

Biblioteka

63

PRZEGLĄD MECHANICZNY

A 1192 H

MIESIĘCZNIK NAUKOWO-TECHNICZNY



Toczenie stali stopowej przy zastosowaniu podgrzewania strefy skrawania za pomocą induktora prądów wysokiej częstotliwości (p. art. wewn. zeszytu).

ROK XI

MAJ 1952



ZESZYT 5

WYDAWNICTWO NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ

Zwiększoną produkcją uczcił przemysł metalowy 60-lecie urodzin <i>Prezydenta Bolesława Bieruta</i> oraz święto 1 Maja	177
ARTYKUŁY GŁÓWNE	
<i>Mgr inż. Stanisław Rytwiński</i> — Skrawanie metali w podwyższonych temperaturach	179
<i>Mgr inż. J. Joffe</i> — Obliczanie sztywności stykowej obrabiarek	186
<i>Mgr inż. Tadeusz Sawicki</i> — Przyrządy pneumatyczne do pomiarów liniowych	193
<i>Dr inż. Tadeusz Jakubowski</i> — Zamiennność selekcyjna (<i>dokończenie</i>)	196
<i>Prof. inż. Kazimierz Zembrzusi</i> — Wpływ charakterystyki parowozu na jego zdolność przewozową	201
<i>Dr inż. Stefan Perycz</i> — Zagadnienie najkorzystniejszego podziału w wieńcach łopatkowych turbin parowych i spalinowych	208
<i>Mgr inż. Kazimierz Wiszowaty</i> — Uwagi o przemyśle drobnych konstrukcji i ich elementów w świetle wiedzy technicznej	212
PRZEGLĄD PRASY TECHNICZNEJ	
Elektrokontaktowe nagrzewanie prądem normalnej częstotliwości	214
Zastosowanie węgla sztucznego jako materiału łożyskowego	216
Automatyczna produkcja puszek do konserw	217
BIBLIOGRAFIA	
WIADOMOŚCI SIMP	
KRONIKA	
Do zeszytu załączony jest Przegląd Bibliograficzny Mechaniki (str. 4).	

СОДЕРЖАНИЕ
ГЛАВНЫЕ СТАТЬИ
Резание металлов при повышенных температурах
Расчеты станков на контактную жесткость
Пневматические приспособления для линейных измерений
Селективная заменимость (окончание)
Влияние характеристики паровоза на его провозоспособность
Проблема наиболее выгодного распределения в лопатных венцах турбин паровых и внутреннего сгорания
Замечания о производстве мелких конструкции и их элементов с точки зрения технических наук
ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ
БИБЛИОГРАФИЯ
СООБЩЕНИЯ СИМП
ХРОНИКА

CONTENTS
GENERAL ARTICLES
Hot cutting of metals
Calculation of contact rigidity of machine tools
Pneumatic apparatus for length measurements
Selective interchangeability (conclusion)
Operating characteristics and its influence upon hauling capacity of a steam locomotive
Problem of optimal division among the rows of blades in steam and gas turbines
Fine mechanics industry from the viewpoint of technical science
TECHNICAL PRESS REVIEW
BIBLIOGRAPHY
SIMP BULLETIN
CHRONICLE

SOMMAIRE
ARTICLES GENERAUX
La coupe des métaux sous des températures élevées
Calcul de rigidité de contact de machines outils
Appareils pneumatiques de mesures linéaires
Conversion selective (fin)
Influence de la caractéristique d'une locomotive sur sa capacité de transport
Problème de la plus avantageuse répartition dans les courones des aubes des turbines à vapeur et à combustion interne
Remarque sur l'industrie des petites constructions et de leurs éléments du point de vue de la science technique
REVUE DE LA PRESSE TECHNIQUE
BIBLIOGRAPHIE
BULLETIN SIMP
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 PIATKIEWICZ, prof. inż. ZDZISŁAW
 RYTEL, prof. dr inż. ROBERT SZEWAŁSKI, mgr inż. LECH STRZELECKI, mgr inż. JÓZEF 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.

PRZEGŁĄD MECHANICZNY

MIESIĘCZNIK NAUKOWO-TECHNICZNY

STOWARZYSZENIA INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW MECHANIKÓW POLSKICH

REDAKCJA: WARSZAWA, CZACKIEGO 3/5, TEL. 8-95-10 w. 48

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

Zwiększoną produkcją uczcił przemysł metalowy 60-lecie urodzin Prezydenta Bolesława Bieruta oraz święto 1 Maja

Słowa, które łączą dziś nasz naród w wielkim wysiłku, które wysuwają hasło ogólnonarodowego frontu walki o plan 6-letni to — pokój i socjalizm. Kiedy słyszymy słowo pokój to myślimy o wypowiedzi Prezydenta Bolesława Bieruta: „Niech każdy Polak, miłujący swój kraj, wzmacnia swą czujność wobec podstępnych knowań wroga, niech nie szczędzi wysiłku w umacnianiu sił gospodarczych Polski Ludowej, niech gotowością do ofiarnej pracy dla swego narodu daje wzór i przykład swego patriotyzmu, niech gotowością do obrony pokoju służy ludzkości“.

A gdy słyszymy słowo socjalizm, to znowu przypominamy sobie Jego słowa: „Socjalizm zapewnia społeczeństwu wspaniały rozwój wzwyż, pomnaża społeczne siły wytwórcze, wznosi na nierównie wyższy poziom osiągnięcia myśli ludzkiej, rozwija zdobywcze techniki“.

Tak więc, jak widać, osoba Prezydenta Bieruta wiąże z najistotniejszymi dążeniami naszego narodu, jest symbolem naszego przeistaczania się w państwo socjalistyczne. I gdy padło wezwanie robotników Pafawagu, uczczenia 60-lecia urodzin Prezydenta Bolesława Bieruta oraz zbliżającego się święta 1 Maja przez czyny produkcyjne, naród wdzięczny swojemu wielkiemu Synowi i Przywódcy manifestuje na cześć Jego urodzin wspaniałym darem zobowiązań produkcyjnych, które przyspieszają budownictwo socjalistyczne i umacniają siły Polski Ludowej — ważnego ogniwa światowego frontu pokoju.

Połączenie dwóch świąt — urodzin Prezydenta Bolesława Bieruta i Święta Pracy 1 Maja, znajdujące swój wyraz w zobowiązaniach podjętych na ich cześć, nie jest przypadkowe. Po pierwsze dlatego, że życie Bolesława Bieruta jest nierozłącznie związane z dziejami walki i osiągnięć narodu polskiego. Po drugie, że ogromny jest Jego wkład w ukształtowanie się tej walki o wyzwolenie i władzę, do której poprowadził polski lud pracujący, dając mu w ten sposób możliwość włączenia się w szeregi zwycięskiego socjalizmu.

Jako nieugięty bojownik, od najmłodszych lat Bolesław Bierut walczył o lepszy los i lepszą przyszłość człowieka pracy, o wydobyć z mas pracujących najsłabiej wartości, talentów i uzdolnień. W najcięższym momencie dziejowym narodu polskiego stanął na czele ludu pracującego, do walki o niepodległość i wyzwolenie. Pierwszy Prezydent Polski Ludowej czynnie uczestniczył w odbudowie kraju, w zespoleniu Ziemi Odzyskanych ze starym krajem, daje wskazania i wytycza plan nauki, kultury i sztuki. U podstaw osiągnięć Polski Ludowej wbudował przyjaźń i braterstwo ze Związkiem Radzieckim, którego pomoc i doświadczenie towarzyszy wysiłkom narodu polskiego nad umacnianiem siły gospodarczej i politycznej Ojczyzny.

Pamiętając Jego słowa wypowiedziane w orędziu noworocznym do narodu — „Przodownicy pracy! Wam Polska Ludowa w pierwszym rządzie zawdzięcza swe dotychczasowe osiągnięcia. Za Waszym przykładem ulepszają swą pracę milionowe zastępy robotników, od Was uczą się ofiarności w pracy, polepszania metod pracy, pomnażania wydajności naszego ogólnonarodowego twórczego wysiłku” — lud pracujący na czele ze swoimi przodownikami ofiaruje Mu właśnie to co jest najpiękniejsze i najbardziej wartościowe w naszym ustroju — zobowiązania produkcyjne.

Poważne miejsce w ogólnonarodowych zobowiązaniach zajął przemysł metalowy. Jakkolwiek podsumowanie ich byłoby może zbyt przedwczesne i w chwili obecnej nie dałoby całokształtu osiągnięć, jakie w rzeczywistości na tym odcinku naszej gospodarki narodowej podjęto, jednak niech przytoczone poniżej fragmenty niektórych zobowiązań świadczą, jakim potężnym echem odbiło się wezwanie Pafawagu, i jak kochają i wielbią swojego Prezydenta pracownicy przemysłu metalowego. Oto one:

20 traktorów — 60 kompletów części dostarcza ponad plan załoga zakładów „Ursus”; 1700 dodatkowych ton stali wyprodukuje huta „Pokój”; 10 samochodów ponad plan oraz szereg innych cennych zobowiązań podjęła FSC w Lublinie; 3 samochody ponad plan do 18 kwietnia oraz wprowadzenie nowoczesnych metod obróbki mechanicznej — załoga Starachowickich Zakładów Samochodowych; wielomilionowe sumy wygospodarują metalowcy Poznania (ZISPO), m. in. dzięki usprawnieniu pracy przy obróbce mechanicznej metali; 4 samochody ponad plan ofiaruje załoga FSO na Żeraniu; 110% planu produkcyjnego w marcu i 102% w kwietniu postanawia wykonać załoga Zakładów im. K. Świerczewskiego; 111% planu produkcyjnego w marcu i kwietniu — Zakłady im. 22 Lipca; ponadplanową produkcję o wartości 3015 tysięcy złotych dadzą Zakłady Wytwórcze Maszyn Elektrycznych im. F. Dzierżyńskiego we Wrocławiu; załoga Zakładów T-11 wykona plan produkcyjny w miesiącach marcu i kwietniu w 102 i 105 procentach; 90 siewników rządowych oraz 6,4 tony części zamiennych do różnych maszyn rolniczych wyprodukuje fabryka maszyn rolniczych „Kraj” w Kutnie; załoga Warszawskich Zakładów Budowy Urządzeń Przemysłowych wykona plan produkcyjny w I kwartale br. na 4 dni przed terminem; załoga Zakładów Starachowickich postanowiła wprowadzić od 15 czerwca br. metodę inż. Kowalowa na 88 stanowiskach pracy; wiertacz Żychliński z „Ursusa” wykona do końca 1955 r. po raz drugi swe 6-letnie zadania; załoga Zakładów Urządzeń Technicznych „Zgoda” w Świętochłowicach wykona plan produkcyjny na I kwartał br. w 104 procentach...

