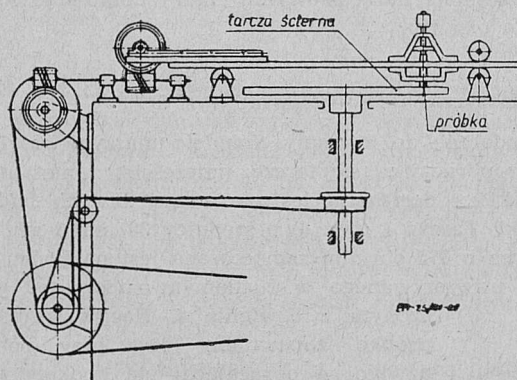
Rys. 6. Maszyna Skoda-Sawine.

Miedzy wałem tarczy, a silniczekiem napędowym włączony jest reduktor przy pomocy którego można ciągnąć 9 ilości obrotów od 100 — 1400 obr/min. Próbką 7 podtrzymywana jest w uchwycie uniwersalnym i ustawiona w odpowiedniej pozycji przy pomocy poziomnicy. Po założeniu ciężaru 6 dociska się próbkę do tarczy. Po wprawieniu maszyny w ruch próba kończy się zwykle po dokonaniu pewnej określonej ilości obrotów odczytywanych na liczniku. Mierzy się wówczas wymiary odcisku na próbce przy pomocy pomiaru głębokości i przy użyciu mikroskopu. Oba potrzebne przyrządy zamontowane są na maszynie. Miara ścieralności jest objętość odcisku. Maszyna ta nadaje się do badań przy tarcu na sucho i półsucho oraz pozwala na badanie wpływu szybkości i nacisku.

Podobną do maszyny *Skoda-Sawine* jest maszyna *Brownsdona*. W tej ostatniej próbka ściera się o obwód tarczy, która tutaj wykonana jest ze stali hartowanej i ma 1" średnicy, a 0,1" grubości. Tarcza jest zaokrąglona na brzegu promieniem 0,5". Objętość odcisku oblicza się z jego wymiarów mierzonych przy pomocy mikroskopu.

f. Maszyna Robina (rys. 7)

W maszynie tej próbka cylindryczna materiału badanego dociskana jest znaną siłą do poziomej powierzchni pokrytej materiałem ściernym, obracającej się z prędkością 60 ÷ 70 obr/min. Próbką mającą średnicę ok. 15 mm wywiera nacisk ok. 1 kG/cm². *Robin* uważa za miarę ścieralności tak zwaną „liczbę ścierania” czyli sumę strat na wadze próbki w czasie 3



Rys. 7. Maszyna Tonna.

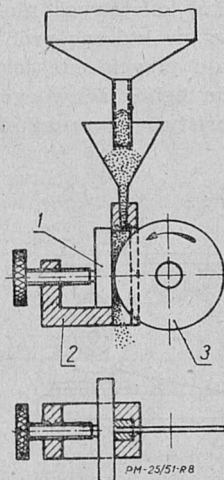
kolejnych prób trwających każda 1 min. Maszyna *Robina* została ostatnio ulepszona przez *Tonna*, który zrekonstruował ją w ten sposób, że część utrzymująca próbkę (rys. 7) posiada wolny ruch postępowy w stronę środka tarczy w ten sposób, że próbka styka się ciągle z nienaruszoną częścią warstwy ściernej.

g. Maszyna Brinella (rys. 8)

Działa ona również z materiałem ściernym. Próbką 1 (rys. 8) zamocowana na piaście 2 dociskana jest do obracającej się tarczy z miękkiej stali 3 ze znaną siłą docisku. Podczas próby między próbką a obracającą się tarczą przepływa ciągły strumień piasku.

h. Maszyna Klingensteina i Schilkena

Różni się ona znacznie od poprzednio opisanych i zastosowana była¹⁰⁾ do prób ścieralności żeliwa. W maszynie tej wałek cylindryczny, zaokrąglony na końcu wykonany z badanego materiału obraca się, tocząc się po piaście wykonanej z tego samego lub innego materiału. Próba trwająca około 10 minut prowadzona jest z prędkością około 325 obr/min, przy nacisku 20 ÷ 40 kG/mm². Po próbie mierzy się ubytek ciężaru wałka i piasty.



Rys. 8. Maszyna Brinella.

i. Maszyna Clarka i Freemann

Autorzy ci³⁾ posługiwali się diamentem o znanych wymiarach, trącym powierzchnie próbki przy ustalonym docisku. Próba ta różni się od normalnej próby pomiaru twardości tym że oprócz pomiaru szerokości rysy mierzy się także energię zużytą na jej wykonanie: miarą ścieralności metalu jest właśnie ta energia

potrzebna do usunięcia jednostki objętości badanego materiału.

Oprócz maszyn opisanych znane są jeszcze np. maszyny *Swifta*¹⁸⁾, *Heimesa* i *Piwowarskyego*⁷⁾, *Woodina*¹⁸⁾, *Zajcewa*¹⁸⁾, *Jannina*¹⁸⁾, *Knippa*³⁾, *Schwartza*³⁾ i innych.

Literatura

1. K. Dies — Z. VDI 83 str. 307 — 314 (1939).
2. A. Eichinger, Mitt. KWI Eisenforschung Düsseldorf 23, str. 247 — 65 (1941).
3. A. Falce — La Metallurgia Italiana, str. 513 ÷ 546 (1941).
4. M. Fink — Archiv für Eisenhüttenwesen 6, str. 161 ÷ 164 (1933).
5. M. Fink — Z. VDI—74, str. 85 ÷ 87 (1930).
6. W. A. Geissler — Giesserei 22, str. 460 ÷ 466 (1935).
7. F. Heimes, E. Piwowarsky — Archiv für Eisenhüttenwesen 6, str. 501 ÷ 505.
8. E. Kadmer — Oel und Kohle N 45 (1939).
9. B. Kehl, E. Siebel — Arch. für Eisenwesen 9, str. 563 ÷ 570 (1936).
10. T. Klingenstein, W. Schilken — Mitteil. der Forsch. der Gutehoff 1, str. 810 (1931).
11. R. Knüttel — Die Giesserei 20 pp., 301 ÷ 310, 324 ÷ 329, 352 ÷ 355 (1933).
12. S. Kuehnelt — Giesserei Zeitung 24, str. 533 ÷ 541 (1928).
13. O. H. Lehmann — Giesserei Zeitung 23, str. 597 ÷ 600, 623 ÷ 627, 654 ÷ 656.
14. R. Poppinga — Wear and Lubrication SLE (1948).
15. K. Roesch — Giesserei 23, str. 97 ÷ 101 (1936).
16. S. J. Rosenberg, H. Herchmann — Metals and Alloys 2, str. 52 ÷ 56 (1931).
17. H. Scottky, H. Hiltkamp — Stahl und Eisen 56, str. 446 ÷ 456 (1936).
18. E. Siebel — Handbuch des Werkstoffprüfung. Springer (1939).
19. E. Soenen, K. Piwowarsky — Archiv. f. Eisenhüttenwesen 7, str. 371 ÷ 372.
20. E. Spindel — Z. VDI 70 str. 415 ÷ 421 (1926).
21. A. L. Boegehold — Proc. Am. Soc. Test Mat. 29, str. 115 ÷ 125 (1929).

Produkcja narzędzi ze stali szybko tnącej (dokończenie)

Mgr inż. ANDRZEJ JÓZEFIK

c) Metody odlewnicze

Metody odlewnicze służyć mogą do wykonywania narzędzi jednolitych, względnie narzędzi bimetalicznych. Metodą odlewania stali szybko tnącej wykonywane być mogą płytki do noży tokarskich i narzędzi wielostrzowych (głowic frezowych, frezów tarczowych). Płytki te łączone są następnie w sposób mechaniczny z korpusem czy trzonkiem narzędzia. Metodą odlewania wykonywane są korpusy narzędzi wielostrzowych, względnie trzonki noży tokarskich (staliwo, żeliwo modyfikowane). Istnieje również metoda zalewania płytek wykonywanych ze stali szybko tnącej kutej, staliwem lub metalami niskotopliwymi. Czynnikiem ekonomicznymi produkcję narzędzi na drodze odlewania są:

1) Oszczędności materiałowe;

a) zmniejszony rozchód stali szybko tnącej spowodowany nadaniem zgrubnego kształtu narzędzia, drogą odlania, a nie obróbki skrawaniem,

b) użycie do wsadu łomu narzędziowego, wiórów, odpadków prętowych itp;

2) Oszczędności na kosztach robocizny dzięki wyeliminowaniu obróbki skrawaniem przy zgrubnym kształtowaniu narzędzia;

3) Wyższe własności skrawające:

Prace nad opanowaniem metod odlewniczych w produkcji narzędzi podjęte zostały w roku 1951 przez krajowe instytuty przemysłowe. W chwili obecnej prace znajdują się w stadium prac laboratoryjnych.

W celu otrzymywania odlewów narzędzi jednolitych, względnie płytek ze stali szybko tnącej, stosuje się następujące metody:

1) odlewanie w formach piaskowych suchych lub mokrych (rys. 12);

2) odlewanie w kokilach,

3) odlewanie precyzyjne metodą traconego wosku. Przy odlewaniu w formach piaskowych mokrych spada konieczność hartowania narzędzia. Celem uzyska-

nia odlewu precyzyjnego narzędzia skomplikowane wykonuje się również z zastosowaniem modeli woskowych.

Zasadniczymi wymaganiami dla narzędzi odlewanych jest uzyskanie należytych własności skrawających, dokładności kształtu i gładkości powierzchni ostrza. Niedopuszczalnymi błędami technologii są: jamy i pęcherze, pęknięcia, rzadzinny materiałowe itp. (rys. 13).



Rys. 12. Frez tarczowy trzystronny NFTA 72×10 mm odlany w formie piaskowej w Zakładzie Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej.

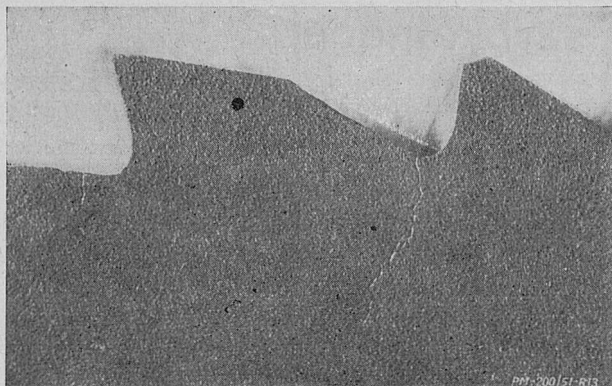
Odlewanie narzędzi może być dokonywane statycznie względnie odśrodkowo. Składy chemiczne kilku rodzajów lanych stali szybko tnących podaje tablica VIII.

Wykonanie frezów lanych według danych rubryki 5 i 6 w tablicy VIII jest 20% tańsze od frezów normalnych. Okres trwałości większy o 70 ÷ 100%.

W chwili obecnej posiadamy całkowicie opanowaną technologię wykonywania matryc, modeli woskowych i formowania narzędzi do odlewania precyzyjnego, przy użyciu modeli woskowych.

TABLICA VIII. Stale szybko tnące lane (skład chemiczny w %)

L.p	Rodzaj stali	C	W	Cr	V	Co	B	Mo
1	Stal wolframowa (Uralskie Zakłady Maszynowe)	1,18 ÷ 1,25	8 ÷ 10	3,8 ÷ 4,5	3 ÷ 3,5	—	—	—
2	„	1,35 ÷ 1,45	17 ÷ 19	3,8 ÷ 4,5	3 ÷ 3,5	—	—	—
3	Stal wolframowa (odlewana w kraju)	1,10 ÷ 1,20	16 ÷ 17	~ 4,0	~ 2,0	—	—	—
4	„	0,7 ÷ 0,8	16 ÷ 17	~ 4,0	0,7 ÷ 0,9	—	0,8	—
5	Stal chromowa (USA)	1,3	0,5	13	0,5	—	—	—
6	Stal Gorhama (USA)	—	—	4	2	8	1	8



Rys. 13. Frez kątowy odlany metodą traconego wosku, poddany zabiegowi trawienia elektrolitycznego. Widoczne pęknienia

Metoda odlewania precyzyjnego, zwana *metoda wosku traconego*, charakteryzuje się specjalnym wykonaniem formy, przy użyciu modeli, wykonanych z odpowiednio spreparowanego wosku.

Ilość modeli odpowiada ilości odlewanych przedmiotów. Modele woskowe otacza się ciekłą masą formierską, która została się następnie, skutkiem zachodzących w niej reakcji chemicznych, tworząc zwartą skorupę, przylegającą dokładnie do powierzchni modelu. Po wytopieniu wosku otrzymuje się wolną przestrzeń, którą zalewa się płynnym metalem.

Dzięki temu, że unikamy dzielenia i składania form, jak też i mechanicznego wyjmowania modelu z ubitego piasku formierskiego, dokładność odlewów jest znacznie większa, niż odlewów wykonanych w formach piaskowych, możliwe jest również wykonywanie skomplikowanych odlewów. Stosowanie specjalnych mas formierskich zwiększa gładkość powierzchni odlewu. Przy odlewaniu precyzyjnym, kolejność postępowania jest następująca:

- 1) wykonanie wzorca narzędzia,
- 2) wykonanie matrycy cynkowej,
- 3) wykonanie modeli woskowych w matrycach cynkowych,

skład wosku
50% wosku pszczelnego,
20% kałafonii,
30% parafiny.

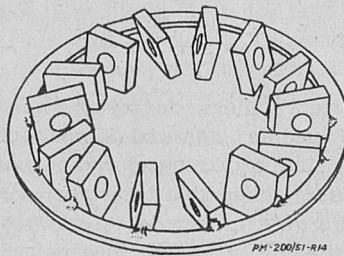
- 4) wykańczanie modeli woskowych,
- 5) pokrywanie zespołu modelu wstępną powłoką z masy formierskiej o następującym składzie:

kware lub łupek kwarcowy o ziarnistości	
poniżej 0,06 mm	ok. 46%
krzemian etylu	ok. 30%
alkohol metylowy	ok. 16%
woda	7,7%
5%-towy kwas solny	0,3%

- 6) formowanie przez zasypywanie modelu łupkiem kwarcowym o ziarnistości $0,2 \div 0,5$ mm,
- 7) wytapianie wosku,
- 8) wypalanie form w temperaturze do 1000° ,
- 9) topienie metalu i odlewanie,
- 10) obróbka cieplna odlewów.

Należy stwierdzić, że dokładność kształtu frezów odlewanych przy użyciu modeli woskowych jest lepsza od frezów odlewanych w formach piaskowych. Kształt odlanych narzędzi jest tak dobry, że ograniczyć się można w obróbce mechanicznej tylko do operacji szlifierskich.

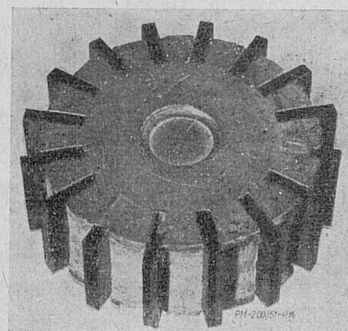
Inną formą odlewania jest zalewanie staliwem, żeliwem modyfikowanym lub cynkiem ostrzy z kutej stali szybko tnącej. Sposób przygotowania płytek do procesu zalewania freza tarczowego przedstawia rys. 14. Płytki zostają przypawane do obręczy a następnie zalane. Po wyżarzeniu frez zostaje obtoczony, wyfrezowany i poddany obróbce cieplnej.



Rys. 14. Płytki ze stali, szybko tnącej, przygotowane do zalania staliwem.

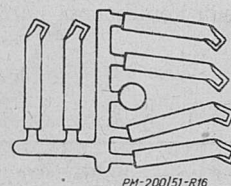
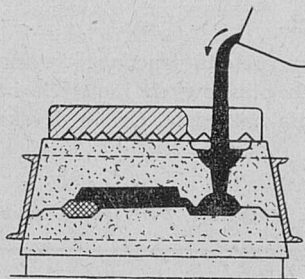
Zalewanie narzędzi materiałami niskotopliwymi, jak np.

cynk, pozwala na zalanie stali szybko tnącej już obrobionej cieplnie. Rys. 15 przedstawia odlew freza do gwintów z płytkami ze stali szybko tnącej zalanej cynkiem.



Rys. 15. Odlew freza do gwintów z płytkami ze stali szybko tnącej zalanych cynkiem.

Rys. 16 przedstawia formę noży tokarskich do zalania żeliwem modyfikowanym, oraz odlewy uzyskane z tej formy. W tym przypadku płytki ze stali szybko tnącej mogą być przygotowane ze stali szybko tnącej kutej, względnie odlewane w kokilach. Według danych radzieckich ostrza lane ze stali szybko tnącej z podwyższoną zawartością węgla, posiadają wyższą trwałość od $100 \div 150\%$.

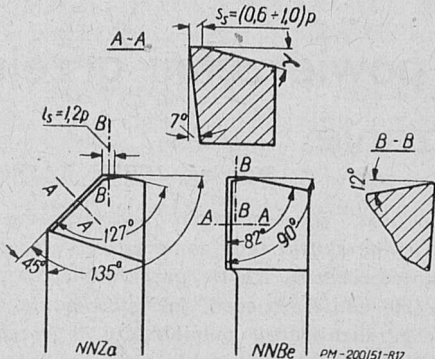


Rys. 16. Forma odlewnicza i odlewy noży tokarskich z ostrzami zalanymi.

5. Racjonalna konstrukcja ostrza

Ekonomiczna gospodarka materiałami narzędziowymi musi obejmować również wszystkie czynniki wpływające na przedłużenie okresu trwałości ostrza, na uzyskanie maksymalnych właściwości skrawających gotowego narzędzia. Do nich należą w pierwszym rzędzie: konstrukcja ostrza oraz dokładność jego wykonania.

Trwałość narzędzi ze stali szybko tnących możemy wydatnie powiększyć stosując ostrza ścinowe (rys. 17).



Rys. 17. Noże tokarskie ścinowe ze ściętym wierzchołkiem ostrza.

TABLICA IX. Wartości parametrów ostrzy ścinowych

Material obrabiany	kąt ścina	kąt natarcia
Stale konstrukcyjne wszelkiego rodzaju	0°	25°
Stale konstrukcyjne i staliwa przy ciężkich warunkach obróbki	0°	20°
Żeliwo ciągliwe i szare HB = 120 ÷ 140 HB = 140 ÷ 180 HB = 180 ÷ 220	0°	22°
	0°	20°
	0°	18°
	0°	18°
Tolerancja wykonania	± 2°	+ 5°

Tablica IX zestawia optymalne wartości parametrów ostrzy ścinowych, według doświadczeń przeprowadzonych przez autora. Szerokość ścinu uzależnia się od posuwu i wynosi:

$s_s = (0,6 - 0,8)p \text{ mm.}$ [4]

Krawędzie tnące łączy się nie promieniem zaokrąglenia, lecz ścięciem wierzchołka, równoległym do kierunku posuwu noża¹⁾. Długość ścięcia l_s winna być nieco większa od wartości posuwu. Zazwyczaj:

$l_s = 1,2p \text{ mm}$ [5]

Przeprowadzone badania wykazały, że ostrza ścięte, wielokrotnie zmniejszają wysokość nierówności powierzchni, polepszając dzięki temu wybitnie gładkość obrobionej powierzchni. Należy zaznaczyć, że trwałość ściętych ostrzy jest równorzędna trwałości ostrzy z promieniem zaokrąglenia. Wykres na rys. 18 obrazuje zależność okresu trwałości od szybkości skrawania dla

ostrzy ścinowych i bezścinowych. Wydajność ostrzy ścinowych, której miernikiem jest godzinowa szybkość skrawania, v_{60} , zwiększa się od 15 do 30%. Zaletą ostrzy ścinowych, obok zwiększonej wydajności, jest stałość, dla pewnych grup materiałowych, parametrów ostrza, w szczególności kąta natarcia. Np. optymalna wartośći kąta natarcia ($\gamma = 25^\circ$) jest jednakowa dla stali konstrukcyjnych, niezależnie od ich własności wytrzymałościowych.

Uzupełnienie

W trakcie składania numeru otrzymaliśmy od Autora uzupełnienie, podające wyniki dalszych badań nad nadrzędziami napawanymi łukowo elektrodami ze stali szybko tnącej ESW18 (por. Przegl. Mech. nr 2/52 str. 65—66). Uzupełnienie to zamieszczamy poniżej (red.).

Własności skrawające narzędzi napawanych łukowo elektrodami ze stali szybko tnącej ESW18 zależne są od rodzaju i odmiany obróbki:

— **T o c z e n i e ś r e d n i o d o k ł a d n e** stali węglowych i żeliw — własności skrawające równorzędne własnościom stali kutej gatunku SW9.

— **T o c z e n i e z g r u b n e** stali węglowych — noże napawane posiadały niższą wydajność (v_{60}) od noży jednolitych ze stali SW9.

— **F r e z o w a n i e ś r e d n i o d o k ł a d n e** stali węglowych — wydajność frezów napawanych jest nieco lepsza od wydajności frezów ze stali szybko tnącej SW9. Okres trwałości ostrzy napawanych przy frezowaniu średnio-dokładnym stali konstrukcyjnych jest orientacyjnie o 35% większy od trwałości frezów SW9. Niektóre nawet frezy posiadały trwałość większą o 50 do 80%.

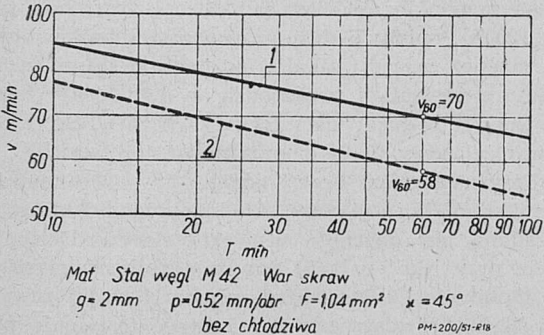
— **F r e z o w a n i e z g r u b n e** stali węglowych — własności skrawające niemal równorzędne.

— **N a r z ę d z i a** napawane posiadają lepszą odporność cieplną od stali szybko tnących kutej. Spowodowane jest to między innymi lepszym odprowadzeniem ciepła z ostrza ze względu na około dwukrotnie lepsze przewodnictwo cieplne stali węglowej korpusu. Dzięki temu narzędzia napawane wykazały zadawalające lub wyższe nawet własności skrawające od stali SW9 przy obróbce małymi przekrojami warstwy skrawanej i większymi szybkościami skrawania, a więc przy obróbce średniopokładnej.

Tworzywo napawane posiada jednak znacznie gorszą odporność na ścieranie. Wyższy współczynnik tarcia tworzywa napawanego jest powodem powstawania większych oporów tarcia wióra i przedmiotu obrabianego o powierzchnie ostrza. Wyższe opory tarcia powodują szybsze zużycie ostrza. Z tego też powodu przy obróbce zgrubnej narzędzia napawane posiadają gorszą wydajność (noże) lub równorzędną (frezy) wydajności narzędzi kutej. Gorsza ścieralność tworzywa napawanego jest również przyczyną gorszych własności skrawających przy obróbce ciągłej (toczenie) a lepszych przy obróbce przerywanej (frezowanie).

Reasumując — metoda napawania łukowego elektrodami ze stali szybko tnącej ESW18 winna znaleźć zastosowanie:

- 1) do produkcji narzędzi wieloostrzowych np. frezów,
- 2) do regeneracji uszkodzonych i zużytych narzędzi ze stali szybko tnących.



Rys. 18. Zależność okresu trwałości ostrza od szybkości skrawania dla ostrzy ścinowych i bezścinowych.

1) Prof. inż. W. Biernawski — „Planowanie obróbki i dobór właściwych warunków skrawania — zasadniczymi elementami ekonomizacji produkcji”.

TECHNIKA CIEPLNA

Zagadnienie zanieczyszczania powierzchni grzejnych kotłów parowych i jego zwalczanie

Mgr inż. JERZY ŁASZKIEWICZ

Artykuł wysuwa postulat spalania gorszych gatunków paliwa, powodujących zanieczyszczanie powierzchni grzejnych kotłów parowych, omawiając przy tym: ujemne skutki tego zanieczyszczenia, przyczyny zanieczyszczeń oraz procesy zachodzące przy tworzeniu się zanieczyszczeń. Na tle przykładów, zaczerpniętych z praktyki podane są sposoby przeciwdziałania tworzeniu się zanieczyszczeń, jak stosowanie wtórnego powietrza o dużym ciśnieniu oraz stosowanie mechanicznych zdmuchiwaczy powietrza. Ze względu na szczególnie doniosłe znaczenie w naszej gospodarce narodowej poruszanych zagadnień, artykuł ten zamieszczamy jako dyskusyjny, prosząc równocześnie Czytelników o wypowiedzi na tematy zawarte w artykule.

Redakcja

1. Wstęp

Powszechnie znaną bolączką kotłów parowych, opalanych węglem, jest skłonność do zanieczyszczania powierzchni grzejnych. Zjawisko to występuje z całą ostrością w kotłach opalanych paliwem o dużej zawartości popiołu. Dotychczas unikano względnie zmniejszono to konieczne zło, połączone z pracą kotłów parowych, przez dobór paliwa. Dzisiaj, kiedy jako jedno z zagadnień Planu 6-letniego rzucono hasło oszczędnej gospodarki paliwem, przed zakładami przemysłowymi, które oparte są na pracy kotłów parowych, stoi postulat spalania najgorszych gatunków węgla. Chodzi tu przede wszystkim o miąższość węgla o ziarnistości $0 \div 10$ mm, jako produkt z płuczki i sortowni. Przeciętna zawartość popiołu w tym paliwie wynosi: dla węgla z kopalń górnośląskich i dąbrowieckich średnio $6 \div 15\%$, a dla węgla z kopalń zagłębia krakowskiego dochodzi do 35% i wyżej. Z uwagi na stosunkowo wysoką wartość opałową i niską cenę, na paliwie tym oparty jest cały przemysł energetyczny i większe zakłady ciepłownicze.

Ujemne skutki zanieczyszczenia powierzchni grzejnych kotłów parowych dają się ująć w następujących punktach:

1) Wzrost strat kominowych na skutek wzrostu temperatury gazów odlotowych.

2) Wzrost strat ciepłych przez promieniowanie na skutek wyższej temperatury bloku kotłowego. Wymienione wyżej straty ciepłe powodują spadek sprawności cieplnej zespołu kotłowego.

3) Wzrost zapotrzebowania ciągu, co przy niedostatecznie zwymiarowanych kominach murowanych powoduje spadek wydajności kotła, a przy instalacjach sztucznego ciągu prowadzi do przeciążenia silników elektrycznych, służących do napędu wentylatorów wyciągowych.

4) Zmiana temperatury pary przegrzanej, a mianowicie wzrost przy zanieczyszczeniu powierzchni grzejnych położonych przed przegrzewaczem i spadek przy zanieczyszczeniu samego przegrzewacza. Zmiana temperatury pary przegrzanej jest niepożądana, a może być wręcz szkodliwa, bo z jednej strony jej wzrost może spowodować przepalenie przegrzewacza lub uszkodzenie turbiny, a z drugiej strony jej spadek nie zezwala na pełne wykorzystanie spadku ciepłego w

turbinie, na który została obliczona. Jest to równoznaczne ze zwiększonym zużyciem pary w turbinie.

5) Przeciążenie komory paleniskowej, co prowadzi nieuchronnie do przedwczesnego zniszczenia obmurza szamotowego.

2. Przyczyny zanieczyszczeń powierzchni grzejnych

Przyczyny zanieczyszczeń powierzchni grzejnych kotłów parowych są częściowo chemicznej, częściowo zaś fizycznej natury. Dla poznania tego zjawiska należy omówić właściwości popiołu, ponieważ jest on tym składnikiem węgla, który jest przyczyną zanieczyszczenia. Ogłoszone w szeregu sprawozdań Państwowego Rady Węglowej (Reichskohlenrat) wyniki badań nad składem popiołów węgla kamiennych, oparte na znacznej ilości prób, dały możliwość ustalenia występowania poszczególnych składników popiołu. Według tych danych w popiele węgla kamiennego głównymi składnikami są SiO_2 , Al_2O_3 i Fe_2O_3 obok nieznacznych wartości CaO i SO_3 .

Substancją podstawową popiołu węgla kamiennych są zatem bogate w żelazo glinki. Inne źródła podają dla węgla górnośląskich następujący przeciętny skład popiołu: SiO_2 — $55,4\%$, Al_2O_3 — $18,9\%$, Fe_2O_3 — $16,1\%$, CaO — $3,2\%$, MgO — $1,9\%$.

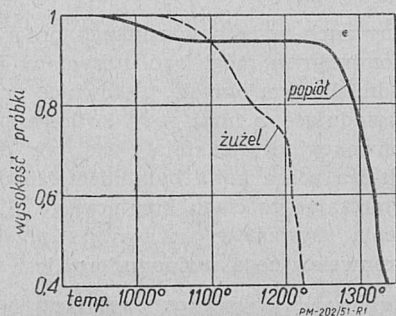
Temperatura topienia popiołu zależy od składu popiołu. Za trudno topliwą uważa się popioły, przechodzące w stan ciekły w temperaturze ponad 1425°C , za średnio topliwą popioły o temperaturze topienia $1200 \div 1425^\circ\text{C}$, do łatwo topliwych zaliczane są popioły, których punkt topliwości leży poniżej 1200° . Popioły o dużej zawartości topników (wapno, magnez, żelazo i alkalia) odznaczają się niską temperaturą topienia i przechodzą w stan ciekły łatwiej niż popioły o dużej wartości Al_2O_3 i SiO_2 . Szczególnie tlenek żelazowy Fe_2O_3 obniża punkt topliwości.

Przy zawartości Fe_2O_3 ponad $15 \div 20\%$ powstaje ferrokrzem, jako główny składnik żużla. Bardzo niepożądaną jest obecność w węglu siarczka FeS_2 , bowiem przy jego spalaniu powstaje najbardziej aktywny topnik-tlenek FeO . Stąd węglom o dużej zawartości siarki przypisywana jest łatwość tworzenia płynnego żużla.

Laboratoryjne ustalenie zawartości popiołu i jego topliwości jest oparte na założeniu, że przeciętna zawartość popiołu co do składu i ilości jest rozłożona

równomiernie. Badania wykazały jednak ponad wszelką wątpliwość, że zawartość popiołu jednego i tego samego gatunku węgla jest zmienna od ziarna do ziarna. Powodem tego jest przede wszystkim geologiczny proces powstawania węgla, a także warunki techniczne wydobycia i sortowania. Odsiane ziarna tej samej frakcji węgla o ziarnach $7 \div 10$ mm po spopieleniu wykazały aż cztery odmiany popiołu różne co do ilości, kształtu, koloru, struktury, ciężaru właściwego i wytrzymałości. Zawartość popiołu w poszczególnych ziarnach wykazała podczas tych badań niesłychany rozrzut od 2 do 90%.

Spostrzeżenia te wyjaśniają zjawiska zachodzące w komorach paleniskowych kotłów parowych, przy tworzeniu się narostów na rurach. Na skutek niejednorodności popiołu w paliwie następuje w popiele lotnym, porywanym z komory paleniskowej, separacja ziarn w kierunku porywania ziarn o niższej topliwości. Stąd potwierdzenie niezmiennie ważnego dla praktyki faktu, że temperatura topienia popiołu i żużla osiadłego na rurach w postaci tzw. *gniazd jaskółczych* leży zawsze poniżej temperatury topienia przeciętnej próbki popiołu z danego popiołu, oznaczonej laboratoryjnie. Stąd dalszy wniosek, że nawet wtedy gdy ustalono bezspornie temperaturę w komorze paleniskowej i gdy stwierdzono laboratoryjnie, że punkt topliwości przeciętnej próbki leży powyżej tej temperatury, nie ma wcale pewności, czy mimo to nie nastąpi zanieczyszczenie rur żużlem płynnym.



Rys. 1. Krzywe topienia popiołu i żużla z gniazd jaskółczych (Bunte-Baum).

Rys. 1 przedstawia krzywe topienia (Bunte-Baum) popiołu i żużla z gniazd jaskółczych. Z przebiegu krzywych widzimy, że różnica między popiołem i żużlem dochodzi do 120°C.

3. Procesy zachodzące przy tworzeniu zanieczyszczeń

Żużel jako najbardziej szkodliwa forma zanieczyszczenia powierzchni grzejnych kotłów, jest produktem trzech przemian, które występują w komorze paleniskowej kolejno po sobie w miarę wzrostu temperatury:

1. **Spiekanie** (Sinterung) mieszaniny stali, rozpoczynające się od temperatury 900°.
2. **Zmiękanie**, czyli powstawanie niskotopliwych mieszanin tzw. eutektycznych. Jest rzeczą wiadomą, że topliwość mieszanin i stopów zależ-

na jest od ich składu, a punkt topliwości leży przy lub poniżej temperatury topienia najniższej topliwego składnika.

Mieszaninę eutektyczną nazywamy mieszaniną tych samych składników, odznaczającą się temperaturą topienia równą lub niższą od temperatury topienia najniższej topliwego składnika. Eutektyka węgla kamiennego posiada według badań niemieckich skład: $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2 + 2\text{FeO}_2 + \text{SiO}_2$ o zawartości ok. 35% FeO, 15% Al_2O_3 , 45% SiO_2 i 5% CaO. Punkt topliwości tej eutektycznej mieszaniny leży w granicach $1000 \div 1100^\circ$. Stąd zmiękanie popiołu węgla kamiennego następuje właśnie w zasięgu tych temperatur. Jeżeli popiół odpowiada dokładnie mieszaninie eutektycznej, to popiół ten topi się całkowicie przy temperaturze charakterystycznej dla danej eutektyki tak, jak by to było ciało jednorodne. Obok eutektyki pozostaje w tej fazie przemiany mineralnej, pewien nadmiar popiołu nie stopionego w postaci stałej, który stapia się w trzeciej z kolei fazie przemiany.

3) **Rozpuszczanie nadmiaru popiołu**, który nie zdążył się stopić w drugiej fazie i zachował jeszcze postać stałą. Sam przebieg zjawiska zależy od składu popiołu i od temperatury rozpuszczalnika.