W ślad za pracownikami przemysłu również pracownicy naukowcy zatrudnieni w Instytutach Naukowych i Zakładach, profesorowie i studenci wyższych uczelni, na wezwanie Instytutu Chemii Przemysłowej zadeklarowali szereg cennych zobowiązań, włączając się do ogólnonarodowej fali zobowiązań podjętych dla uczczenia 60-lecia urodzin Prezydenta Bolesława Bieruta i dla uświęcenia zbliżającego się święta międzynarodowej solidarności klasy robotniczej — 1 Maja.

Zobowiązania te to dowód, że polskie masy pracujące rozumieją i posiadają głęboką świadomość, że one właśnie są współgospodarzami kraju i na nich spoczywają sprawy naszej gospodarki ogólnopństwowej. Ta troska o wspólne dobro, troska, która staje się sprawą najbardziej osobistą każdego człowieka pracy, to wynik wskazań i nauk naszego Prezydenta. Dlatego też naród polski włożył w zobowiązania podjęte i ich realizację cały swój wysiłek i inwencję zrodzoną z głębokiej wdzięczności dla Tego, który prowadzi nas po zwycięskiej drodze do socjalizmu, który na czele Komisji przygotowującej projekt Konstytucji ujął i utrwalił zdobycze polskiego ludu pracującego — w Konstytucji Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej.

Dzień 1 Maja w roku bieżącym to dzień podsumowania zwycięskich zobowiązań, zbliżających polskie masy pracujące i cały naród do przedterminowego wykonania planu 6-letniego. Radośnie rozbrzmiewa w ten dzień nasza odrodzona stolica, tysiące miast i wsi w Polsce oraz w całym świecie, w poczuciu dumy z własnych osiągnięć, solidarności i braterstwa wszystkich ludów walczących o pokój i wolność narodów.

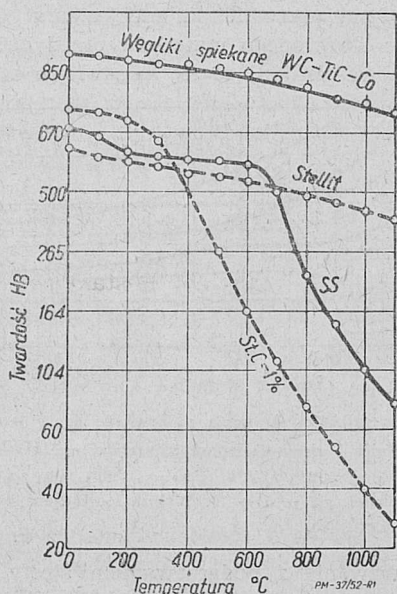
W dzień ten naród polski wraz z setkami milionów prostych ludzi na całym świecie ze szczególną ufnością zwraca się ku Związkowi Radzieckiemu będącemu niezłomną ostoją trwałego pokoju, niepodległości i socjalistycznego budownictwa.

Skrawanie metali w podwyższonych temperaturach

Mgr inż. STANISŁAW RYTWIŃSKI

Wpływ temperatury na twardość stopów narzędziowych. — Wytrzymałość metali w podwyższonych temperaturach. — Nagrzewanie się ostrza przy skrawaniu metali uprzednio podgrzewanych do temperatury topliwości; temperatura ostrzy głowicy frezarskiej. — Metody skrawania metali w podwyższonych temperaturach; podgrzewanie w piecach; podgrzewanie gazowe i prądami wysokiej częstotliwości strefy skrawania przed ostrzem; podgrzewanie przez ostrze. Termiczne wykresy właściwych oporów skrawania. Frezowanie na gorąco wlewków, wykrojnicy, wytaczanie matryc. — Nowe metody — dążenia do zmiękczenia metalu obrabianego w strefie kształtowania wióra. Najmniejsze opory skrawania. Łączenie operacji, metoda S. H. B.

Skrawanie metali w podwyższonych temperaturach stało się możliwe z chwilą wprowadzenia stopów twardych (stellitów) oraz węglików spiekanych na podstawie kobaltowej: (Ti, W). C + Co. Oczywiście, nadal obowiązuje podstawowa reguła obróbki skrawaniem: tworzywo ostrza skrawającego jest znacznie twardsze od obrabianego materiału.



Rys. 1. Wpływ temperatury na spadek twardości tworzyw narzędziowych: stale węglowe (C = 1%), SS — stale szybko tnące W18 Cr + Co, stellity Co + Cr + W + Fe, węgliki spiekane TiC + WC + Co (wg Fr. Rapatz).

Jak widać z rys. 1, ostrza narzędzi zachowują twardość rzędu $H_B = 500$: ze stali szybko tnących do $t = 600 \div 700^\circ\text{C}$, stellitu do $t = 700 \div 800^\circ\text{C}$, węgliki spiekane do $t = 800 \div 1000^\circ\text{C}$. Zagadnienie trwałości ostrzy nabiera zupełnie innego charakteru przy skrawaniu nie zimnego metalu, a uprzednio podgrzanego do temperatur rzędu $t = 800 \div 1200^\circ\text{C}$. W tych temperaturach nawet stale szybko tnące stają się łatwo obrabialne spiekami o tej samej temperaturze ostrza.

Warunki skrawania polepszają się poważnie, gdy ostrze skrawające wchodzi w krótkotrwały kontakt z wysoko nagrzanym metalem, nawet na zimno zupełnie nie dającym się obrabiać, jak stale austenityczne, napawane stellity itp. Dlatego w metodach skrawania na gorąco dominującą rolę odgrywają narzędzia wirujące: noże obrotowe przy to-

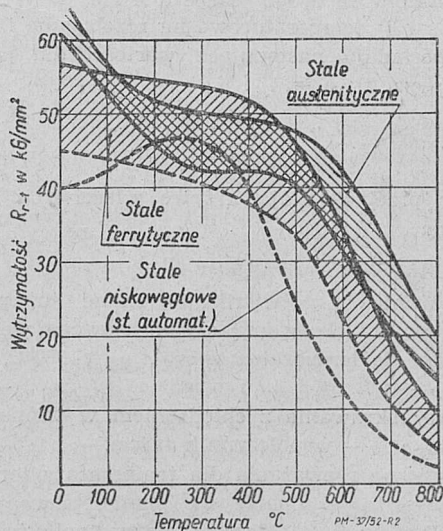
czeniu, frezy, piły rotacyjne. Te narzędzia posiadają samoczynnie chłodzone ostrza, a więc pracują zimną krawędzią tnącą, jeżeli skrawanie odbywa się z wielkimi szybkościami.

Zanim jednak omówimy obszerniej nowe metody wydajnego skrawania na gorąco, przejdziemy do rozważenia podstaw fizycznych tych nowych procesów obróbki metali.

A. WYTRZYMAŁOŚĆ METALI W PODWYŻSZONYCH TEMPERATURACH

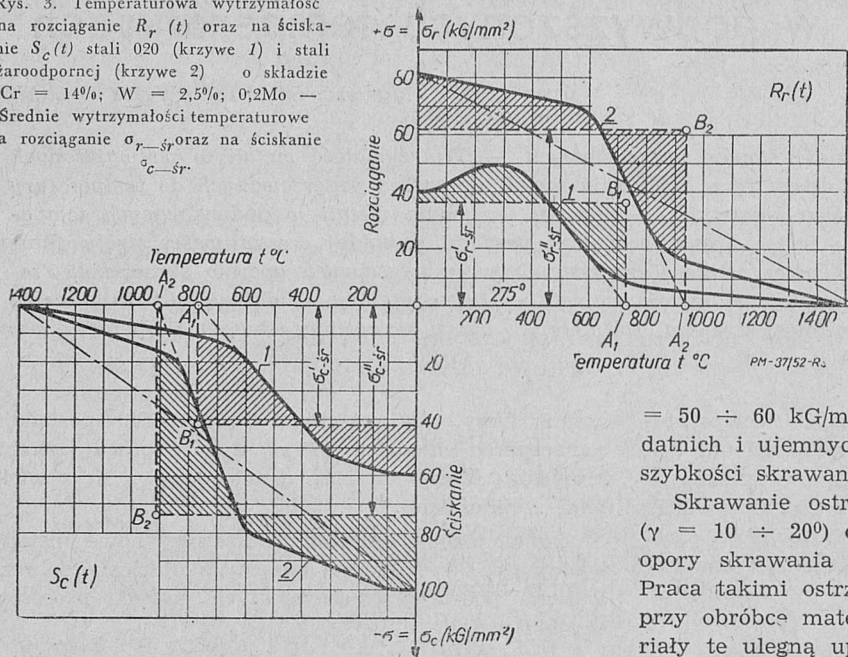
Stosunkowo liczne są prace w zakresie badania temperaturowej wytrzymałości na rozciąganie. Na rys. 2 podany jest taki wykres dla stali niskowęglowych, stali ferrytycznych i austenitycznych. Stale niskowęglowe posiadają maksimum wytrzymałości w temperaturze $t = 275^\circ\text{C}$. Stale stopowe mają wytrzymałość temperaturową stale opadającą od $t = 0^\circ\text{C}$. Punkt załamania i gwałtowny spadek wytrzymałości stali stopowych przesunął się do temperatur $t = 500 \div 600^\circ\text{C}$.

Znaczny wpływ na opory skrawania, szczególnie przy ujemnych kątach natarcia ($\gamma^0 < 0$), ma wytrzymałość materiału obrabianego na ściskanie. Badania temperaturowej wytrzymałości na ściskanie stali wyżarzanej (zgniot nieznaczny) podano na rys. 3 (krzywa dolna).



Rys. 2. Temperaturowa wytrzymałość na rozciąganie (R_{r-t} , kg/mm^2) stali węglowych i stopowych (wg G. Seulena).

Rys. 3. Temperaturowa wytrzymałość na rozciąganie $R_r(t)$ oraz na ściskanie $S_c(t)$ stali 020 (krzywe 1) i stali żaroodpornej (krzywe 2) o składzie Cr = 14%; W = 2,5%; 0,2Mo — Średnie wytrzymałości temperaturowe na rozciąganie σ_{r-sr} oraz na ściskanie σ_{c-sr} .



Jak widać na rys. 3 opadające części krzywych wytrzymałości temperaturowych przecinają oś temperatur w punktach A_1 i A_2 , odpowiadających zakresowi przemiany siatki krystalicznej (przemiana austenityczna). Przeprowadzona przez piszącego^{4]} szczegółowa analiza wykresów $\sigma_r(t)$, $\sigma_c(t)$ pozwoliła wyprować nowe parametry fizyczne, charakteryzujące właściwe opory skrawania metali, podgrzewanych przez ostrze pracą tarcia i spęczania od temperatury $t = 20^\circ\text{C}$ do temperatury przemiany austenitycznej, $t = t_A$.

Po splanimetrowaniu pola wykresów $R_r(t)$ oraz $S_c(t)$ dla założonej temperatury t_x otrzymuje się zastępczy prostokąt o równoważnym polu według równania:

$$\text{Pole powierzchni } \sigma_r \cdot (t_x) = \sigma_{r-sr} \cdot t_x$$

$$,, \quad ,, \quad \sigma_c \cdot (t_x) = \sigma_{c-sr} \cdot t_x$$

Wyprowadzone tą drogą średnie wytrzymałości temperaturowe na rozciąganie i na ściskanie posiadają następujące wartości dla punktów A_1 i A_2 (rys. 3); $t = t_A$:

$$\sigma_{r-sr} \approx 0,75 \cdot R_{r-20^\circ\text{C}} \quad [1]$$

$$\sigma_{c-sr} \approx 0,70 \cdot S_{c-20^\circ\text{C}} \quad [2]$$

Podobny przebieg mają krzywe właściwych oporów skrawania

$$k_{s-t} = (t, \mu_t, R_r, S_c)$$

Rozważania te potwierdzają znane już pomiary spadku oporów skrawania szybkościowego węglkami spiekanyimi do temperatur wióra $t_w = 800^\circ\text{C}$, wynoszące 25 ÷ 40% $k_{s-20^\circ\text{C}}$, gdzie $k_{s-20^\circ\text{C}}$ — właściwe opory skrawania z chłodzeniem w temperaturze pokojowej, μ_t — współczynnik tarcia.

Analogiczne rozważania dla temperatury topliwości wióra $t = t_{pl}$ — oparte na planimetrowaniu pola funkcji $k_{s-t} = f(t)$, dającej się zastąpić trójkątem o równoważnym polu (rys. 3), prowadzą do ważnego wniosku: prowadząc skrawanie szybkościowe ostrza-

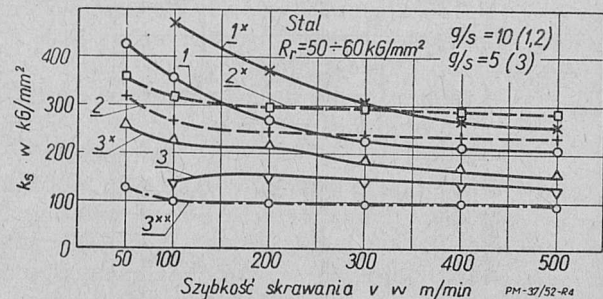
mi o ustalonym kącie natarcia ostrza ($\gamma = 0^\circ$) do punktu topliwości wióra, nagrzewanego jedynie naciskiem ostrza, można uzyskać około 50% spadku oporów skrawania.

Niestety, ostrza pracujące w takich warunkach muszą ulegać szybkiemu zużyciu przez starcie i wykruszenie (spieki).

Dla poparcia powyższych wywodów zestawiono na rys. 4 pomiary oporów skrawania stali węglowej o wytrzymałości $R_r =$

$= 50 \div 60 \text{ kg/mm}^2$ przy skrawaniu ostrzami o dodatnich i ujemnych kątach natarcia, w zależności od szybkości skrawania: $k_s = f(v)$.

Skrawanie ostrzami o dodatnich kątach natarcia ($\gamma = 10 \div 20^\circ$) daje najmniejsze i prawie ustalone opory skrawania przy szybkościach $v \geq 100 \text{ m/min}$. Praca takimi ostrzami jest pożądana, ale niemożliwa przy obróbce materiałów twardych. Chyba, że materiały te ulegną uprzedniemu zmiękczeniu! Całkowite zmiękczenie skrawanego materiału przed ostrzem zapewniają nowe, znajdujące się zaledwie w zaczątkach,



Rys. 4. Wpływ szybkości skrawania na właściwe opory skrawania stali 045 przy dodatnich i ujemnych kątach natarcia ostrza ($1^x, 2^x, 3^x, \gamma = -10^\circ, 3^{xx}, \gamma = +20^\circ, 1, 2, 3, \gamma = +10^\circ$) oraz umiarkowanych stosunkach grubości, $g/s = 5 \div 10$. Wykres sporządzono na podstawie: $1,1^x$; $2,2^x$; $3,3^x, 3^{xx}$.

metody skrawania z podgrzewaniem strefy kształtowania wióra. Do omówienia tych prób i metod przejdziemy po uprzednim rozważeniu wpływu temperatury skrawanego materiału na ostrze skrawające.

B. NAGRZEWANIE SIĘ OSTRZA PRZY SKRAWANIU METALI PODGRZEWANYCH UPRZEDNIO DO TEMPERATURY POWIERZCHNIOWEJ TOPLIWOŚCI

Ostrza narzędzi, skrawających metale o wysokiej początkowej temperaturze $t_m^\circ\text{C}$, nagrzewają się przez

- a) kontakt ciągły i przewodzenie (kondukcja),
- b) przejmowanie — przewodzenie (konwekcja),
- c) promieniowanie (radiacja).

a) Zakładając materiał ostrza jednorodny, izotropowy, przewodzenie o ustalonych spadkach temperatury (gradientach), czyli:

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \Delta t_n$$

$$\text{oraz} \quad \Delta x = \Delta x_2 = \dots = \Delta x_n$$

z warunku ciągłości zjawiska otrzymujemy równość:

$$c \cdot \gamma_w \cdot F_1 \cdot \Delta x_m \cdot \Delta t_m + \left(-\lambda \cdot \frac{\Delta t_n}{\Delta x_n} \cdot F_1 \right) = 0$$

Ilość ciepła oddana w jednostce czasu z warstwy m -tej przez jednostkę powierzchni $F_1 = 1 \text{ cm}^2$ drogą przewodzenia do warstwy n -tej o grubości $\Delta x_m = \Delta x_n$ jest równa ilości ciepła, posiadanej uprzednio przez warstwę m -tą o cieple właściwym $c \text{ cal/G } ^\circ\text{C}$, podgrzanej o $\Delta t_m = \Delta t_n \text{ } ^\circ\text{C}$.

Współczynnik przewodzenia ciepła dla spieku T15K6 według Grudowa⁸⁾ $\lambda = 0,065 \text{ cal/cm } ^\circ\text{C sek}$, zaś ciepło właściwe $c_{0-500^\circ\text{C}} = 0,06 \text{ cal/G } ^\circ\text{C}$, ciężar właściwy $\gamma_w = 11 \text{ G/cm}^3$.

Z równania [3] otrzymujemy:

$$\Delta x = \sqrt{\gamma/c \cdot \gamma_w} = \sqrt{a} = \sqrt{0,10} \approx 0,315 \text{ cm/sek}^{1/2} \quad [4]$$

A zatem szybkość przewodzenia ciepła Δx w ośrodku jednorodnym jest stałą, związaną z wielkością współczynnika przewodnictwa temperatury $a = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma_w} \text{ cm}^2/\text{sek}$.

b) Przewodzony w głąb ostrza strumień ciepły został przejęty od nagrzanego metalu o temperaturze zewnętrznej $t_g \text{ } ^\circ\text{C}$. Jeżeli ostrze posiada temperaturę $t_n \text{ } ^\circ\text{C}$, temperatura otoczenia $t_o = 20^\circ\text{C}$, to dla jednokierunkowego przepływu ciepła powinna zachodzić równość strumieni ciepłych:

Ciepło przechodzące + ciepło promieniowania = ciepło przewodzonemu do warstw wewnętrznych ostrza.

Założymy dla uproszczenia rozważań, że w pierwszej fazie odbywa się nagrzewanie ostrza ciepłem przechodzącym (konwekcja):

$$\alpha_k \cdot (t_g - t_n) = \lambda \cdot \frac{t_n - t_o}{\Delta x} \quad [5]$$

gdzie $\alpha_k = 0,3$, Δx — głębokość przenikania obliczana na podstawie wzoru [4]. Po rozwiązaniu równania [5] otrzymamy wzór na temperaturę zewnętrznej warstwy nagrzewanego ostrza:

$$t_n \geq \frac{\alpha_k \cdot \Delta x \cdot t_g + \lambda \cdot t_o}{\alpha_k \cdot \Delta x + \lambda} \text{ } ^\circ\text{C} \quad [6]$$

Przykład:

Założmy skrawanie głowicą frezarską $z = 6$, średnica $D = 0,2 \text{ m}$, ostrza ze spieku T15K6 o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,065$, cieple właściwym $c = 0,06$ oraz ciężarze właściwym $\gamma_w = 11,0$.

Szybkość obwodowa freza $v = 3 \text{ m/sek}$. Stąd czas pracy jednego zęba na skrawanej szerokości $B = 0,1 \text{ m}$ wyniesie:

$$\tau_{1,z} = \frac{\pi \cdot D}{v \cdot z} = \frac{0,628}{3 \cdot z} = 0,21 \cdot \frac{1}{z} \text{ sek};$$

$z = 6$ zębów; $\tau_{2,z} = 0,035 \text{ sek}$; czas 1 obrotu $\tau = 0,21 \text{ sek}$; czas chłodzenia ostrzy $\tau_2 = \tau - \tau_{1,z} = 0,18 \text{ sek}$.

Na szerokości skrawanej B pracuje jednocześnie tylko jeden nóż głowicy frezowej. Głębokość przenikania ciepła do ostrza o temperaturze początkowej t_o wyniesie, wg [4]:

$$\Delta x_1 = \Delta x \cdot \tau_{1,z} = 0,315 \cdot 0,035 = 0,011 \text{ cm}.$$

Temperatura podgrzania ostrza do stopniowego metalu o temperaturze $t_g = 1500^\circ\text{C}$:

$$t'_n \approx \frac{0,3 \cdot 0,011 \cdot 1500 + 0,065 \cdot 20}{0,3 \cdot 0,011 + 0,065} = 85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Gdyby ostrze przesunęło się w czasie $\tau_1 = 1 \text{ sek}$, to

$$t''_n = \frac{0,3 \cdot 0,32 \cdot 1500 + 0,065 \cdot 20}{0,3 \cdot 0,32 + 0,065} = 900 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Do tej temperatury dochodzi ciepło promieniowania:

$$q \text{ cal/cm}^2 \cdot \tau_{1,z} = C \cdot \tau_{1,z} \cdot \frac{10^3}{10^4 \cdot 3600} \left[\left(\frac{t_g + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t'_n + 273}{100} \right)^4 \right]$$

Dla $t_g = 1500^\circ\text{C}$, $t'_n = 85^\circ\text{C}$ oraz współczynnika promieniowania $C = 4$ otrzymuje się ciepło promieniowania: $q_{pr} = 0,4 \text{ cal/cm}^2$.