Do zahamowania względnie całkowitego wyeliminowania opisanych wyżej reakcji, występujących przy tworzeniu się żużla podczas spalania węgla w komorze paleniskowej, prowadzi teoretycznie droga zapobieżenia przemianie pierwszej. Jest to jednak niemożliwe, ponieważ w komorze paleniskowej mamy z reguły burzliwy ruch spalin i dobre wymieszanie cząstek i ponieważ utrzymanie temperatury poniżej $1000 \div 1100^\circ$, tj. niższej od temperatury topienia mieszanin eutektycznych byłoby zaprzeczeniem zasady dobrego spalania. A skoro spiekanie mieszaniny w stanie stałym raz nastąpiło, to przemiana druga i trzecia jest już tylko funkcją temperatury. Pozostaje zatem tylko jeden środek zapobiegania tworzeniu się szlaki, a mianowicie **spalania z dużym nadmiarem powietrza**. Najbardziej aktywny topnik-tlenek żelaza FeO powstaje i utrzymuje się w atmosferze słabo redukującej. W atmosferze utleniającej przechodzi tlenek żelaza FeO w tlenek żelazowy Fe_2O_3 , przy czym powstają nowe połączenia chemiczne i mieszaniny, które posiadają wyższy punkt topliwości. Jeżeli więc doprowadzimy do komory paleniskowej dostateczny nadmiar powietrza tak, aby przy spalaniu każde ziarno paliwa było otoczone powietrzem, to z jednej strony obniżymy nieco temperaturę, z drugiej zaś, utrzymując atmosferę utleniającą, spowodujemy przejście tlenku żelaza w inne związki tlenowe o wyższym punkcie topliwości. Praktycznie biorąc, prowadzi to do stosowania wtórnego powietrza.

Struktura, skład chemiczny, sposób i rodzaj nawarstwienia zanieczyszczeń są zmienne i zależą od temperatury spalin i temperatury ścianek wzdłuż powierzchni grzejnych kotła. W pierwszym ciągu kotła, gdzie występują stosunkowo wysokie temperatury, zanieczyszczenia uwydatniają się w formie spieczonych i zażużleń, w dalszych ciągach o niższej temperaturze — w formie osadów i nawiań na systemach rurowych i w końcu na ściankach podgrzewaczy wody

i powietrza w postaci krust i płatów, spowodowanych niejednokrotnie przekroczeniem punktu rosy. Te ostatnie zanieczyszczenia niosą ze sobą niebezpieczeństwo korozji części żelanych.

Najbardziej niepożądanym i niebezpiecznym zjawiskiem jest tworzenie się na systemach rurowych żużla, który osiada na ściankach rur w postaci tzw. gniazd jaskółczych i zwisających sopli. W procesie powstawania tej formy zanieczyszczeń powierzchni grzejnych kotłów można odróżnić następujące fazy przemian fizykalno-chemicznych:

1) Przy zetknięciu się porwanych z paleniska ciągiem kominowym cząstek lotnego popiołu z systemem rurowym, ścianki rur pokrywają się nalotem w formie zgranulowanych i spieczonych oraz łatwo do powierzchni rur przywierających osadów. Biorą w tym procesie udział najdrobniejsze cząstki o dużym stosunku swej powierzchni do ciężaru (niski ciężar właściwy). Naturalna chropowatość rur gra w tym procesie dużą rolę. Przewodnictwo ciepła tego osadu jest $500 \div 3000$ razy gorsze od przewodnictwa ciepła metali i dlatego nalot ten powoduje bardzo szybki wzrost temperatury ścianki.

2) Gdy grubość warstwy osadu zwiększy się tak dalece, że jej temperatura osiągnie najniższą temperaturę topienia związków powstałych w popiele lotnym, powierzchnia nalotu „wilgotnieje“ i tempo przywierania cząstek lotnego popiołu staje się znacznie szybsze. Naszkicowany tu przebieg pierwszych dwóch przemian jest zjawiskiem czysto fizykalnym.

3) W tym stanie rzeczy z jednej strony przywierają do lepkiej masy osadu porywane lotne części popiołu, z drugiej zaś następują pomiędzy różnorodnymi cząstkami lotnego żużlu przemiany chemiczne, które z reguły prowadzą do obniżenia temperatury topliwości. W tej fazie przemiany grubość osadu rośnie bardzo szybko i powoduje szybki wzrost temperatury powierzchni, a osad przechodzi w ciecz gęstopłynną. Następuje ostatnia faza przemiany, a mianowicie:

4) na płynnej powierzchni osadu osadzają się obce ciała min. niespalony koksik porywany z paleniska. Grubość warstwy wzrasta dalej, lecz już nie współśrodkowo. Pod wpływem własnego ciężaru osad ścieka, tworząc grube sople i zwisające narosty, które wypełniają stopniowo prześwit między rurami.

Ścisłego rozgraniczenia pomiędzy poszczególnymi przemianami i fazami zażużlenia systemu rurowego przeprowadzić nie można.

Po zaklejeniu prześwitów między rurami opory przepływu spalin rosną, ciąg i dopływ powietrza maleje, a przepływ ciepła od spalin do powierzchni rur zostaje silnie zahamowany. Wytwarzają się gazy niespalone, płomień wydłuża się nadmiernie, sięgając niekiedy aż do zwojów przegrzewacza, co prowadzi nieuchronnie do przepalania i pęknięcia wężownic przegrzewacza.

*

Skutki zanieczyszczania powierzchni grzejnych kotłów nasświetlają następujące, zaczerpnięte z praktyki przykłady.

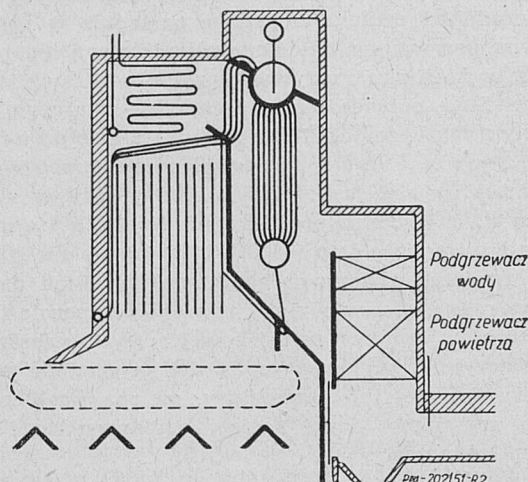
Przykład 1¹⁾.

Schemat na rys. 2 przedstawia kocioł opromieniany z podwiewowym rusztem łuskowym dla strefowego rozdziału powietrza. Kocioł dostarczony dla:

wydajności nominalnej..	22 t/h
ciśnienia roboczego ..	32,5 atn
temperatury pary przegrzanej ..	440°C

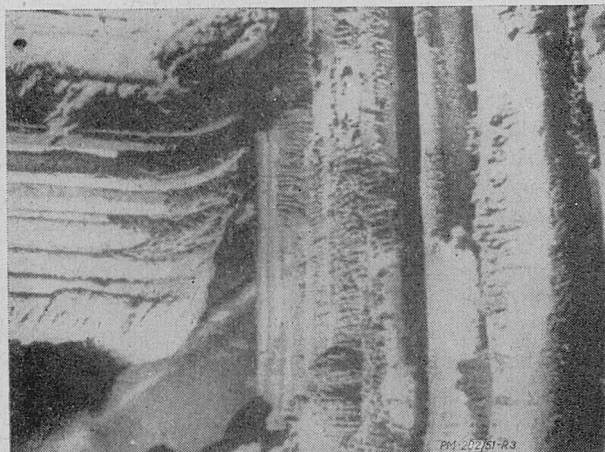
opalany był węglem gazowo-płomiennym o następujących właściwościach:

ziarnistość ..	0 ÷ 20 mm
zawartość popiołu ..	20 ÷ 40%
wilgotność ..	10%



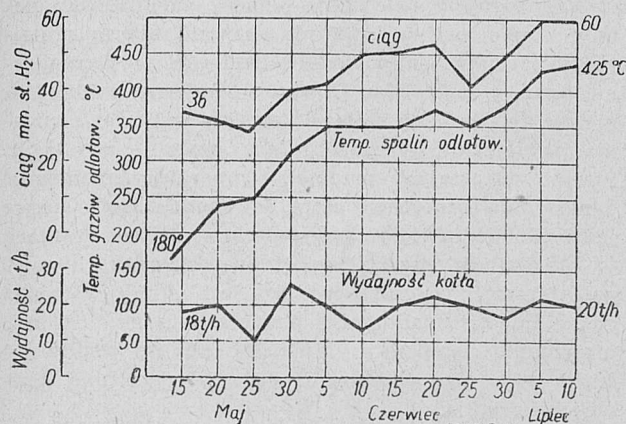
Rys. 2. Schemat kotła opromienianego z podwiewowym rusztem łuskowym.

Normalny ruch w tych warunkach pracy przy obciążeniu nominalnym mógł być utrzymany nie dłużej niż ok. 60 dni. Po tym okresie, wężownice przegrzewaczowe i sąsiadujące z nimi rury kotłowe pierwszego pęczka konwekcyjnego zaklejały się tak dalece żużlem, że dalsza praca kotła była niemożliwa z powodu niewystarczającego ciągu kominowego. Stopień zanieczyszczenia systemów rurowych przegrzewacza i pęczka konwekcyjnego uwidoczniony jest na rys. 3.



Rys. 3. Widok zanieczyszczonego przegrzewacza i pęczka konwekcyjnego.

¹⁾ Wg pracy R. Lessniga: „Chemische Einflüsse bei der Verschmutzung und Verschlackung von Kesselanlagen und Gaserzeugern“.



Rys. 4. Wyniki pomiarów obciążenia i temperatury gazów odlotowych w czopuchu, w kotle wg. rys. 2.

Dokonywane podczas pracy kotła pomiary obciążenia, temperatury gazów odlotowych w czopuchu oraz ciągu pokazane są na rys. 4. Z rysunku widać, że w miarę postępu zanieczyszczania powierzchni grzejnych temperatura gazów odlotowych wzrosła ze 180°C do 425°C, czyli o 245°C, a ciąg z 36 mm sł. H₂O do 60 mm sł. H₂O tj. o 66,6%. Wydajność kotła spadła z 22 t/h na 20 t/h, czyli o 9,1%. Cyfry te są tak przerażające, że nie wymagają dalszych komentarzy.

Przykład 2.

W jednej z większych elektrowni krajowych zainstalowano kocioł sekcyjny z ekranowaną komorą paleniskową wyłożoną płytami Bailey'a, o łącznej powierzchni grzejnej 1320 m² z dwuwstęgowym rusztem mechanicznym dla strefowego rozdzielu powietrza, o powierzchni użytkowej 51,46 m² i z płytowym podgrzewaczem powietrza dla podgrzania powietrza do 120°C.

Kocioł był dostarczony przez jedną z wytwórni krajowych dla następujących warunków pracy:

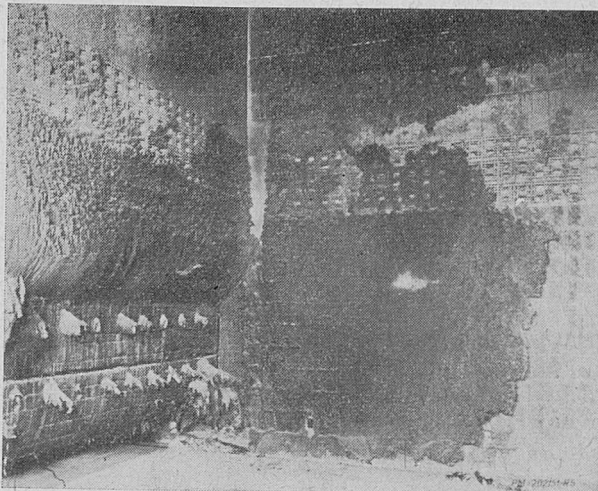
wydajność nominalna	65 t/h
„ wzmożona trwała	72 t/h
„ szczytowa	80 t/h
ciśnienie robocze	35 atm
temperatura pary przegrzanej	435°C
temperatura wody zasilającej	90°C

przy opalaniu miałem węglowym o następujących właściwościach:

dolna wartość opałowa	6000 kcal/h
zawartość popiołu	ok. 8%
wilgotność	„ 10%
ziarnistość	0÷10 mm

Począwszy od uruchomienia kotła, które nastąpiło podczas wojny, zaistniały trudności, mianowicie kocioł posiada stosunkowo dużą skłonność do zażużlania. Stopień zażużlania pokazany jest na zdjęciach, z których rys. 5 przedstawia widok na przednią ścianę nad sklepieniem i na ścianę lewą, rys. 6 widok na przednią ścianę nad sklepieniem i na ścianę prawą komory paleniskowej, a rys. 7 widok na dolny rząd opłomek po ok. 600 godzinach pracy.

O ile osad na ścianie przedniej i bocznych na przedzie paleniska nie jest szczególnie szkodliwy (obniża jedynie wydajność ekranów Bailey'a) i daje się bardzo



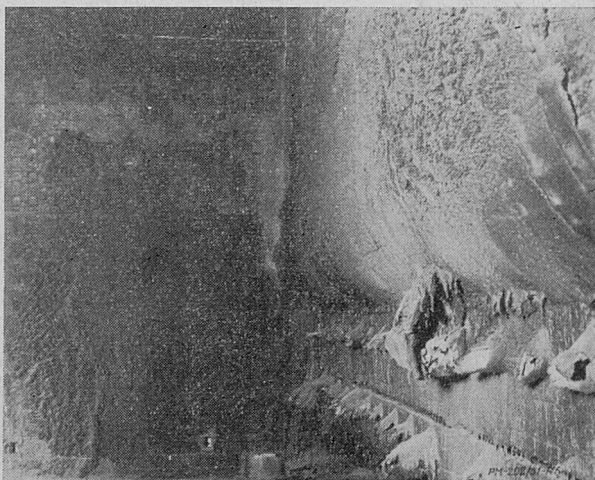
Rys. 5. Widok zażużlenia przedniej ściany nad sklepieniem i ściany lewej komory paleniskowej w kotle sekcyjnym.

łatwo usuwać, o tyle zażużlowanie pęczka opłomek powoduje wzrost zapotrzebowania ciągu, wzrost temperatury pary przegrzanej, na skutek przesunięcia wyższych temperatur spalin ku końcowi kotła, wzrost temperatury gazów odlotowych oraz spadek wydajności i sprawności kotła. Po 600 godzinach kocioł musiał być wyłączony z ruchu, celem gruntownego oczyszczenia sposobem mechanicznym. Stan zanieczyszczenia dolnego rzędu opłomek po 1733 godzinach pracy od uruchomienia, lecz po 458 godzinach pracy od ostatniego czyszczenia przedstawia rys. 8.

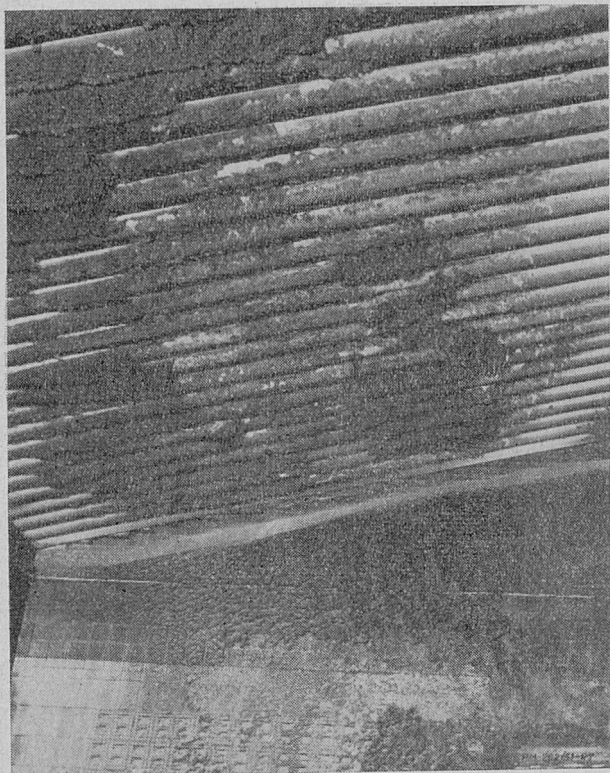
Widzimy, że opłomki nie pokryte są osadem tylko na małej długości od strony tylnych komór sekcyjnych i tylko ta część była wolna dla przepływu spalin. Pozostała część dolnego rzędu opłomek została całkowicie zaklejona i tworzy niejako zwartą ścianę prawie bez wolnych prześwitów dla spalin.

W tych warunkach kocioł musiał być odstawiony. Po ostygnięciu osad na pewnej długości w tylnej partii odpadł samoczynnie, na skutek kurczenia się rur, a pozostała część musiałaby być odbijana mechanicznie.

Powodem tego, powtarzającego się zresztą okresowo zjawiska, jest oprócz spalania gorszego gatunku



Rys. 6. Widok zażużlenia przedniej ściany nad sklepieniem i ściany prawej komory paleniskowej w kotle sekcyjnym.



Rys. 7. Widok zażużenia dolnego rzędu opłomek w kotle sekcijnym.

węgla, niż założono przy projektowaniu kotła, także niewłaściwie zawymiarowana komora paleniskowa. Obciążenie cieplne komory paleniskowej wynosi $350\,000\text{ kcal/m}^2\text{h}$, a ponadto wysokość jej jest wybitnie niedostateczna. Warunki ruchowe w obecnym stanie może poprawić jedynie duży nadmiar powietrza kosztem obniżenia sprawności cieplnej oraz przerzedzenie dolnego rzędu opłomek.

4. Sposoby zwalczania zanieczyszczeń

Do zapobiegania wzgl. zwalczania wyżej opisanych zanieczyszczeń, a w szczególności niebezpiecznego zażużlenia powierzchni grzejnych kotłów prowadzą dwie drogi:

1) zapobieganie powstawaniu zanieczyszczeń przez chłodzenie żużla poniżej punktu topliwości,

2) usuwanie powstałych zanieczyszczeń przez mechaniczne czyszczenie.

Droga pierwsza jako najbardziej skuteczna, bo eliminująca z góry powody zła, leży częściowo w ręku konstruktora, częściowo zaś w ręku inżyniera ruchu względnie palacza, obsługującego kocioł.

Pierwszym zasadniczym warunkiem chłodzenia żużla poniżej punktu topliwości, jest właściwe zawymiarowanie komory paleniskowej i rozłożenie powierzchni chłodzących, czyli innymi słowy właściwe obciążenie cieplne komory paleniskowej.

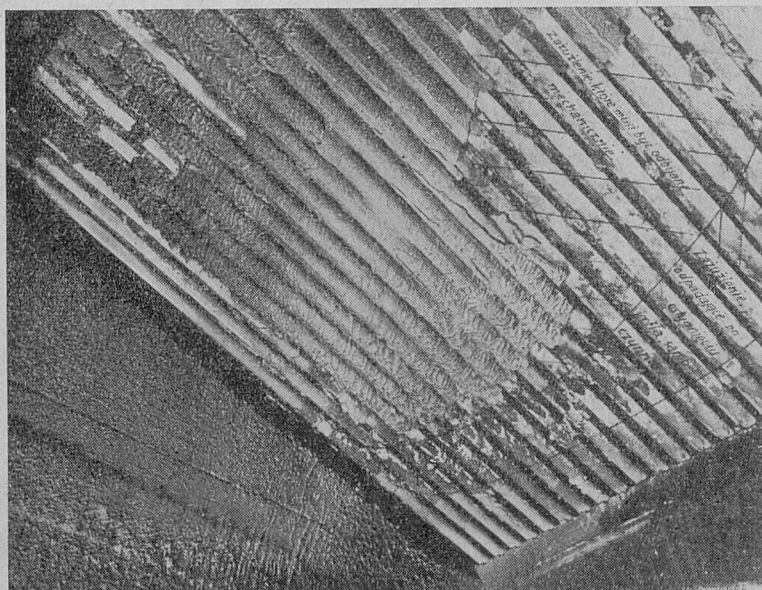
Nadmierne wychłodzenie komory paleniskowej hamuje zapłon paliwa i opóźnia spalanie, a przy mniejszych obciążeniach powoduje trudności w prowadzeniu ognia w palenisku. Dlatego nadmierne wychłodzenie nie tylko nie zmniejsza niebezpieczeństwa zażużlenia powierzchni grzejnych, lecz może je zwiększyć. Stromo wzrastający przebieg temperatury płomienia, a następnie i możliwie ostry jej spadek, czyli gorące jądro płomienia i zimna wypalona strefa na brzegach — oto zasady prawidłowo zaprojektowanej komory paleniskowej. Rezultatem tego jest dobra wymiana ciepła między spalninami i powierzchnią grzejną oraz utrzymanie temperatury poniżej punktu topliwości żużla, przy jego zetknięciu się z powierzchnią konwekcyjną kotła.

Dalszym warunkiem unikania zażużlenia kotłów jest dostatecznie długa droga do spalania, co prowadzi do wysokich komór paleniskowych, które w kotłach rusztowych dochodzą do wysokości $8 \div 10\text{ m}$, a w kotłach pyłowych wyżej.

Rozdział powietrza winien być dostosowany i doregulowany do paliwa. Dlatego też nowoczesne ruszty mechaniczne są wyposażone w urządzenia do sterowego rozdziału powietrza z przyrządami nastawnymi dla każdej strefy, za pomocą których palacz ma możliwość doprowadzić powietrze tam, gdzie ono jest potrzebne do dobrego spalania.

a. Stosowanie wtórnego powietrza

Wielkie usługi przy zwalczaniu zażużeń powierzchni grzejnych kotłów, szczególnie przy kotłach z paleniskami rusztowymi oddaje stosowanie wtórnego powietrza. Pochodzi to stąd że węgiel w miarę posuwu rusztu, po procesie osuszenia zagrzewa się do temperatury zapłonu i zaczyna wydzielać palne części lotne, które z braku dostatecznej ilości powietrza jako niespalone omywają strugami sklepienie i przednią ścianę komory paleniskowej. Dopiero na dalszej drodze, na skutek wyrównanego ciągu otrzymują te nie

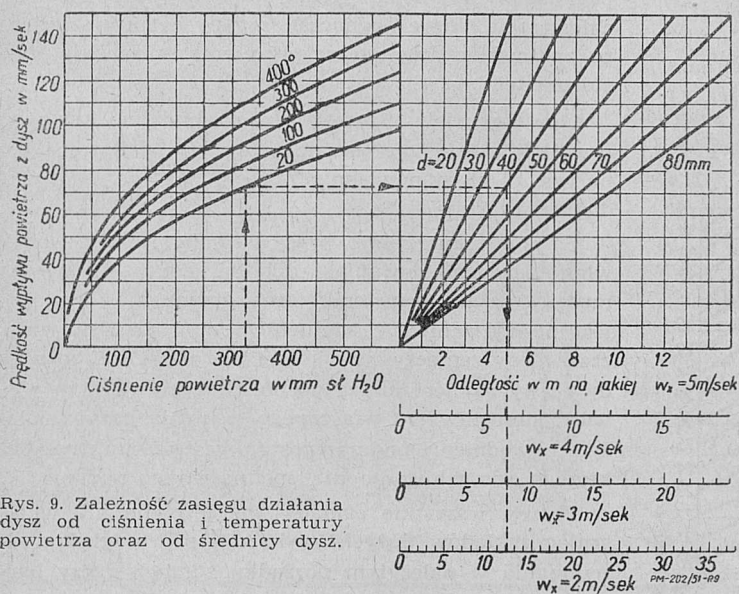


Rys. 8. Widok zanieczyszczenia dolnego rzędu opłomek po 458 godz. pracy od ostatniego czyszczenia.

spalone części lotne potrzebne powietrze i spalają się za późno, wytwarzając wysokie temperatury płomienia tam, gdzie sprzyjają i powodują tworzenie się płynnego żużla. Zastosowanie wtórnego powietrza o dostatecznym sprężu ma dwa zadania:

a. Odchylenie strug nie spalonych części lotnych w kierunku środka komory paleniskowej i przemieszczanie spalin,

b. utrzymanie atmosfery utleniającej, która powoduje chemiczne przemiany o wyższym punkcie topliwości, o czym była mowa w ustępie o tworzeniu się żużla.



Rys. 9. Zależność zasięgu działania dysz od ciśnienia i temperatury powietrza oraz od średnicy dysz.

Warunkiem dobrego działania wtórnego powietrza jest przede wszystkim dostateczny spręż powietrza (aby gazy dobrze przemieszczać), odpowiednia ilość powietrza ($8 \pm 10\%$ całkowitej ilości potrzebnej do spalania), układ i przekrój dysz. Z reguły wtórne powietrze przy kotłach rusztowych winno być umieszczone w przedniej ścianie, możliwie nisko nad pokładem rusztowym, pod takim kątem, aby kierunek strumienia dysz przecinał ruszt co najmniej w połowie jego długości. Umieszczanie dysz wtórnego powietrza w tylnej ścianie komory paleniskowej jest bezcelowe, ponieważ na końcu rusztu prawie zawsze jest nadmiar powietrza natomiast działanie dysz, umieszczonych w tylnej ścianie, na strefę gazowania i spalania paliwa jest nieskuteczne.

Na rys. 9 przedstawiona jest zależność zasięgu działania dysz od ciśnienia i temperatury powietrza oraz od średnicy dysz. Wtórne powietrze po wyjściu z dysz zasysa z otoczenia gazy, powiększając przez to swoją objętość i tracąc prędkość, ponieważ jego energia, pomijając straty tarcia, zużywa się na przyśpieszenie masy gazów. Strumień powietrza wtryskiwany dyszami do komory paleniskowej natrafia nie na medium będące w stanie spoczynku, lecz na gazy, które na skutek naturalnego wyporu i ciągu kominowego unoszą się do góry, a kierunek nadaje im kształt komory i układ przegród międzyrurowych.

Prędkość gazów w zależności od typu kotła i obciążenia, jest rzędu $4 \div 6$ m/sec. Wynika z tego, że za-

mierzone przemieszczanie powietrza wtórnego i gazów może mieć miejsce wówczas, gdy energia strumienia powietrza i gazów jest jednakowo wielka. Słaby strumień powietrza nie jest w stanie przebić strumienia gazów, unoszących się do góry i spowodować przemieszczania. Wyciągnęła stąd wniosek praktyka i w ostatnich latach stosuje się wtórne powietrze o wysokim sprężu $400 \div 450$ mm sł. H_2O .

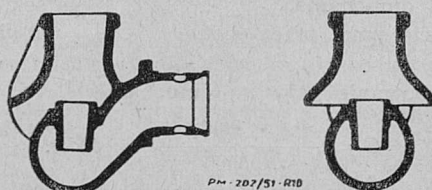
Na rys. 9 (lewa strona) podana jest prędkość wypływu z dysz, jako funkcja ciśnienia i temperatury powietrza. Prawa strona przedstawia zależność zasięgu działania strumienia powietrza od prędkości wypływu, czyli od ciśnienia powietrza i od wielkości dyszy. Jeżeli dane są początkowe ciśnienia i temperatura powietrza to wykres umożliwia odczytanie na prawej osi rzędnych, na jakiej odległości prędkość centralna strumienia w_x spadnie do 5, 4, 3, i 2 m/sec, nie uwzględniając oczywiście odchylenia strumienia na skutek wyporu i ciągu kominowego. Daje to możliwość orientowania się do jakiej głębokości komory paleniskowej działa strumień powietrza przy danej średnicy dysz i ciśnieniu powietrza, czyli innymi słowami daje możliwość właściwego wymiarowania dysz i wyboru potrzebnego ciśnienia.

Jakkolwiek na wykresie podany jest wpływ temperatury powietrza na prędkość wypływu, a tym samym na zasięg działania strumienia powietrza, to jednak badania radzieckie i niemieckie wykazały, że wysokość temperatury nie ma praktycznego znaczenia, ponieważ różnica temperatur na

drodze strumienia powietrza szybko się wyrównuje. Kształt dysz nie ma żadnego wpływu na przebieg strumienia. Zaleca się jednak stosowanie dysz okrągłych, ponieważ strumień kształtu okrągłego posiada najmniejszą powierzchnię.

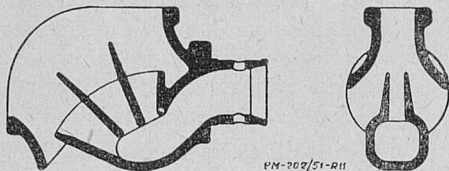
b. Mechaniczne zdmuchiwanie popiołu.

Dodatkowym środkiem pomocniczym, zmierzającym do zwalczania zanieczyszczeń powierzchni grzejnych kotłów parowych jest mechaniczne czyszczenie. Praktycznie w grę wchodzi prawie wyłącznie mechaniczne zdmuchiwanie. Pod warunkiem, że są one prawidłowo zaprojektowane i zmontowane oraz należyście konserwowane i obsługiwane, mogą oddać w zwalczaniu zanieczyszczeń wielkie usługi. Jako medium robocze mechanicznych zdmuchiwczy stosuje się zazwyczaj parę przegrzaną, rzadziej parę nasyconą o ciśnieniu rzędu $15 \div 17$ atn. W praktyce zagranicznej spotykane są zdmuchiwalce ze sprężonym powietrzem, szczególnie tam, gdzie zachodzi konieczność oszczędzania pary, lecz wymaga to specjalnej stacji



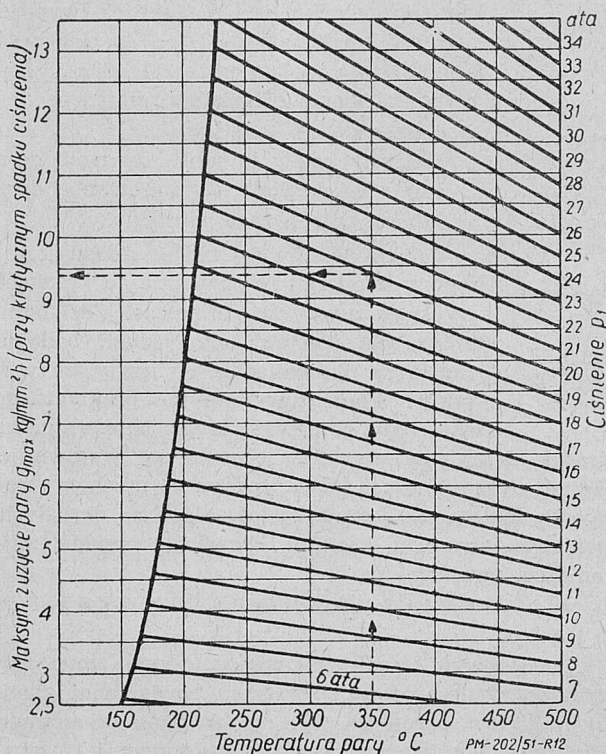
Rys. 10. Dysza do zasysania spalin o przekroju 254 mm^2 .

kompresorowej i komplikuje sieć przewodów. Niektóre wytwórnie zagraniczne stosują zdmuchiwalce parowe ze specjalnymi dyszami dla zasysania spalin, które dają oszczędność na parze ok. 20%. Porwane działaniem smoczkowym z komory paleniskowej spaliny, otulają strumień pary, nie zezwalając na rozproszenie i zwiększają siłę jego działania. Kształt takich dysz pokazany jest na rys. 10 i 11.



Rys. 11. Dysza do zasysania spalin o przekroju 590 mm².

Zużycie pary przez dysze zdmuchiwalcy zależne jest od początkowego stanu pary (ciśnienie i temperatura) i można je odczytać z wykresu rys. 12¹⁾.



Rys. 12. Zużycie pary przez dysze zdmuchiwalcy w zależności od stanu początkowego pary.

Znając przekrój i ilość dysz oraz czas dmuchania można wyliczyć zapotrzebowanie pary na przedmuchiwanie.

Przykład:

Ciśnienie pary 21 atn
temperatura pary 350°C
przekrój dyszy 380 mm²
czas dmuchania 40 sek
zużycie pary przez dyszę . . . $g_{max} = 9,4 \text{ kg/mm}^2\text{h}$
(z wykresu)

Zapotrzebowanie pary na dmuchanie:

$$G = \frac{9,4 \cdot 380 \cdot 40}{3600} = 40 \text{ kg.}$$

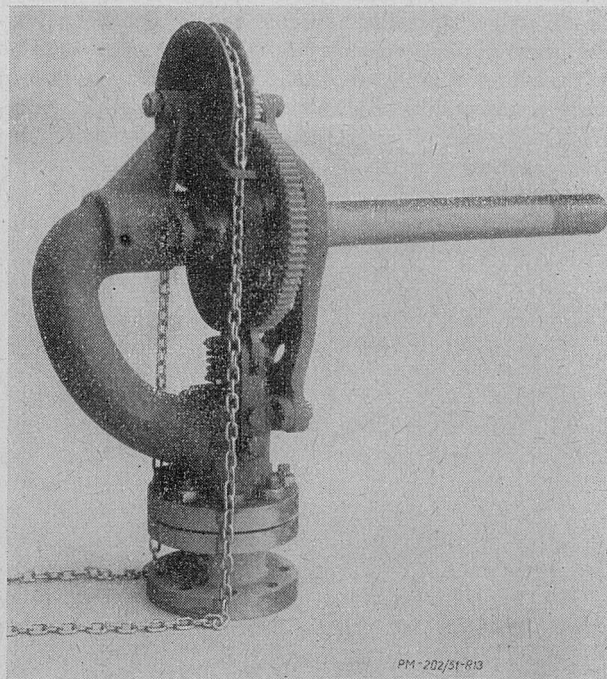
¹⁾ Stodola — „Dampf und Gasturbinen“ wyd. 1924.

Zdmuchiwalce sadzy można podzielić na *jedno* i *wielodyszowe*. Zazwyczaj zdmuchiwalce jednodyszowe z wysuwalną dyszą z żeliwa ognioodpornego stosuje się w strefie temperatur $500 \div 1000^\circ\text{C}$. W celu zabezpieczenia przed spalaniem, dysza schowana jest w obmurzu względnie w skrzynce murowej. Podczas pracy dysza wysuwa się przy pomocy odpowiedniego mechanizmu na żądany skok i dmucha na powierzchnie grzejne pod nadanym jej kątem dmuchania. W strefach poniżej 500°C stosowane są zdmuchiwalce obrotowe wielodyszowe, zabudowane na stałe. Podczas dmuchania mechanizm nadaje im ruch obrotowy pod żądanym kątem. Konstrukcyjnie głowice zdmuchiwalcowe, które jednoczą organy doprowadzające parę i mechanizmy do uruchomienia, posiadają najróżnorodniejsze rozwiązania.

Głowica wielodyszowego zdmuchiwalca krajowej produkcji, który zdał egzamin życiowy, pokazana jest na rys. 13 na stanowisku próbnym i na rys. 14, zabudowana w kotle.

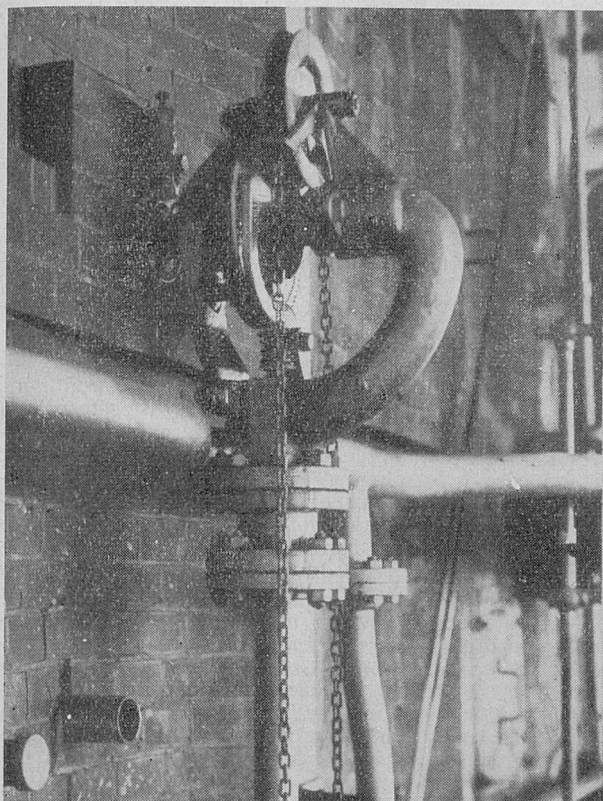
Zasadą skutecznej pracy zdmuchiwalcy, obok właściwego zabudowania i doboru, jest w pierwszym rzędzie bieżące i systematyczne dmuchanie. Błędny jest posługiwanie się zdmuchiwalcami dopiero wówczas, kiedy zanieczyszczenie jest już widoczne, bo wtedy zazwyczaj jest już za późno. Utrzymywanie w głowicy zdmuchiwalca właściwego ciśnienia pary i należyte odwodnienie podczas postoju jest warunkiem, bez którego zdmuchiwalce nie spełnią swego zadania.

Prawie wszystkie zakłady energetyczne nie wyłączając zakładów dużych, wykazują pod względem utrzymania w należyтым porządku zdmuchiwalcy bardzo duże zaniedbania. Nierzadko słyszy się narzekania, że powierzchnie kotłów są zanieczyszczone, że trzeba je często odstawać do gruntownego czyszczenia itd., ale też nierzadko spotyka się w tychże sa-



Rys. 13. Głowica wielodyszowa zdmuchiwalca produkcji krajowej.

mych zakładach zdmuchiwalce w karygodnym zaniedbaniu, bez żadnej kontroli, albo wręcz nie uruchomione.



Rys. 14. Zdmuchiwalce popiołu zabudowany na kotle.

Wydaje się, że gdyby zakłady posiadające kotły poświęciły zdmuchiwalcom więcej uwagi i troski, gdyby wprowadziły systematyczną kontrolę i sprawozdawczość z pracy zdmuchiwalczy i gdyby na drodze współzawodnictwa premiowały obsługę za należyłą konserwację tych ważnych organów kotłowych oraz za czystość powierzchni grzejnych, która w dużej mierze zależy wyłącznie od personelu nadzorującego, to zaoszczędziłyby sobie wiele kłopotów i poważne sumy pieniędzy.

Literatura

- Inż. J. Klimosch i inż. M. Tepicht — „Zagadnienie budowy komór paleniskowych o znacznym obciążeniu” — *Przegląd Mechaniczny* 1937 r., tom III.
- Inż. Zygmunt Keh — „Współczesne tendencje w budowie kotłów wodnorurkowych” — *Przegląd Mechaniczny* 1947 r., zeszyt 7–9.
- „Zanieczyszczenie powierzchni ogrzewalnych i ich wpływ na pewność ruchu instalacji kotłowych” — *Przegląd Mechaniczny*, zeszyt 7–9, rok 1949.
- Kand. nauk techn. Gulajew — „Wybór i komponowka obduwoczych aparatów dla konwiektiwnych powierzchni nagriewa kotielnych agriegatow” — *Za ekonomiju topliwa* 1951 r., zeszyt 3.
- Berichte der Technisch — Wirtschaftlichen Sachverständigenausschüsse des Reichskohlenrates D50, D52, D54/55 — 1933 — 1935 r.
- Dr inż. Lessnig — „Chemische Einflüsse bei der Verschmutzung und Verschlackung von Kesselanlagen und Gaserzeugern” — *Feuerungstechnik* 1940 r., zeszyt 7.
- Inż. Fehling — „Asche, Schlacke und Verschlackung” — *Feuerungstechnik* 1936 r., zeszyt 9.
- Dr inż. Gumz — „Kurzes Handbuch der Brennstoff- und Feuerungstechnik 1942 r.
- Dr inż. Cleve — „Abhilfe gegen das Verschlacken von Dampfkesseln” *Archiv für Warmewirtschaft und Dampfkesselwesen* 1941 r., zeszyt 9.
- Inż. Prantner — „Über die Ansatzbildung an den rauchgasberührten Heizflächen, ihre Verminderung und Beseitigung — *Die Wärme* 1939 r., zeszyt 15.
- Inż. Schumann — „Beseitigung von Ansatzbildung auf der Rauchseite von Dampfkesseln — *ibidem*, zeszyt 49.
- Schulte — „Brennstoffe und Feuerungen” — *Mitteilungen der Vereinigung der Gorrskesselbesitzer* 1937 r., zeszyt 63.

O układach jednostek miar

(uwagi pod kątem widzenia zagadnień cieplnych maszyn przepływowych)

Dr inż. WŁADYSŁAW GUNDLACH

Nad doбором jednostek miar zastanawiał się człowiek od czasu, gdy rozwój jego inteligencji umożliwił mu porównywanie, mierzenie i liczenie. Jest to więc zagadnienie stare, które wolno się krystalizowało. Punktem zwrotnym jego rozwoju było wprowadzenie przez rewolucję francuską systemu metrycznego. Zagadnienie jednostek stało się wówczas centralnym punktem rozległych i intensywnie rozwijających się zagadnień fizykalnych, mających zasadnicze znaczenie tak w ujęciu teorii jak i w praktycznych, technicznych zastosowaniach. Charakterystycznym jest, że mimo wszechstronnych dyskusji, dociekań i rozlicznych prób i propozycji nie posiadamy jeszcze układu jednostek praktycznych, który posiadałby cechy trwałości i nie wywoływałby stale nowych fal krytyki i dyskusji, toczących się na rozmaitych płaszczyznach we wszystkich dziedzinach nauk przyrodniczych i technicznych. Ponieważ szerszy ogół techników nie został bliżej zainteresowany tymi sprawami i w wielu zagadnieniach nie jest zorientowany postanowiliśmy poruszyć kilka podstawowych kwestii. Będą to na ogół sprawy nabierające szczególnej barwy i doniosłości w oczach „turbiniarza” (ogólniej: w dziedzinie cieplnych maszyn wirnikowych lub jeszcze szerzej: maszyn przepływowych), któremu bardzo zależy na znalezieniu zrozumienia dla swych bolączek w szerszym gronie techników, a szczególnie wśród metrologów, mających za zadanie wykrystalizować nowy, doskonalszy układ jednostek miar.

W zagadnieniach doboru układów jednostek miar nie należy poszukiwać rozwiązań doskonałych „danych przez przyrodę”, gdyż istnienie układów jednostek jest jedynie wynikiem tego, że posługujemy się pojęciami i zależnościami uproszczonymi, że pomijamy milczeniem pewne prawa i zależności dane nam przez naturę. Tak więc raczej momenty praktyczne odgrywają w tym zespole zagadnień zasadniczą rolę i nimi też kierować się należy szukając najkorzystniejszych kompromisów. Stwierdzenie to tłumaczy zarówno istnienie rozbieżności a nawet sporów i zatargów

na tym polu tak między rozmaitymi grupami zainteresowań i specjalności jak i między kierunkiem bardziej konserwatywnym i kierunkiem radykalnie postępowym oraz nasuwa przypuszczenie, iż sprawa posiada jeszcze cały szereg dalszych aspektów.

Czy zastanawiałeś się czytelniku, ile cennego czasu straciłeś w swym życiu na przemnażanie przez $g = 9,81$ — wielkość przyspieszenia ziemskiego — w obliczeniach, w których to przyspieszenie w rzeczy samej nie odgrywa żadnej roli, lub w obliczeniach cieplno-energetycznych na przemnażanie przez

$A = 1/427$, przez 860 itp.? Gdybyśmy raz zerwali z systemami jednostek, zniewalającymi nas nie tylko do marnowania cennego czasu, do popełniania nielogiczności, ale także do niepotrzebnego narażania na błędy i niedokładności, i poszukali sobie na ich miejsce jednostek zapewniających większą przejrzystość wzorów i większą prostotę wzorów. Czy jest to osiągalne? Widzimy, że sprawa układu jednostek kryje w sobie także i ważne w naszej rzeczywistości aspekty racjonalizatorskie. Rzecz jest warta próby.

Celem naszych rozważań jest jedynie naświetlenie zagadnienia jednostek podstawowych i pochodnych oraz współczynników przeliczeniowych z punktu widzenia jednej z dziedzin techniki, dziedziny młodej i będącej w toku dynamicznego rozwoju, dziedziny ciepłych maszyn przepływowych, a w węższym ujęciu turbin ciepłych.

Teoria turbin parowych i gazowych budowana jest w swym zasadniczym trzonie w oparciu o naukę o cieple i o przepływach. Jej zagadnienia nie mogły się jednak pomieścić w granicach klasycznej termodynamiki technicznej i hydroaerodynamiki. Wciągnęła ona do zagadnień technicznych dynamikę gazów, a dla wyjaśnienia szeregu zjawisk sięgnąć musiała poza granicę klasycznej (makro-)termodynamiki. Właśnie ten rozrost, spowodowany przejęciem dziedzin do niedawna stanowiących domenę wyłącznie fizyków zmusza do rozpatrzenia zagadnień, którymi technik w swej codziennej pracy twórczej i przetwórczej, co prawda często się może posługiwał, ale chyba rzadko je głębiej analizował.

W pierwszym rzędzie nasuwa się tu zagadnienie jednostek i układów jednostek. Fizyk i technik posługuje się nie tylko kwantytatywnie ale i kwalitatywnie różniącymi się układami. Przejdzie z jednego układu do drugiego nie ograniczając się niestety tylko do przesunięcia przecinka lub dopisania odpowiedniej ilości zer, wymaga ono znacznie więcej: przemnożenia przez ułamkowe wielkości fizyczne, a więc przez liczby mianowane. Mówimy tutaj o układzie fizycznym [c], [g], [s] i technicznym [m], [kg], [s]. Techniczny układ jednostek ciężarowych, tzw. [m], [kg], [s], nie zadowolili termodynamika, który do tych trzech jednostek podstawowych i wywodzącej się z nich rodziny jednostek pochodnych dołączył czwartą jako fizyczną: temperaturę i odpowiednią jednostkę podstawową. Nasuwa się w tym miejscu bardzo zasadnicze pytanie co do „rzeczywistej” ilości podstawowych wymiarów i odpowiednich jednostek podstawowych w fizyce i w technice. Przypominamy też będące w toku międzynarodowe debaty nad ustaleniem czwartej jednostki podstawowej w elektrotechnice.

Jak to przedstawia się na prostych przykładach? Operując w świecie dwuwymiarowym płaskim tylko jednym pojęciem (i tym samym jedną jakościową fizyczną), pojęciem wzajemnej najkrótszej odległości dwóch punktów, zadowolimy się jedną jednostką podstawową, np. metrem pod postacią wzorcowego pręta. Gdy krąg naszych zainteresowań rozszerzy się i zainteresujemy się wielkościami powierzchni poszczególnych obszarów tego świata (planimetrii), wprowadzimy dla tej nowej odkrytej przez nas jakości nową jednostkę podstawową, którą nazwiemy, np. morgiem pod postacią wzorcowego nierozciągliwego płyta. Płatem tym możemy określić z dowolną dokładnością wielkość każdej dowolnie dużej lub małej powierzchni, choćby przez odpowiednie pokrajanie jego na coraz mniejsze części. Jakżeż żmudny byłoby to proceder... Odkrycie jednoznacznych zależności między kształtem powierzchni i jej wymiarami liniowymi z jednej a wielkością powierzchni z drugiej strony umożliwiły człowiekowi uproszczenie czynności pomiaru powierzchni.

Układając nasz płat morgowy w kształcie prostokątów rozmaitej długości, stwierdzimy, że zawsze spełniona będzie zależność:

$$\text{długość [m]} \times \text{szerokość [m]} = \text{powierzchni} \cdot \frac{1}{5598,72} [\text{morg}] \quad [1]$$

Tym samym odkrywamy ważne prawo fizyki.

Dalszym krokiem racjonalizacyjnym (a równocześnie odkryciem dalszego prawa fizyki) będzie przemnożenie wymiarów jednostek liniowych:

$$1 [\text{m}] \cdot 1 [\text{m}] = 1 [\text{m}^2] \quad [2]$$

i wprowadzenie w miejsce podstawowej jednostki powierzchni „1 morg” jednostki pochodnej [m²] opartej na definicji podstawowej jednostki długości [m] i na odkrytym prawie fizycznym. Wobec tego równanie [1] napiszemy w postaci:

$$\text{długość [m]} \cdot \text{szerokość [m]} = \text{powierzchni} \cdot \frac{1}{5598,72} [\text{morg}] = \text{powierzchnia [m}^2] \quad [3]$$

$$\text{współczynnik przeliczeniowy} \frac{1}{5598,72} \cdot \frac{[\text{morg}]}{[\text{m}^2]} \text{ zniknie}$$

z naszych działań, gdy konsekwentnie posługiwać będziemy się jednostkami pochodnymi metra. Pominęliśmy milczeniem jeszcze jedną istotną i zastosowaną w równaniu [2] zasadę: zasadę koherencji, odpowiedzialności równania wielkości fizycznych i jednostek. Wolno nam było mianowicie po prawej stronie wypisać każdą dowolną liczbę; dzięki wprowadzeniu liczby jeden do równania definiującego jednostkę powierzchni [2] osiągnęliśmy to, że współczynnik przeliczeniowy równy jest jedności (w przypadku morgów równy jest 1/5598,72).

Przechodząc do świata trójwymiarowego wprowadzimy posługując się podobnym rozumowaniem jednostkę objętości [m³] lub [ster] opierając się na odkryciu jeszcze jednego prawa natury. Gdy, pragnąc wykraść przyrodzie dalsze tajemniki szukać będziemy rozwiązań najprostszych zagadnień statycznych, wprowadzimy z kolei pojęcie ciężaru i odpowiednią jednostkę siły [kg], której nie potrafilibyśmy już wyrazić w zależności od metra. Natomiast wyprowadzić moglibyśmy, np. pojęcie momentu siły wiążące w swym mianie długość i siłę [m × kg] i kryjące w sobie nowe prawa fizyczne.

Opuszczenie świata stacjonarnego i wkroczenie w świat dynamiczny, świat ruchów niejednostajnych, zmusi nas do wprowadzenia do naszych obserwacji czynnika czasu i trzeciej odrębnej jednostki podstawowej: sekundy [s]. Badania nasze doprowadzą do odkrycia bezwładności ciał. Mierzac bezwładność w [kg × sek²/m] stwierdzamy, że jest ona równa ilościowo masie grawitacyjnej danego ciała, którą mierzyć będziemy po odkryciu szczególnych właściwości przyspieszenia ziemskiego także w [kg × sek²/m]. Stwierdzenie identity obu tych jakości fizycznych równoznaczne będzie z odkryciem ważnego prawa natury, z odkryciem prowadzącym do przeobrażenia oblicza świata zjawisk fizycznych (teoria względności — do tego jeszcze powrócimy). Po pierwsze skłoni nas to jednak do zastanowienia się nad słusznością obranego układu jednostek podstawowych; jednostka masy konkuruje o prymat. Stwierdzimy, że w świecie naszych bezpośrednich pomiarów i obserwacji masa (bezwładność) jest niezmienną właściwością ciał w przeciwieństwie do siły przez nie wywieranej w polu grawitacyjnym ziemi. Decyzja wyboru jednostki podstawowej [kg] contra [kg] pozabawiona byłaby naturalnie dużej części aspektów praktycznych racjonalizatorskich, gdyby nasza podstawowa jednostka długości [m] była około 2% mniejsza, to znaczy o tyle aby normalne przyspieszenie ziemskie miało 9,80665 równe było 10, a masa 1

$$[\text{kg}] \text{ równa byłaby } \frac{1}{10} [\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}]. \text{ W wyniku czego}$$

przejście z jednego układu (masowego: [kg], [s], [m]) do drugiego (ciężarowego [KG], [s], [m]) polegałoby na przesunięciu przecinka o odpowiednią ilość miejsc. Niestety uczeni silący się w roku 1791 na dokładne pomierzenie $0,25 \times 10^{-7}$ części południka paryskiego przeoczyli możliwości o wiele korzystniejszej definicji metra.

Chcąc ująć rachunkowo dalsze zjawiska natury mechanicznej w omawianym układzie przestrzennym zmuszeni będziemy do wprowadzenia np. pojęcia temperatury oraz jednostki, za pomocą której tę temperaturę możemy mierzyć. Początkowo oprzemy się na właściwościach ciał i posłużymy się termometrem rtęciowym, czy też alkoholowym, a w końcu ustalimy w oparciu o właściwości gazu doskonałego skalę nie związaną bezpośrednio z właściwościami tych ciał.

Nauka zajmująca się zagadnieniem ruchu ciepła wprowadziła jednostkę temperatury jako 4-tą jednostkę podstawową pod postacią $^{\circ}\text{C}$ lub $^{\circ}\text{K}$.

Równocześnie posługiwała się termodynamika techniczna (mamy tu na myśli klasyczną termodynamikę techniczną) ciężarowym układem jednostek: $[\text{kG}]$, $[\text{m}]$, $[\text{s}]$. Fizycy wprowadzili stopień setny jako czwartą jednostkę do używanego przez nich układu masowego $[\text{c}]$, $[\text{g}]$, $[\text{s}]$. Odkrycie pewnych jednoznacznych zależności między zmianami temperatury a wymianą pewnej ilości ciepła uważać możemy za genezę termodynamiki. W wyniku tego odkrycia wprowadzimy piątą jednostkę określającą ilość ciepła (kalorię lub kilokalorię) i obliczymy z doświadczeń kalorymetrycznych wielkości charakterystycznych dla poszczególnych ciał „współczynników ogrzewania” mówiących jaką ilość ciepła musimy doprowadzić aby uzyskać efekt ogrzania danego ciała o 1° .

Czym jest ciepło? Że ciepło uzyskać można przez „niszczenie” pewnej formy energii mechanicznej, a więc np. przez tarcie lub uderzenie, wiedzieli już ludy pierwotne wykorzystując to do krzesania ognia, a później do obróbki swych narzędzi itd. Istotnym odkryciem dla rozwoju termodynamiki było stwierdzenie zależności między ilością uzyskanego ciepła, które wyliczymy mnożąc wzrost temperatury przez współczynnik ciepła właściwego ogrzewanego ciepła, a ilością zużytej w tym celu energii mechanicznej.

Dla ogrzania 1 $[\text{kG}]$ (lub $[\text{kG}]\text{m}$) wody od punktu topnienia lodu do punktu wrzenia przy ciśnieniu atmosferycznym na poziomie morza zużywamy zawsze około $42700 [\text{kG} \times \text{m}]$ energii mechanicznej a dla ogrzania o 1° zużyjemy $427 [\text{kG} \times \text{m}]$. Pomiar kalorymetryczny jest obciążony szeregiem błędów i przez długi okres czasu uzyskiwano na tzw. *mechaniczny równoważnik ciepła* wartości nawet znacznie się od siebie różniące. Nie przeszkodziło to jednak postawieniu śmiałej hipotezy, że ciepło jest pewną postacią energii, a dalej hipotezy o niezniszczalności energii. Hipotezy te przekształciły się w podstawowe prawa fizyki.

Odkrycie prawidłowości zjawisk w przyrodzie umożliwia nam z reguły ich ilościowe ujęcie, a dalej wprowadzenie nowych jednostek (widzimy to na przykładzie morga), które uważać musimy za jednostki podstawowe dopóty, dopóki nie poznamy praw przyrody wiążących te jednostki między sobą.

W technice cieplnej ujmujemy odkrytą z szeregu doświadczeń badawczych prawidłowość następującym równaniem określającym ilość ciepła użytego do ogrzania 1 ciała np. przy stałym ciśnieniu:

$$h_{12} = \int_1^2 c_p \cdot dt = \bar{c}_p \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kG} \cdot ^{\circ}\text{C}} \right] \cdot (t_2 - t_1) [^{\circ}\text{C}] = a \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kG}} \right]$$

Ilość energii mechanicznej zużytej dla wytworzenia tej energii cieplnej obliczymy ze wzoru:

$$i_{12} = \frac{b [\text{kG}] \cdot c [\text{m}]}{d [\text{kG}]} = \frac{b \cdot c}{d} \left[\frac{\text{kG} \cdot \text{m}}{\text{kG}} \right]$$

Odkrywając zależność między ilością ciepła h_{12} i ilością pracy mechanicznej i_{12} , która mówi, że w obu przypadkach chodzi o tą samą ilość energii, sformułujemy równanie:

$$\frac{b \cdot c}{d} \left[\frac{\text{kG} \cdot \text{m}}{\text{kG}} \right] = a \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kG}} \right]$$

a dalej wyliczymy zależność liczbową:

$$\frac{b \cdot c}{d \cdot a} \left[\frac{\text{kG} \cdot \text{m}}{\text{kcal}} \right] \approx 427 \left[\frac{\text{kG} \cdot \text{m}}{\text{kcal}} \right] = \frac{1}{A} \left[\frac{\text{kG} \cdot \text{m}}{\text{kcal}} \right]$$

czyli: $1 [\text{kcal}] \approx 427 [\text{kG} \cdot \text{m}]$,

i tym samym sformułujemy omawiane już wyżej prawo przyrody, zwane także „pierwszą zasadą termodynamiki (klasycznej)”. Równanie to, uznane za prawo przyrody, degradowe kilokalorię do rzędu jednostek pochodnych, dających się zastąpić odpowiednią kombinacją pozostałych czterech jednostek podstawowych (a więc: $[\text{kG}]$, $[\text{m}]$, $[\text{s}]$, $[^{\circ}\text{C}]$). Wobec tego pozwala na zredukowanie ilości jednostek podstawowych o jedną (z pięciu na cztery, eliminując kilokalorię).

Zgłębiając istotę jednostek w zagadnieniach techniki cieplnej winniśmy przeanalizować z kolei pozostałe cztery jednostki podstawowe, a więc: $[\text{kG}]$, $[\text{m}]$, $[\text{s}]$, $[^{\circ}\text{C}]$, względnie $[\text{kg}]$, $[\text{m}]$, $[\text{s}]$, $[\text{K}]$. Narzuca się pytanie: czy znane nam są dalsze podstawowe prawa natury wiążące między sobą jakości reprezentowane przez te jednostki podstawowe? O ile byłyby nam takie zależności rzeczywiście znane, to tym samym istniałaby możliwość dalszego zredukowania ilości jednostek podstawowych.

Temperatura jest zewnętrznym przejawem zjawiska magazynowania energii w danym ciele lub innymi słowy w danym zbiorowisku cząsteczek. Jak jest związana temperatura z pozostałymi jednostkami podstawowymi wchodzącymi w skład jednostki energii? Wspomnieliśmy o termometrze gazowym opartym, jak wiemy, na równaniu gazu doskonałego. Empiryczne, a później oparte o mechanikę statystyczną wprowadzenie równania gazu doskonałego jest doniosłym odkryciem praw przyrody. Gdy je za takie uznajemy, wówczas mamy prawo posłużyć się nim w równaniach definiujących jednostki, podobnie jak to czyniliśmy w przypadkach pomiaru powierzchni, objętości, energii itd. Równanie stanu gazów przyjmuje dla gazów doskonałych następującą postać:

$$p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T \text{ współczynnik} \quad [4]$$

gdzie p = ciśnienie w $[\text{kG}/\text{m}^2]$; V = objętość w $[\text{m}^3]$ R = stała gazowa odniesiona do 1 Mola gazu, tzn. $N = 6,065 \times 10^{26}$ cząsteczek gazu, jest równa

$$847,81 \left[\frac{\text{kG} \cdot \text{m}}{^{\circ}\text{K} \cdot \text{Mol}} \right] \quad T = \text{temperatura w } [^{\circ}\text{K}], \nu = \text{ilość}$$

Moli gazu, tzn. $\nu = \frac{\text{ilość cząstek w objętości } V}{\text{ilość cząstek w 1 molu}}$. W tym

przypadku (R mierzone w jednostkach mechanicznych) współczynnik we wzorze [4] będzie równy jedności. W przypadku wyrażenia R w $[\text{kcal}/^{\circ}\text{K} \times \text{Mol}]$ współczynnik równy byłby A . Wprowadzimy do równania [4] stałą gazową, odniesioną do $N = 6,065 \times 10^{26}$ cząsteczek, równą jedności, przy równoczesnym zastąpieniu układu ciężarowego ($[\text{kG}]$, $[\text{m}]$, $[\text{s}]$) masowym układem jednostek: ($[\text{kg}]$, $[\text{m}]$, $[\text{s}]$)

$$p \cdot V = \nu \cdot 1 \cdot T \quad [5]$$

lub też oznaczając przez jedność stałą gazową, odniesioną do jednej cząsteczki czynnika (tym samym przechodząc z termodynamicznego continuum do fizykalnego discontinuum cieczy); napiszemy:

$$p \cdot V = n \cdot 1 \cdot T \quad [6]$$

a z powyższego wyznaczona temperatura T :

$$T = \frac{p \cdot V}{n} \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{sek}^2 \cdot \text{cząsteczka}} \right] \quad [7]$$

posiada miano energii na cząsteczkę. Tym samym jesteśmy w stanie wyeliminować z obliczeń cieplnych podstawową jednostkę temperatury, zastępując ją jednostką pochodną układu $[\text{kg}]$, $[\text{m}]$, $[\text{sek}]$: energią na cząsteczkę. W takim układzie jednostek ujawniony zostaje istotny charakter ciepła właściwego i entropii, będących jedynie „wskaźnikami”, w pierwszym przypadku wydajności termometrycznej akumulacji energii, w drugim wydajności przemian

termo-energetycznych. Układ ten może mieć tym samym doniosłe znaczenie dydaktyczne.

Nasuwa się pytanie: czy przez uwzględnienie wszelkich znanych nam zależności fizycznych doszlibyśmy do wyeliminowania w ogóle jednostek i mian? Sprawa przedstawia się rzeczywiście w ten sposób. Na przykład podstawowe równanie teorii względności przyrównujące masę do energii, wiążące trzy podstawowe jednostki: metr, kilogram i sekundę, umożliwia wyrugowanie jednej z nich. Czyż byłoby to celowe przy rozpatrywaniu zagadnień w świecie praktycznych problemów? Z pewnością nie, gdyż w zagadnieniach tych znajdujemy się poza praktyczną granicą wpływu skończonej i dla danego środowiska charakterystycznej prędkości światła, poza granicą wpływu zakłóceń wynikających ze wzajemnego przyciągania się mas i zakłóceń wynikających z cząsteczkowej struktury. Dzięki temu zachować możemy w mechanice i tym samym mikro-termice nasz trój — jednostkowy [kg], [m], [sek], a w makro-termice, opartej na statystyce mikro-stanów układów cząstek, cztero-jednostkowy układ [kg], [m], [sek], [°C], tym samym prowadzić analizę wymiarów, stosować teorię podobieństw, mówić o równoczesności zjawisk, operować twierdzeniami mechaniki.

Winniśmy jednak taki system jednostek przekrojony na praktyczne potrzeby fizyki czy też techniki ukształtować w ten sposób, aby rzeczywiście zapewniał on minimum komplikacji obliczeń, maksimum przejrzystości wzorów przy równoczesnym logicznym ich kształtowaniu.

Szukamy układu odpowiadającego naszej rzeczywistości, układu w którym rozpatrywać moglibyśmy równie swobodnie wszelkie zagadnienia techniczne i praktyczne, a równocześnie układu ułatwiającego szkolącym się dopiero umysłem łatwe opanowanie całej głębi wyrastających przed nimi zagadnień. Unikać więc winniśmy także i z praktycznych względów rozwiązań odpowiadających wymaganiom tylko jakiejś mało wymagającej grupy zagadnień.

Po tym ogólnym rozpatrzeniu problemów związanych z układami jednostek (unikaliśmy wkraczania w dziedzinę elektrotechniki, optyki i akustyki) wróćmy do punktu wyjściowego, do cieplnych obliczeń turbin, aby zagadnienie jednostek naświetlić ze ściśle „branżowego” punktu widzenia dziedziny, która, łącząc ściśle rozważania mechaniczne i cieplne z jednej strony, a z drugiej, stojąc w ścisłym kontakcie z elektroenergetyką, stawia szczególnie trudne wymagania, zmuszające do szukania bardziej uniwersalnych rozwiązań od tych, którymi się obecnie posługujemy.

Jednym z typowych działań obliczeniowych jest obliczenie mocy turbiny. Moc jej podajemy w kilowatach [kW], które zdobyły sobie „prawa obywatelskie” na całym świecie, a prawa wyłączności w gospodarce energetycznej, i wyliczamy ją z ilości wyzyskanej energii cieplnej, przypadającej na jednostkę ilości czynnika przepływającego (spadek ciepła na jednostkę ilości), przemnożonej przez natężenie przepływu czynnika (w tychże jednostkach ilości na sekundę, przy czym jest nam w tej chwili obojętne w jakich jednostkach mierzymy ilość czynnika) a więc:

$$a \left[\frac{\text{jedn. ilości}}{\text{sek}} \right] \cdot b \left[\frac{\text{jedn. energii}}{\text{jedn. ilości}} \right] = a \cdot b \text{ [jedn. mocy]} \quad [8]$$

z powyższego równania wypełniającego zasadę koherencji otrzymamy w oparciu o jednostkę mocy [kW] jako jednostkę energii 1 [kW × sek] = 1 [kJ] kilojoule. Wprowadzając natomiast po lewej stronie równania miast kilojoula kilokalorię [kcal] zmuszeni byłibyśmy do uwzględnienia współczynnika przeliczeniowego równego

$$3600 \left[\frac{\text{sek}}{\text{h}} \right] / 860 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \right] \approx 4,1860465 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kcal}} \right]$$

czyli:

$$1 \text{ kcal} = 4,1860465 \text{ kJ} \approx 4,19 \text{ kJ}$$

Jak przedstawia się historia jednostki energii cieplnej i jej obecna strona prawna? Według starej definicji kilokaloria była wielkością, opartą na pomiarze kalorycznym wody i stąd wyznaczalna jedynie z pewnym, w porównaniu do innych pomiarów technicznych, dość znacznym błędem (1 kcal = ilość ciepła ogrzewająca 1 kg, chemicznie czystej wody z 14,5°C na 15°C, oprócz tej definicji spotkać możemy jeszcze szereg innych, dających nieco odmienną wartość).

Jak długo definicja kilokalorii oparta była o pomiar kalorymetryczny, wszelkie dane wyliczone z pomiarów cieplnych stanowiły osobną grupę, połączoną z energetycznymi wielkościami i danymi mechanicznymi i elektrycznymi pomostem, który stanowiły współczynniki przeliczeniowe (np. współczynnik oznaczony przez 4), wyznaczalne jedynie z pewnym błędem. Mieśliśmy wobec tego do czynienia rzeczywiście z dwoma niezależnymi systemami. Z chwilą przypisania 1-szej zasady termodynamiki tych samych praw co zasadzie obliczenia powierzchni, objętości itd. i w wyniku tego ustanowienia tzw. kilokalorii międzynarodowej, opartej bezpośrednio o system jednostek elek-

$$\text{trycznych } (1 \text{ [kcal]} = \frac{1}{860} [\text{kW} \times \text{h}]) \text{ czyli jednostka}$$

mniejsza o $4,66 \cdot 10^{-4}$ od 1 [kcal] opartej na dawnej definicji kalorymetrycznej) zniknęła ta dwoistość a równocześnie z nią właściwie i ostatnie uzasadnienie (poza względami tradycyjnymi) stosowania w termice odmiennych jednostek energetycznych. Przeszło dziesięć lat sprawa ta dojrzewała i wreszcie w roku 1948 powzięto w łonie międzynarodowego biura wag i miar uchwałę, zalecającą wyłącznie stosownie kilojoula w termice i tym samym skazującą kilokalorię na wyeliminowanie z oficjalnych notowań fizycznych i technicznych.

Korzyści wynikające z wprowadzenia kilojoula w obliczeniach cieplnych w miejsce kilokalorii są oczywiste i nic dziwnego, że dotychczasowa jednostka mimo silnych względów tradycyjnych zostaje stopniowo wypierana także z obliczeń praktycznych. Rzeczywistą korzyść ze stosowania kilojoula osiągniemy, gdy nie tylko przyzwyczaimy się do podawania ostatecznych wyników w [kJ] ale także nauczymy się myśleć w kilojouleach. Gdy posługujemy się wykresem ciepłok — entropia ułożonym w kilojouleach na jednostkę ilości, spadek ciepła między dwoma stanami czynnika, np. c [kJ] daje nam liczbowo wymienioną moc w kilowatach c [kW] odniesioną do natężenia przepływu równego jednostce ilości na sekundę. Przy natężeniu

przepływu równym $d \left[\frac{\text{jednostek ilości}}{\text{sek}} \right]$ moc będzie równa $c \times d$ [kW].