Ciepło z konwekcji $q = c \cdot \gamma_w \cdot l \cdot x_{i,z} \cdot t_n$

$$q = 0,06 \cdot 11 \cdot 1 \cdot 0,011 \cdot (85 - 20) = 0,46 \text{ cal/cm}^2$$

Łącznie $q + q_{pr} = 0,86 \text{ cal/cm}^2$.

Ostateczna temperatura ostrza noży głowicy:

$$t_n = t_o + \frac{0,86}{c \cdot w \cdot x_{1,z}} = 20 + \frac{0,86}{0,06 \cdot 11 \cdot 0,011} = 140 \text{ } ^\circ\text{C}$$

A więc ostrza głowicy frezowej, zimne, „zmiatające“ ciekły metal o temperaturze $t_g = 1500^\circ\text{C}$ z szybkością $v = 180 \text{ m/min}$ powinny nagrzewać się jedynie do temperatury $t_n \approx 150^\circ\text{C}$. Takie istotnie temperatury są obserwowane w doświadczeniach. Zakładano, że nie istnieje praca tarcia ostrza o metal, przepływ ciepła jest jednostajny.

Czas chłodzenia ostrza w powietrzu przy $v = 3 \text{ m/sek}$:

$$\tau'_2 = \frac{0,86}{\alpha_k \cdot \Delta t} = \frac{0,86}{0,2 \cdot (150 - 20)} = 0,033 \text{ sek}.$$

Ponieważ czas jałowego wirowania głowicy wynosi $\tau_2 \approx 0,18 \text{ sek}$, można przyjąć, że ostrza noży głowicy będą pracowały bez obawy o nadmierne nagrzewanie się.

C. METODY SKRAWANIA METALI O PODWYŻSZONYCH TEMPERATURACH

Obróbka skrawaniem metali o wysokiej temperaturze podgrzanych uprzednio w piecach jest stosowana w hutnictwie od wielu lat; głównie przy przecinaniu na gorąco piłami rotacyjnymi walcowanych kształtek, odcinaniu nadlewów itp. Obniża się tą drogą znacznie czas obróbki przy zachowaniu wysokiej trwałości narzędzi. Szybkości skrawania piłami rotacyjnymi przekraczają $v = 3000 \text{ m/min}$. W hutach górnośląskich próbowano obtaczać obręcze kół parowozowych na gorąco bezpośrednio po wciśnięciu na koło (1938 r.).

W literaturze radzieckiej spotykamy wzmianki^{10,13)} o próbach toczenia na gorąco stalowych wałków już w r. 1931. Analogiczne próby toczenia wałków, uprzednio nagrzaných w piecu naftowym, przeprowadza w roku 1936 inż. J. N. Rukawisznikow, uzyskując spadek oporów skrawania 2,5 do 3,5-krotny, w temperaturach skrawania nie przekraczających 800°C . W roku 1939 zastosował po raz pierwszy B. M. Askinazi i G. M. Babat toczenie stali, podgrzewanej przed

ostrzem za pomocą prądów wysokiej częstotliwości. Askinazi podaje, że osiągnięto wtedy czterokrotne obniżenie oporów skrawania w stosunku do skrawania na zimno.

Właściwe prace w kierunku nagrzewania strefy skrawania przed chłodzonym ostrzem rozwinęły się po roku 1945. H. James^{12]} opisał próby skrawania stali węglowych i stopowych, przeprowadzone na zlecenie dowództwa marynarki USA w zakładach w Sam-Tour przez podgrzewanie miejsca tocznego do $t = 800^{\circ}\text{C}$. W pierwszej serii prób toczenia podgrzewano strefę skrawania palnikami acetylenowymi jak i w czasie hartowania powierzchniowego, znanego już przed 1939 rokiem. Z tokarki spływał wiór ciągły o kilkumetrowej długości.

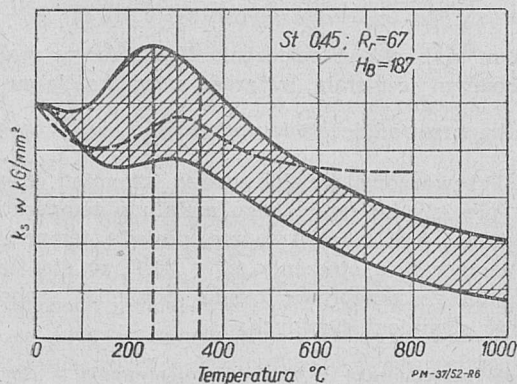
W latach 1948 ÷ 1949 przeprowadzono również w Sam-Tour toczenie stali stopowych nożem obrotowym przy użyciu podgrzewania strefy skrawania (pierścienia) za pomocą induktora prądów wysokiej częstotliwości. W tymże czasie były prowadzone przez Schmidta i Roubika próby (pomysłne) frezowania na gorąco ($t = 650^{\circ}\text{C}$) matryc kuźniczych ze stali stopowych. Nagrzewanie palnikami^{14]}.

Jednocześnie w ZSRR są prowadzone intensywne prace w kierunku zmniejszania strefy kształtowania wióra przy pomocy ciepła. Nagrzewanie prądami elektrycznymi, doprowadzanymi bezpośrednio przez ostrze skrawające. Elektroanodowa metoda cięcia i szlifowania metali i spiekanych węglików inż. W. M. Gusiewa. Właściwe podgrzewanie strefy kształtowania wióra przeprowadza Askinazi^{11]}, w latach 1949—1950, badając opory toczenia odizolowanego wałka przez doprowadzanie bezpośrednio do ostrza ze spiekanych węglików prądu o napięciu około 2 volt. (rys. 5).

B. R. Łazarenko, stosując iskrowe wyładowania kondensatorowe prądu stałego o niskich napięciach, osiąga doprowadzanie cząstek metalu zjonizowanego termicznie do dielektryku (nafta, oleje chłodzące). Na podobnej zasadzie opiera się metoda „Iloks“, wykorzystując wyładowania iskrowe na drodze przerywania elektro-mechanicznego^{15]}.

W Polsce metodę skrawania na gorąco wprowadza pierwszy inż. E. Żmihorski, zgłaszając patent na ostrzenie narzędzi ze spiekanych węglików (1947). Zaleca on dociskanie do zwykłej tarczy korundowej noży z ostrzami ze spiekanych węglików, u p r z e d n i o p o d g r z e w a n y c h w p i e c u d o t e m p e r a t u r y o k o ł o 800°C , co daje możliwość osiągnięcia temperatury zdzierania szlifowanego spieku, $t = 1000^{\circ}\text{C}$ ^{16]}. Zmiękczone tą drogą tworzywo ostrza daje się obrabiać gładko i 5 do 8 razy szybciej, niż na drogich tar-

zach karborundowych. Ta metoda ostrzenia narzędzi już przyjęła się na kilku przodujących zakładach, szczególnie do zdzierania ostrzy z węglików spiekanych silnie wyłamanych, zdartych. Brak jest jednak wiadomości o próbach uzupełnienia tej metody odpowiednimi polerownicami i docieraczkami, pracującymi w podwyższonych temperaturach. Dotychczas „ły-skę“ i poler ostrza wykonuje się na zimno (tarcze karborundowe lub diamentowe). Ostatnio wprowadzane są polerownice z wirującą tarczą żeliwną, nacieraną pastą z węglkami boru (ziarno 200—400 mesh).



Rys. 6. Stosunkowy spadek oporów skrawania stali 045 w zależności od temperatury skrawania metalu nagrzewanego uprzednio w piecu i palnikami (wg prof. St. Płużańskiego).

W latach 1949/50 zostają przeprowadzone w Zakładzie Obróbki Metali Politechniki Warszawskiej pomiary oporów skrawania stali 045 w temperaturach $t = 1000^{\circ}\text{C}$ do 20°C ^{17]}. Przed pomiarami oporów skrawania przy toczeniu, podgrzewano wałek palnikami acetyleno-tlenowymi. Ostrze noża początkowo chłodzono przez kanały wodne w trzonku noża. Ponieważ ostrza nagrzewały się nieznacznie, w dalszych pomiarach zaniechano chłodzenia wodnego ostrza. Pomiary oporów skrawania przeprowadzono na bloczkach uprzednio podgrzanych w piecu. Otrzymane z tych pomiarów pierwsze w naszej literaturze termiczne wykresy właściwych oporów skrawania w podwyższonych temperaturach zostały zestawione na rys. 6.

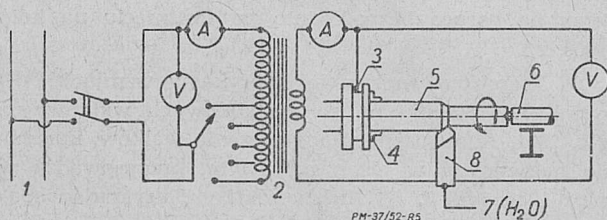
Mimo znacznych zaburzeń w aparaturze pomiarowej, wywołanych promieniowaniem ciepła, wyniki są przekonujące, choć raczej za niskie w części pomiarów. Np. w temperaturze $t = 800^{\circ}\text{C}$ właściwe opory skrawania zmniejszyły się w stosunku

$$s = k_{s-20} : k_{s-800} = 2 : 3,5$$

Z podanych przez Rukawisznikowa, Jamesa, Askinazi wyników prób toczenia stali w temperaturach $700 \div 800^{\circ}\text{C}$ tego samego zakresu wytrzymałości, można by spodziewać się stosunkowego spadku oporów skrawania

$$s = k_{s-20} : k_{s-800} = 3,5 : 4,5$$

H. James^{12]} podaje dla toczenia stali niskostopowej Ni-Mo-Cr (0,41% C; 3,39% Ni; 0,6 Mo; 0,2% Cr) o twardości $H_B = 260$ tylko dwukrotny spadek właściwych oporów skrawania w temperaturach $t = 800^{\circ}\text{C}$. Są to liczby niższe, niż można by spodziewać się z porównania tylko wykresów wytrzymałości (rys. 3). Te



Rys. 5. Schemat elektro-kontaktowego nagrzewania strefy kształtowania wióra przy toczeniu (wg B. M. Askinazi); 1 — źródło prądu (zmienny); 2 — transformator; 3, 7 — dopływ prądu; 4 — uchwyt; 5 — przedmiot obrabiany; 6 — konik i kiel odizolowany; 8 — narzędzie.