Czy jest obojętnym dla obliczającego ciepłą turbinę, w jakich jednostkach mierzyć on będzie ilość czynnika w [kg] czy w [kg], natężenie przepływu w $\left[\frac{\text{kg}}{\text{sek}} \right]$ czy w $\left[\frac{\text{kg}}{\text{sek}} \right]$ i czy operować będzie gęstością czynnika $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$ czy też tzw. ciężarem właściwym $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$?

Nie byłoby celowe wprowadzenie zbyt daleko idących innowacji w przypadku, w którym da się uzyskać zadawalające uproszczenie przez właściwe zastosowanie lub modyfikowanie istniejących i utartych pojęć. Dotychczasowy „ciężarowy układ jednostek technicznych” opierał się na trzech jednostkach podstawowych:

J e d n o s t k a s i ł y: kilogram [kg], oznaczenie niemieckie [kg*], francuskie [kgf] lub [kf]; oznaczenia te nie przyjęły się ogólnie i w wielu podreżnikach, tak krajowych, jak i zagranicznych, spotykamy dla oznaczenia kilogram — siły symbol [kg], zarezerwowany umową międzynarodową dla jednostki masy.

J e d n o s t k a d ł u g o ś c i: metr [m].

J e d n o s t k a c z a s u: sekunda [sek] lub w przypadkach, w których nie zachodzi możliwość dwuznaczności, symbol [s].

Układ ten przekrojony jest na miarę i potrzeby najstarszej dziedziny mechaniki, którą jest statyka i w tej nauce nie prowadzi do komplikacji, zapewnia najprostsze formy wzorów i wiele innych korzyści, ale to wszystko nie bez pewnych istotnych ograniczeń. Gdy zechcemy przejść od wyidealizowanych zagadnień praktycznych naszego systemu grawitacyjnego do zagadnień ogólnych, wydzierających głębsze tajniki przyrodzie, to i w tym, badając jedynym zagadnieniem, do którego dopasowany jest „ciężarowy układ jednostek technicznych“, natrafimy na takie same, zaciemniające obraz komplikacje, jak i w naukach, o których była mowa poprzednio. Układ ten powstał i ugruntował się bowiem w czasie, gdy nie zdawano sobie sprawy z tożsamości masy grawitacyjnej i bezwładnej i nieznaną była ogólna „teoria pola“.

Z kilogramem — siły [kG] konkuruje kilogram — masy [kg] do zajęcia miejsca jednej z trzech jednostek podstawowych naszego praktycznego układu (wzgl. jednej z czterech, gdy uznamy za celowe posługiwać się temperaturą w termodynamice lub też wkroczymy w dziedzinę elektrotechniki). Posługując się układem jednostek opartym na jednostce masy (np. na międzynarodowej jednostce masy równej masie wzorca kilogramowego, który przechowywany jest w Międzynarodowym Biurze Wagi i Miar w Sèvres pod Paryżem, i oznaczony symbolem [kg]) uwolnimy się w każdym razie od wprowadzenia do przeliczeń energetycznych przyspieszenia ziemskiego właśnie w tych przypadkach, w których nie odgrywa ono żadnej roli. A oto przykład: energię kinetyczną wyliczamy ze wzoru

$$\frac{1}{2} \cdot (\text{masa}) \cdot (\text{prędkość})^2 = (\text{energia}) \quad [9]$$

w dotychczasowym układzie jednostek technicznych, stosowanym w termice, obliczymy energię w kilokaloriach przypadającą na 1 [kG] ilości czynnika:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{A \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{m}} \right]}{g \left[\frac{\text{m}}{\text{sek}^2} \right]} \cdot a^2 \left[\frac{\text{m}^2}{\text{sek}^2} \right] = b \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right] \quad [10]$$

Przy czym: $A = \frac{1}{427}$, $g = 9,80665$, a — prędkość czynnika, b — energia. Stosując natomiast we właściwy sposób układ oparty na jednostce masy [kg] i rugując kilokalorie, obliczymy energię w Jouleach na 1 [kg]:

$$\frac{1}{2} \cdot c \left[\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{sek}^2} \right] \cdot a^2 \left[\frac{\text{m}^2}{\text{sek}^2} \right] = d \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right] \quad [11]$$

W tym przypadku współczynnik przeliczeniowy jednostek energii $c = 1$, wzór ten uprości się więc do:

$$\frac{1}{2} \cdot a^2 \left[\frac{\text{m}^2}{\text{sek}^2} \right] = d \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right] \quad [12]$$

lub dla obliczenia prędkości a

$$a \left[\frac{\text{m}}{\text{sek}} \right] = \sqrt{2 \cdot d \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]} \quad [13]$$

Pozbywając się współczynników przeliczeniowych i szczególnie przyspieszenia ziemskiego g z wzorów obliczeniowych, oszczędzamy czas, podnosimy dokładność a co najważniejsze, zyskujemy przejrzystość. Obok tych oczywistych korzyści wynikających z posługiwania się kilogramem masy może pojawić się ewentualne poważne zastrzeżenie oparte na zakorzenionym poglądzie, że ciężar w sensie siły jest wielkością wyznaczalną w sposób prostszy niż masa, „którą trzeba dopiero wyliczać“. Czy tak jest rzeczywiście? Otóż do porównywania mas i ciężarów użyć możemy w zasadzie tego samego przyrządu, np. wagi szalkowej i odważników, legalizowanych wg kilograma wzorcowego. Pomiar przy pomocy równoramiennnej wagi szalkowej pozwala na bezpośrednie porównanie siły, działającej

na przedmiot ważony i odważniki. Ponieważ zaś przyspieszenie ziemskie, działające na obie szalki wagi jest takie same, otrzymujemy wraz z porównaniem sił również porównanie mas. Przy tym otrzymujemy od razu wartość masy w kilogramach niezależnie od wielkości przyspieszenia działającego w miejscu pomiaru (z uwzględnieniem różnic wyporu powietrza w razie różnych gęstości materiałów ciała ważonego i odważników), podczas gdy siłę, działającą na szalkę wagi, wyliczyć moglibyśmy jedynie wówczas, gdyby znane było nam rzeczywiste przyspieszenie grawitacyjne, występujące w danym punkcie. Siła mierzona odważnikiem 1 [kg], miałaby wielkość 1 [kG] tylko w miejscu, gdzie przyspieszenie ziemskie równe jest $g = 9,80665$.

Powyższe rozważania stanowią jeszcze jeden dowód słuszności zaniechania stosowania „ciężarowego układu jednostek technicznych“. W rzeczy samej, ważąc na wadze szalkowej, mierzyliśmy „ilość“ czynnika, posługując się w pomiarze ciężarem jako „pośrednikiem“, którego rzeczywistą wielkością w ogóle nie interesowaliśmy się. Opowiadając się więc obecnie za „masowym układem jednostek praktycznych“, formułujemy jedynie w sposób poprawny i właściwy coś, czym w istocie od dawna operowaliśmy. Jak obliczamy np. natężenie przepływu w zwężce o przekroju F_1 przy spadku ciśnienia Δp , któremu odpowiada spadek ciepła Δh , i prędkości początkowej czynnika c_0

$$G = \frac{F_1 \cdot c_1}{v_1} = \frac{F_1 \cdot \sqrt{\frac{2g}{A} \Delta h + c_0^2}}{v_1} \left[\frac{\text{kG}}{\text{s}} \right]$$

W ciężarowym układzie jednostek technicznych natężenie przepływu podawane jest przeważnie w jednostkach siły na sekundę, miast w jednostkach masy na sekundę, a to z tego względu, że ilość jednostek masy jest w tym układzie wielkością, której nie wyuczujemy. Masowe natężenie przepływu posiada w

układzie technicznym miano $\left[\frac{\text{kg} \cdot \text{s}}{\text{m}} \right]$, czyli siły

dzielonej przez prędkość i tym samym, podobnie jak i ciężarowe natężenie przepływu, nasuwa z gruntu fałszywe skojarzenia. Podobnie i w szeregu innych zagadnień, z którymi stale mamy do czynienia w technice cieplnej, np. odnoszenie wielkości energii wewnętrznej i ciepła do 1 [kG] czynnika, 1 [kG] jest miarą ilości czynnika w przeciwieństwie do typowych zagadnień statyki i wytrzymałości, gdzie 1 [kG] jest rzeczywiście miarą siły (rzeczywiście działającej w miejscu pomiaru, a nie mierzony odważnikiem kilogramowym). Kolidzja tych pojęć występuje przy odnoszeniu wielkości pracy mechanicznej mierzonej w [kG.m] do ilości czynnika w [kG]. Energia na jednostkę ilości posiadałaby wówczas miano [m].

W świetle typowych zagadnień cieplnych maszyn przepływowych trudno jest więc mówić o ściśle logicznej budowie ciężarowego układu jednostek technicznych jak i o jego praktycznych zaletach. Nic więc dziwnego, że turbinarze chętnie porzucają „ciężarowy układ jednostek technicznych“, oparty na trzech jednostkach podstawowych [kG], [m], [sek], który w samej rzeczy jest tolerowany jedynie jako prowizorium, i który utrzymał się po dziś dzień głównie dzięki rozprzestrzenieniu, za pośrednictwem technicznej literatury niemieckiej u schyłku 19-go wieku, i wprowadzając „masowy układ jednostek praktycznych“ oparty na następujących trzech jednostkach podstawowych:

J e d n o s t k a m a s y: kilogram [kg]

J e d n o s t k a d ł u g o ś c i: metr [m]

J e d n o s t k a c z a s u: sekunda [sek]

Jednostki pochodne oprzemy na zasadzie koherencji z równaniami jakości fizycznych eliminując przede wszystkim jednostki energetyczne oparte na różnorodnych definicjach i wymagające stałych przeliczeń (np. kilokalorie). Przejście z tego układu do układu jednostek fizycznych ([c], [g], [s]), polega jedynie na odpowiednim przesunięciu przecinka.

Proponowany „masowy układ jednostek praktycznych“, może dogodzić wszystkim i nie powodować skomplikowania obliczeń statycznych, gdy dopuścimy drogą celowego kompromisu także stosowanie jednostki siły, nazwanej *k i l o p o n d e m*, a oznaczonej symbolem *kp* (pierwosłów „pond“ oznacza ważenie, ciężar) i równej sile, wywieranej przez 1 [kg] masy pod działaniem normalnego przyspieszenia ziemskiego $g = 9,80665$, czyli jednostki, odpowiadającej dotychczasowemu kilogramowi siły [kG]. Jednostkę tę należy jednak stosować jedynie i wyłącznie przy rozpatrywaniu zagadnień, w których nie występują żadne inne przyspieszenia poza przyspieszeniem ziemskim. Gdyby swego czasu nie zapożyczono w naukach technicznych nazwy i symbolu kilograma dla oznaczenia jednostek siły i od razu wprowadzono specjalną nazwę dla tych jednostek, uniknęlibyśmy będących w toku dysput i konferencji i od dawna posługiwalibyśmy się racjonalnym układem, w pełni zgodnym z systemem metrycznym.

Podajemy kilka ważniejszych jednostek pochodnych „masowego układu jednostek praktycznych“ oraz w nawiasach ich przeliczenia na jednostki „ciężarowego układu jednostek technicznych“, przy czym wprowadzamy tutaj, zgodnie z nowymi tendencjami w miejsce symbolu [kG] symbol [kp]

S i l a :

$$1 \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{sek}^2} \right] = 1 [\text{Newton}] = 1 [\text{N}]; \quad \left(= \frac{1}{9,80665} [\text{kp}] \right)$$

P r a c a , e n e r g i a :

$$1 \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{sek}^2} \right] = 1 [\text{J}] = 1 [\text{W} \cdot \text{s}]; \quad (= 0,10197 [\text{kp} \cdot \text{m}])$$

$$1000 \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{sek}^2} \right] = 1 [\text{kJ}] = 1 [\text{kWs}]; \quad \begin{aligned} & (= 101,97 [\text{kp} \cdot \text{m}]) \\ & (= 0,2389 [\text{kcal}]) \\ & (\therefore 1 [\text{kcal}] = 4,186 [\text{kJ}]) \end{aligned}$$

M o c

$$1 \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{sek}^3} \right] = 1 \left[\frac{\text{J}}{\text{sek}} \right] = 1 [\text{W}]$$

$$1000 \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{sek}^3} \right] = 1 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{sek}} \right] = 1 [\text{kW}]$$

C i ś n i e n i e

$$1 \left[\frac{\text{kg}}{\text{sek}^2 \cdot \text{m}} \right] = 1 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] = 10 [\text{b}]; \quad \left(= 0,10197 \left[\frac{\text{kp}}{\text{m}^2} \right] = 1,0197 \cdot 10^{-3} [\text{at}], \right)$$

$$\left(\therefore 1 [\text{at}] = 0,980665 \cdot 10^5 \left[\frac{\text{kg}}{\text{sek} \cdot \text{m}} \right] = 0,980665 [\text{bar}] \right)$$

$$(\therefore 1 [\text{bar}] = 10^6 [\text{b}] = 1,0197 [\text{at}])$$

N a t ęż e n i e p r z e p l y w u

$$1 \left[\frac{\text{kg}}{\text{sek}} \right] \text{ (liczbowo identyczne z natęż. przepływu w [kp/sek])}$$

G ę s t o ś ć

$$1 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \text{ (liczbowo identyczne z ciężarem właściwym w [kp/m³])}$$

Układ powyższy zapewnia w obliczeniach maszyn o przepływie ciągłym, a więc przede wszystkim turbin i sprężarek wirnikowych, rzeczywiste korzyści tak w przedstawieniu zależności jakościowych jak i w samych obliczeniach i tym samym posiada wielkie zalety praktyczne i racjonalizatorskie nie stojąc w sprzeczności z teoretycznymi wytycznymi tworzenia układów jednostek. Nic więc dziwnego, że coraz częściej spotyka się w literaturze techniczno-naukowej tej dziedziny ze stosowaniem przez autorów „układu masowego“ (choć często w dowolnej jego interpretacji) i z wyraźną tendencją do ostatecznego zerwania z „układem ciężarowym“. Podobne tendencje przejawiają się także w innych dziedzinach techniki cieplnej i może należałoby poddać zagadnienie masowego i ciężarowego układu głębszej analizie na szerokim polu wszystkich dziedzin techniki.

Bilanse energetyczne reakcji chemicznych (dokończenie)

Prof. dr inż. STANISŁAW OCHEŃDUSZKO

Mgr inż. JAN SZARGUT

Artykuł stanowi dokończenie pracy o tym samym tytule, zamieszczonej w zeszycie 1/52 PM. Podane poniżej sposoby zwalczania trudności przy stosowaniu wzorów omówionych w pierwszej części artykułu są w znacznej mierze zasługą inż. J. Szarguta aspiranta katedry TMC Politechniki w Gliwicach.

a) W praktyce nieraz musi się zrezygnować z zupełnej dokładności bilansu, gdyż nie można opanować występujących trudności. Jedną z trudności stanowi zagadnienie d o m i e s z e k. W każdym procesie ma się do czynienia ze związkami chemicznymi, które posiadają dla niego znaczenie zasadnicze oraz ze związkami, które dostały się do procesu jako zanieczyszczenia (balast) surowców (np. popiół w paliwie, domieszki surowców technicznych) lub też zostały doprowadzone celowo, ale pod względem energetycznym odgrywają w procesie rolę uboczną. Domieszki te mogą też podlegać przemianom chemicznym, pierwiastki wchodzące w ich skład mogą dopływać do badanej przestrzeni w jednej postaci, w innej zaś ją opuszczać. Tylko niekiedy można ustalić jakie związki chemiczne i w jakiej ilości wchodzi w skład domieszek. Ponieważ poza tym często trudno jest znaleźć w literaturze wartości ciepła tworzenia skomplikowanych związków domieszek, przeto zachodzi konieczność przyjęcia, że domieszki nie ulegają przemianom che-

micznym i w związku z tym w rachunku można pominąć ich ciepło tworzenia.

b) Bilans energetyczny można przeprowadzić dopiero po wykonaniu bilansu masowego. Oprócz bilansu sumarycznego należy przeprowadzić b i l a n s e m a s o w e p i e r w i a s t k ó w z a s a d n i c z y c h. Np. przy badaniu czadnicy lub pieca koksowniczego należy wykonać bilanse masowe pierwiastków: węgla, wodoru, tlenu, azotu i ewentualnie siarki. Oczywiście w bilansach pierwiastków zasadniczych nie uwzględnia się tych ilości wspomnianych pierwiastków, które związane są chemicznie w domieszkach. Np. przy bilansowaniu czadnicy lub pieca koksowniczego popiół należy zaliczyć do domieszek i w bilansie masowym tlenu należy pominąć tlen z popiołu. Należy jednak postępować ostrożnie, aby do domieszek nie zaliczyć związków, które powinny być uwzględnione w bilansach pierwiastków zasadniczych.

Można sformułować taką zasadę ogólną: *Jeżeli w bilansach masowych pierwiastków zasadniczych ja-*

kiś związek został raz uwzględniony, np. w produkcjach procesu, to nie można go pominąć w substratach i na odwrót. W bilansie energetycznym należy więc uwzględniać ciepła tworzenia tych substancji, które zostały przeprowadzone przez bilanse masowe pierwiastków zasadniczych. Najlepiej zilustrować to na przykładzie:

W procesie pieca karbidowego oprócz wymienionych wyżej pierwiastków zasadniczą rolę odgrywa wapń (Ca), wchodzący w skład substratów (CaO , CaCO_3), oraz produktów (CaC_2 — karbid), dla którego trzeba przeprowadzić oddzielny bilans masowy. Pierwiastek wapń (Ca) występuje również w popiele zużywanego w procesie koksu, zwykle w postaci CaO . Aby bilans masowy pieca karbidowego był poprawny, wśród pozycji wejściowych należy uwzględnić również grupę CaO z popiołu, uzyskanego po spaleniu koksu. Grupę tę należy oczywiście uwzględnić zarówno w bilansie masowym wapnia i tlenu, jak też w bilansie energetycznym, przy obliczaniu ciepła tworzenia koksu (patrz przykład 3).

c) Masy wszystkich substancji biorących udział w procesie powinny być wyznaczone drogą bezpośredniego pomiaru. Często mierzenie niektórych mas jest utrudnione (np. masa spalin przepływających przez kocioł). Wtedy jedną lub więcej pozycji oblicza się z zamknięcia sumarycznego bilansu masowego, lub z zamknięcia bilansów pierwiastków zasadniczych. W każdym razie przed przystąpieniem do bilansu energetycznego należy przeprowadzić **k o r e k t ę b i l a n s u m a s o w e g o** tak, aby bilanse pierwiastków zasadniczych zamknęły się.

Postępowanie takie ma na celu zmniejszenie błędu bilansu energetycznego. Jeżeli bilans masowy zamknie się dodatkową pozycją np. „strata masy na rzecz otoczenia” i przyjmie się jakieś parametry termiczne dla substancji, które w skład tej pozycji wchodzi, popełni się najwyżej błąd spowodowany dobraniem nieodpowiednich parametrów termicznych. Gdyby natomiast bilans masowy nie zamykał się, bilans energetyczny byłby obciążony większym błędem spowodowanym opuszczeniem wyrażenia: *pominięta masa* $\times$ *ciepło tworzenia*.

d) W energetyce i hutnictwie ma się często do czynienia z paliwami (np. węgiel kamienny, koks, benzyna). Ciepło tworzenia paliw najprościej wyznacza się na podstawie wartości opałowej lub ciepła spalania (patrz przykład 1).

Przy obliczaniu ciepła tworzenia paliw zawierających popiół, na podstawie wartości opałowej, występują trudności w związku z tym, że poza składem substancji palnej paliwa jest nieznany skład chemiczny popiołu otrzymanego po spaleniu paliwa w bombie kalorymetrycznej oraz popiołu zawartego w produktach badanego procesu. Nie popełnia się jednak wielkiego błędu, jeżeli założyć się, że skład i budowa popiołu po spaleniu nie zależą od warunków spalania. Wówczas popiół należy zaliczyć do domieszek i w bilansie rozpatrywanego urządzenia (a więc także przy obliczaniu ciepła tworzenia paliwa) pominąć jego ciepło tworzenia. Powyższe uproszczenie może być zastosowane jedynie wówczas, gdy produkty spalania nie biorą udziału w dalszym procesie technologicznym. W przeciwnym przypadku należy w obliczeniu

uwzględnić te składniki popiołu otrzymanego po spalaniu paliwa, które zostały przeprowadzone przez bilanse masowe pierwiastków zasadniczych.

P r z y k ł a d 3.

Obliczyć ciepło tworzenia koksu, który jest jednym z surowców w procesie produkcji karbidu. Skład koksu: $c = 0,327$, $h = 0,006$; $o = 0,008$; $n = 0,009$; $w = 0,050$; $p_i = 0,100$; jego wartość opałowa $W_{do} = 6750$ kcal/kg. W obliczeniu należy uwzględnić grupę CaO z popiołu. Zawartość CaO w popiele wynosi 9%.

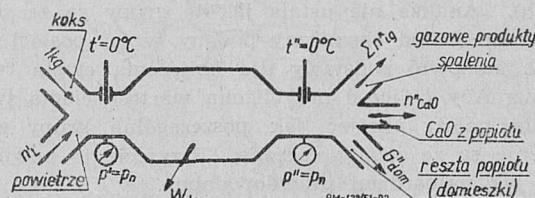
Odp.: Produkty zupełnego spalania 1 kg koksu są następujące:

$$n''_{\text{CO}_2} = 0,327/12 = 0,0689 \text{ kmol CO}_2.$$

$$n''_{\text{H}_2\text{O}} = 0,006/2 + 0,050/18 = 0,003 + 0,0028 = 0,0058 \text{ kmol H}_2\text{O},$$

$$n''_{\text{CaO}} = 0,10 \cdot 0,09/56,1 = 0,00016 \text{ kmol CaO}.$$

Ciepło tworzenia koksu H_{po} można obliczyć bilansując układ przedstawiony na rys. 3.



Rys. 3.

$$H_{po} = W_{do} + \sum_i n''_{ig} (MH_{po})''_{ig} + n''_{CaO} (MH_{po})_{CaO} + G''_{dom} H_{po dom}$$

Drugi wyraz po prawej stronie równania dotyczy gazowych produktów spalania. Ostatni wyraz dotyczy domieszek.

Składnik	n''_i	$(MH_{po})''_i$	$n''_i (MH_{po})''_i$
CO_2	0,0686	-94 030	-6479
$\text{H}_2\text{O(g)}$	0,0058	-57 801	-335
CaO	0,00016	-151 700	-24
domieszki	$G''_{dom} \text{ kg}$	$H_{po dom}$	$G''_{dom} H_{po dom}$
entalpia produktów		$-6838 + G''_{dom} H_{po dom}$	

$$H'_{po} = +6750 - 6838 + G''_{dom} H_{po dom} = -88 + G''_{dom} H_{po dom} \text{ kcal/kg}$$

Obliczona wartość ciepła tworzenia koksu zawiera nieznana wielkość $G''_{dom} \cdot H_{po dom}$. Zgodnie z uwagami punktu d) przy przeprowadzaniu bilansu energetycznego pieca karbidowego przyjmuje się, że składniki popiołu zaliczone do domieszek są takie same po spaleniu w bombie kalorymetrycznej, jak w produktach procesu rzeczywistego. W związku z tym po obu stronach równania [5] wystąpią te same wielkości $G''_{dom} \cdot H_{po dom}$ i z rachunku odpadną.

Można więc już przy obliczaniu ciepła tworzenia koksu pominąć wartość $G''_{dom} \cdot H_{po dom}$ i w dalszych obliczeniach przyjmować, że ciepło tworzenia koksu wynosi $H_{po} = -88$ kcal/kg. Nie wolno jednak zapominać, że liczba -88 kcal/kg przedstawia w rzeczywistości różnicę $(H'_{po} - G''_{dom} \cdot H_{po dom})$ ciepła tworzenia koksu i tych składników popiołu, które zostały zaliczone do domieszek.

e) Wyznaczenie ciepła tworzenia surowca technicznego (rudę żelaznej, wapna, karbidu itp.) nie jest na ogół rzeczą prostą i zwykle nie da się przeprowadzić w sposób zupełnie ścisły. W zasadzie ciepło tworzenia da się wyznaczyć tylko wtedy, gdy znany jest kompletny skład zawartych w surowcu poszczególnych związków chemicznych. Wówczas stosuje się **zasadę addytywności**, tj. sumuje się iloczyny udziałów masowych i ciepła tworzenia składowych związków chemicznych danego surowca, przy czym pomija się związki nie-

uwzględnione w bilansach masowych pierwiastków zasadniczych. Zasada addytywności nie jest zupełnie ścisła, gdyż nie uwzględnia ewentualnego ciepła rozpuszczania, które przedstawia różnicę między entalpią roztworu i sumą entalpii składników rozpuszczonych w sobie. W większości procesów przemysłowych ciepła rozpuszczania są znikomo małe w porównaniu z ciepłami reakcji chemicznych występujących w danym procesie. Oczywiście ciepła rozpuszczania nie można pominąć przy bilansowaniu procesów zachodzących w roztworach.

W praktyce trudności są znacznie większe. Zwykle bowiem w wyniku analizy chemicznej otrzymuje się jedynie zawartość poszczególnych grup chemicznych w danym surowcu (np. zawartość grup bezwodnikowych). Analiza nie ustala jak te grupy są ze sobą związane. Skład chemiczny podany w tej postaci nie może stanowić podstawy dla obliczenia ciepła tworzenia. Aby obliczyć przybliżoną wartość ciepła tworzenia, należy przyjąć jak poszczególne grupy chemiczne są ze sobą połączone. Przyjęcie to powinno być jak najbardziej prawdopodobne.

Bardzo często, na podstawie danych zaczerpniętych z literatury można zorientować się, jakie związki chemiczne występują w rozważanym surowcu. Dopiero potem można stosować wspomnianą wyżej zasadę addytywności. W obliczeniu pomija się ciepło tworzenia grup zaliczonych do domieszek. W związku z tym należy założyć, że grupy chemiczne uwzględnione w bilansach pierwiastków zasadniczych są powiązane tylko ze sobą.

Przykład 4.

Analiza chemiczna wykazała następujący skład masowy wapna palonego, używanego do produkcji karbidu: $CaO = 96,7\%$, $Fe_2O_3 + Al_2O_3 = 0,72\%$, $SiO_2 = 0,85\%$, $CO_2 = 0,38\%$, $MgO = 0,62\%$, $H_2O = 0,45\%$, substancje niewykryte i błędy analizy = $0,27\%$. Do pierwiastków zasadniczych procesu zaliczono: C, H, N, O, Ca. Wyznaczyć ciepło tworzenia wapna palonego.

W obliczeniu uwzględnia się jedynie grupy CaO , CO_2 i H_2O , pozostałe zaś grupy zalicza się do domieszek. Grupy CO_2 i H_2O napewno nie występują samodzielnie. Przyjmuje się, że związane są one z CaO w postaci związków $Ca(OH)_2$ i $CaCO_3$. Przyjęcie, że grupy zaliczone do domieszek nie są związane z grupami CaO , CO_2 i H_2O nie jest nielogiczne.

Ilość kmol poszczególnych grup jest następująca:

$$\begin{aligned} n_{CaO} &= 0,967/56,1 = 17,24 \cdot 10^{-3} \text{ kmol/kg wapna, gdyż } M_{CaO} = 56,1, \\ n_{CO_2} &= 0,0038/44 = 0,09 \cdot 10^{-3} \text{ " " " } M_{CO_2} = 44, \\ n_{H_2O} &= 0,0045/18 = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ " " " } M_{H_2O} = 18. \end{aligned}$$

Ilość kmol założonych związków chemicznych wynosi:

$$\begin{aligned} n_{CaCO_3} &= n_{CO_2} = 0,09 \cdot 10^{-3} \text{ kmol/kg wapna, gdyż } CaO + CO_2 = CaCO_3 \\ n_{Ca(OH)_2} &= n_{H_2O} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ " " " } CaO + H_2O = \\ &= Ca(OH)_2. \end{aligned}$$

$$n_{CaO} = n_{CaO} - n_{CO_2} - n_{H_2O} = (17,24 - 0,34) \cdot 10^{-3} = 16,90 \cdot 10^{-3} \text{ kmol/kg wapna.}$$

Wyniki obliczenia ciepła tworzenia wapna palonego zestawiono w tabliczce:

Składnik	n	(MH_{p0})	$n(MH_{p0})$
Ca CO ₃	$0,09 \cdot 10^{-3}$	$-283,5 \cdot 10^3$	- 25
Ca(OH) ₂	$0,25 \cdot 10^{-3}$	$-236,0 \cdot 10^3$	- 59
CaO	$16,90 \cdot 10^{-3}$	$-151,7 \cdot 10^3$	-2568
$H_{p0} = -2652 \text{ kcal/kg}$			

Przyjęte założenia upraszczające na pewno nie są zgodne z rzeczywistością. Oprócz wymienionych związków wapno zawiera na pewno i inne np. $MgCO_3$, $CaSiO_3$. Błąd spowodowany przez te uproszczenia w tym przypadku jest znikomy, gdyż rozważany surowiec poza czystym CaO zawiera bardzo mało innych składników. Ścisłe biorąc otrzymana liczba jest różnicą ciepła tworzenia wapna palonego i ciepła tworzenia domieszek.

Przyjęcie, że grupy zaliczone do domieszek nie są związane z innymi grupami danego surowca nie zawsze jest możliwe. Przypadek taki ilustruje przykład 5.

Przykład 5.

Analiza dolomitu używanego w procesie martinowskim wykazała następujący skład masowy:

$$CaO = 30,3\%, \quad MgO = 19,3\%, \quad CO_2 = 44,7\%, \quad Fe_2O_3 = 0,3\%, \quad H_2O = 3,0\%, \\ SiO_2 = 1,2\%, \quad Al_2O_3 = 0,7\%,$$

błędy i substancje nie wykryte = $0,5\%$. Wyznaczyć ciepło tworzenia dolomitu.

Do pierwiastków zasadniczych procesu zaliczono: Fe, C, O, N, H, Ca. Wobec tego w obliczeniu należy uwzględnić tylko grupy: CaO , CO_2 , H_2O , Fe_2O_3 . Ilości kmol poszczególnych grup wynoszą:

$$\begin{aligned} n_{CaO} &= 0,303/56,1 = 5,40 \cdot 10^{-3} \text{ kmol/kg dolomitu, gdyż } M_{CaO} = 56,1 \\ n_{Fe_2O_3} &= 0,003/159,68 = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ " " " } M_{Fe_2O_3} = 159,68 \\ n_{CO_2} &= 0,447/44 = 10,15 \cdot 10^{-3} \text{ " " " } M_{CO_2} = 44 \end{aligned}$$

Jak widać, zawartość CO_2 jest wielka. Gdyby się założyło, że CO_2 jest związany chemicznie tylko z grupami CaO i Fe_2O_3 pozostałby nadmiar CO_2 . Założenie, że CO_2 występuje w dolomicie w postaci wolnej byłoby nielogiczne. Z drugiej strony wiadomo, że głównym składnikiem dolomitu jest $MgCO_3$ (obok $CaCO_3$). Z trudności tej w tym przypadku można wybrnąć zaliczając Mg do pierwiastków zasadniczych. Wówczas można by przyjąć, że dolomit poza domieszkami zawiera związki następujące: $CaCO_3$, $MgCO_3$, Fe_2O_3 , $Ca(OH)_2$ oraz resztę wody w postaci wilgoci. Przyjęcie takie nie jest zgodne z rzeczywistością, gdyż na pewno dolomit nie zawiera $Ca(OH)_2$, zaś z drugiej strony wolny CaO nie może istnieć w obecności wody. Widocznie dolomit zawiera pewną ilość $CaSiO_3$. Aby jednak nie powiększać nadmiernie ilości pierwiastków zasadniczych, można poprzestać na ostatnim przyjęciu ($CaCO_3$, $MgCO_3$, Fe_2O_3 , $Ca(OH)_2$ i H_2O) i nie zaliczać Si do pierwiastków zasadniczych procesu. Dalszy tok obliczenia ciepła tworzenia przebiega analogicznie jak w przykładzie 4. Przyjęte założenia nie spowodują wielkiego błędu, gdyż zawartość innych składników prócz $CaCO_3$ i $MgCO_3$ jest mała.

f) W równaniach bilansowych [4], [4a] i [5] każda substancja występuje 2 razy: raz w iloczynie masy i ciepła tworzenia, drugi raz w iloczynie masy i nadwyżki entalpii. W sumie oba te iloczyny przedstawiają nadwyżkę entalpii danego związku ponad normalną entalpią elementów. Różnica entalpii ważnych dla dwu stanów nie zależy od drogi przejścia pomiędzy jednym a drugim stanem. Dlatego wartości ciepła tworzenia H_{pn} i nadwyżki entalpii $\Delta i_n^{t,p}$ powinny się uzupełniać. Nadwyżkę entalpii należy więc liczyć od tego stanu skupienia i tych parametrów termicznych, dla których ważna jest wartość ciepła tworzenia i na odwrót. Brak tego uzgodnienia jest bardzo często przyczyną poważnych błędów. Rzecz tę najlepiej zilustrować na przykładach:

Wartość nadwyżki entalpii dla gazów, par przegrzanych lub mokrych można wyznaczyć przy pomocy tablic lub wykresów kalorycznych. W tym celu od wartości entalpii i odczytanej w tablicach lub na wykresie dla warunków p, t , w których występuje dana substancja, należy odjąć entalpię i_n ważną dla tego

stanu skupienia i tych warunków termicznych, dla których znane jest ciepło tworzenia.

Jeżeli np. znane jest ciepło tworzenia gazowego amoniaku w temperaturze $t_n = 18^\circ\text{C}$, nadwyżkę entalpii $\Delta i_n^{t,p}$ amoniaku można wyznaczyć przy pomocy dowolnego wykresu Kalorycznego np. (T,s) lub (i, lg p). Od wartości entalpii odczytanej z wykresu dla warunków p, t, przy których występuje amoniak w badanym urządzeniu należy odjąć entalpię gazowego amoniaku ważną dla $t_n = 18^\circ\text{C}$, $p_n = 1$ ata. W równaniu bilansowym należy wówczas podstawiać ciepło tworzenia amoniaku gazowego, bez względu na to, z jakim stanem skupienia w rzeczywistości ma się do czynienia.

Najczęściej bilans energetyczny przeprowadza się przy pomocy równania [4,a] lub [5]. Wówczas należy przestrzegać wskazówek następujących:

Przy wyznaczaniu nadwyżki entalpii $\Delta i_o^{t,p}$ dla pary wodnej mokrej lub przegrzanej najlepiej korzystać z entalpii odczytanej na wykresie *Molliera* lub zaczerpniętej z tablic parowych. Ponieważ wykresy i tablice parowe zostały sporządzone przy założeniu, że entalpia wody ciekłej równa jest zeru w temperaturze 0°C , przeto do wzoru bilansowego należy podstawiać ciepło tworzenia wody ciekłej, a nie pary wodnej, chociaż do urządzenia dopływa para.

Podobnie postępuje się z gazami wilgotnymi. Np. dla powietrza wilgotnego wartość $\Delta i_o^{t,p}$ można wyznaczać przy pomocy znanej formuły:

$$i_{1+x} = 0,24 t + X \cdot (0,46 t + 597,2) \text{ kcal}/(1+X) \text{ kg pow. wilg.} \quad [11]$$

gdzie X kg $\text{H}_2\text{O}/\text{kg}$ pow. suchego przedstawia zawartość pary wodnej w powietrzu.

Ponieważ we wzorze [11] figuruje utajone ciepło parowania, o które różnią się ciepła tworzenia pary wodnej i wody ciekłej, przeto przy uwzględnianiu pary wniesionej do układu z powietrzem, we wzorze bilansowym należy wstawiać ciepło tworzenia cieczy, a nie pary.

Jeżeli w badanym procesie występują gazy o dostatecznie wysokiej temperaturze i niezbyt wysokim ciśnieniu, można korzystać z tablic średniego ciepła właściwego $(Mc_p)_o^t$ gazów półdoskonałych. Wówczas:

$$\Delta(Mi)_o^t = (Mc_p)_o^t \cdot t \text{ kcal/kmol} \quad [12]$$

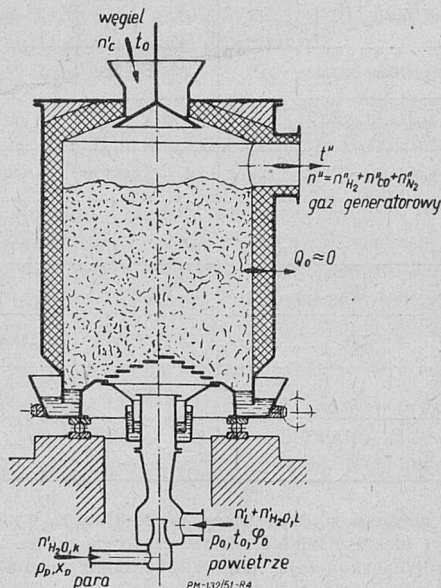
Dla pary wodnej zawartej w tych gazach należy brać ciepło tworzenia H_2O (g).

Jeżeli brak jest odpowiednich danych w literaturze, to wielkość Δi_o^t należy wyznaczyć przy pomocy pomiaru kalorymetrycznego. Metoda ta jest jedyną, jeżeli np. chodzi o wyznaczenie nadwyżki entalpii dla karbidu ciekłego. W nadwyżce tej mieści się ilość ciepła, jaka wydzieli się przy stygnięciu cieczy, krzepnięciu i ostygnięciu stałego karbidu do 0°C . Nadwyżka entalpii Δi_o^t musi również uwzględniać ewentualne ciepła przemian alotropowych.

Przykład 6.

Do generatora gazu mieszanego (rys. 4) doprowadza się parę wodną o parametrach: $p_p = 3$ ata $x_p = 0,97$. Para ekspanduje w smoczku i zasysa powietrze atmosferyczne o parametrach: $p_o = 1$ ata, $t_o = 20^\circ\text{C}$, $\varphi = 80\%$. Gaz opuszczający generator zawiera tylko H_2 , CO , N_2 i posiada temperaturę $t'' = 500^\circ\text{C}$. Dla uproszczenia zakłada się zgazowanie chemicznie czystego węgla drzewnego, którego temperatura wynosi $t_o = 20^\circ\text{C}$.

Obliczyć sprawność chemiczną oraz termiczną generatora przy założeniu, że straty ciepła na rzecz otoczenia są znikomo małe.

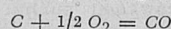


Rys. 4.

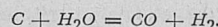
Bilans energetyczny przeprowadza się dla 1 kmol węgla:

$$n'_c = 1 \text{ kmol.}$$

Zakłada się, że x kmol węgla reaguje podług równania:



reszta zaś, tj. $(1-x)$ kmol reaguje podług równania:



Substraty reakcji:

Zapotrzebowanie tlenu:

$$n'_s = 1/2 x \text{ kmol O}_2/\text{kmol C.}$$

Zapotrzebowanie powietrza suchego:

$$n'_L = n'_s/0,21 = 2,38 x \text{ kmol/kmol C.}$$

Stosunek molowy pary wodnej w powietrzu:

$$(MX) = \frac{\varphi p_s}{p - \varphi p_s} = \frac{0,8 \cdot 0,02383}{1 - 0,8 \cdot 0,02383} = 0,01946$$

kmol $\text{H}_2\text{O}/\text{kmol}$ powietrza suchego, gdyż ciśnienie cząstkowe pary wodnej w $t = 20^\circ\text{C}$ wynosi $p_s = 0,02383$ ata.

Ilość pary wodnej doprowadzonej z powietrzem:

$$n'_{\text{H}_2\text{O},L} = 0,01946 \cdot n'_L = 0,0463 x \text{ kmol H}_2\text{O}/\text{kmol C} \quad [a]$$

Całkowite zapotrzebowanie pary:

$$n'_{\text{H}_2\text{O}} = 1 - x \text{ kmol/kmol C} \quad [b]$$

Zapotrzebowanie pary obcej (z kotła):

$$n'_{\text{H}_2\text{O},k} = n'_{\text{H}_2\text{O}} - n'_{\text{H}_2\text{O},L} = 1 - x - 0,0463 x = 1 - 1,0463 x \text{ kmol H}_2\text{O}/\text{kmol C} \quad [c]$$

Nadwyżkę entalpii powietrza wilgotnego wyznacza się przy pomocy wzoru [11] wyrażając wszystkie masy w kmol:

$$\begin{aligned} (Mi)_{1+X}^t &= (Mc_p)_{\text{pow}} \cdot t_o + (MX) [597,2 \cdot 18 + (Mc_p)_{\text{H}_2\text{O}} \cdot t_o] = \\ &= 6,96 \cdot 20 + 0,01946 [10 \cdot 752 + 7,92 \cdot 20] = 351,3 \text{ kcal}/[1 + (MX)] \text{ kmol} \\ &\text{pow. wilgotnego.} \end{aligned}$$

Nadwyżkę entalpii pary obcej wyznacza się przy pomocy tablic parowych:

$$\Delta(Mi)_o^{t,p} = M \cdot i = 18(i' + x_p \cdot r) = 18(133,4 + 0,97) \cdot 516,9 = 11430 \text{ kcal/kmol H}_2\text{O}$$

Nadwyżka entalpii węgla wynosi:

$$\Delta(Mi)_c^t = M \cdot c_c \cdot t_o = 12 \cdot 0,165 \cdot 20 \approx 40 \text{ kcal/kmol.}$$

Produkty reakcji:

$$n'' = n''_{\text{H}_2} + n''_{\text{CO}} + n''_{\text{N}_2}$$

$$n''_{\text{H}_2} = n'_{\text{H}_2\text{O}} = 1 - x \text{ kmol H}_2/\text{kmol C} \quad [d]$$

$$n''_{\text{CO}} = n'_c = 1 \text{ kmol CO}/\text{kmol C} \quad [e]$$

$$n''_{\text{N}_2} = 0,79 n'_L = 0,79 \cdot 2,38 \cdot x = 1,88 x \text{ kmol N}_2/\text{kmol C} \quad [f]$$

Składnik	n_i	$(MH_{po})_i$	$n_i(MH_{po})_i$	$(M_i)_o^t$	$N_i \Delta(M_i)_o^t$
węgiel	1	2220	2220	40	40
powietrze suche	2,38 x	0	0	351,3	852 x
wilgoć z powietrza	0,0463 x	- 68370	- 3165 x		
para obca	1 - 1,0463 x	- 68370	- 68370 + 71535 x	11430	11430 - 11960 x
			$\Sigma'_1 = - 66150 + 68370 x$		$\Sigma'_2 = 11470 - 11108 x$
H ₂	1 - x	0	0	3495	3495 - 3495 x
CO	1	- 26390	- 26390	3595	3595
N ₂	1,88 x	0	0	3562	6700 x
			$\Sigma''_1 = - 26390$		$\Sigma''_2 = 7090 + 3205 x$

Gazy zawarte w produktach procesu mają wysoką temperaturę i niskie ciśnienie, wobec czego można je traktować jak gazy pódskonałe i nadwyżkę entalpii wyznaczać przy pomocy wzoru [12].

Bilans energetyczny:

Przy zestawianiu bilansu energetycznego stosuje się wprost wartości ciepła tworzenia podane w zestawieniu [1] dla $t \neq 0^\circ\text{C}$. Błąd popełniony przez to jest niewielki, jak to wykazano w przykładzie 2.

Zgodnie ze wskazówkami punktu f), dla pary wodnej należy użyć ciepła tworzenia wody ciekłej. Równanie [5] daje:

$$\Sigma'_1 + \Sigma'_2 - \Sigma''_1 - \Sigma''_2 = 0$$

$$- 66150 + 68370x + 11470 - 11108x + 26390 - 7090 - 3205x = 0.$$

$$54057x - 35380 = 0$$

Stąd: $x = 35380/54057 = 0,654$.

Zapotrzebowanie pary obcej (równ. c) wynosi:

$$n''_{H_2O,k} = 1 - 1,0463 \cdot 0,654 = 0,416 \text{ kmol } H_2O/\text{kmol } C.$$

Składniki palne gazu generatorowego wynikają z równań [d] i [e]:

$$n''_{H_2} = 1 - 0,654 = 0,346 \text{ kmol } H_2/\text{kmol } C$$

$$n''_{CO} = 1 \quad 1 \text{ kmol } CO/\text{kmol } C.$$

Wartości opałowe poszczególnych substancji:

$$(MW_d)_{H_2} = 57781 \text{ kcal/kmol } H_2$$

$$(MW_d)_{CO} = 67640 \text{ kcal/kmol } CO$$

$$(MW_d)_C = 96250 \text{ kcal/kmol } C$$

Sprawność chemiczną generatora gazowego wyraża stosunek wartości opałowej produktów reakcji do wartości opałowej substratów:

$$\eta_{ch} = \frac{n''_{H_2} \cdot (MW_d)_{H_2} + n''_{CO} \cdot (MW_d)_{CO}}{n'_C (MW_d)_C} =$$

$$= \frac{0,346 \cdot 57781 + 1 \cdot 67640}{1 \cdot 96250} = \frac{87640}{96250} = 0,9105 = 91,05 \%$$

Ponieważ do rozważanego generatora doprowadza się parę obcą przeto sprawność termiczna jest mniejsza od sprawności chemicznej. W mianowniku bowiem poza energią chemiczną paliwa należy uwzględnić energię wniesioną ze strumieniem pary:

$$\eta_t = \frac{n''_{H_2} (MW_d)_{H_2} + n''_{CO} (MW_d)_{CO}}{n'_C (MW_d)_C + n''_{H_2O,k} \cdot (M_{H_2O})} =$$

$$= \frac{0,346 \cdot 57781 + 1 \cdot 67640}{1 \cdot 96250 + 0,416 \cdot 11430} = \frac{87640}{101010} = 0,867 = 86,7 \%$$

3. Bilansowanie w oparciu o wartość opałową

W technice cieplnej często ma się do czynienia z takimi urządzeniami (palenisko kotłowe, generator gazu powietrznego, wodnego lub mieszanego, piec koksowniczy, silnik spalinowy), w których zachodzą reakcje utleniania (zupełnego i niezupełnego) paliw.

W tych przypadkach zazwyczaj znajduje zastosowanie metoda bilansowania energetycznego oparta na wartości opałowej lub ciepła spalania.

Metoda ta polega na zastosowaniu rozszerzonego prawa Hessa, które głosi, że efekt cieplny reakcji chemicznej jest zależny jedynie od stanu początkowego substratów i stanu końcowego produktów reakcji. Prawo Hessa dotyczy tylko reakcji izobarycznych lub izochorycznych, tzn. takich reakcji, podczas których praca techniczna lub praca bezwzględna jest równa zeru. Jeżeli reakcji chemicznej towarzyszy wykonywanie pracy (np. w silnikach spalinowych), to prawo Hessa musi być rozszerzone zgodnie z I zasadą termodynamiki. Mianowicie ciepło reakcji chemicznej odpowiadające przejściu od stanu początkowego substratów do z góry obranego (ściśle określonego) stanu końcowego produktów, musi być równe sumie: ciepła Q_0 straconego na rzecz otoczenia, równoważnika cieplnego pracy wewnętrznej (indykowanej) AL_i , wreszcie ciepła, jakie wydzieliliby się, gdyby produkty rzeczywistej reakcji zostały doprowadzone do raz już ustalonego stanu końcowego.

Przy bilansowaniu urządzeń cieplnych wygodnie jest substraty i produkty doprowadzać do stanu końcowego, który określają produkty całkowitego i zupełnego utlenienia elementów chemicznych, wchodzących w skład części palnych (CO_2 , SO_2 , H_2O) w temperaturze 0°C . Redukcja substratów i produktów rzeczywistej reakcji do ustalonego w ten sposób stanu końcowego oznacza, że zarówno substraty jak i produkty reakcji muszą być ochłodzone do temperatury 0°C , po czym składniki palne zawarte w substratach i w produktach przy udziale tlenu własnego lub tlenu z zewnątrz pobranego ulegają ostatecznie zupełnemu spalaniu, wreszcie woda zostaje w całości przeprowadzona w jednolity stan skupienia (gazowy lub ciekły). Reakcja spalania dostarcza wartości opałowej W_{do} lub ciepła spalania W_{go} zależnie od tego, czy woda, w produktach ostatecznego utleniania występuje jako H_2O (g), czy też jako H_2O (l). Ewentualne doprowadzenie tlenu z zewnątrz o temperaturze 0°C nie może mieć żadnego wpływu na bilans, gdyż jego ilość jest jednakowa dla substratów i produktów reakcji rzeczywistej.

Równanie bilansu energetycznego w oparciu o tę metodę, dla urządzenia przepływowego, znajdującego się w stanie równowagi termicznej ma postać równania [4], w którym zamiast ciepła tworzenia pojawia się wartość opałowa lub ciepło spalania. Jeżeli podstawę bilansu energetycznego stanowi wartość opałowa W_{do} , co praktykuje się w krajach europejskich, to otrzymuje się zależność:

$$\sum_i G'_i W'_{doi} + \sum_i G'_i \Delta i'_{i0} \overset{''i p'i}{=} \sum_i G''_i W''_{doi} + \sum_i G''_i \Delta i''_{i0} \overset{''i p''i}{=} + AL_i + Q_o \text{ kcal} \quad [13]$$

W Ameryce pozycje bilansu odnosi się do ciepła spalania i wówczas w równaniu [13] W_{do} należy zastąpić przez W_{go} .

Drugie wyrazy po obu stronach znaku równości równania [13] przedstawiają zmianę entalpii przy przejściu od stanu określonego parametrami t_i, p do stanu określonego parametrami $t_n=0^{\circ}\text{C}, p_n=1 \text{ ata}$; pierwsze zaś wyrazy dają ciepło reakcji zupełnego spalania substratów i produktów rzeczywistej reakcji w temperaturze 0°C oraz następującego po nim izotermicznego przeprowadzenia wody w jednolity stan skupienia.

W przypadku gdy znane są wartości opałowe W_d w temperaturze t_o powietrza otaczającego a nie w 0°C , należy przeprowadzić redukcję tych wartości do 0°C przy pomocy równania [8]. Zazwyczaj różnica ($W_d - W_{do}$) jest mała i mieści się w granicach błędów pomiaru. Jeżeli temperatura substratów dopływających do urządzenia energetycznego równa jest temperaturze, przy której wyznaczono wartości opałowe, równanie [13] upraszcza się.

$$\sum_i G'_i W_{di} = \sum_i G''_i W''_{di} + \sum_i G''_i \Delta i''_{i0} \overset{''i i}{=} + Q_o + AL_i \text{ kcal} \quad [13a]$$

Szczególną uwagę należy poświęcić wyznaczeniu ciepła spalania i wartości opałowej wody, która może dopływać do przestrzeni reakcyjnej w postaci wilgoci paliwa, powietrza lub też jest doprowadzana celowo w postaci pary (np. generator gazu wodnego lub mieszanego), wreszcie zawarta jest w produktach spalania opuszczających przestrzeń reakcyjną. Zależnie od tego w jakim stanie skupienia występuje woda, należy w równaniu bilansowym (13) wstawić następujące wartości W_{do} , lub W_{go} .

Stan skupienia	$\text{H}_2\text{O(g)}$	$\text{H}_2\text{O(l)}$
$W_{do} \text{ kcal/kg}$	0	— 600
$W_{go} \text{ kcal/kg}$	+ 600	0

Wartość opałowa ciekłej wody wynosi (— 600) kcal/kg dlatego, że doprowadzenie jej do stanu pary wymaga dostarczenia około 600 kcal/kg; znak minus oznacza, że ma się do czynienia z procesem endotermicznym.

W przypadku posługiwania się wartościami opałowymi ważnymi dla temperatury t , różnej od 0°C [równanie 13,a], zamiast liczby 600 należy w powyższej

tabliczce wstawić utajone ciepło parowania wody w temperaturze $t_o^{\circ}\text{C}$.

Wartość nadwyżki entalpii $\Delta i_o^{t,p}$ wody, występująca w równaniu [13] zaleca się obliczać dla tego stanu skupienia, w jakim znajduje się ona przed redukcją do stanu odniesienia. Dla wody ciekłej wielkość $\Delta i_o^{t,p}$ liczbowo równa jest jej temperaturze w 0°C :

$$\Delta i_o^{t,p} = t \text{ kcal/kg} \quad [14]$$

Dla pary nasyconej suchej lub przegrzanej $\Delta i_o^{t,p}$ przedstawia ciepło oddane na zewnątrz przy obniżce temperatury do 0°C bez wywołania kondensacji; wobec tego od entalpii i odczytanej na wykresie *Molliera* lub w tablicach parowych należy odjąć 600 kcal/kg:

$$\Delta i_o^{t,p} = i - 600 \text{ kcal/kg} \quad [15]$$

(Wielkość ($W_{do} + \Delta i_o^{t,p}$) dla pary wodnej wypadłaby ta sama, gdyby parę wodną ochłodziło się do 0°C i skropliło, po czym uwzględniło się W_{do} wody ciekłej).

Jeżeli ma się do czynienia z parą mokrą, należy $\Delta i_o^{t,p}$ obliczać oddzielnie dla pary nasyconej suchej i ciekłej.

Dla powietrza wilgotnego wartość $\Delta i_o^{t,p}$ można wyznaczyć przy pomocy wzoru:

$$\Delta i_o^{t,p} = 0,24 t + X \cdot 0,44 \cdot t \text{ kcal/} (1+X) \text{ kg pow. wilg.} \quad [16]$$

tzn. bez uwzględnienia utajonego ciepła skroplenia.

Opisana metoda posiada szereg zalet:

a) Odpada konieczność obliczania ciepła tworzenia paliw na podstawie wartości opałowej wyznaczonej drogą pomiaru.

b) Łatwe jest sporządzenie wykresu *Sankceya* obrazującego bilans energetyczny urządzenia. Ponieważ w bilansach zarówno silników, kotłów jak też czadnic wartość opałowa paliwa jest uważana za pozycję przychodową, przeto składniki prawej strony równania [13] przedstawiają poszczególne pozycje rozchodowe. Np. w odniesieniu do silnika spalinowego pierwszy wyraz za znakiem równości równania [13,a] daje utajoną stratę wylotową (wywołaną niezupełnym lub niecałkowitym spalaniem), następny wyraz przedstawia stratę wylotową wyraźną (spowodowaną unoszeniem ciepła przez gorące spaliny), Q_o wyraża ciepło stracone na rzecz otoczenia (głównie uniesione przez wodę chłodzącą oraz bezpośrednio oddane do powietrza atmosferycznego), wreszcie AL_i przedstawia pracę indukowaną (wewnętrzną) silnika.

c) Liczby otrzymane w bilansie mogą być użyte wprost do obliczenia sprawności termicznej badanego urządzenia (kotła, silnika) lub sprawności chemicznej (czadnica, piec koksowniczy).

SPROSTOWANIE

Uwaga Do pierwszej części niniejszego artykułu, zamieszczonej w zeszytcie 1/52 zakradły się następujące błędy:

str.	szpalta	wiersz	zamiast	ma być
21	prawa	23 od dołu	je	ją
21	prawa	15 od dołu	spalanie	spalenie
22	prawa	41 od dołu	1,0	+ 1,0
23	lewa	35 od góry	—22,6	—22,06
24	prawa	20 od góry	niewyraźnego odbicia	(MH_p) _o
24	prawa	29 od góry	I_{elem}	I_{elem}

Współczesne tendencje w budownictwie kotłowym w NRD¹⁾

Mgr inż. ARKADIUSZ ZMYŚŁOWSKI

Program budowy kotłów w planie 5-letnim w NRD. — Normalizacja. — Tendencje konstrukcyjne. Mniejsze średnice rur ekranowych. — Przegrzewacze grodziowe. — „Trzecie” powietrze. — Ciągła supracja cyrkulacji naturalnej. — Paleniska na półkoks. — Spalanie pod ciśnieniem.

Odbudowa i rozbudowa energetyki w planie 5-letnim NRD wyraża się zapotrzebowaniem na kotły parowe o łącznej wydajności, wynoszącej około 10 000 ton pary na godzinę, co razem z urządzeniami pomocniczymi, jak urządzenia nawęglania i odpopielania, rurociągi, armatura, pompy, odpylacze spalin, silniki napędowe itd. stawia przed przemysłem ciężkim Niemiec Demokratycznych olbrzymie zadanie.

Dla realizacji tego zadania prace konstruktorów i producentów kotłów parowych idą w kierunku normalizowania ciśnień, temperatur i wydajności pary oraz tworzenia typowych jednostek kotłowych w oparciu o długoletnie prace w tej dziedzinie z okresu międzywojennego i wojennego. Za normalne przyjmuje się ciśnienia 40, 80 i 125 atn, temperatury pary przegrzanej 450 i 500°C oraz wydajności 20, 32, 40, 50, 80, 125, 160 oraz dla wyjątkowych przypadków 200 t/h. W nowobudowanych się siłowniach będą stawiane kotły na 80 lub 125 atn, dające parę o temperaturze 500°C. Kotły na 125 atn, będą wykonywane z przegrzewaczem międzystopniowym (wtórnym). Kotły o małych i średnich wydajnościach będą budowane na ciśnienie 40 i 80 atn. Ze względu na pewność ruchu i mniejsze wymagania dla wody zasilającej dominuje naturalny obieg wodny, jakkolwiek kotły z obiegiem przymuszonym ze względu na swą bezwzględność budowę i większą swobodę w kształtowaniu powierzchni ogrzewalnych nie tracą nic na swym znaczeniu. Przed nowymi jednostkami kotłowymi stawia się duże wymagania odnośnie zwiększenia czasu nieprzerwanego ruchu kotła między jednym i drugim wygaszeniem awaryjnym.

W konstrukcji kotłów z naturalnym obiegiem wodnym przeważają tendencje stosowania tylko jednego walczaka górnego, chociaż niejednokrotnie buduje się kotły z zastosowaniem dodatkowego walczaka o mniejszej średnicy tzw. *oddzielacza pary*, szczególnie tam, gdzie istnieją trudności z uzyskaniem dobrze przygotowanej wody zasilającej oraz gdzie występują duże wahania obciążenia. Średnice rur parujących, z których budowane są ekrany, ze względu na oszczędność materiału i większą elastyczność obiegu wodnego, szczególnie w paleniskach pyłowych o dużym obciążeniu cieplnym, zaleca się zamiast 83 i 70 mm przyjmować równe 57 i 51 mm. Wśród przegrzewaczy ze względu na łatwość czyszczenia i większą prostotę konstrukcji podwieszeń, które z zasady buduje się jako chłodzone, przyjęto za najbardziej przydatny przegrzewacz pionowy. Trudność nawadniania tych przegrzewaczy przy rozruchu nie umniejsza ich wartości, ponieważ w większych kotłach nieomal z reguły stosuje się dzisiaj obiegowe pompy rozruchowe. W kotłach z wysoką temperaturą pary przegrzanej i na węgiel o niskiej temperaturze topliwości popiołu stosuje się przegrzewacze grodziowe o podziałce między grodziami 600 do 1500 mm.

Rozwój palenisk idzie w kierunku wypracowania konstrukcji przydatnych do spalania paliw najgorszych gatunków a przede wszystkim węgla brunatnego. Dla kotłów o wydajności powyżej 50 i 60 t/h buduje się przede wszystkim paleniska pyłowe, chociaż w wielu wypadkach stosuje się je również przy kotłach o mniejszych wydajnościach dochodzących do 20 t/h. Wśród urządzeń przygotowania pyłu z węgla brunatnego przeważają młyny konstruk-

cji szybkiej. Dobór wielkości tych młynów zaleca się taki, aby w przypadku unieruchomienia jednego z zainstalowanych młynów pozostałe mogły pokryć swą wydajnością zapotrzebowanie paleniska na pył przy pełnym obciążeniu. Tak dobrane wielkości młynów ułatwiają ponadto pokonywanie krótkotrwałych, szczytowych obciążeń kotła. Na podstawie najnowszych badań *Lenkewitza* odnośnie położenia młynów szybowych względem kotła, jako najbardziej prawidłowy wydaje się być układ narożny.

Dla lepszego wymieszania powietrza i gazów stosuje się wdmuchiwanie powietrza „trzeciego” przez dysze położone we wszystkich czterech ścianach komory o wylotach skierowanych skośnie ku dołowi paleniska. Budowa palenisk cyklonowych oraz na płynną szlakę, na skutek istnienia dużych wahań we własnościach paliw, jakimi dysponuje przemysł NRD, a szczególnie dużych rozpiętości temperatur topliwości popiołu tych paliw, w obecnych warunkach konieczności budowy pewnych w pracy jednostek kotłowych w stosunku do palenisk granulacyjnych, zeszła na plan dalszy. Do spalania półkoks pozostałego z produkcji gazu, który na skutek braku części lotnych staje się trudno zapalny, zaleca się stosowanie palenisk z rusztami o ruchu ku przodowi paleniska i narzucaniem paliwa na taśmę poprzez przestrzeń spalania.

Wskazuje się poza tym na konieczność rozpracowania nowych konstrukcji odpylaczy mechanicznych oraz ograniczania się w stosowaniu filtrów elektrostatycznych ze względu na większe koszty inwestycyjne i eksploatacyjne tych urządzeń.

Do odpopielania kotłów zaleca się stosowanie urządzeń hydraulicznych i pneumatycznych. Tych drugich, szczególnie tam, gdzie ma się do czynienia z popiołem o własnościach cementujących.

Do oddzielania popiołu od wody zastosowano z dużym powodzeniem próbne urządzenia cyklonowe o konstrukcji podobnej, jak przy stosowanych do odpylania spalin. Wentylatory wyciągowe dla kotłów o dużych wydajnościach stosuje się przeważnie o konstrukcji osiowej. Tendencje stosowania tych wentylatorów uzasadnia się ich wyższą sprawnością, która łącznie z regulacją przy pomocy przestawnych łopatek kierunkowych powoduje, że zużycie energii napędowej dla tych wentylatorów w stosunku do wentylatorów promieniowych jest mniejsze. Wypowiedzi profesora Wyższej Szkoły Technicznej w Dreźnie *Dr Inż. Boie* wskazują na korzyści, jakie może dawać przejście na paleniska pracujące pod ciśnieniem. Najważniejsze spośród nich dają się ująć następująco:

1) praca paleniska przy najniższych nadmiarach powietrza, co daje najwyższe teoretyczne temperatury spalania;

2) tworzenie się mniejszej ilości spalin, dzięki wyeliminowaniu zasysania przez kocioł zimnego powietrza przez nieszczelności obmurza;

3) zmniejszenie zużycia mocy elektrycznej na potrzeby własne kotła dzięki temu, że zużycie mocy do napędu wentylatorów podmuchu, które w tym wypadku przetłaczają spaliny przez cały kocioł, jest mniejsze, niż gdy czynność tę wykonują wentylatory ciągu.

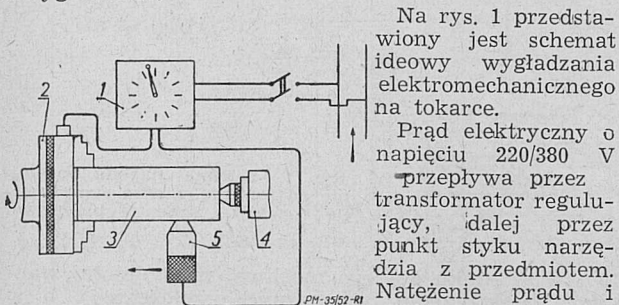
Przy wszystkich nowych projektach dużych kotłów usiłowania idą w kierunku tworzenia takich konstrukcji, które pozwolą na wykonywanie znacznej ilości robót montażowych w zakładzie produkcyjnym. Ponadto wielki nacisk kładzie się na zmniejszenie czasu montażu na miejscu ustawienia kotła. Szczególną uwagę przywiązuje się przy projektowaniu do oszczędności metalu. Na 1 kg pary na godzinę przewiduje się ok. 7 kg stali.

¹⁾ Artykuł opracowano na podstawie specjalnego numeru czasopisma „Die Technik” — Konstruktive Probleme des Schweremaschinenbaues, styczeń 1951 r. Dr. Ing. Stimmel — Einige Probleme beim Bau und in der Weiterentwicklung von Dampferzeugern. Prof. Dr. Ing. W. Boie, Dir. Tichy Dir. Kollariß — Konstruktive Probleme und neue Wege im Dampfkesselbau.

Przegląd prasy technicznej

ELEKTROMECHANICZNE WYGŁADZANIE POWIERZCHNI

Istota tego sposobu polega na tym, że podczas obróbki części maszyn, przez punkt styku narzędzia z przedmiotem obrabianym przepływa prąd o dużym natężeniu i niskim napięciu. Nierówności powierzchni obrabianej zostają nagrzane do wysokiej temperatury, a nacisk narzędzia powoduje ich zniekształcenie i wygładzenie.



Rys. 1. Schemat ideowy wygładzenia elektromechanicznego: 1 — transformator, 2 — uchwyt, 3 — przedmiot, 4 — konik, 5 — narzędzie.

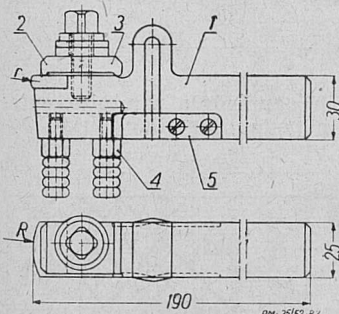
Na rys. 1 przedstawiony jest schemat ideowy wygładzania elektromechanicznego na tokarce.

Prąd elektryczny o napięciu 220/380 V przepływa przez transformator regulujący, dalej przez punkt styku narzędzia z przedmiotem. Natężenie prądu i napięcie wtórne reguluje się w zależności od wielkości powierzchni styku oraz pierwotnej gładkości powierzchni.

Metoda ta wymaga racjonalnej konstrukcji narzędzia, dobrania odpowiedniego gatunku węglików spiekanych, jak również doboru racjonalnych warunków obróbki.

Konstrukcję narzędzia do wygładzania stanowiącego oprawkę sprężynową do mechanicznego uchwycenia płytki z węglików spiekanych przedstawia rys. 2.

Aby uniknąć rozgrzewania się oprawki podczas wygładzania, co może spowodować odpuszczenie sprężyny, przewidziane jest obiegowe chłodzenie oprawki płynem chłodzącym. Płaskie sprężyny boczne zabezpieczają narzędzie od drgań i przesunięć poprzecznych podczas obróbki. Nacisk podczas wygładzania reguluje się przez dosuw suportu poprzecznego według skali na bębnie mierniczym.



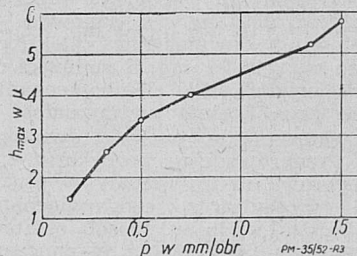
Rys. 2. Oprawka sprężynowa: 1 — trzon, 2 — płytka z węglików spiekanych, 3 — nakładka, 4 — doprowadzenie cieczy chłodzącej, 5 — sprężyna.

(starcia) powierzchni stykowej narzędzia, przy czym zużycie powierzchni roboczej narzędzia powinno być na tyle nieznaczne, aby można ją było regenerować drogą doszlifowania.

Badanie trwałości narzędzia przeprowadzono w czasie obróbki przedmiotu ze stali 45 o średnicy $80 \div 90$ mm i długości 500 mm przy użyciu płytek z węglików spiekanych T60K6, T30K4 i T15K6T o promieniach zaokrąglenia $R = 60$ mm i $r = 25$ mm. Warunki pracy: $v = 100$ m/min; $s = 0,5$ mm/obr; nacisk narzędzia 90 kG; natężenie prądu w obwodzie wtórnym $I = 390$ A. Po przejściu przez narzędzie drogi długości $2500 \div 3000$ mm starcie płytki z węglików spiekanych było nieznaczne i do regeneracji wystarczyło szlifowanie.¹⁾

¹⁾ Przy obróbce małoplastycznych materiałów można stosować narzędzia rolkowe z trzymakiem sprężynowym.