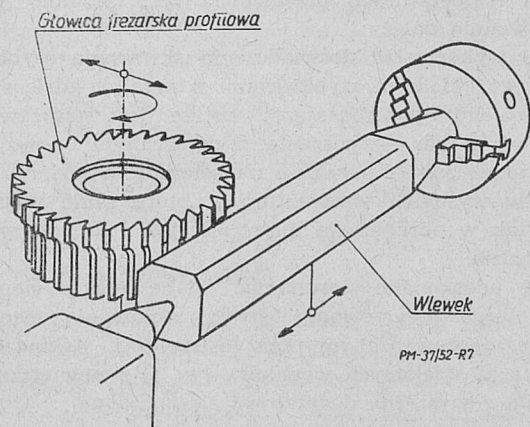
rozbieżności wyjaśnia dostatecznie termiczna teoria właściwych oporów skrawania, wyprowadzona przez piszącego^{4]}, wskazująca na dodatkowy wpływ zależnych od temperatury oporów tarcia zewnętrznego i na powierzchniach poślizgu elementów wióra.

Jeszcze bardziej trudne do wytłumaczenia zwykłymi termicznymi wykresami wytrzymałości na rozciąganie i ściskanie (rys. 3), są wyniki pomiaru oporów skrawania, podane przez Askinazego^{11]} przy elektro-kontaktowym podgrzewaniu stali 32 XHM o twardości $H_B = 315$, skrawanej nożami z węglików spiekanych T15K6 oraz T30K4 (ostrza polerowane proszkiem z węglików boru). Mimo temperatury stosunkowo wysokiej w strefie skrawania (około 830°C), właściwe opory skrawania spadły nieznacznie (ostrze zimne, brak tarcia pół-płynnego, wysokie opory spęczania metalu nie-dostatecznie nagrzanego):

dla stali $k_{c-t=20} : k_{s-t=800} = 1,62$

dla żeliwa $k_{s-20} : k_{s-t} = 1,64$.

Niemniej na tej drodze można spodziewać się powstania nowych, wydajnych i ekonomicznych metod skrawania materiałów twardych i źle obrabiających się, metodami skrawania szybkościowego (skrawanie wysokimi szybkościami).



Rys. 7. Schemat pracy frezarki „Utitta” do skrawania na gorąco. Temperatura skrawania około 1000°C. Moc napędu głowicy $N = 250$ kW.

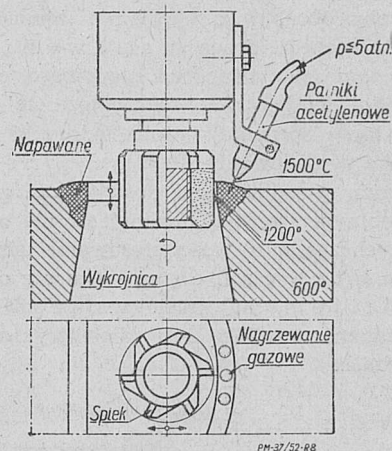
Poza tym wymienieni badacze stwierdzali zgodnie gładki wygląd powierzchni po obróbce na gorąco oraz utwardzenie warstwy podpowierzchniowej, termiczne utlenienie i zabarwienie wierzchniej warstwy.

W roku 1950 została zademonstrowana specjalna frezarka, do skórowania na gorąco wlewków hutniczych ze stali wysokostopowych, włoskiej firmy „Utitta”. Maszyna posiada poziomą głowicę frezarską o średnicy około 800 mm, noże wymienne ze stali szybko tnącej (stellite?), profilowe (rys. 7). Czas obróbki wlewka 350×2000 mm trwa zaledwie około 5 minut, zamiast 150 minut przy skórowaniu na zimno na wielonożowce typu Waldrich.

Z frezarką „Utitta” skuteczniej konkurują frezarki-kopiarki szybkobieżne, pracujące spiekami na zimno (Kralovec), mogące obrobić wlewek analogiczny w czasie 30 do 45 minut.

Na wystawie racjonalizatorskiej (rok 1951) we Wrocławiu były demonstrowane: a) piła rotacyjna cierna, przecinająca rury budowlane przez nagrzewanie cie-

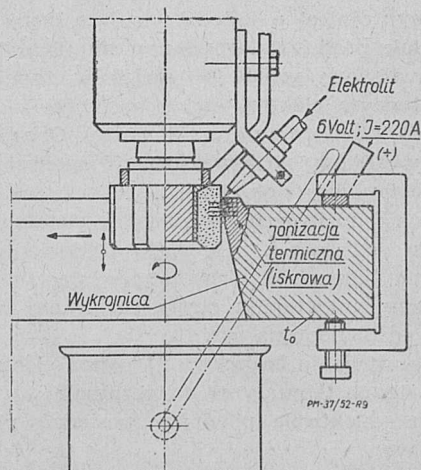
plem tarcia strefy skrawania do czerwoności. Czas cięcia rury 3-calowej: kilkanaście sekund; b) przemysł drzewny zademonstrował elektro-mechaniczną ostrzałkę do pił, ostrzonych za pomocą wirujących elektrod żeliwnych w postaci tarcz (prąd stały, niskie napięcia). Potrzebne ciepło Joula wynosi około 7 watt/mm³ wióra^{4]}.



Rys. 8. Frezowanie na gorąco napawanych krawędzi tnących, nagrzewanych płomieniem acetylenowym (bez chłodzenia).

Na rys. 8 i 9 zestawiono szkieco własne doświadczenia z lat 1949/50 nad „termicznym skrawaniem” warstwy stali stopowych, napawanych na krawędzi tnącej wykrojnic do wycinania kształtek wstępnych na kute narzędzia ze stali narzędziowych i stopowych. Zarówno wycinarki jak i obcinarki (gradownice) odkuwek, pracowały prawie wyłącznie na gorąco i jakkolwiek wykonane ze stali stopowej (1,0% C + 13% Cr) ulegały szybkiemu zniszczeniu. Znacznie dłużej i wydajniej pracowały wykrojnice z krawędzią tnącą napawaną i zgrzewaną na gorąco. Powodowało to jednak poważne trudności przy obróbce tych przyrządów. Skrawanie warstwy nagrzewanej rozpoczynano po ukazaniu się warstewki nadtapianej w pobliżu strefy skrawania (rys. 8).

Podgrzewanie strefy skrawania palnikami gazowymi można zastąpić łukiem elektrycznym normalnego aparatu spawalniczego. Usuwanie miejscowych utwardzeń, tak zwanych „wilków” daje

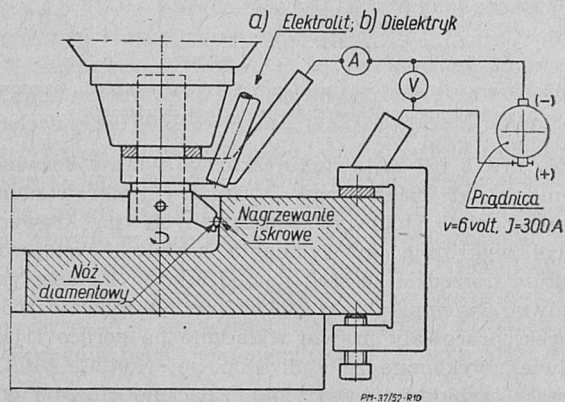


Rys. 9. Frezowanie napawanych krawędzi tnących, nagrzewanych (iskrowo) przy tłumieniu elektrolitem.

się przeprowadzać ciepłem *Joula*, doprowadzanym do strefy obrabianej za pomocą stykowego, kontaktowego nagrzewania bez łuku elektrycznego, kłopotliwego w zastosowaniach zwykłych. Te sposoby zmękczenia twardych metali wypróbowano, opierając się na schemacie wg rys. 8, przy wyrobie matryc kuźniczych, wykrojnic, narzędzi ze stali stopowych, szybko tnących.

Te sposoby obróbki są specjalnie konieczne przy wytwarzaniu narzędzi drogą napawania krawędzi tnących z tworzywa stopowego, odpornego na ścieranie i temperaturę, na podłożu ze stali węglowych. Kłopot sprawiały gorące odpryski — wióry oraz znaczne wyładowania świetlne.

Naturalnym przedłużeniem doświadczeń ze zmękczeniem cieplnym strefy skrawanej są, nie opisywane nigdzie dotychczas, możliwości stosowania iskry i łuku elektrycznego, gazowych elektrolitów, najczęściej wodą z solami (NaCl, KCl....), ługami (NaOH) lub dielektrykiem: oleje płynne, nafta,....



Rys. 10. Nagrzewanie strefy kształtowania wióra iskrami — łukiem tłumionym elektrolitem. Płyn tłumiący łuk ciągle: a) elektrolit (woda + sole), b) dielektryk (olej + nafta). Wytaczaki: a) spiek S1, S3; b) diament; płytki osadzone na lut z miedzi oraz lut Cu + Ni, odporny na wysokie temperatury.

Te ciekawe doświadczenia, noszące charakter nowych metod skrawania szybkiego i ekonomicznego „na zimno“, obrazuje rys. 9, na przykładzie frezowania napawanych krawędzi tnących wykrojnic. Przeskakujący między anodą (wykrojnicą) a katodą wirującą (zęby freza ze spieku) łuk prądu stałego o napięciu 6 volt i natężeniu chwilowym ponad 200 amperów, tłumiono (gaszono) płynnym elektrolitem, a następnie i dielektrykami (olej transformatorowy + nafta). Ostrza ze spiekanych węglików były przypawane spoiwem o temperaturze topliwości ok. 1250°C.

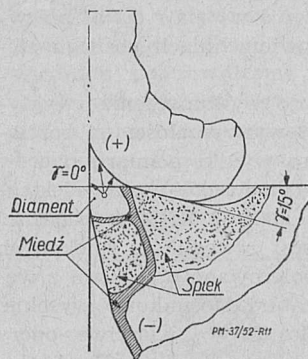
W drugiej fazie tych doświadczeń zastosowano specjalne wytaczaki do pogłębiania matryc kuźniczych, stopowych. Schemat ideowy takiego skrawania przy zmękczeniu strefy skrawanej łukiem — iskrami przedstawiono na rys. 10.

W poszukiwaniu tworzywa na ostrza-elektrody kierowano się następującymi wytycznymi:

a) ostrze-elektroda powinna posiadać nieznaczny opór omowy,

b) ostrze powinno zachowywać twardość i własności skrawające w temperaturach topliwości stali.

Tym warunkom najlepiej odpowiadał diament techniczny. Ostrze diamentowe, zanurzone do stopianej palnikiem stali 045 nie ulegało uszkodzeniu. Wchodzi



Rys. 11. Ostrze wytaczaka diamentowego (rys. 10) z żyłką miedzianą do nagrzewania stykowego. Diament 0,5 karata, techniczny, surowy, osadzony na miedzi elektrolitycznej z odblaskami spieku S3.