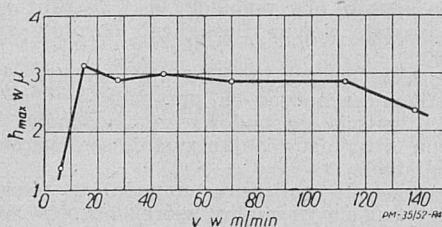
Zwiększenie posuwu (w pewnych granicach) nie wykazuje istotnego wpływu na zmniejszenie trwałości narzędzia. Dlatego przy obróbce dużych powierzchni należy dążyć do zwiększenia posuwu, zmieniając odpowiednio geometrię płytki.



Rys. 3. Zależność chropowatości powierzchni od posuwu; stal 45; $v = 117$ m/min; $R = 60$ mm; $s = 15$ mm; $P = 90$ kG.

Na rys. 3 podany jest wpływ posuwu na gładkość powierzchni. Z wykresu widać, że przy podanych wyżej warunkach, zwiększenie posuwu nie wykazuje takiego wpływu na gładkość powierzchni jak przy toczeniu. Tłumaczy się to możliwością stosowania dużych promieni zaokrąglenia.

Na rys. 4 przedstawiony jest wpływ szybkości na gładkość powierzchni. Zaznaczające się zmniejszenie wysokości występow przy małych szybkościach tłumaczy się znacznym wpływem czynników cieplnych.



Rys. 4. Wpływ szybkości na chropowatość powierzchni stal 45; $s = 0,5$ mm/obr; $R = 60$ mm; $s = 15$ mm; początkowe $h_{max} = 20,4$; $P = 90$ kG.

Profilogramy porównawcze powierzchni przed i po wygładzeniu, przy $v = 112$ m/min; $p = 0,5$ mm/obr; $P = 120$ kG; $R = 60$ mm, wykazały, że wstępnie obrabiona powierzchnia ($h_{max} = 26 \div 30 \mu$), po wygładzeniu elektromechanicznym posiadała $h_{max} = 2 \mu$. Jednakże poziom powierzchni wygładzonej znajdował się nieco wyżej od linii środkowej profilu początkowego otrzymanego po obróbce skrawaniem. Fakt ten wskazuje na to, że podczas wygładzania elektromechanicznego zachodzi wypełnianie zagłębień metalem pochodzącym z występow. Sumaryczna płaszczyzna zagłębień profilu jest oczywiście mniejsza od sumarycznej płaszczyzny występow.

Przeprowadzone próby wykazały, że sposób elektromechanicznego wygładzania zwiększa możliwości technologiczne obróbki wykańczającej przedmiotów. Drogą regulowania nacisku i powtórnym przejściem można osiągnąć podwyższenie dokładności obróbki, przy czym zwiększenie ilości przejść do trzech polepsza nieco gładkość powierzchni, zaś dalsze zwiększanie ilości przejść doprowadza do znacznego pogorszenia gładkości.

Powierzchniowa twardość przedmiotów ze stali 45, na skutek wygładzania elektromechanicznego, podnosi się w zależności od warunków obróbki o $20 \div 30\%$.

W laboratorium badań tarcia i smarowania w Leningradzkim Instytucie Politechnicznym pod przewodnictwem Dr nauk techn. prof. A. K. Zajcewa przeprowadzone zostały badania porównawcze wytrzymałości na zużycie powierzchni wygładzonej elektromechanicznie (po dwu przejściach) oraz powierzchni otrzymanej przy obróbce skrawaniem następnie szlifowanej i polerowanej irchą.

Do celów badawczych wykonane zostały z tego samego kawałka stali 32 XHM dwie tulejki o średnicy

33 mm i długości 39 mm. Powierzchnia tulejki otrzymana drogą toczenia i szlifowania doprowadzona została do gładkości klasy $\nabla\nabla\nabla 8$, co odpowiadało gładkości powierzchni drugiej tulejki obrobionej drogą wygładzania elektromechanicznego.

Po dotarciu, tulejki zostały kolejno poddane próbie ścierania z panewką (wykonaną z babbitu B—83) przy 3500 obr/min i nacisku jednostkowym 20 kG/cm² przy smarowaniu olejem wrzecionowym. Po 24 godzinach pracy, tulejka obrobiona przez skrawanie wykazała zużycie 26,9 mg, a panewka — 12,1 mg; tulejka natomiast wygładzona elektromechanicznie wykazała zużycie 7,1 mg, a panewka o 5,7 mg. W ten sposób wygładzanie elektromechaniczne podniosło prawie czterokrotnie wytrzymałość tulejki na zużycie, a wytrzymałość panewki dwukrotnie.

Przeprowadzone próby oraz wyniki otrzymane przy zastosowaniu tej metody w praktyce pozwalają uważać wygładzanie elektromechaniczne za postępowy i bardzo wydajny sposób ostatecznej obróbki, umożliwiający rozszerzenie w znacznym stopniu istniejących możliwości technologicznych tokarek i innych obrabiarek do skrawania metali.

W. C.

(Wiernik Maszynostrojenia nr 10/1951, str. 68)

OBLICZANIE NAPĘDU PODWÓJNIE ZWIĄZANEGO Z WARUNKIEM ZACHOWANIA NAJMNIEJSZYCH JEGO WYMIARÓW

Napęd podwójnie związany pozwala, w porównaniu z napędami normalnymi, zaoszczędzić jedną parę kół zębatach. Często może być przy tym pożądaną, aby otrzymane liczby obrotów n_1, n_2, n_3 i n_4 wypadały w ten sposób, aby pomiędzy n_1 i n_2 oraz n_2 i n_3 pominięta została pewna ilość liczb obrotów szeregu normalnego.

Podane niżej wzory umożliwiają szybkie obliczenie wszystkich zachodzących przypadków oraz służą jako punkt wyjścia do budowy nomogramów, z których można otrzymać najkorzystniejsze przełożenia par kół zębatach.

Przystępując do obliczenia napędu, w pierwszym rzędzie wybiera się normalny szereg obrotów w którym znajdują się obroty wyjściowe (silnika). W dalszym ciągu należy ustalić obroty n_1, n_2 i n_3 , przy czym między n_1 i n_2 oraz n_2 i n_3 można opuścić kilka liczb obrotów szeregu normalnego. Ilość liczb obrotów szeregu normalnego pomiędzy obrotami n_3 i n_4 jest ta sama co pomiędzy n_2 i n_1 . Wymiary napędu są zależne od ustalonych obrotów, ilości zębów najmniejszego koła zębatego, modułu kół zębatach oraz przełożenia całkowitego $i = n_0/n_1$.

Jeżeli $(x - 1)$ oznacza ilość liczb obrotów opuszczoną w szeregu normalnym pomiędzy n_1 i n_2 , oraz $(y - 1)$ oznacza odpowiednią ilość liczb obrotów pomiędzy n_2 i n_3 , wówczas z siatki obrotów napędu (rys. 1) otrzymamy:

$$\varphi = \varphi_n^x; \quad \varphi^k = \varphi_n^{x+y}; \quad n_2/n_1 = \varphi_n^x; \quad n_3/n_2 = \varphi_n^y$$

gdzie: φ — iloraz szeregu pomiędzy n_1 i n_2 , φ^k — iloraz szeregu pomiędzy n_1 i n_3 , φ_n — iloraz obranego szeregu normalnego. Stąd można obliczyć wykładnik k , ponieważ:

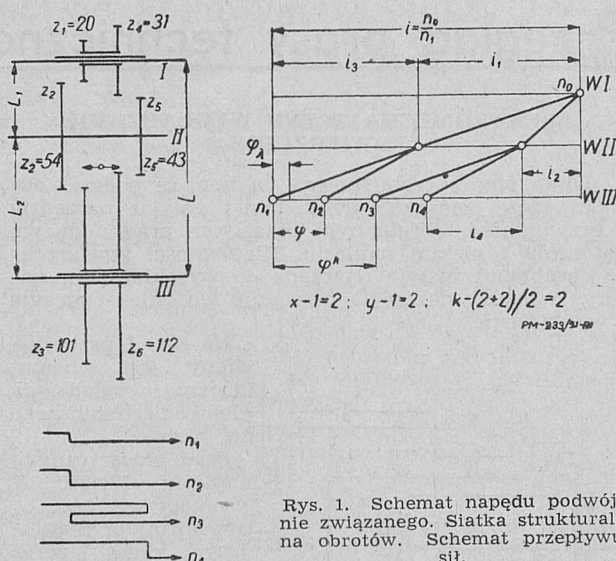
$$x \cdot \lg \varphi_n = \frac{(x+y) \lg \varphi_n}{k}$$

$$\text{czyli} \quad k = \frac{x+y}{x} \quad [1]$$

Jeżeli $(x - 1) = (y - 1)$, wówczas $k = 2$, tzn. obroty n_1, n_2, n_3, n_4 ułożone są według jednego z szeregów normalnych.

Obroty napędu ustala się więc na podstawie φ i k . Dla obranego przełożenia $i = n_0/n_1$ oraz przy stałych wartościach k, φ i modułu m , można otrzymać najmniejszą odległość L osi napędu (rys. 1). Nomogramy na rys. 2 do 5 wyznaczają te wartości i , przy pomocy linii A—A.

Zmniejszenie i , w stosunku do wartości wyznaczonych linią A—A, o ok. 20%, bądź zwiększenie o ok. 40%, powoduje zwiększenie wymiaru L tylko o ok.



Rys. 1. Schemat napędu podwójnie związanego. Siatka strukturalna obrotów. Schemat przepływu sił.

10% w stosunku do jego możliwej najmniejszej wartości. Przekroczenie tych granic przełożenia i , a w szczególności w kierunku zmniejszenia wartości i , powoduje poważne zwiększenie wymiaru L .

Zależności na podstawie których zostały zbudowane nomogramy podane na rys. 2 ÷ 5, otrzymujemy ze wzorów wynikających ze schematu napędu oraz siatki obrotów:

$$z_1 + z_2 = z_4 + z_5; \quad z_2 + z_3 = z_5 + z_6; \quad i = i_1 \cdot i_4 \cdot \varphi$$

Stąd otrzymamy:

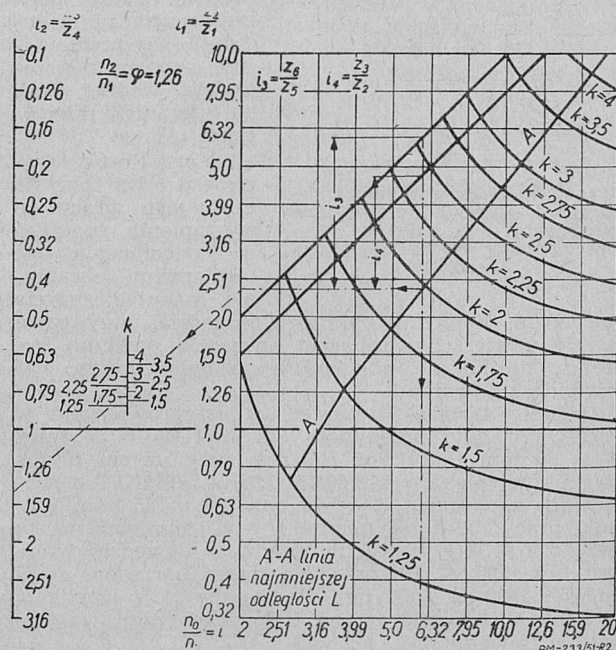
$$i_1 = \frac{i(\varphi^k - \varphi)}{i(\varphi - 1) - \varphi(\varphi^k - 1)} \quad [2]$$

Z równania [2], zakładając $k = \text{const.}$, otrzymujemy kolejne krzywe, dla obranych wartości k , przedstawione na rys. 2 ÷ 5.

Dla odległości pomiędzy osiami L można napisać:

$$L = m \left(z_2 + \frac{z_1}{2} + \frac{z_3}{2} \right).$$

Po podstawieniu podanych poprzednio zależności wynikających ze schematu napędu oraz przyjmując po-



Rys. 2. Nomogram do obliczania przełożeń w napędzie podwójnie związanym, przy $n_2 = 1,26 n_1$, $n_3 = 1,26^k n_1$.

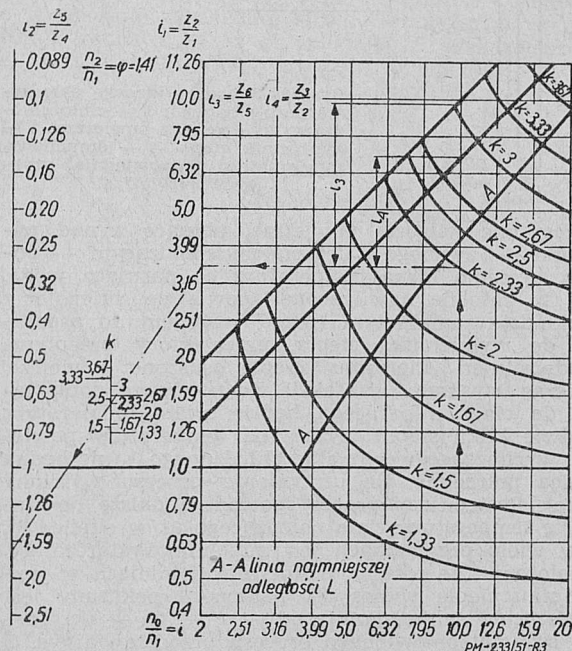
zostałe wielkości jako znane, otrzymamy L w funkcji i :

$$L = m \cdot z_1 \left[\frac{1}{2} + \frac{i(\varphi^k - \varphi)}{i(\varphi - 1) - \varphi(\varphi^k - 1)} + \frac{i}{2\varphi} \right] \quad [3]$$

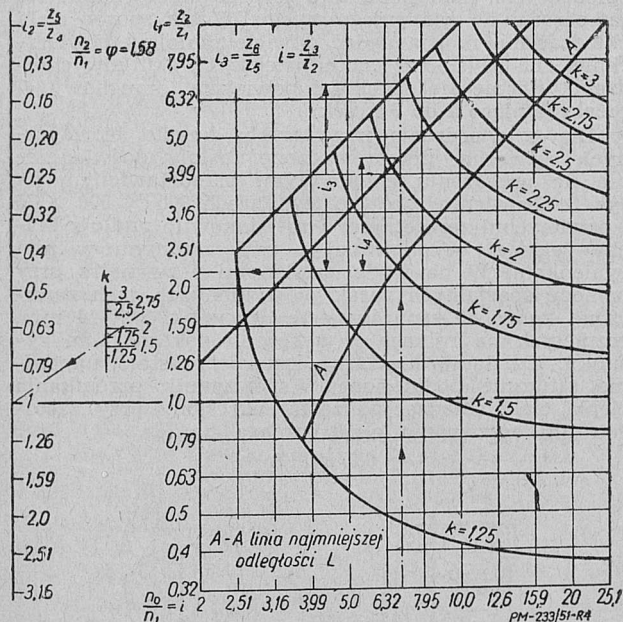
Najmniejsze L będzie wówczas gdy

$$i = \frac{\varphi(\varphi^k - 1)}{\varphi - 1} \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{2(\varphi^k - \varphi)}{(\varphi^k - 1)}} \right] \quad [4]$$

Na podstawie zależności [4] wykreślone są linie A—A na nomogramach.



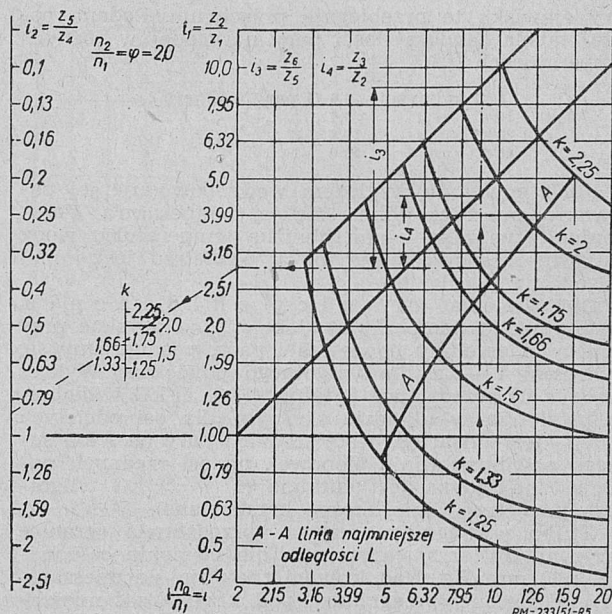
Rys. 3. Nomogram do obliczania przełożeń, przy $n_2 = 1,41 n_1$, $n_3 = 1,41^k n_1$.



Rys. 4. Nomogram do obliczania przełożeń, przy $n_2 = 1,58 n_1$, $n_3 = 1,58^k n_1$.

Przykład.

Obroty otrzymywane z napędu podwójnie związanego powinny leżeć w szeregu $\varphi_n = 1,12$. Pomiedzy obrotami pierwszymi i drugimi należy opuścić trzy liczby obrotów normalnych, a między drugimi i trzecimi dwie. Przełożenie całkowite $i = n_0/n_1 = 7$ oraz $z_1 = 20$.



Rys. 5. Nomogram do obliczania przełożeń, przy $n_2 = 2 n_1$, $n_3 = 2^k n_1$.

Wg wzoru [1] $k = 1,75$, gdyż $x = 4$ i $y = 3$; $\varphi = 1,12^4 = 1,58$.

Dla dalszego obliczania należy skorzystać z nomogramu rys. 4, z którego widać, że dla $i = 7$ wymiary napędu leżą w pobliżu najmniejszych i że otrzymujemy następujące przełożenia:

$$i_1 = z_2/z_1 = 2,18; i_2 = z_5/z_4 = 1; i_3 = z_6/z_5 = 3,16; i_4 = z_3/z_2 = 2.$$

Wówczas ilości zębów wynoszą: $z_2 = 44$, $z_3 = 88$, $z_4 = 32$, $z_5 = 32$, i $z_6 = 100$, ponieważ $z_1 + z_2 = z_4 + z_5 = 64$.

W. K.

(Die Technik nr 11/51, str. 497).

CHŁODZENIE PARO-WODNE

Intensywne chłodzenie paro-wodne wymaga możliwie dużej powierzchni wody parującej i możliwie niskiej zawartości wilgoci w powietrzu (którą może zastąpić energiczny ruch powietrza). Te dwa czynniki określają jednoznacznie skutek chłodzenia (urządzenia chłodniczego) w jednostce czasu.

Aby wykazać praktycznie możliwości stosowania chłodzenia parowodnego, omówimy pokrótce zasadnicze pojęcie ciśnienia udziałowego.

Wprowadzona do próżni o objętości 1 m^3 woda ulega parowaniu; z chwilą gdy pary jej uzyskają tzw. ciśnienie nasycenia, które np. przy 20° wynosi $17,5 \text{ mm}$ słupa rtęci, parowanie ustaje.

Wprowadzając w tej samej temperaturze do wymienionej objętości (1 m^3) powietrze suche, aż do uzyskania ciśnienia 760 mm sł. Hg, stwierdzimy, że część tego ciśnienia spowodowana jest obecnością pary wodnej ($17,5 \text{ mm}$), pozostała zaś część ($742,5 \text{ mm}$) obecnością powietrza: ciśnienia te nazywamy ciśnieniami udziałowymi¹⁾.

W naszym przykładzie para wodna nasycona pozostaje pod ciśnieniem $17,5 \text{ mm}$ Hg, niezależnie od tego czy występuje ona sama czy też w mieszaninie z powietrzem.

W miarę podnoszenia się temperatury wzrasta ilość pary w powietrzu oraz jej ciśnienie udziałowe (np. przy 40° C $p = 51 \text{ mm}$ Hg); z obniżaniem się tempera-

¹⁾ Wyraża to prawo Daltona głoszące, że gazy będące składnikami pewnej mieszaniny zachowują się tak, jak gdyby każdy gaz zajmował całą objętość mieszaniny, a ciśnienie mieszaniny równa się sumie ciśnień udziałowych wszystkich składników.

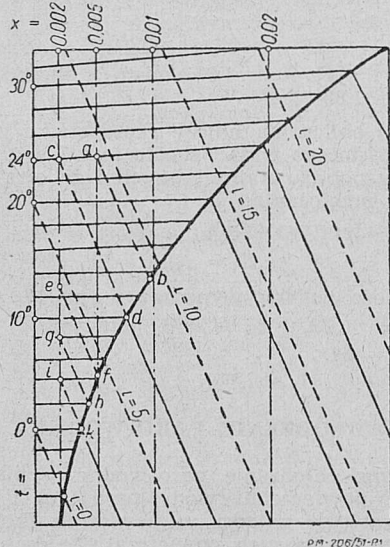
tury zjawiska te przebiegają przeciwnie. Podana poniżej tabela zawiera ilości pary nasyconej w różnych temperaturach:

50°C	najwyżej	6,8 G	pary wodnej
100°C	"	9,4	"
200°C	"	17,2	"
400°C	"	51,0	"

Ruch powietrza względem wody powoduje jej parowanie, przez co obniża się jej temperatura. Parowanie (i związana z nim obniżka temperatury) wody jest tym intensywniejsze im w powietrzu jest mniej wilgoci.

Dla ustalenia granicy chłodzenia, tzn. najniższej temperatury, jaką można uzyskać przy pomocy mieszaniny powietrza i pary, posługujemy się wykresem $i-x$ dla wilgotnego powietrza. Wykres ten (rys. 1) przedstawia entalpię $(1+x)$ kG wilgotnego powietrza w układzie skośnym. Na osi odciętych podana jest zawartość wody x w kG pary na 1 kG suchego powietrza (linie pionowe), na osi rzędnych natomiast odkładana jest entalpia $(1+x)$ kG wilgotnego powietrza (linie skośne kreskowane).

Grubo wyciągnięta krzywa przedstawia granicę nasycenia lub krzywą rosenia dla ciśnienia całkowitego 760 mm Hg. Nad krzywą znajdują się mieszaniny nienasycone (przegrzane), pod krzywą zaś mieszaniny nasycone. Pod krzywą znajduje się przeto obszar



Rys. 1. Wykres Moliera $i-x$ dla wilgotnego powietrza.

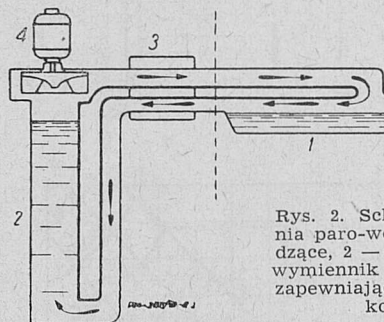
w którym woda znajduje się nie tylko w postaci pary lecz również w postaci cieczy (mgła lub śnieg).

Izotermy (linie ciągłe na wykresie) wznoszą się nieco ku górze w obszarze mieszanin nienasyconych i uległszy załamaniu przebiegają równoległe do prostych stałej entalpii pod krzywą rosenia.

Dla ustalenia granicy chłodzenia dla danego powietrza, np. $x = 0,005$ kG i $t = 24^\circ\text{C}$ przeprowadzamy przez punkt a wykresu, odpowiadający stanowi powietrza, linię równoległą do najbliższej izotermy położonej w obszarze nasycenia (pod krzywą). Z przecięcia tej linii z krzywą rosenia otrzymamy punkt b który pozwoli odczytać temperaturę nasycenia, w naszym przykładzie $\sim 13^\circ$; to jest właśnie temperatura, którą można by uzyskać drogą odparowywania wody przy pomocy powietrza o temp. 24° . Ponieważ wykazana w przykładzie wilgotność względna powietrza wynosi około 25%, co w naszych warunkach należy do rzadkości, widać, że nawet bez stosowania osuszaczy powietrza i innych środków, uzyskuje się wcale wysoką różnicę temperatur (11°), przez zastosowanie osuszania powietrza za pomocą chlorku litu (do $\sim 0,002$ kG/m³) uzyskać możemy granicę chłodzenia $+10^\circ$ (porównaj $c-d$).

Otrzymywane temperatury są jednak jeszcze za wysokie i uniemożliwiają stosowanie tego rodzaju chło-

dzenia do konserwacji środków żywnościowych. Dalejsze osuszanie powietrza związane jest ze stosowaniem tak wielkich osuszaczy, że wymagana ich okresowa regeneracja nie pokryłaby korzyści osiągniętych z dalszego obniżenia granicy chłodzenia. Dlatego też stosuje się inne sposoby obniżenia granicy chłodzenia.



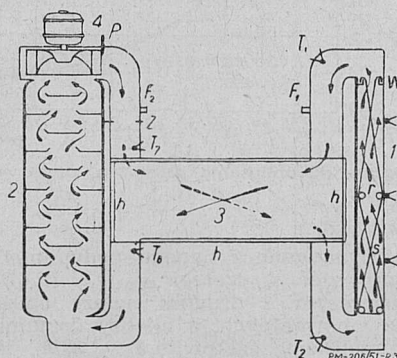
Rys. 2. Schemat ideowy chłodzenia paro-wodnego: 1 — ciało chłodzące, 2 — osuszacz powietrza, 3 — wymiennik ciepła, 4 — dmuchawa zapewniająca odpowiednią szybkość powietrza.

Nasycone wilgocią powietrze, płynące z nad parownika — zwanego dalej ciałem chłodzącym — posiada tę samą niską temperaturę co parująca woda. Jeśli to chłodne nawilgocone powietrze skierujemy w układzie zamkniętym (przed wejściem do osuszacza) do wymiennika ciepła, przez który przepływa w odwrotnym kierunku ciepłe osuszone powietrze, wówczas uzyskamy w efekcie, że powietrze dopływające do ciała chłodzącego będzie miało temperaturę zaledwie kilka stopni wyższą od temperatury powietrza wychodzącego z ciała chłodzonego (niezbędna różnica potrzebna dla utrzymania procesu wymiany ciepła). Postępujący proces spowoduje dalsze obniżanie się temperatury ciała chłodzącego aż w okolice 0° , co w wielu przypadkach jest zupełnie wystarczające. W założeniu, że różnica temperatur istniejąca w wymienniku ciepła wynosi 3° , na rys. 1 pokazany jest proces ochładzania (punkty $cd-ef-gh-ik$). Ideowy schemat omówionego procesu przedstawia rys. 2.

W konkretnych przypadkach można zimne i nawilgocone powietrze kierować do dowolnych komór chłodzących, skąd pobierane jest po wyrównaniu się temperatur do ponownego obiegu. W ten sposób ciało chłodzącemu można nadać o wiele mniejszą powierzchnię. Dla uzyskania jak największych skutków chłodzenia stosuje się szybkości powietrza (dmuchawy 4) przekraczające 2 do 3 m/sek.

Dla potwierdzenia powyższych, czysto teoretycznych rozważań, przeprowadzone zostały doświadczenia na urządzeniu chłodniczym, przedstawionym na rys. 3. Ciało chłodzące 1 o wymiarach $800 \times 500 \times 75$ i powierzchni zewnętrznej 1 m^2 stanowiło pudło z blachy żelaznej ocynkowanej z umieszczonymi w nim rynienkami W na wodę, zasilanymi z zewnątrz przy pomocy specjalnych rurek. W rynienkach tych zanurzono końce 60 sznurów, o średnicy ok. $3-4 \text{ mm}$, rozpiętych na rolkach r w sposób pokazany na rysunku. Działanie kapilarne sznurów zostało uprzednio sztucznie podniesione. Współczynnik przenikania ciepła ciała chłodzącego został określony przy zastosowaniu ogrzewania elektrycznego na

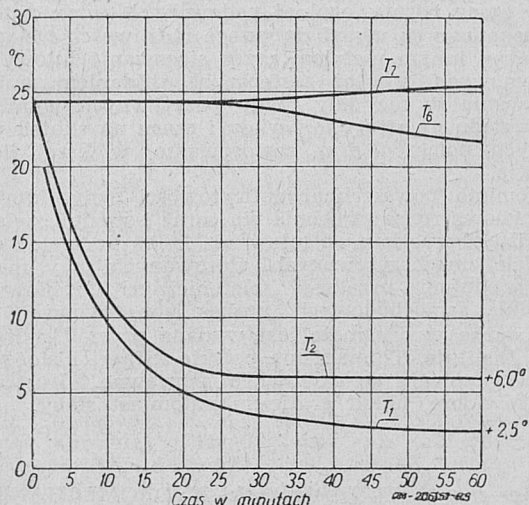
$$k = 8,2 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}.$$



Rys. 3. Doświadczalne urządzenie chłodnicze paro-wodne.

Wymiennik ciepła 3 o wymiarach zewnętrznych $800 \times 500 \times 230$ wykonano z czystej opiaskowanej blachy aluminiowej o grubości 0,1 mm w następujący sposób: 160 arkuszy blachy o wymiarach 800×500 nałożono na siebie przedzielając je uprzednio listewkami h o wymiarach 3×15 tak, by po obu stronach każdej blachy ruch powietrza krzyżował się (jak wskazują strzałki od T_1 do T_6 i od T_7 do T_2).

Osuszacz 2 zbudowano w kształcie cylindrycznego zbiornika $\varnothing 200 \times 600$ z umieszczonymi w nim przegrodami kaskadowymi z siatki drucianej, na które narzucono luzem chlorek litu (LiCl) w ilości 2,5 kg (dobrze wysuszony). Na jednej stronie wbudowano wentylator 4 zaopatrzony w przepustnicę P oraz zwężkę Z — służące do regulacji szybkości przepływu.

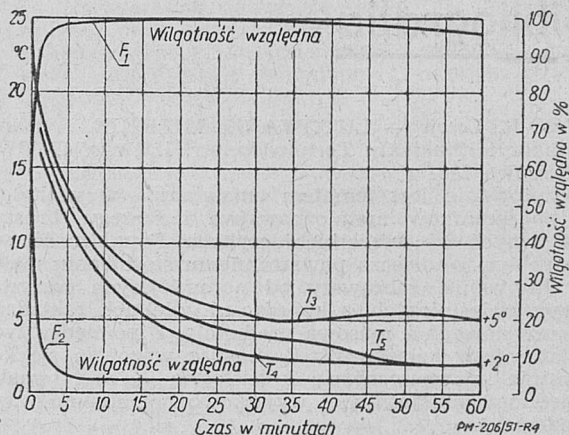


Rys. 4. Wyniki doświadczeń.

W miejscach pomiarów temperatur T_1 do T_7 wmontowano termoelementy żelazo-konstantan, których zimne końce wprowadzono do wspólnego izolowanego zbiornika o temperaturze kontrolowanej termometrem rtęciowym. Termoelementy T_3 , T_4 i T_5 dolutowano, na 1/4, 1/2 i 3/4 wysokości ciała chłodzącego 1, pozostałe zaś leżały luźno w prądzie powietrza.

Wentylator 4 przy zużyciu 105 W mocy zasysał $120 \text{ m}^3/\text{h}$ powietrza pokonując łączne opory w wysokości 28 mm H_2O .

Temperatura otoczenia i zimnych końców termopar wynosiła 24°C .



Rys. 5. Wyniki doświadczeń.

W miejscach F_1 i F_2 pobierano próbki powietrza dla określenia wilgotności.

Podczas trwania prób nie dopełniano rynienek W wodą. Pomiary przeprowadzano co 5 minut, aż do uzyskania najniższych temperatur T_1 , T_2 , T_3 i T_4 , po czym następne serie doświadczeń rozpoczynano po upływie pełnej doby. Wyniki doświadczeń podane są na rysunkach 4 i 5.

Ponieważ określenie średniej temperatury we wnętrzu ciała chłodzącego przy pomocy termopar T_3 , T_4 i T_5 , nie było łatwe z racji niekorzystnego ich rozmieszczenia, pomierzono temperaturę we wnętrzu przy pomocy termometru oporowego; wyniosła ona $4,1^\circ\text{C}$.

A więc godzinowy skutek chłodzenia wynosił

$$Q = (24 - 4,1) \cdot 8,2 = 163 \text{ kcal/h}$$

Temperatura ciała chłodzącego może być praktycznie zaledwie w niewielkiej mierze dalej obniżona, z czego wynika zastosowanie chłodziarki parowej do konserwacji środków żywnościowych: może być ona stosowana głównie do chłodzenia zamkniętych komór, których powietrze jest włączone do obiegu chłodziarki. Tym samym można zapewnić utrzymanie w danej komorze odpowiedniej wilgotności (80 do 90% względnej wilgotności) w zależności od wymaganej temperatury.

(Maschinenbau und Wärmewirtschaft nr 1-3/48).

inż. E. Augustyniak

Sprostowanie

W zeszytach 6 i 7/51 w artykule prof. inż. B. Bochenka pt. „Wytrzymałość metali w temperaturach podwyższonych” stwierdzono szereg błędów drukarskich, które ze względu na pionierskie znaczenie artykułu, uważamy za celowe sprostować.

Zeszyt 6/51, str. 179÷185

str. szpalta	wiersz	powinno być
180 lewa	4 od góry	punkcie skali temperatur homologicznych $T_r = 0,4 T_t$ (T_r oznacza bezwzględną temperaturę rekryształizacji).
180 tbl. I	dolny	cynek, stopy miedzi, aluminium, magnez
180 lewa	2 od dołu	odtęch, wozwrat,
180 prawa	36 od dołu	$Q_r = Q_{ro} (1 - B \sqrt{T})$
181 lewa	8 od góry	a na rys. 2
181 lewa	10 od dołu	$\varepsilon = f(\sigma, T, t)$
181 prawa	rys. 3	$u = \frac{d\varepsilon}{dt}$
181 prawa	20 od dołu	Thum
182 lewa	9 od góry	skutek działania karbu) i to
182 lewa	15 od góry	zasadniczo
182 lewa	17 od dołu	$u - u_p = a e^{-at}$
182 prawa	tabl. II	austenityczna
182 prawa	15 od góry	materiału wartości σ_a , zależność
183 prawa	12 od dołu	$Q_{\varepsilon-h}$ lub $S_{\varepsilon-h}$ kg/mm^2
183 prawa	10 od dołu	cały wiersz usunąć
184 tbl. II	ostat. kol.	słowa „umowna granica sprężystości” należy umieścić o jedną rubrykę niżej

str. szpalta	wiersz	powinno być
184 lewa	3 od góry	R_{r-h} jako funkcja
185 prawa	4 od góry	$Q_{re-h} = f(t)$ załamanie ku dołowi
185 prawa	2 od dołu	$Q_{r,0,1-300}$ dla stopów aluminium

Zeszyt 7/51, str. 208÷211

str. szpalta	wiersz	powinno być
203 lewa	1 od góry	Działanie karbu
208 lewa	11 od dołu	wydłużenia równomiernego a_r ustalony
209 prawa	2 od dołu	przyjętego odkształcenia, podobnie do
210 lewa	17 od dołu	stali niskostopowych (Cr—Mo, Cr,
210 lewa	16 od dołu	Mo) w temperaturze 500°
210 lewa	8 od dołu	stal Cr—Mo
210 lewa	6 od dołu	Mo
210 lewa	5 od dołu	wskutek czego dla stali Cr—Mo
210 prawa	2 od góry	Q_{re-h}
211 prawa	25 od dołu	przeprowadzone na próbkach
210 prawa	21 od dołu	wyższych w zakresie tzw. wytrzymałości czasowej. Ponadto wrażliwość na działanie karbu
210 prawa	14 od dołu	zmienności przebiegu wydłużenia $Q_{\varepsilon-h}$
211 lewa	2 od dołu	Eigenschaften von Kristallen. Berlin,
211 prawa	11 od góry	18. H. R. Zschokke

Bibliografia

W. R. Lewis — LUTOWANIE MIĘKKIE. — z ang. tłumaczył *Konstanty Tarnowski*, str. 128, rys. 47. PWT Warszawa 1951 r.

Lutowanie jest tematem omawianym w większości podręczników metaloznawstwa i szeregu broszur specjalnych we wszystkich językach. Popularność swą temat ten zawdzięcza powszechnemu stosowaniu metody lutowania, zaczawszy od najmniejszych warsztatów rzemieślniczych, a kończąc na wielkich zakładach przemysłowych z masową produkcją. Z pomiędzy tych wydawnictw książka W. R. Lewisa wyróżnia się korzystnie nowoczesnością i ścisłością ujęcia tematu, a jednocześnie jasnym i wyjątkowo przystępnym wykładem.

Książka jest przeznaczona dla wysokokwalifikowanych robotników, techników i mistrzów i rzeczywiście temu poziomowi odpowiada, gdyż nawet zagadnienia trudniejsze do omówienia popularnego, jak np. układ podwójny cyna-ołów i struktura stopów podane są tak, że do zrozumienia ich nie potrzebne jest specjalne przygotowanie. Zwraca uwagę dużą ilość spostrzeżeń i porad praktycznych dotyczących samego rzemieślniczego wykonania lutowania, co czyni książkę bardziej interesującą i dla rzemieślnika. Ze względu na dużą ilość zawartych w niej wiadomości, rad i wskazówek praktycznych powinni się nią zainteresować również inżynierowie mechanicy.

Książka podzielona jest na 15 rozdziałów w następującym układzie:

I. Wstęp — autor wyjaśnia na czym polega lutowanie i podaje zasady projektowania połączeń lutowych.

II. Czynności przygotowawcze, do których zaliczone zostały: dopasowywanie części (dopuszczalne i pożądanе luzy), oczyszczanie powierzchni (szlifowanie, skrawanie, odtłuszczanie i wytrawianie), traktowanie topnikami oraz cynowanie przed lutowaniem. Podany został szereg nowych topników, sposób i zakres ich stosowania.

III. Podstawy lutowania. Omówione zostało zjawisko zwilżania lutem, przenikanie lutu, tworzenie się związków międzymetalicznych i sposoby chłodzenia połączeń lutowanych.

IV. Metody lutowania. Zostały wyszczególnione i omówione: lutowanie kolbą, za pomocą palnika, na gorącej płycie, z zastosowaniem grzania indukcyjnego, elektrodowego, z nagrzewaniem parą, oporowe, kąpielowe oraz szereg specjalnych zastosowań jak lutowanie kolektorów prądnic, puszek itd.

V. Połączenie rur ołowianych.

VI. Lutowanie materiałów specjalnych jak: stali nierdzewnych, żeliwa, stopów miedzi, aluminium, odlewów ze stopów cynkowych oraz wyrobów chromowanych, srebrzonych itd. W rozdziale tym specjalnie ciekawy jest ustęp dotyczący lutowania aluminium.

VII. Własności lutu i połączeń lutowanych. W sposób bardzo przystępny omówiona została struktura lutu na tle układu podwójnego cyna-ołow, własności wytrzymałościowe lutu oraz lutowia stosowane do pracy w wysokich i niskich temperaturach.

VIII. Zewnętrzna postać lutu handlowego. W zwiększonej formie opisane zostały postaci lutu (błoczki, pałeczki, taśma, drut pełny i rdzeniowy, folia, pasta i proszek), sposób użycia i zakres zastosowania.

IX. Normy lutowia — podane są normy angielskie, amerykańskie oraz nowa norma polska (uzupełnienie Redakcji PWT).

X. Wpływ antymonu. Podane zostały ograniczenia w zastosowaniu spowodowane dodatkiem antymonu. Rozdział ten jest o tyle ciekawy, że tłumaczy podział lutu na klasy z mniejszą i większą zawartością antymonu, który to podział został wprowadzony również w nowej normie polskiej (PN/H-87100 z września 1950 r.).

XI—XIII. Zanieczyszczenia lutu handlowych, regeneracja lutu, ekonomiczne zastosowanie lutu.

XIV. Trujące własności lutu — specjalnie ciekawe są uwagi dotyczące zastosowania lutu cynowego do puszek konserwowych.

XV. Metody analizy chemicznej lutu cynowo-ołowianych.

Jak na opracowanie popularne zagadnienie jest jak widać potraktowane w szerokim zakresie i dostatecznie wyczerpująco.

Z uwagi natury ogólnej podawanych przez autora, najciekawsze są uwagi dotyczące możliwości zastąpienia cyny innym metalem przez stosowanie lutu niskocynowych czy też zastępczych. Zdaniem autora usiłowania te nie dały nigdy pozytywnych wyników ze względu na straty materiału i czasu na skutek wadliwych połączeń oraz zastosowanie większej ilości lutu.

Pomimo powszechnej deficytowości cyny, lutowanie cynowe rozpowszechnia się coraz bardziej, zwłaszcza dzięki przejściu od lutowania kolbą do metod całkowicie zmechanizowanych, stosowanych przy masowej produkcji urządzeń telefonicznych, radiowych, chłodnic samochodowych, puszek konserwowych itd.

Książka w oryginale jest wydana przez Tin Research Institute. Tłumaczenie polskie książki i stosowana terminologia są całkowicie poprawne. Ilustracje bardzo dobre, układ graficzny natomiast słaby.

P. K.

Mgr inż. A. T. Troskoleński HYDROMECHANIKA TECHNICZNA Tom I. Hydromechanika racjonalna. Format B5, stron XX + 352. PWT, Warszawa 1951.

Ukazał się pierwszy tom „Hydromechaniki technicznej” inż. A. T. Troskoleńskiego, obejmujący tzw. hydromechanikę racjonalną czyli rozumową. Dalsze tomy mają zawierać hydraulikę i hydrometrię, czyli naukę o pomiarach wodnych. Trzynomowa monografia będzie więc zawierać całokształt zagadnień teoretycznych i praktycznych hydromechaniki.

Książka przeznaczona jest głównie dla inżynierów-mechaników, konstruktorów przyrządów i maszyn wodnych oraz dla inżynierów-hydrotechników, projektujących zakłady o sile wodnej i inne budowle wodne; ponadto może oddać usługi pracownikom instytutów naukowo-badawczych i studentom wyższych szkół technicznych.

Właściwą treść I tomu poprzedzają: przedmowa, spis treści, spis tablic i zestawienie ważniejszych oznaczeń.

We „Wstępie” omawia autor własności cieczy, wprowadza określenie hydromechaniki i uzasadnia podział materiału naukowego, a w rozdziale o układach jednostek miar wyjaśnia pojęcia związane z ilościowym opisem zjawisk hydromechanicznych.

Część I „Hydrostatyka” obejmuje prawo *Eulera*, prawo *Pascala* i ich zastosowania techniczne, równania równowagi cieczy i płynów ściśliwych, prawa równowagi cieczy w naczyniach połączonych i zastosowanie tych praw do konstrukcji manometrów hydrostatycznych, napór cieczy, wypór hydrostatyczny, równowagę ciał pływających i równowagę względną cieczy.

Część II „Dynamika cieczy doskonałej” zawiera podstawy kinematyki cieczy, ruch równoległy, równanie *D. Bernouilliego*, ruch swobodny, ruch potencjalny, ruch wirowy, ruch osiowo-symetryczny i okresowo-symetryczny względem osi.

Część III „Dynamika cieczy rzeczywistych” omawia zagadnienia ruchu uwarstwionego i burzliwego cieczy rzeczywistych, ze szczególnym uwzględnieniem teorii naszego uczonego prof. M. Broszki, która ostatnio zdobyła rozgłos i doczekała się uznania w świecie naukowym.

Po części zasadniczej następują: zestawienie literatury, pożyteczne tablice niektórych funkcji, starannie opracowany skorowidz nazwisk i skorowidz rzeczowy, obejmujący ponad 1000 pojęć i stanowiący zarazem bogaty 5-języczny słowniczek hydromechaniki.

Książka jest zatem zaopatrzona we wszystko, co może ułatwić korzystanie z niej i podnieść jej wartość użytkową.

Układ książki jest racjonalny i posiada niewątpliwie zalety. Autor wyraźnie oddziela naukę ścisłą — hydromechanikę, od nauki doświadczalnej — hydrauliki. Ponadto nie idzie śladami teoretyków, traktujących hydrostatykę jako szczególny przypadek hydrodynamiki, lecz ujmując ją odrębnie. Hydrodynamikę dzieli na dynamikę cieczy doskonałej i dynamikę cieczy rzeczywistych co uzasadnione jest różnicami we własnościach tych cieczy i odmiennością metod matematycznych. Wyodrębnienie hydrostatyki i podział hydrodynamiki nadaje książce przejrzystą strukturę.

Dobór zagadnień. Spośród olbrzymiej liczby zagadnień hydromechaniki autor omawia szerzej jedynie te, które mają zastosowanie w praktyce technicznej, odrzuca natomiast tradycyjny balast zagadnień nieaktualnych i pomija szereg zagadnień znajdujących zastosowanie w innych dziedzinach, jak teorię ruchu falowego; teorię przepływów i odplywów, tak ważną w geofizyce oraz teorię ruchów sprzężonych, znajdującą zastosowanie przy wyznaczaniu profili lotniczych. Szkoda tylko, że w książce nie znalazło się miejsca dla teorii L. Prandtla, pomocnej przy rozwiązywaniu zagadnień aerodynamiki.

Powiązanie teorii z praktyką występuje szczególnie dobitnie w ćwiczeniach (np. obliczenie zwężki Venturiego, obliczenie rury ssawnej turbiny wodnej, i inne).

Poziom naukowy. Książka utrzymana jest na poziomie wyższych szkół technicznych; niektóre rozdziały hydrodynamiki wymagają poważniejszego przygotowania z analizy matematycznej.

Książka inż. Troskolańskiego odznacza się nieprzeciętnymi zaletami dydaktycznymi, wynikającymi z jednolitego ujęcia tematu, umiejętnego stopniowania trudności i uzupełnienia tekstu przykładami i ćwiczeniami. Walory dydaktyczne książki podnosi wprowadzenie w tok rozważań kilku układów współrzędnych i rachunku wektorowego.

Rysunki. I Tom „Hydromechaniki technicznej” zawiera około 150 rysunków, które stanowią znakomite uzupełnienie tekstu. Na szczególną pochwałę zasługują uproszczone rysunki konstrukcyjne wykonane z zachowaniem zachodzących w rzeczywistości proporcji. Pod tym względem „Hydromechanika techniczna” przedstawia się dodatnio w porównaniu z zagranicznymi podręcznikami, w których pokutują przestarzałe i zbyt uproszczone schematy urządzeń hydraulicznych.

Słownictwo naukowo-techniczne jest zgodne z uchwałami Komisji Słownictwa Mechaniki Teoretycznej i Hydromechaniki. Definicje pojęć są ściśle i jasne. Styl jest poprawny i żywy.

Szata graficzna, dobór czcionek i druk nie pozostawiają nic do życzenia. Książkę tę z przyjemnością bierze się do ręki.

Inż. Włodzimierz Pietraszewicz

Jacek Troskolański — MATEMATYKA W ZAKRESIE SZKÓŁ ŚREDNICH — Format A5, str. XIV + 276, PWT, Warszawa 1951 r.

Dyskusja na odbytej w grudniu 1951 r. konferencji rektorów i dziekanów szkół wyższych wykazała coraz słabsze na ogół przygotowanie matematyczne kandydatów do studiów wyższych. Zastrzeżenia podnosili nie tylko przedstawiciele szkół technicznych, lecz również przyrodniczych i ekonomicznych, domagając się wprowadzenia egzaminu z matematyki przy wstępowaniu do wielu z tych uczelni.

Równocześnie dawał się dotychczas dotkliwie odczuwać brak przystępnego a ścisłego compendium z matematyki w zakresie szkół średnich, które mogłoby służyć także samoukowi i uczniom wieczorowych szkół doksztalcających.

Toteż z uznaniem należy powitać wydanie przez Państwowe Wydawnictwa Techniczne omawianej książki. Autor w jasnej i zwięzłej formie podaje najważniejsze wiadomości z algebry, planimetrii, stereometrii i trygonometrii. Rękopis Autora, który poległ w 1944 r. w walce z hitlerowskim najeźdźcą, uzupełniają opracowane przez prof. K. Zielińskiego dwie części o analizie i geometrii analitycznej.

W drugim nakładzie, który niewątpliwie niedługo będzie potrzebny wobec wartości książki i już przejawiającej się jej wziętości (służy ona jako pomoc szkolna przy repetytoriach z matematyki), należałoby uzupełnić ją elementarnymi wiadomościami z geometrii wykreślnej, a nadto wstępnymi wiadomościami z algebry i kombinatoryki.

Prof. dr M. J. Ziomek

INSTRUKCJA O STOSOWANIU ŁOŻYSKOWYCH STOPÓW CYNOWYCH O OSNOWIE CYNOWEJ I OŁOWIOWEJ ORAZ WYLEWANIU NIMI PANEWK ŁOŻYSKOWYCH opracowana przez Komisję Stopów Łożyskowych, powołaną przez Ministra Ciężkiego Przemysłu. Format A5, str. 59, rys. 19. PWT, Warszawa 1951 r.

Instrukcja przeznaczona jest dla ogółu pracowników, przemysłów stosujących łożyska ślizgowe o osnowie cynowej i ołowiowej. Instrukcja zawiera spis stopów cynowych o osnowie cynowej i ołowiowej produkowanych przez zakłady podległe Centralnemu Zarządowi Przemysłu Metali Nieżelaznych oraz wskazówki dotyczące ich doboru oraz techniki odlewania i kontroli.

Dane do instrukcji zostały zaczerpnięte ze źródeł radzieckich (głównie: Smiriagin A. i Szpagin A. „Ołowianisty brzozy, babbity, propozi i ich zamieniteli”, Moskwa, 1949).

Broszura podzielona jest na 5 rozdziałów z następującym układem treści:

I. Ogólne wiadomości o łożyskowych stopach cynowych o osnowie cynowej i ołowiowej.

II. Spis łożyskowych stopów cynowych zaleconych do użytku w przemyśle,

III. Instrukcja co do zakresu stosowania łożyskowych stopów cynowych.

IV. Instrukcja wylewania panewek i ich kontroli.

V. Badania nad stopami łożyskowymi zaleconymi w instrukcji, które przeprowadził Zakład Metalurgii Technicznych Metali Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Celem broszury jest zaznajomienie ogółu pracowników ze stopami łożyskowymi, zwłaszcza niskocynowymi, ich zastosowaniem oraz doбором, aby uzyskać tą drogą jak najdalej posuniętą oszczędność cyny.

Załączone na końcu rozdziału V badania stopów łożyskowych mają na celu zapoznanie zainteresowanych pracowników przemysłu z najczęściej stosowanymi metodami oraz wynikami badań uzyskiwanymi dla stopów omówionych w rozdziale II.

Instrukcja napisana jest bardzo zwięźle, co jest jej dużą zaletą. Wydaje się jednak, że rozdz. I — Wiadomości ogólne — jest potraktowany zbyt krótko i w tej formie napewno nie będzie dostępny i zrozumiały dla „ogółu pracowników”.

Układ graficzny broszury słaby — również mikrozdjęcia pozostawiają wiele do życzenia. Wydanie jednak broszury tego typu należy uznać za bardzo celowe i wydaje się, że instrukcja spełni swe zadanie.

P. K.

Kronika

60-letnia rocznica urodzin Prezydenta Bolesława Bieruta

Dla uczczenia 60-lecia urodzin *Prezydenta Bolesława Bieruta* i na cześć zbliżającego się Święta 1 Maja robotnicy, majstrowie i inżynierowie Państwowej Fabryki Wagonów we Wrocławiu rzucili wezwanie do socjalistycznego współzawodnictwa. Wezwanie Pafawagu potężnym echem odbiło się wśród ludzi pracy w całym kraju. Załogi wszystkich zakładów zobowiązują się dać ponadplanową produkcję, podnieść jej jakość i wygospodarować dodatkowe środki dla przyspieszenia rozwoju gospodarczego kraju.

M. in. zgromadzeni na uroczystej akademii naukowcy, studenci i pracownicy administracyjni Politechniki Warszawskiej podjęli szereg cennych zobowiązań dla uczczenia 60 rocznicy urodzin *Prezydenta Bieruta*.

Nagrody Stalinowskie w dziedzinie nauki i techniki za rok 1951

Część uchwały Rady Ministrów ZSRR o przyznaniu Nagród Stalinowskich za wybitne prace w dziedzinie nauki i wynalazczości w roku 1951 zawiera nazwiska radzieckich specjalistów i robotników nowatorów odznaczonych Nagrodą Stalinowską za doniesione wynalazki i zasadnicze udoskonalenia wprowadzone do metod produkcyjnych.

W dziale budowy maszyn nagrodę pierwszego stopnia przyznano za dwie prace w dziedzinie budowy samolotów. Nagrody drugiego stopnia w tej dziedzinie przyznano autorom 15 prac: za wprowadzenie udoskonalień do procesu produkcji traktorów gąsienicowych — „Staliniec-80”, za opracowanie konstrukcji i oprowadzenie produkcji silników wysokoprężnych dużej mocy, za skonstruowanie trójrzędowego kombajnu buraczanego oraz za wiele innych prac.

Ponad 20 prac w dziedzinie budowy maszyn wyróżniono nagrodami trzeciego stopnia. Również Nagrody Stalinowskie przyznano autorom szeregu prac z dziedziny budowy narzędzi.

W dziedzinie metalurgii nagrody drugiego i trzeciego stopnia otrzymali autorzy 18 prac. Grupy inżynierów i robotników otrzymały Nagrody Stalinowskie drugiego stopnia za udoskonalenie technologii odlewniczej oraz za opracowanie konstrukcji maszyny do pociągłego odlewania stali.

Udział redaktorów w konferencjach naukowo-technicznych

Departament Techniki PKPG stwierdził, że wiele odbytych ostatnio konferencji technicznych zostało przeprowadzone bez udziału branżowo właściwych Redakcji Czasopism Technicznych oraz przedstawicieli odpowiednich instytucji wydawniczych.

Udział Redakcji Czasopism i Wydawnictw w konferencjach technicznych zapewnia Redakcjom zorientowanie się w ważnych zagadnieniach nowej techniki, pogłębia wiadomości redaktorów i umożliwia realizację wniosków i uchwał konferencji przez opublikowanie odpowiednich materiałów w postaci artykułów, broszur i książek.

Departament Techniki Państwowej Komisji Planowania Gospodarczego prosi, aby na wszystkie konferencje naukowe byli stale zapraszani Redaktorzy branżowo właściwych czasopism i instytucji wydawniczych.

O wzmoczenie akcji współzawodnictwa pracy

Prezydium Rządu w porozumieniu z CRZZ powzięło uchwałę o pogłębieniu współpracy organów administracji gospodarczej ze związkami zawodowymi w sprawie rozwijania socjalistycznego współzawodnictwa pracy.

Uchwała nakładając na kierowników jednostek gospodarki uspołecznionej współodpowiedzialność za rozwój współzawodnictwa pracy na powierzonych im odcinkach oraz obowiązek ścisłego współdziałania ze związkami zawodowymi, stwarza platformę ścisłego powiązania rozwoju współzawodnictwa pracy z zadaniami wynikającymi z realizacji planów zakładowych.

Nowe Ministerstwa

Uchwałą Sejmu RP z dnia 15 lutego br. Ministerstwo Przemysłu Ciężkiego przeobraziło się w trzy samodzielne ministerstwa:

1. Ministerstwo Hutnictwa
2. Ministerstwo Energetyki
3. Ministerstwo Przemysłu Maszynowego

Nowa organizacja władz naczelných w dziedzinie przemysłu ciężkiego stworzy jeszcze większe możliwości rozwoju tego przemysłu.

Zakład Badania i Rozpowszechniania Przetwarzających metod pracy

Przy Głównym Instytucie Pracy w Warszawie otworzono Zakład Badania i Rozpowszechniania Przetwarzających Metod Pracy. Do zadań tego zakładu należy wykrywanie w fabrykach rezerw produkcyjnych i opracowywanie oraz rozpowszechnianie sposobów, które pozwoliłyby załogom w pełni wykorzystać te rezerwy.

Zakład zajmuje się więc upowszechnieniem przetwarzających metod pracy, jak metoda Kowalowa, system kompleksowego oszczędzania Korabielnikowej, szybkościowe skrawanie itp.

Zakład nawiązuje bezpośredni roboczy kontakt z załogami fabryk i organizacjami związkowymi, organizuje odczyty, wystawy i gabinety techniczne, służące do popularyzowania nowatorskich metod pracy.

Pierwsi absolwenci Wieczorowych Szkół Inżynierskich

W dniu 30 marca br. dyplomy inżynierów otrzymało około 50 pierwszych absolwentów Wieczorowej Szkoły Inżynierskiej w Warszawie.

Na uroczystość wręczenia dyplomów przybyli: minister szkolnictwa wyższego — Adam Rapacki, przedstawiciele KC PZPR, CRZZ, Naczelnej Organizacji Technicznej, Prezydium St. R. N. i KW PZPR oraz rodziny nowopromowanych inżynierów.

Serdeczne gratulacje od Naczelnej Organizacji Technicznej złożył absolwentom WSI *min. Bolesław Rumiński*, zapewniając, że NOT otoczy absolwentów WSI serdeczną opieką i umożliwi im coraz gruntowniejsze opanowanie zdobyczy socjalistycznej techniki.

Podobna uroczystość odbyła się w dniu 30.3 br. w Wieczorowej Szkole Inżynierskiej w Gdańsku.

Należy podkreślić, że właśnie te dwie Wieczorowe Szkoły Inżynierskie były pierwszymi ze zorganizowanych z inicjatywy Naczelnej Organizacji Technicznej w r. 1948. Przy pomocy państwa, NOT stosunkowo szybko rozbudowała sieć szkół, przyciągnęła do współpracy wielu pracowników nauki wyższego szkolnictwa. W 1950 r., gdy stało się już jasnym, że wieczorowe szkolnictwo techniczne jest zagadnieniem o znaczeniu ogólnopaństwowym i jedną z podstawowych form kształcenia kadr naszej inteligencji, zarząd nad WSI przejął Min. Szkół Wyższych i Nauki.

WYDAWCA: NACZELNA ORGANIZACJA TECHNICZNA, WARSZAWA, Czackiego 3/5
 Komitet Redakcyjny: mgr inż. ZYGMUNT BOCHENEK, mgr inż. PAWEŁ KOSIERADZKI, JAN STEFAN KOWALSKI,
 mgr inż. STANISŁAW KULESA, dr inż. JAN OBALSKI, prof. dr inż. ALEKSY PIATKIEWICZ, prof. inż. ZDZISŁAW
 RYTEL, prof. dr inż. ROBERT SZEWAŁSKI, mgr inż. LECH STRZELECKI, mgr inż. JÓZEF ZAGÓRSKI
 Redaktor Naczelny: mgr inż. MARIAN WAKAŁSKI
 Z-ca Redaktora Naczelnego: inż.-mch. WŁADYSŁAW KAWĘCKI
 Sekretarz redakcji: HALINA MIKULSKA
 Redaktor techniczny: CZESŁAW PIEKARSKI
 Rysunki wykonał: STANISŁAW LIPINSKI
 PKO Nr konta I-19881/110.

PRZEGLĄD BIBLIOGRAFICZNY MECHANIKI

OPRACOWANY PRZEZ OŚRODKI DOKUMENTACJI
GŁÓWNEGO INSTYTUTU MECHANIKI

DODATEK DO MIESIĘCZNIKA „PRZEGLĄD MECHANICZNY”

ROCZNIK 3

WARSZAWA, KWIECIEŃ 1952

NR 4

OŚRODEK DOKUMENTACJI MECHANIKI PRECYZYJNEJ

L — OPTYKA I WYROBY OPTYCZNE

1 L 681.41 B1 — 4.52

Przyrządy optyczne. „Optische Geräte”. *Feinwerk Techn.*, nr 4, kwiec. 51, s. 82; A4, 9 str., 18 fot., 7 rys., 2 wykr. — Omówienie nowych konstrukcji mikroskopów, przyrządów optycznych do mikroanalizy. Kolorymetr elektryczny, przyrządy do analizy spektralnej i przyrząd optyczny do badania oczu, projektory i najnowsze obiektywy fotograficzne.

2 L 681.41 B1 — 4.52

Broschke H., Wetzlar. **Podzielnica optyczna wysokiej dokładności.** „Ein optischer Teilkopf für hohe Genauigkeit”. *Feinwerk Techn.* nr 5, maj 51, s. 117; A4, 3 str., 7 fot., 4 rys., 1 wykr. — Ułożyskowania wrzeciona podzielnicy oraz różnicowego podwójnego zacisku wrzeciona. Obie konstrukcje dotychczas nie spotykane, proste i wpływające decydująco na dokładność aparatu podziałowego.

3* L1a1 535 B1 — 4.52

Volkman W. **Optyka soczewek w szkole.** „Die Linsenoptik in der Schule”. Berlin, 1927, Springer; D, 27 × 19 cm, 101 str., 13 fot., 72 rys., 16 poz. bibl. — Doświadczenia nad soczewkami, oczami oraz instrumentami optycznymi. Błędy soczewek i ich korygowanie. Obliczenia soczewek. Broszura może służyć jako podręcznik przy przerabianiu ćwiczeń z optyki soczewkowej.

4* L2a 621.32:538:537:7:673 B1 — 4.52

Busse L. J. **Promienie nadfioletowe i ich własności.** „Ultraviolette Strahlen und ihre Eigenart”. Hanau, 1925, Sollux; D, 21 × 14 cm, 47 str., 8 fot., 1 tabl., 11 poz. bibl. — Broszura podaje wykresy widmowe dla lampy rtęciowej, tabele długości fal elektromagnetycznych oraz szereg opisów doświadczeń z promieniami ultrafioletowymi. Na zakończenie opisano zastosowanie promieni ultrafioletowych w medycynie.

5* L4a 681.4 B1 — 4.52

Gutkowski T., Wagnerowski T. **Zagadnienie szkielek okularowych nieastygmatycznych.** *Prace Badawcze GIM*, Nr 1, 1950, s. 56; A4, 13 str., 6 rys., 17 tabl. — Astygmatyzm soczewek okularowych dla bliskich i dalekich przedmiotów. Astygmatyzm soczewek nieprzekraczający ostrości wzroku. Wzory na astygmatyzm cienkiego szkła okularowego.

L1c4 — Technika fotografowania

6* L1c4 77:770.1 B1 — 4.52

Croy. **Sto fotograficznych forteli.** „Hunderterlei Fotokniffe”. Halle (Saale), Knapp; D, 21 × 15 cm, 176 str., 86 fot. — Książka zawiera szereg pięknych, artystycznych zdjęć. Czytelnik zapoznaje się z najróżnorodniejszymi sposobami uzyskania zdjęć specjalnych. Zadaniem autora nie jest podawanie ścisłych przepisów, lecz danie dużej ilości przykładów i wskazówek, aby skierować pracę autorów na drogę uzyskiwania ciekawych pod względem artystycznym zdjęć. Książka między innymi obejmuje różne fotomontaże, zdjęcia przez lunetę, zdjęcia nocne, krajobrazy, mikrofotografie, zdjęcia bezcieniowe, natury żywej, martwej itp.

7* L1c4 77:770.2 B1 — 4.52

Doring W. H. **Powiększszam.** „Ich vergrößere”. Halle (Saale), 1943, Knapp; D, 21 × 15 cm, 104 str., 57 fot., 2 rys., 2 tabl. — Książka przeznaczona dla tych amatorów, którzy rozumieją, że powiększenie robimy nie tylko dla uzyskania większych wymiarów zdjęć, lecz również dlatego, aby uzyskać zdjęcia perspektywicznie jak najbardziej zbliżone do rzeczywistości. Uzasadnienie powyższego znajdzie czytelnik w postaci reprodukcji powiększeń. W książce brak wszelkich wyjaśnień teoretycznych, natomiast można w niej znaleźć bardzo dużo przepisów praktycznych. Podano również warunki, jakim winien odpowiadać sprzęt do powiększeń, negatywy, naświetlanie, wywoływanie, utrwalanie oraz wykończenie powiększeń.

8* L1c4 771(091) B1 — 4.52

Neher F. L. **Wynalazek fotografii.** „Die Erfindung der Photographie”. Stuttgart, 1938, Kosmeo, Gesellschaft der Naturfreunde; D, 19 × 13 cm, 80 str., 30 fot., 3 rys. — Historia powstania aparatu fotograficznego. „Camera obscura” poprzez „Laterna magica” i fantostoskopy. Poza tym omówiono wynalezienie papierów światłoczułych i ich wpływ na ukształtowanie się fotografii oraz rozwój fotografii, aż do zdjęć przedmiotów znajdujących się w ruchu.

9* L1c4 771:770.1 B1 — 4.52

Neumann H. **Nowe powiększalniki.** „Neues Vergrössern”. Düsseldorf, 1938, E. D. Liesegang, Fabrik für Rajah — Vergrößerungsgeräte; D, 21 × 15 cm, 53 str., 21 fot., 4 rys., 6 tabl. — Omówienie światła stosowanego przy powiększaniu jako jednej z zasadniczych rzeczy. Sprzęt z punktu widzenia rodzaju negatywów. Opis obiektywów stosowanych do powiększeń, negatywów i papierów.

10* L1c4 778.534.4/91 B1 — 4.52

Obering E., Roller. **Doświadczenia obrazujące filmy niemy i dźwiękowy.** „Vorführungsversuche zum stillen Film und zum Tonfilm”. Berlin, 1936, Heymann; D, 21 × 14 cm, 24 str., 13 fot., 21 rys., 1 poz. bibl. — Historia rozwoju filmu. Opis początkowych usiłowań dla stworzenia ruchomego obrazu, z podaniem wielu schematów ideowych oraz wyjaśnienie zapisywania dźwięku i jego przechowania w postaci filmu dźwiękowego.

11* L1c4 77:770.1 B1 — 4.52

Windisch H. **Małoobrazkowe zdjęcia rzeczy i ludzi.** „Kleinbild — Jagd auf Dinge und Menschen”. Harzburg, 1940, Dr. Heering; D, 20 × 14 cm, 145 str., 64 fot., 14 rys., 3 wykr., 3 tabl. — Omówienie warunków koniecznych dla uzyskania dobrych zdjęć oraz warunków, jakim powinien odpowiadać dobry aparat fotograficzny. Przykłady dobrych, właściwie wyreżyserowanych zdjęć oraz technika ich wykonania w naturalnych kolorach. Czułość poszczególnych klisz na barwy, zastosowanie filtrów, technika naświetlania, wywoływania i utrwalania oraz czynniki wpływające na jakość zdjęcia artystycznego wykonywanego przez amatora.

12* L1c4 621.353:77 B1 — 4.52

Zimmermann. **Żarówka jako źródło światła przy fotografowaniu.** „Die Glühlampe als photographische Aufnahmelichtstelle”. Berlin. Osram, G. m. b. H.

L — OPTYKA I WYROBY OPTYCZNE c. d.

Kommanditges. Beleuchtung; D, 21 × 14 cm, 12 str., 3 fot., 5 wyk., 1 tabl., 3 poz. bibl. — Widmowy rozkład energii lamp, widmowa czułość oczu i emulsji fotograficznych. Koszta produkcji różnych typów lamp. Wykresy ilustrujące powyższe dane.

M — MECHANIZMY PRECYZYJNE

13* M 681:621.385 BI—4.52

Banner E. H. W. **Przegląd będących w użyciu elektronowych przyrządów pomiarowych.** „Electronic measuring instruments, a survey of the field“. Electron. Engng, t. 22, nr 267, 1950, A4, 5,5 str., 4 fot., 8 rys., 1 tabl. — Przegląd urządzeń elektronowych będących w użyciu, ze szczególnym uwzględnieniem przyrządów pomiarowych. Artykuł pomaga czytelnikowi w zorientowaniu się, w jakim kierunku rozwijają się poszczególne gałęzie elektroniki.

14* M 681:621.385 BI—4.52

Clapp C. W. **Regulacja zmiennego napięcia zasilającego przy pomocy wzmacniacza korygującego wsteczne.** „Regulating A—C with buck-boost amplifier“. Electronics, t. 23, nr 8, sierp. 50, s. 99; 3 str., 3 rys. — Schemat i zasady działania 10-cio lampowego elektronowego regulatora do napięcia zmiennego, który zapewnia stałe napięcie i kształt fali przy obciążeniu od 0 do 200 volt-ampere. Zmiana napięcia nie przekracza 0,5% przy zmianach napięcia sieci w granicach od 105 do 125 volt.

15* M 621.317 BI—4.52

Fulmer N. **Ulepszone fotografowanie z lampy oscylograficznej.** Improved C—R photographs. Electronics, t. 23, nr 3, s. 86; A4, 2 str., 2 fot., 1 rys. — Sposób ulepszonego fotografowania zjawisk z ekranu lampy oscylograficznej. Ulepszenie polega na nanoszeniu na kliszę skali w postaci siatki oraz danych dotyczących zdjęcia. Zapobiega to wszelkim pomyłkom przy przeprowadzaniu szeregu prób z zastosowaniem oscylografów.