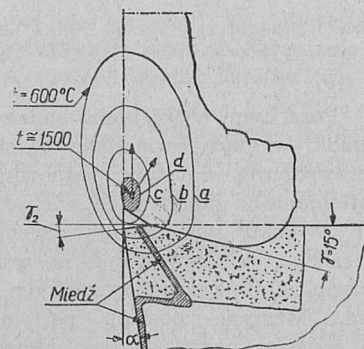
w rachubę również spieki węglików na osnowie kobaltowej, choć pożądany jest metal o wyższej temperaturze topliwości. Konstrukcję ostrza wytaczaka diamentowego użytego do prób przedstawia rys. 11.

D. METODY SKRAWANIA EKONOMICZNEGO ZE ZMIĘKCZANIEM STREFY KSZTAŁTOWANIA WIÓRA.

Schemat ideowy metod skrawania w podwyższonych temperaturach przedstawia rys. 12. Jako myśl przewodnią należy:

a) wykorzystać doświadczenia skrawania szybkościowego (wielkimi szybkościami v m/min), gdzie strefa szczeliny poprzedzającej ostrze jest nagrzewana ciepłem tarcia — spęczania, wytwarzanym bezpośrednio przez ostrze, narażone na ścieranie i wyłamywanie w wysokich temperaturach, które samo wytwarza tak w obrabianym materiale, jak i w tworzywie narzędzia.

b) udoskonalić stosunkowo słabe efekty cieplne, stykowego podgrzewania strefy skrawania ciepłem *Joula*, doprowadzanym przez ostrze (inż. Askinazi — ostrza ze spiekanych węglików, rys. 5) z zewnętrznego źródła energii, np. dodatkowej sieci grzejnej.



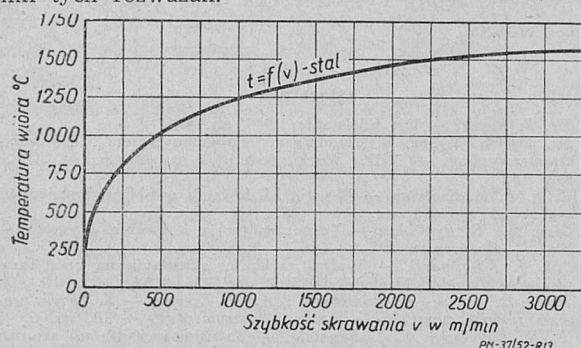
Rys. 12. Nagrzewanie strefy skrawania: a — dynamiczne spęczanie, ciągle; b — elektrokontaktowe, ciągle; c — łukowe, przerywane o dużej częstotliwości; d — iskrowe wysokiej częstotliwości.

c) wykorzystać doświadczenia piszącego w zakresie nagrzewania łukowego o dużej częstotliwości, wyładowań drogą jonizacji termicznej, tłumionej, w strefie szczeliny poprzedzającej ostrze skrawające. W tym celu najlepiej nadaje się prąd zmienny, transformowany z sieci na niższe napięcia (na obrabiarkę).

d) wreszcie, w zakładach odpowiednio wyposażonych, wykorzystać do zmękczenia metalu wyładowania iskrowe wysokiej częstotliwości w szczelinie poprzedzającej ostrze skrawające.

Te nowe metody ekonomizacji procesu skrawania termicznego, szczególnie trudne przy obróbce stali stopowych, z założenia przyjmują wielkie obwodowe szybkości skrawania stosunkowo „lekkiego” narzędzia (rys. 8, 9, 10, 11).

Poza tym dalsze rozważania łączą się z zagadnieniem nowych teorii skrawania szybkościowego i górnej granicy szybkości, wykorzystania zjawiska dynamicznej kruchości metali na podstawie uogólnionej teorii deformacji plastycznych. Te zagadnienia wymagają rozważenia wpływu szybkości skrawania na temperaturę ostrza na tle modnej jeszcze, choć przestarzałej teorii prof. W. D. Kuźniecowa (swerchskorostnoje rezanie). Na rys. 13 i rys. 14 podano niektóre wyniki tych rozważań.



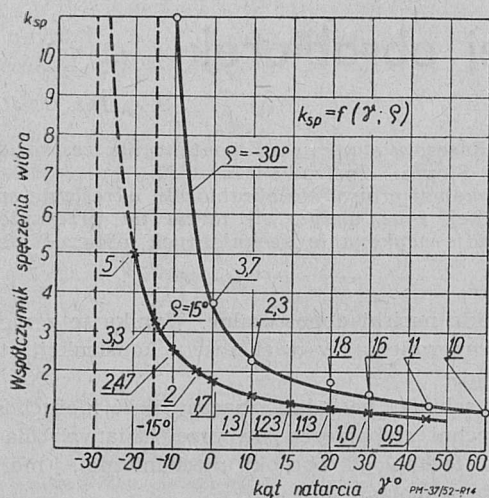
Rys. 13. Wpływ szybkości skrawania na temperaturę wióra.

Należy więc przyjąć, że zależność temperatury ostrza od szybkości deformacji przy skrawaniu zerowymi kątami natarcia jest funkcją stale rosnącą (rys. 13):

$$I. \quad t \text{ (}^{\circ}\text{C)} = K \cdot v^{0,5},$$

gdzie K — współczynnik

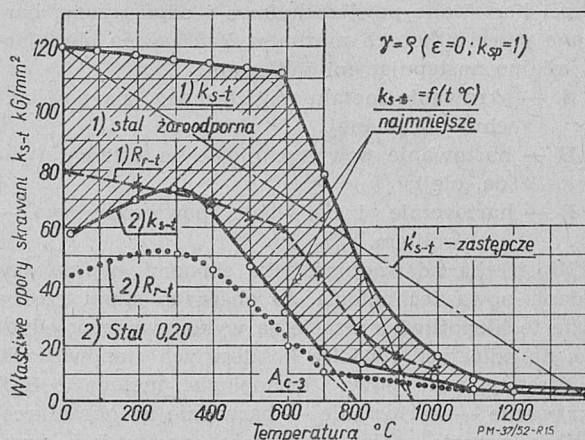
II. Wpływ kąta natarcia i rolę tarcia poślizgowego ($\mu = \operatorname{tg} \varphi$) na wzrastanie współczynnika spękania wióra (k_{sp}), a stąd pracy deformacji, ilustruje rys. 14.



Rys. 14. Wpływ kąta natarcia ostrza narzędzia γ^0 oraz kąta tarcia poślizgowego q^0 ($\operatorname{tg} q^0 = \mu$) na wielkość współczynnika spękania wióra:

$$k_{sp} = \frac{v}{v_0} = \frac{\cos(45 - \rho)}{\sin(45 - \rho + \gamma)}$$

III. Wyniki termicznej teorii właściwych oporów skrawania zestawiono na rys. 15, przedstawiającym moż-



Rys. 15. Wpływ temperatury na właściwe opory skrawania (k_{s-t}) minimalne $= f(t^{\circ}\text{C})$ dla $\gamma = 0$ ($k_{sp} = 1$)

liwe do osiągnięcia najmniejszych właściwych oporów skrawania drogą „termicznego” kształtowania wióra. Rysunek sporządzono dla stali niskowęglowej 020, najłatwiejszej do obróbki skrawaniem oraz dla stali żaroodpornej, wysokostopowej (Ni-Cr-W-Mo), należącej do grupy stali austenitycznych, bardzo trudno poddających się skrawaniu szybkościowemu. Jednocześnie dla porównania zostały naniesione temperaturowe wykresy wytrzymałości na rozrywanie tychże stali: $R_{r-t}(t)$.

Z wykresu na rys. 15 można odczytać, że np. przy temperaturze skrawanego metalu $t = 1000^{\circ}\text{C}$ można osiągnąć przy kącie natarcia $\gamma = 0^{\circ}$ ($\mu_t = \operatorname{tg} \varphi$) następujące właściwe opory skrawania:

$$(k_{s-t})_{\min} \approx f(t^{\circ}\text{C});$$

dla stali 020

$$k_{s-1000} = 10 \text{ kg/mm}^2$$

dla stali żaroodpornej

$$k_{s-1000} \approx 20 \text{ kg/mm}^2.$$

Warto podać, że te same stale w warunkach przyspieszonej obróbki głowicą frezarską (wiór czerwony $t_w = 800^{\circ}\text{C}$, kąt natarcia $\gamma = 0^{\circ}$, stosunek grubości wióra do posuwu $g : s = 5 : 10$) posiadają właściwe opory skrawania około:

$$\text{stal 020} \quad k_{s-0} = 130 \text{ kg/mm}^2;$$

stal żaroodporna

$$k_{s-0} = 270 \div 300 \text{ kg/mm}^2.$$

Do tego dochodzi znaczna energia kinetyczna, akumulowana w zasobnikach bezwładnościowych (masa głowicy, napędy) oraz wynikająca ze zmiennej dynamiki sił — niska sprawność silników elektrycznych (podstaje zakładowe: $\cos \varphi = 0,4 \div 0,6$). A taki, obecny, stan rzeczy kosztuje setki tysięcy złotych miesięcznie tylko nasz przemysł obrabiarkowy.

Boleją nad tym być może elektrotechnicy z obsługi podstawy zakładowych, mniej kierownictwa zakładów i centralne zarządy. Prawdopodobnie najmniej o tym wiedzą propagatorzy „szybkościowego skrawania za wszelką cenę”, niezbyt poinformowani o innych możliwościach ekonomicznego skracania cyklu produkcyjnego.

Poza omówionymi w tekście sposobami należy wskazać na możliwość łączenia operacji tak odległych, jak skrawanie i ulepszanie termiczne.

Części hartowane powierzchniowo i odpuszczane, barwione przeciw korozji można wykańczać na obrabiarkach kolejno następującymi zabiegami:

- S** — skrawanie metalu nagrzewanego na powierzchni obrabianej;
- H** — hartowanie powierzchniowe za ostrzem (woda, olej);
- B** — hartowanie i barwienie powierzchniowe — elektrolitem.

Nie trzeba udawadniać, jaką ekonomię wprowadza podana nowa technologia do obecnego stanu rzeczy, gdzie te kłopotliwe operacje są wykonywane pojedynczo, na odległych i wielce kosztownych stanowiskach.

Niestety, ta nowa technologia, metoda **S-H-B** (skrawanie — hartowanie — barwienie na obrabiarkach) posiada narazie realne możliwości zastosowań warsztatowych przy użyciu palników acetylenowo-tlenowych, mniej wygodnego gazu świetlnego, stosowanych od kilku lat do hartowań powierzchniowych prowadnic obrabiarek, czopów i wałów wykorbionych w miejscach ułożyskowań.