16* M 537.3 BI—4.52

Garlick G. F. J. **Dane fizyczne ekranów lamp katodowych.** „The physics of cathode ray tube screens“. Electron. Engng, t. 21, nr 258, sierp. 50, s. 287; A4, 5 str., 9 rys., 1 tabl. — Omówienie szeregu materiałów fluoryzujących, używanych do wyrobu ekranów lamp oscylograficznych, z uwzględnieniem następujących założeń: a) ekran musi mieć wysoką sprawność zamiany energii strumienia elektronów na energię świetlną. Sprawność w praktyce nie przekracza 10%. b) Ekran musi posiadać odpowiednie właściwości fluoryzujące. W telewizji poświata dozwolona jest za ledwie do kilku milisekund, gdy w zastosowaniach radarowych pożądana jest poświata kilku sekund. c) Ekran musi posiadać dobre właściwości elektryczne, a w szczególności musi mieć wystarczające własności emisji wtórnej elektronów. d) Materiał nie może zmieniać swych właściwości tak podczas operacji nakładania jak i później.

17* M 621.319.3:538.3 BI—4.52

Jerrard H. G., Punnet S. W. **Tachometr elektronowy.** „An electronic tachometer“. J. Scien. Instrum. nr 9, wrzes. 50, s. 23; A4, 2 str., 3 rys. — Przyrząd pozwalający wykonywać pomiary szybkości obrotów z dokładnością do 0,05%. Zasada działania polega na tym, że na wałek badanego przyrządu przyklejamy paski białego papieru, które w czasie obrotu wałka rzucają światło na fotokomórkę, wytwarzając w ten sposób prąd zmienny o pewnej częstotliwości, która ulega porównaniu z częstotliwością wzorcową otrzymaną za pomocą lampy oscylograficznej. Opisano również drugą metodę wytwarzania prądu przez wałek badany,

mianowicie metodę elektromagnetyczną. W artykule zawarty jest opis obu metod oraz zdjęcia typowych obrazów oscylograficznych uzyskanych metodą fotoelektryczną.

18* M 681:621.385 BI—4.52

Townsend R. **Opóźnianie wyzwalania przełączników.** „Delaying the release of relays“, Electron. Engng, t. 22, nr 267, maj 50, s. 180; A4, 8 str., 1 rys. — W wypadkach gdy chcemy opóźnić działanie przełącznika o więcej niż 0,5 sek., stosuje się powszechnie opóźnianie przy pomocy kondensatora elektrolitycznego, załączonego równolegle. Autor podaje wzory praktyczne dobierania odpowiednich elementów, celem otrzymania pożądanego opóźniania przełączników.

19* M 681:621.3 BI—4.52

Żochowski M. K. **Manometry oporowe.** Wiad. Elektrotechniczne, nr 7—8, 1950, s. 167; A4, 2 str., 2 rys., 1 wyk., 3 poz. bibl. — Działanie manometrów oporowych, które pracują na zasadzie zmiany oporu niektórych metali pod wpływem zmiany ciśnienia. Manometry tego rodzaju nadają się do laboratoryjnego pomiaru wysokich ciśnień. Artykuł zawiera rysunek manometru manganinowego z dokładnym opisem oraz podaje sposób wykonania połączeń przy układzie mostkowym.

20 M 621.9:681 BI—4.52

Obrabiarki do wyrobów precyzyjnych na targach technicznych w Hannowerze. „Werkzeugmaschinen für den Feingerätebau auf der technischen Messe Hannover“. Feinwerk Techn., nr 2/3 luty-marz. 1951, s. 57; A4, 5 str., 14 fot. — Charakterystyka wysokoprecyzyjnych obrabiarek najnowszej konstrukcji, przeznaczonych przede wszystkim dla zakładów wyrobów precyzyjnych. Tokarnie, automaty jedno i czterowrzecionowe. Obrabiarki do walcowania gwintu i frezowania kół zębatych. Obrabiarki do strugania kół stożkowych różnego typu.

M4 — Czasomierze

21 M4 681.11.001 BI—4.52

Aksielrod Z. M. **Mechanizmy zegarowe.** „Czyszowe mechanizmy“. Moskwa, Leningrad, Gosudar. Naucz.-Techn. Izd. Maszynostroj. Litierat.; D, B5, 359 str. — Jedno z bardzo nielicznych dzieł z zakresu budowy zegarów, w którym zagadnienie potraktowane jest z punktu widzenia matematyki. Podano zasady konstrukcji poszczególnych zasadniczych elementów zegarowych oraz uzasadnienie ich, wywodzące się z dość szczegółowego opracowania matematycznego. Podstawy ruchu wahadeł i balansów, wpływy czynników konstrukcyjnych i zewnętrznych na chód zegarów. Przy analizowaniu działania wychwytywów autor omawia również zagadnienie błędów chodu. Spośród wychwytywów omówiono tylko te, które znajdują zastosowanie najbardziej powszechne. Ostatnim działem są napędy zegarowe, a mianowicie: napędy ciężarowe i napędy sprężynowe. Opracowanie zasady konstrukcyjnej sprężyn zegarowych pozwala na obliczenie i konstruowanie napędów. Teoretyczne wywody autora wymagają jednak od czytelnika dużego przygotowania matematycznego.

22* M4 681:621.385 BI—4.52

Elektronowa regulacja zegarków. Radio (Warszawa), t. 5, nr 2, luty 50, s. 3; A4, 1 str. — Ogólne omówienie nowoczesnego sposobu regulacji zegarków w końcowej fazie produkcji przez zastosowanie urządzeń elektronowych. Metoda polega na porównaniu częstotliwości tików zegarka regulowanego z wzorem, którym może być chronometr lub oscylator kwarcowy, przy pomocy mikrofonu, wzmacniacza i lampy oscylograficznej. Metoda ta skraca czas regulacji z kilku dni do kilku minut.

OŚRODEK DOKUMENTACJI METALIZNAWSTWA I OBRÓBK

A — TECHNOLOGIA METALI

A1 — Metalurgia

45* Alc 621.775 B5—4.52

Dickson T. A. **Raport o metalurgii proszków.** „Report on powder metallurgy“. Steel Process. t. 36, nr 12, grudz. 50, s. 619, A4, 2 str., 4 fot. — Rozważania nad istniejącym obecnie przemysłem metalurgii proszków w Ameryce i jego możliwościami rozwoju. Ogólne uwagi o współczesnej produkcji wyrobów prasowanych i spiekanych.

46* Alc 621.979:621.775 B5—4.52

Hoar T. P., Butler J. M. **Wpływ tlenku na prasowanie i spiekanie proszków miedzi.** „Influence of oxide on the pressing and sintering of copper compacts“. J. Inst. Metals, t. 78, nr 4, grudz. 50, s. 351; A4, 43 str., 9 rys., 23 wykr., 6 tabl., 2 mikrogr., poz. bibl. — Badania nad prasowaniem i spiekaniem proszków miedzi elektrolitycznej. Wpływ różnych stopni utleniania powierzchniowego proszków miedzi na przebieg i wyniki spiekania. Wpływ atmosfer gazowych kontrolowanych przy ogrzewaniu na własności proszków spiekanych.

47* Alc 621.775:621.74.04 B5—4.52

Proswir W. S., Rakowski W. S., Siłajew A. F. **Metoda otrzymywania proszków metali drogą rozpylania ciekłych stopów.** „Połączenie metalicznych poroszków raspyleniem żidkich spławow“. Wiestn. Maszinostr., t. 31, nr 7, lip. 51; A4, 5,5 str., 3 rys., 1 wykr., 7 mikrogr., 1 tabl. — Technologia produkcji proszków. Własności proszków i próbek z nich wykonywanych. Efekty ekonomiczne nowej metody.

48* Ala:Alb 620.91:669.16:669.14 B5—4.52

Rueckel W. C. **Przegląd zasobów światowych węgla i rud żelaznych oraz ich zastosowania do produkcji stali.** „A review of world coal and iron ore resources and their utilisation for manufacture of steel“. Cz. I. Blast Furn., t. 39, nr 2, luty 51, s. 195; A4, 5 str., 3 rys., 1 tabl. — Na zasadzie wydobywania w latach 1947—1949 podano, w procentowym rozliczeniu na poszczególne państwa i kontynenty, statystyczne dane odnośnie światowej produkcji węgla i rudy żelaznej.

49* Ala:Alb 620.91:669.16:669 B5—4.52

Rueckel W. C. **Przegląd zasobów światowych węgla i rud żelaznych oraz ich zastosowania do produkcji stali.** „A review of world coal and iron ore resources and their utilisation for manufacture of steel“. Cz. II. Blast Furn., t. 39, nr 3, marz. 51, s. 327; A4, 6 str., 1 rys., 1 tabl., 4 poz. bibl. — Produkcja koksu, rud żelaza i surowki w poszczególnych państwach ze szczególnym uwzględnieniem Europy.

50* Ala:Alb 620.91:669.16:669:14 B5—4.52

Rueckel W. C. **Przegląd zasobów światowych węgla i rud żelaznych oraz ich zastosowania do produkcji stali.** „A review of world coal and iron ore resources and their utilisation for manufacture of steel“. Cz. III. Blast Furn., t. 39, nr 4, kwiec. 51, s. 426; A4, 13 str., 8 rys., 15 poz. bibl. — Produkcja stali w państwach europejskich, Japonii i Stanach Zjednoczonych. Dane statystyczne. Rozmieszczenie zakładów produkcyjnych w poszczególnych krajach. Perspektywy rozwoju produkcji.

51* Ala:Alb 620.91:669.16:669.14 B5—4.52

Rueckel W. C. **Przegląd zasobów światowych węgla i rud żelaznych oraz ich zastosowania do produkcji stali.** „A review of world coal and iron ore resources

and their utilisation for manufacture of steel“. Cz. IV. Blast Furn., t. 39, nr 5, maj 51, s. 540; A4, 9 str., 7 rys. — Wydobywanie węgla i rud metali oraz produkcja surowki i stali w Kanadzie, Indiach, Australii, Południowej Afryce, Brazylii, Chili i Argentynie.

A2 — Odlewnictwo

52* A2a 621.74.04 B5—4.52

Gorkusza P. S., Kononow D. R., Kuprijanow F. A. **Zastosowanie nadlewów z nadciśnieniem powietrzem w odlewnictwie stali.** „Pribyli z wozdusznym dawleniem w tiechnologii stalnowo lit'ja“. Litielnoje Proizw., nr 7, lip. 51, s. 10; A4, 3 str., 4 rys., 4 tabl. — Konstrukcja i wykonanie nadlewów. Tabele wymiarów nadlewów z nadciśnieniem powietrznym. Wpływ tego typu nadlewów na własności staliwa oraz na koszty produkcji.

53* A2a 621.745 B5—4.52

Karskij W. E. **Zastosowanie dodatków siarki i telluru przy odlewaniu odbielonych walców.** „Primienienie prisadok siery i tiellura pri otlivkie otblennych walcow“. Litielnoje Proizw., nr 7, lip. 51, s. 7; A4, 3 str., 2 fot., 2 wykr., 2 mikrogr., 2 tabl. — Optymalne ukształtowanie warstwy powierzchniowego odbielania. Wpływ na nią małych dodatków siarki i telluru. Technologia przygotowania wytopu z dodatkiem S i Te. Wnioski.

54* A2a: A4a: A4c 621.746:621.745 B5—4.52

Choroszew I. I. **Perlityczno-ferrytyczne żeliwo ciągliwe, jego cechy konstrukcyjne i technologia produkcji.** „Pierlito-fierritnyj kowkij czugun jego konstrukcionnyje swojstwa i tiechnologia połączenia“. Wiestn. Maszinostr., t. 30, nr 6, czerw. 50, s. 21; A4, 7 str., 7 rys., 3 tabl. — Szczegółowy opis otrzymywania perlityczno-ferrytycznego żeliwa ciągliwego metodą: a) normalizacji, b) podwyższenia zawartości manganu, c) przyspieszonego studzenia w drugim etapie grafityzacji. Zastosowanie tego typu żeliwa jako materiału zastępującego żelazne stopy kolorowe (brązy) oraz jako surowca do wyrobu odpowiedzialnych części maszyn rolniczych, traktorów itp.

55* A2a: A4c 621.746:621.893 B5—4.52

Gostiew B. I., Uszakow A. D. **Zastosowanie żeliwa sferoidalnego do produkcji tulejek.** „Primienienie czuguna so sferoidalnym grafitom dla izgotowlenja wtułok bałansira“. Litielnoje Proizw., nr 4, s. 16; A4, 2,5 str., 2 wykr., 6 mikrogr., 1 rys., 3 tabl. — Wytop, składki chemiczne oraz własności antyścierne żeliwa sferoidalnego na tulejki. Badania wykazały, iż żeliwo sferoidalne przeważa pod względem odporności na wytarcie wysokowartościowe żeliwa perlityczne o graficie płytkowym.

56* A2a: A4b: A4a: C4i 621.74.03:621.746:620.17:620.18 B5—4.52

Goldsztejn Ja. E. **Lane wały korbowe.** „Lityje kolenchatyje wały“. Wiestn. Maszinostr., t. 30, nr 2, luty 50, s. 1; A4, 4 str., 11 rys., 2 tabl., 8 poz. bibl. — Produkcja żeliwnych wałów korbowych do traktora S—80. Wały odlewano z żeliwa stopowego, które następnie zastąpiono przez żeliwo modyfikowane. Analizując własności wytrzymałościowe i metalograficzne żeliw stwierdzono, iż najwłaściwszym do tego celu będzie żeliwo o: a) jak najmniejszym skurczu, b) możliwie najmniejszym module sprężystości, c) jak największej sumie C + S przy jednoczesnej jak największej wytrzymałości, d) możliwie dużej ilości wolnego grafitu.

57* A2a: A5a 621.785:621.746 B5—4.52

Hostinský Z. **Postęp techniczny ZSRR przy produkcji żeliwa ciągliwego.** „Nowé technologické pochody

A — TECHNOLOGIA METALI c. d.

pri wyrobie kujné litiny v SSSR. Na podstawie radzieckiej książki Torpanowa „Modificirowannyj kownik czugun” wydanej w 1947 r. autor omawia nowe metody produkcji żeliwa ciągliwego. W szczególności podkreśla wpływ składu chemicznego na grafityzację oraz porusza metody przyspieszonej grafityzacji żeliwa ciągliwego.

58* A2b 621.74.04 B5—4.52

Ipatow N. K., Fatiejew W. A., Kozeurow. **O obliczeniowym określaniu wymiarów nadlewów stalowych.** „K razczotnomu opriedielenju razmierow pribyliej na stalnych otlivkach”. Wiestn. Maszinostr., t. 30, nr 6, czerw. 50, s. 27; A4, 3 str., 4 rys. — Na zasadzie przeprowadzonych doświadczeń nad zastosowaniem krytych nadlewów wyposażonych w przegrodę opracowano wnioski pozwalające na racjonalne odlewianie stali. Wnioski prowadzące do znacznych oszczędności w ciekłym metalu.

59* A2b 621.74.04 B5—4.52

Masłow A. M., Potasznikow Ł. G. **Próba zastosowania nadlewów „wybuchowych” przy produkcji odlewów żeliwnych.** „Opyt primienienija dla czugunnowo lit’ja zakrytych pribylej, rabotajuszczich pod gazowym dawleniem”. Wiestn. Maszinostr., t. 30, nr 6, czerw. 50, s. 36; A4, 1 str., 5 rys. — Przeprowadzane próby zastosowania nadlewów wybuchowych przy odlewaniu korpusów zaworów na 225 atm. o wadze 700 kg spowodowały spadek procentowy braków z 75% na 8% przy jednoczesnym wzroście własności wytrzymałościowych.

60* A2b 621.74.03 B5—4.52

Ryżikow A. A. **Odlewanie przedmiotów kształtu kołowego.** „Otlivka detalej kolesnowo tipa”. Litielnoje Proizw., nr 4, kwiec. 51, s. 2; A4, 6 str., 1 fot., 17 rys., 1 wykr., 2 tabl. — Metody odlewania i rozmieszczania nadlewów w różnego typu kołach zębatych, pasowych, zamachowych itp. Obliczenia stygnięcia odlewów oraz przeliczenia wielkości deformacji jakiej podlegają koła przy krzepnięciu.

61* A2b 621.74.04 B5—4.52

Szub I. E. **Produkcja precyzyjnych odlewów stalowych w budowie maszyn.** „Proizvodstwo tocznych otlivok w maszynostrojenii”. Litielnoje Proizw., nr 7, lip. 51, s. 2; A4, 5 str., 2 fot., 4 rys., 1 wykr., 1 tabl. — Zarys historyczny odlewnictwa precyzyjnego. Asortyment produkcyjny stalowych odlewów precyzyjnych. Efekt ekonomiczny odlewania stali metodą „na stracony воск”. Dokładny opis wykonywania modeli i form oraz sposobów zalewania.

62* A2:A4a 621.746:620.18 B5—4.52

Pronow A. P. **Przyczyny powstawania przy krystalizacji z ciekłej fazy różnorodnych struktur stali.** „Pricziny obrazowanija razlicznych tipow pierwicznoj struktury pri kristalizacii stali”. Izv. Akad. Nauk SSSR., Otd. tiechn. Nauk, nr 4, kwiec. 51, s. 576; B5, 3,5 str., 1 rys., 3 mikrogr. — Intensywność chłodzenia stali przy krzepnięciu ma mniejsze znaczenie niż własność ciekłej stali. Drobnziarnistą budowę staliwa można otrzymać przy zalewaniu formy ciekłą stalą chłodzoną do temperatury likwidusu.

63* A2b:C4c 621.746:620.171 B5—4.52

Krieszczanowski N. S., Piszczew W. N. **Odlewanie austenicznej stali manganowej na próbki do badania uduardności.** „Otlivka obrazcow dla issledowanija uduardnoj wiakzosti manganowistoj austenitnoj stali”. Litielnoje Proizw., nr 4, kwiec. 51, s. 30; A4, 1 str., 1 fot., 1 tabl. — Nowy sposób odlewania próbek w rdzeniach z jednoczesnym zalaniem 6—8 sztuk zapobiega wadom odlewniczym i daje minimalny rozrzut pomiaru.

64* A2c 621.742:621.746.7 B5—4.52

Rutheford N. B. **Wpływ materiału formy i dodatków stopowych na reakcję „metal-forma” w stopach miedziowych.** „The effect of mould material and alloying elements on metal/mould reaction in copper-base alloys”. J. Inst. Metals, t. 18, czerw. 51, s. 189; B5, 23 str., 2 fot., 5 wykr., 4 tabl. — Wyniki badań reakcji między metalem i formą na brązach fosforowych (10% Sn, 0,5% P) i armatnich (8% Sn, 4% Zn). W charakterze mas formierskich używano różnorodne naturalne i syntetyczne piaski i lepiszcza. Jako dodatki stopowe wprowadzono Ca, Be, Cr, Si, V, Al, Ni, Fe, Mn, Mg, w ilościach od 0,01 do 0,5%.

65* A2c 621.74.04:621.742:621.744 B5—4.52

Sulzer W. H. **Produkcja odlewów precyzyjnych.** „Das Präzisionsgiessverfahren”. Techn. Rdsch., nr 50, grudz. 50, s. 1; 2,5 str., 9 rys., 2 wykr. — Produkcja odlewów precyzyjnych „na stracony воск” dla przemysłowych. Wyrobów precyzyjnych oraz biżuterii i innych przedmiotów artystycznych. Sposób wykonywania modeli, zestawiania, suszenia i wypalania form, topienia wsadu, zalewania oraz oczyszczania i kontroli. Sprawy materiałowe oraz przykłady zastosowań.

66* A2c:A4c:C4c 621.74.03:620.172 B5—4.52

Ruddle R. W. **Związek między danymi z próby rozciągania płyt odlewanych ze stopów aluminium a gradientem temperatur w czasie krzepnięcia.** „Correlation of tensile properties of aluminium alloy plate castings with temperature gradients during solidification”. J. Inst. Met., marz. 50, s. 37; A5, 22 str., 5 rys., 8 tabl., 9 wykr., poz. bibl. — Zależność między spoiwością budowy i wynikami z próby rozciągania próbek wyciętych z płyt aluminium i ze stopu Al — 4,5% Cu, odlanych przy 700°C a gradientem temperatur istniejącym w czasie krzepnięcia odlewu. Gradienty te są znaczniejsze w cienkich płytach (0,5 cala), a własności mechaniczne tych płyt lepsze, niż płyt o innych grubościach. Ruddle podaje teoretyczne wyjaśnienie obserwowanych zjawisk. Obniżenie temperatury lania powoduje pewien wzrost spoiwości odlewu i polepszenie własności przy rozciąganiu, zaś podwyższenie tej temperatury spowoduje znaczne pogorszenie własności płyt grubych. Wymiary odlewanych płyt 12 × 6 cali i grubość od 0,25 do 1,5 cala.

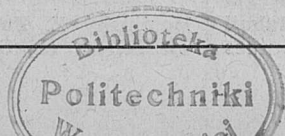
67* A2:A5a 621.74:669.71 B5—4.52

Thall B. M., Chalmers B. **Modyfikacja stopów aluminium z krzemem.** „Modifiacton in aluminium — silicon alloys”. J. Inst. Met., marz. 50, s. 79; A5, 21 str., 10 rys., 4 tabl., 10 wykr., 3 mikrogr., poz. bibl. — Proponowane wcześniej wyjaśnienia polepszenia własności strukturalnych siluminów modyfikowanych z niewielkim dodatkiem sodu, były często sprzeczne i niedostateczne. W obecnej pracy ponownie oznaczono analizy cieplne siluminów modyfikowanych oraz zawartości sodu stosując do tych ostatnich technikę opartą na radioaktywności. W wyniku stworzonej nowej teorii modyfikacji; opartą na działaniu sodu na równowagę naprężeń międzypowierzchniowych w czasie krzepnięcia. Dane doświadczalne wyjaśniono stosując tę teorię do mechanizmu krzepnięcia eutektyki.

Niniejszy Przegląd Bibliograficzny zawiera jedynie część analiz dokumentacyjnych publikacji z zakresu techniki. Pełna dokumentacja ukazuje się w postaci kart dokumentacyjnych wydawanych przez Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej (Warszawa, ul. Ligocka 8) — CIDNT przyjmuje prenumeratę kart dokumentacyjnych, która może obejmować zarówno całą dokumentację naukowo-techniczną, jak i oddzielne jej działy lub poszczególne zagadnienia i tematy techniczne. Cena karty dokumentacyjnej wynosi w prenumeracie 10 groszy.

CIDNT wykonuje (za zwrotem kosztów) fotokopie i mikrofilmy publikacji objętych zarówno przeglądem bibliograficznym jak i kartami dokumentacyjnymi.

Gwiazdkami, obok porządkowych liczb artykułów, oznaczone są publikacje znajdujące się w bibliotekach poszczególnych ośrodków.



Książki nadesłane

Instytut Techniki Budowlanej — INSTRUKCJA O STOSOWANIU OGRZEWANIA PARĄ DO ROBÓT ZIMOWYCH — Format A5, str. 16, PWT, Warszawa 1951. Cena zł 0.70.

Instytut Techniki Budowlanej — INSTRUKCJA O WYKONYWANIU ROBÓT BETONOWYCH I ŻELBETOWYCH ZIMĄ — wyd. III, Format A5, str. 30, PWT, Warszawa 1951 — Cena zł 1.50.

Biblioteka metrologiczna Głównego Urzędu Miar — *Mgr inż. J. Noworyta* — WSKAZÓWKI DLA UŻYTKOWNIKÓW WAG — Format A5, str. 63, tablic 5, rys. 34, PWT, Warszawa 1951. Cena zł 4.50.

W książce tej omówiono różne rodzaje wag, podano ich zastosowanie wraz ze sposobami obsługi i konserwacji.

Książka zaznajamia użytkowników wag z obowiązkami wagowych, przepisami legalizacyjnymi oraz zawiera tablice uchybień różnych rodzajów wag.

Mgr inż. Stanisław Wołoszyn — WYKAZ MATERIAŁÓW STOSOWANYCH DO WYROBU URZĄDZEŃ ODPORNYCH NA KOROZJĘ — Format A5, str. 143, PWT, Katowice 1951. Cena zł 14.—

Książka zawiera alfabetyczny spis materiałów odpornych na najważniejsze ośrodki korozyjne oraz wykaz tych ośrodków.

Głównym zadaniem tej książki jest ogólne zorientowanie zainteresowanych w zagadnieniu materiałów odpornych na korozję oraz pomoc przy doborze najbardziej ekonomicznego materiału dla pracy w projektowanym ośrodku korozyjnym.

W „Wykazie” wiele materiałów posiada nazwy obce, w większości ze względu na dotychczasowy jeszcze brak w polskiej terminologii określeń powszechnie dla nich obowiązujących. Większość krajowych odpowiedników tych materiałów znajdzie czytający przy opisie odpowiedniej grupy materiałów.

Książka przeznaczona jest dla konstruktorów, techników, mistrzów oraz pracowników działów zaopatrzenia przemysłu chemicznego i innych.

OSZCZĘDNA GOSPODARKA WĘGLEM — Format B5, str. 339, rys. 112, tablic 25, PWT, Warszawa 1951. Cena zł 38.—

Celem pracy jest podanie głównych zasad gospodarki węglem oraz gospodarki cieplnej w przemyśle, ponadto zaś wskazanie dróg oszczędności w tej dziedzinie. W pracy zostały zamieszczone odpowiednie zarządzenia władz państwowych, dotyczące gospodarki cieplnej oraz podane normy. Książka jest przeznaczona dla inżynierów i techników energetyków zatrudnionych w zakładach przemysłowych oraz dla kierowników ruchu fabrycznego.

Mieczysław Markuszewicz i Jerzy Haas — WADY HUTNICZYCH WYROBÓW STALOWYCH — Format B5, str. 223, rys. 316, PWT, Katowice 1952. Cena zł 80.

Książka ujmuje najczęściej spotykane wady hutniczych wyrobów stalowych z podaniem ich terminologii w języku rosyjskim, niemieckim, angielskim oraz najważniejsze przyczyny ich występowania. Uwzględniono również przyczyny ujemnych wyników najważniejszych prób odbiorczych.

Książka przeznaczona jest dla inżynierów, techników i mistrzów biorących udział w produkcji, odbiorze i użytkowaniu hutniczych wyrobów stalowych; korzystać z niej mogą również słuchacze średnich i wyższych szkół technicznych.

Inż. W. Mołoczek — REMONT TURBIN PAROWYCH — Format B5, str. 392, rys. 195, tablic 23, PWT, Warszawa 1952. Cena zł 54.—

Książka zawiera zasadnicze wiadomości o metalach, materiałach, narzędziach i urządzeniach stosowanych przy naprawach i przeglądach turbin parowych. Omawia ona jako temat główny organizację i wszelkie czynności związane z rozebraniem, przeglądem, naprawą i składaniem samych turbin parowych oraz związanych z nimi urządzeń.

Książka jest przeznaczona dla ruchowców: inżynierów i techników specjalistów, może być również z pożytkiem czytana przez brygadzystów i pracowników wykwalifikowanych.

Feliks Zalewski — UKŁADANIE I UTRZYMYWANIE TORÓW KOPALNIANYCH — Biblioteczka Górnicza, tomik 16 — Format A5, str. 171, rys. 168, PWT, Katowice 1952. Cena zł 11.50.

Praktyczny opis robót ziemnych oraz części składowych torów kolejowych z podaniem ich właściwości i zastosowania w kopalnianych torach na powierzchni i w podziemiu. Sposoby i porządek układania torów, ich utrzymywanie oraz przyczyny psucia się torów jak i skutki stosowania nieodpowiednich szyn i osprzętu.

Książka przeznaczona jest do użytku dozoru i robotników oraz uczniów szkół zawodowych.

Inż. P. Wielichow — MONTAŻ KONSTRUKCJI STALOWYCH — tłumaczył *inż. W. Sochacki* — Format A5, str. 236, rys. 167, tablic 28, PWT, Katowice 1952. Cena zł 18.50.

Książka zawiera wiadomości teoretyczne i praktyczne montażu konstrukcji stalowych, zarówno w dziedzinie budowy obiektów nowych, jak i odbudowy zniszczonych. Autor opisuje dźwignice stosowane przy montażu, sprzęt pomocniczy, różne metody montażu, konstrukcję rusztowań, nitowanie, wiercenie, cięcie tlenem i spawanie związane z wykonaniem tych robót na placu montażowym.

Omówione są również zagadnienia organizacji robót montażowych, projektowania i techniki bezpieczeństwa. Jakkolwiek — ze względu na rok wydania (1948) — książka nie uwzględniła ostatnich zdobyczy techniki radzieckiej, jednak zawiera ona treść interesującą techników i inżynierów zatrudnionych przy montażu; może być również dla słuchaczy średnich szkół technicznych.

Mgr inż. I. Borejdo — HUTNICTWO W PLANIE 6-LETNIM — Format A5, str. 75, rys. 42, PWT, Warszawa 1952. Cena zł 6.—

Inż. E. Czyż — WZORY I PRZYKŁADY LICZBOWE OBLICZEŃ STATYCZNYCH — zeszyt IX, Instytut Techniki Budowlanej — Format A5, str. 55, rys. 61, tablic 4, PWT, Warszawa 1952. Cena zł 5.50.

Praca omawia zagadnienia ściskania i rozciągania mimośrodowego oraz ściskania i rozciągania ze zginaniem. Podaje wzory i tablice służące do projektowania oraz ich praktyczne zastosowanie.

Książka przeznaczona jest dla inżynierów, studentów wydziału inżynierii i praktykujących statyków.

Inż. Eugeniusz Czyż — WZORY I PRZYKŁADY LICZBOWE OBLICZEŃ STATYCZNYCH — zeszyt X — Instytut Techniki Budowlanej — Format A5, str. 316, rys. 92, tablic 5, PWT, Warszawa 1952. Cena zł 8.—

Praca omawia zagadnienia związane z projektowaniem stropów. Podaje wzory, tablice służące do projektowania oraz ich praktyczne zastosowanie. Książka przeznaczona jest dla inżynierów budowlanych, studentów inżynierii i praktykujących statyków.

M. Nowikow — KONSTRUKCJA PRZYRZĄDÓW MONTAŻOWYCH — tłumaczył *inż. Wacław Ostrowski* — Format B5, str. 280, rys. 279, tablic 27, PWT, Warszawa 1952. Cena zł 42.—

Książka zawiera opisy i obliczenia przyrządów montażowych oraz zasady ich konstrukcji. Przeznaczona jest dla konstruktorów przemysłu maszynowego, specjalizujących się w projektowaniu przyrządów montażowych oraz dla studentów wydziałów mechanicznych.

Inż. St. Roszkowski — BEZPIECZEŃSTWO PRACY PRZY PĘDNIACH — Centralny Instytut Ochrony Pracy — Format A5, str. 81, rys. 85, PWT, Warszawa 1952. Cena zł 10.—

Książka zawiera praktyczne dane i wskazówki dotyczące bezpieczeństwa pracy przy pędniach. Praca jest przeznaczona dla referentów zakładowych bhp oraz dla techników zakładowych odpowiedzialnych za bezpieczeństwo pracy przy pędniach.

DO PRENUMERATORÓW

Stosownie do zarządzenia Ministerstwa Poczt i Telegrafów z dnia 16 kwietnia 1952 roku nr P.C.243, dotychczasowa forma prenumeraty bezpośredniej, to znaczy zamawianej indywidualnie przez prenumeratorów w PPK, „Ruch“ za pomocą przekazów pocztowych lub blankietów PKO, z dniem 15 maja zostaje zniesiona, natomiast wprowadza się prenumeratę zleconą, polegającą na tym, że prenumeratorzy zamawiają czasopisma techniczne w urzędach pocztowych lub u listonoszy.

W związku z powyższym Administracja Czasopism Technicznych NOT wyjaśnia, że zarządzenie to dotyczy tylko prenumeratorów indywidualnych, nie dotyczy natomiast prenumeraty ulgowej zbiorowej zgłoszonej przez stowarzyszenia i oddziały NOT oraz urzędy i instytucje, które zgłaszają prenumeratę na dotychczasowych warunkach, wpłacając należność na właściwe konto PKO czasopisma.

Termin składania zamówień na II półrocze 1952 i wpłacania należności upływa z dniem 15 czerwca 1952.

W celu zabezpieczenia terminowego otrzymania czasopisma prosimy naszych Czytelników o dotrzymanie powyższego terminu.

Biblioteki Naczelnej Organizacji Technicznej

Biblioteka Główna – Warszawa, Czackiego 3-5

POSIADA:

czytelnię czasopism

obejmującą 1400 tytułów czasopism technicznych

bibliotekę podręczną

z działami: encyklopedii w 450 woluminach
słowników „ 150 „
podręczników
podstawowych „ 550 „

księgozbiór

w ilości 10.000 woluminów, obejmujący wydawnictwa techniczne, techniczno - gospodarcze i literaturę marksistowską.

Biblioteka uzupełnia stale swój księgozbiór wszelkimi nowymi publikacjami technicznymi polskimi, zagranicznymi, jak również wydawnictwami antykwarycznymi.

Biblioteka i czytelnia

czynne są codziennie, w dni powszednie w godzinach 9 – 19.

biblioteki oddziałowe NOT

w Białymstoku	w Gliwicach	w Lublinie	w Płocku
„ Bydgoszczy	„ Katowicach	„ Łodzi	„ Poznaniu
„ Częstochowie	„ Kielcach	„ Olsztynie	„ Rzeszowie
„ Gdańsku	„ Krakowie	„ Opolu	„ Szczecinie
w Wałbrzychu		w Wrocławiu	

są zaopatrzone

w literaturę techniczną polską i zagraniczną

posiadają

księgozbiory, obejmujące wydawnictwa techniczno-gospodarcze, ogólnotechniczne i branżowe oraz literaturę marksistowską, są dobrze zaopatrzone w techniczne czasopisma polskie i zagraniczne, w szczególności radzieckie.