Podgrzewanie strefy „szczeliny poprzedzającej” ciepłem łuku — dla operacji zgrubnych, iskry — dla gładzenia wykańczającego, prądem transformowanym bezpośrednio z sieci prądu zmiennego, napotyka na przeszkody materiałowe. Chodzi prawie o to samo, co w obróbce elektro-erozyjnej prądem zmiennym, trójfazowym; równoczesna erozja ostrza narzędzia. Niemniej metoda **S-H-B** jest w dużo lepszej pozycji, bo korzysta z 3 źródeł ciepła w strefie kształtowania wióra:

- 1) ciepło omowe — stykowe,
- 2) ciepło łuku gaszonego lub iskry przerywanej w częst.
- 3) ciepło tarcia i spęczania przez ostrze.

To co da się osiągnąć przy badaniu trwałych elektrod dla elektro-erozji, może wzmocnić zasięg metody **S-H-B**, w której nie jest konieczne potrzebne wy-

buchowe wyrzucanie zjonizowanych cząstek metalu — anody. Metoda **S-H-B** opiera się na mechanicznym oddzielaniu wióra nadtopionego ostrzem o dodatnich kątach natarcia ($\gamma > 0$), tarcie półpłynne, zanikające spęczanie wióra (rys. 15, 14), metal o minimum wytrzymałości.

Najstarsza metoda skrawania w podwyższonych temperaturach usiłuje rozszerzyć zasięg stosowności w postaci wysoce wydajnych frezarek do skórowania wlewków, odkuwek, walców. Maszyny te powinny wchodzić w skład linii obróbczej na hucie lub zmechanizowanej kuźni. Na przykład frezarka do skórowania wlewków powinna znaleźć się na walcowni w układzie: przenośnik wlewków ze stalowni — piec grzewczy wstępny I — frezarka ($t = 1000^{\circ}\text{C}$) — Piec II — walce.

Literatura

1. Dr. F. Rapatz — Die Edelmetalle; 1943, str. 373.
2. Dr. ing. G. Seulen — Grundlagen, Anwendungsgebiete... der Induktionserwärmung — 1951: Werkstattstechnik u. Masch. H. I. S. 8 ÷ 13.
3. K.t.n. Ł. A. Szofman — Nowe badania w dziedzinie kuzniczej technologii — 1950, str. 39 ÷ 109.
4. Mgr. Inż. S. Rytwiński — Termiczna teoria skrawania w zarysie — 1952 — (rozprawa).
5. Inż. J. Karczmarek — Wpływ szybkości skrawania na opór skrawania — Przegląd Mechaniczny 1951, str. 135 ÷ 144.
6. Prof. dr. n.t. A. M. Rosenberg i A. N. Eremín — K Teorii procesu rezania metalu — Stanki i Instrum. 1949 ÷ 10, str. 5.
7. T. N. Łoladze i A. J. Benatelli — Zależność usiłowania od szybkości przy skrośnym rezaniu metalu — Stanki i Instrum. 1950, Nr. 3.
8. K.t.n. P. P. Grudow, S. J. Wołkow, W. M. Worobiew — Skrośnoje frezowanie stali — 1950, str. 6.
9. Mgr. Inż. T. Schwarz — Elektrotermia — t. I. 1950, str. 38.
10. Prof. dr. t.n. I. M. Bezprozwanij — Osnovy teorii rezania metalu — 1948.
11. Inż. B. M. Askinazi — Toczenie metalu z elektrokontaktowym podogrzewem izdelii — Wiestnik Maszinostr. 7/1951, str. 22.
12. Henry James — Tooling for Hot Machining of Hard to Cut Metals — Am. Machinery 1950 — IV, str. 151 ÷ 157.
13. K.t.n. doc. B. T. Pruszkow — Obrabotka rzeźbieniem nagrzanych die-talej-sociekij a nie amerykański sposób — Wiestnik. Mon. 5/51.
14. Dr. Schmidt i Roubik — Am. Machinery 1949/ 17.11; 1950, 12/1.
15. W. M. Baranow i Perfiliew — Elektroiskrowa obróbka metali. P.W.T. 1950. str. 26 ÷ 28.
16. Inż. E. Zmihorski — Nowa metoda szlifowania spiekanych węglików metali — Mechanik 1949, Z. 12, str. 478.
17. Prof. Inż. St. Plużanski — Obróbka skrawaniem przy wysokich temperaturach — Przegl. Mehan. 1950, Z. 1—3, str. 52.

Obliczanie sztywności stykowej obrabiarek

Inż. J. JOFFE

Artykuł stanowi obszerne streszczenie publikacji pt. „Rasczoty stankow na kontaktuju żestkosti” — D. I. Reszetowa i Z. M. Lewina, zamieszczonej w czasopiśmie Stanki i Instrument nr 1/51.

Podane są uproszczone schematy obliczeń sztywności stykowej prowadnic obrabiarek: określenie sprężystych przesunięć przy obrocie sań w płaszczyźnie poprzecznej, oraz wpływ sił tarcia na przesunięcia. Przytoczone dane doświadczalne i schematy obliczeń umożliwiają wykonanie technicznych obliczeń obrabiarek na sztywność stykową.

Jak wiemy, sztywność maszyn określa się:

- a) własną sztywnością części (rozpatrywanych jako belki, płyty lub powłoki na umownych oporach), obliczaną za pomocą wzorów wytrzymałościowych,
- b) sztywnością stykową.

W obrabiarkach odkształcenia stykowe mają szczególne znaczenie z następujących powodów:

- 1) obrabiarki posiadają z reguły, dużą ilość przewodnic dla ruchów prostoliniowego i obrotowego, ruchów kształtowania i innych. Ilość stykających się powierzchni powiększa się jeszcze wskutek tego, że bardziej odpowiedzialne prowadnice wykonuje się jako regulowane. Dla prowadnic przyjmuje się stosunkowo

niewielkie naciski dopuszczalne. Wynika to z niemożności zapewnienia w większości konstrukcji tarcia płynnego.

- 2) Obrabiarki posiadają znaczną ilość nieruchomych powierzchni stykających się, przewidzianych dla ułatwienia technologii obróbki mechanicznej, możliwości montażu zespołami itd.

Bardzo charakterystyczną ilustracją odkształceń stykowych może być znane obliczenie wykonane przez K. W. Wotina, z którego wynika, że sztywność suportu tokarki o wzniosie kłów 200 mm, w kierunku osi noża równa jest sztywności prostopadłościannu o wysokości równej wzniosowi kłów tej tokarki i o przekroju zaledwie $35 \times 35 \text{ mm}^2$.

Obliczeniowe określenie sztywności stykowej jest możliwe tylko dla stosunkowo prostych modeli i korzystne dla lepszego zrozumienia zjawiska odkształcania.

Schematy obliczeń sztywności stykowej przewodnic obrabiarek

1. Normalne zgnioły warstw powierzchniowych δ są proporcjonalne do normalnych nacisków σ :

$$\delta = k \cdot \sigma$$

gdzie: k — współczynnik proporcjonalności.

2. Naciski, a zatem odkształcenia wzdłuż przewodnic, rozkładają się wg funkcji linowej, co odpowiada przypadkowi kiedy sztywność stykających się ciał, rozpatrywanych jako belki, jest dostatecznie wielka w porównaniu ze sztywnością warstw powierzchniowych w stykach.

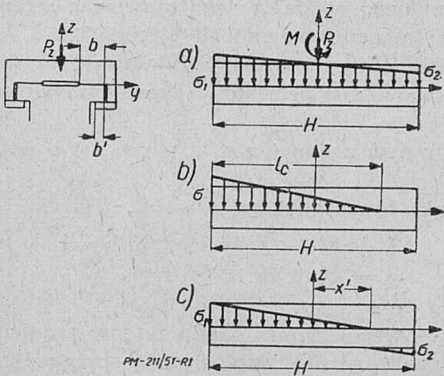
3. Sztywność warstw powierzchniowych na różnych stykających się płaszczyznach jest jednakowa. Przy przyjętych założeniach rozpatruje się obrót sań dookoła pewnej osi, jako ciała sztywnego. Położenie osi obrotu określa się wzajemną zależnością odkształceń z warstw powierzchniowych w stykach. Przyjmuje się następujące kierunki osi współrzędnych: oś x — w kierunku ruchu; oś y — w płaszczyźnie zasadniczej przewodnic, prostopadle do kierunku ruchu, oś z — prostopadle do zasadniczej płaszczyzny przewodnic.

1. Określenie sprężystych przesunięć przy obrocie sań w płaszczyźnie podłużnej xz dookoła osi y , leżącej w płaszczyźnie przewodnic i prostopadle do kierunku ruchu.

a) Pracują tylko zasadnicze płaszczyzny przewodnic (rys. 1a). Obciążenie rozkłada się na całej długości przewodnic. Warunek zastosowania:

$$\frac{M_y}{P_z} \leq \frac{H}{6}$$

rys. 1 oznaczają: P_x, P_y, P_z — składowe siły wewnętrznej, działające na sanie wzdłuż osi współrzędnych; M_x, M_y, M_z — składowe momentu zewnętrznego działającego na sanie; H — długość przewodnic; b — zastępcza szerokość przewodnicy.



Rys. 1. Rozkład nacisku wzdłuż przewodnic: a) — obciążenie rozkłada się na całej długości zasadniczych płaszczyzn przewodnic; b) — obciążenie rozkłada się nie na całej długości zasadniczych płaszczyzn przewodnic; c) — obciążenie rozkłada się na płaszczyznach zasadniczych przewodnic i listwy.

Kąt obrotu sań:

$$\varphi = \frac{\delta_1 - \delta_2}{H} = k \cdot \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{H}$$

gdzie: δ_1 i δ_2 — największe i najmniejsze odkształcenia powierzchni przewodnic; σ_1 i σ_2 — największe i najmniejsze naciski na przewodnicach:

$$\sigma_1 = \frac{P_z}{2bH} + \frac{3M_y}{bH^2}; \quad \sigma_2 = \frac{P_z}{2bH} - \frac{3M_y}{bH^2};$$

stad: $\varphi = k \frac{6M_y}{bH^3}$

b) Pracują tylko zasadnicze płaszczyzny przewodnic. Obciążenie rozkłada się na niecałej długości przewodnic (rys. 1b — listwy wyregulowane z luzem). Warunek zastosowania:

$$\frac{M_y}{P_z} > \frac{H}{6}$$

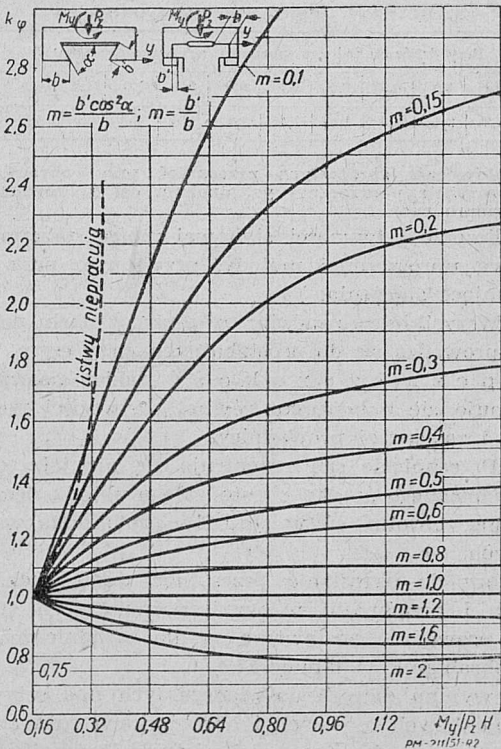
Kąt obrotu: $\varphi = \frac{\delta}{l_c} = k \frac{\sigma}{l_c}$

gdzie: δ — największe odkształcenie podkładki przewodnic; σ — największe naciski na przewodnicach; l_c — długość styku

$$\sigma = \frac{P_z}{b \cdot l_c}; \quad l_c = 3 \left(\frac{H}{2} - \frac{M_y}{P_z} \right); \quad \text{stad } \varphi = k \cdot k_\varphi \cdot \frac{6M_y}{bH^3}$$

gdzie: $k_\varphi = \frac{1}{9 \frac{M_y}{P_z \cdot H} \left(1 - \frac{M_y}{P_z \cdot H} \right)^2}$

Wielkości k_φ podane są na wykresie (rys. 2) krzywą kreskowaną.



Rys. 2. Współczynnik k_φ służący do obliczania kąta obrotu w płaszczyźnie podłużnej.

c) Pracują zasadnicze płaszczyzny przewodnic i listwy (rys. 1c — listwy wyregulowane bez luzu). Warunek zastosowania:

$$\frac{M_y}{P_z} > \frac{H}{6}$$

Kąt obrotu sań:

$$\varphi = \frac{\delta_1 + \delta_2}{H} = k \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{H}$$

gdzie σ_1 — największy nacisk na prowadnicach zasadniczych, σ_2 — największy nacisk na listwach.

Podstawiając wielkości σ_1 i σ_2 , otrzymujemy:

$$\varphi = k \cdot k_p \cdot \frac{6M_y}{bH^3}$$

$$\text{gdzie: } k_p = \frac{P_z \cdot H}{6M_y} \left[\frac{1 + \frac{3M_y}{P_z H} + \frac{x'}{H}}{1 + \frac{2x'}{H}} + \frac{-1 + \frac{3M_y}{P_z H} + \frac{x'}{H}}{\left(1 - \frac{2x'}{H}\right) \frac{b'}{b}} \right]$$

gdzie x' — przesunięcie osi obojętnej.

Przesunięcia wzdłuż osi x w punkcie przyłożenia sił P_z i P_x :

$$\delta_x = \varphi \cdot z_p = k \cdot k_p \cdot \frac{6M_y \cdot z_p}{bH^3}$$

gdzie: z_p — współrzędna punktu przyłożenia siły; wielkości k_p podane są na wykresie rys. 2 oraz w tabelicy I.

TABLICA I. Wartości współczynnika k_p

Przy działaniu jednego momentu zewnętrznego ($P_z=0$)											
m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2
k	4,3	2,6	2,0	1,67	1,45	1,32	1,12	1,0	0,91	0,8	0,73

2. Określenie sprężystych przesunięć przy obrocie sań w płaszczyźnie poprzecznej yz , dookoła osi x , równoległej do kierunku ruchu.

Obliczenie sztywności stykowej można przeprowadzić wg uproszczonej metody, przyjmując przy tym następujące założenia:

1. Wszystkie prowadnice o płaszczyznach pochyłych sprowadza się do prostokątnych, przy czym zastępuje się je takimi prowadnicami o równej sztywności rzeczywistej i zastępczej prowadnicy.

2. Przesunięcie sań rozpatruje się nie jako obrót dookoła pewnego środka obrotu całego układu, lecz jako sumę obrotu sań w stosunku do środka współrzędnych.

Wzory do określania przesunięć względnych narzędzia i przedmiotu w wyniku odkształceń stykowych prowadnic, zestawione są dla zasadniczych typów obrabiarek w tabelicy II.

W wyniku danych doświadczalnych nad sztywnością na dużych modelach i obrabiarkach różnych typów, uzyskano określone wielkości współczynnika proporcjonalności k pomiędzy odkształceniami i naciskami, na podstawie których zaleca się dla obrabiarek małej i średniej wielkości, przy naciskach na prowadnicach powyżej $2 \div 3 \text{ kg/cm}^2$, przyjmować współczynnik proporcjonalności

$$k = 1 \div 1,2 \mu \cdot \text{cm}^2/\text{kg}.$$

Przy mniejszych naciskach założenie zależności liniowej pomiędzy naprężeniami i odkształceniami wi-

docznie nie odpowiada rzeczywistemu stanowi rzeczy. Wszystkie badania wykonano przy dobrze wyregulowanych klinach i listwach. Przy źle wyregulowanych klinach, ze względu na usuwanie luzów w stykach, rzeczywiste przesunięcia mogą być znacznie większe od teoretycznych. Najlepsze przyleganie na płaszczyznach prowadnic otrzymuje się na prowadnicach typu jaskółczego ogona, w których dzięki regulacji klinami łatwo usuwa się luzy.

Gdy w pracy zamiast zasadniczych płaszczyzn biorą udział listwy (np. przy prowadnicach prostokątnych i przyrządach), otrzymuje się znacznie większe przesunięcia sumaryczne od teoretycznie obliczonych, w związku z występowaniem luzów między listwami i prowadnicami. Np. przy badaniu suportu tokarki 1D62M, pod działaniem siły na nożu, odchylonej od pionu pod kątem 26° ($P_y = 0,5 P_z$), w pracy brała udział tylko prowadnica C (rys. 3) i współczynnik sztywności:

$$k = 1 \mu \cdot \text{cm}^2/\text{kg}$$

Przy badaniu suportu tej samej tokarki, pod działaniem siły poziomej na nożu, w pracy zamiast prowadnicy C brała udział listwa tylna, w wyniku czego zaobserwowano znaczny skręt suportu w stosunku do prowadnic łoża, a przesunięcie w porównaniu do obliczonego teoretycznie przy $k = 1 \mu \cdot \text{cm}^2/\text{kg}$ powiększyło się kilkakrotnie.

3. Wpływ sił tarcia

Jak wskazują badania, sprężyste przesunięcia w stykach przy obciążeniach szybkozmiennych, np. przy toczeniu wałków ze zmiennym nadładkiem na obróbkę, są różne od przesunięć przy długo trwającym obciążeniu statycznym. Ze względu na to, że brak jest doświadczonego zbadania tego zjawiska, ograniczamy się tylko do uwzględnienia sił tarcia.

Uwzględnienie sił tarcia podaje się niżej w postaci przykładów dla prowadnic prostokątnych i złożonych.

a) Prowadnice prostokątne (rys. 4a)

Warunki równowagi sań:

$$A + C - Q_z - P_z \pm Bf = 0;$$

$$B - P_y \pm Af \pm Cf = 0;$$

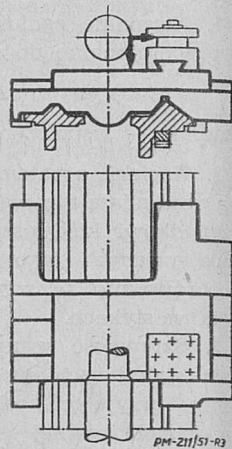
$$M_x - Cy_c = 0;$$

gdzie: f — współczynnik tarcia na prowadnicach. Tu i dalej znaki górne odpowiadają przypadkom powiększenia obciążenia, dolne — zmniejszeniu obciążenia. Momentów powstałych od sił tarcia Af i Bf , w związku z ich niewielką wartością nie uwzględniamy, wskutek czego reakcje na prowadnicach:

$$A = A_0 \mp P_y f,$$

$$B = B_0 \mp (P_z + Q_z) f,$$

gdzie: A_0 , B_0 , C_0 — reakcje na prowadnicach bez uwzględnienia sił tarcia (patrz tablica II).



Rys. 3. Sanie tokarki.

TABLICA II. Schematy obliczeń obrabiarek na sztywność stykowa

Rodzaj przewodnic

Wzory obliczeniowe

a) płaskie

$$M_x = P_z y_p - P_y z_p + Q_z y_Q$$

$$A = P_z + Q_z - C \quad (\text{przy } M_x > 0)$$

$$A = P_z + Q_z + C' \quad (\text{przy } M_x < 0)$$

$$B = P_y$$

$$C = \frac{M_x}{y_C} \quad (\text{przy } M_x > 0), \quad C' = \frac{M_x}{y'_C} \quad (\text{przy } M_x < 0)$$

$$\sigma_A = \frac{A}{aH}; \quad \sigma_B = \frac{B}{bH}; \quad \sigma_C = \frac{C}{cH} \quad \text{lub } \sigma_C = \frac{C'}{c'H}$$

$$\delta = k \left[\sigma_B + (\sigma_A + \sigma_C) \frac{z_p}{y_C} \right]$$

$$- \text{przy } M_x > 0, + \text{przy } M_x < 0$$

b) złożone

$$M_x = P_z y_p - P_y z_p + Q_z y_Q$$

$$D_b = P_z + Q_z - C \quad (\text{przy } M_x > 0)$$

$$D_b = P_z + Q_z + C' \quad (\text{przy } M_x < 0)$$

$$D_g = P_y$$

$$C = \frac{M_x}{y_C} \quad (\text{przy } M_x > 0), \quad C' = \frac{M_x}{y'_C} \quad (\text{przy } M_x < 0)$$

$$\sigma_{D_b} = \frac{D_b}{d_b H}, \quad \sigma_{D_g} = \frac{D_g}{d_g H}, \quad \sigma_C = \frac{C}{cH} \quad \text{lub } \sigma_C = \frac{C'}{c'H}$$

$$\delta_y = k \left[k_1 \sigma_{D_g} + (\sigma_{D_b} + \sigma_C) \frac{z_p}{y_C} \right]$$

$$- \text{przy } M_x > 0, + \text{przy } M_x < 0$$

$$\text{przy } \alpha = \beta = 45^\circ, \quad k_1 = 0,5$$

$$\text{przy } \alpha = 25^\circ, \quad \beta = 65^\circ, \quad k_1 = 1$$

$$d_b = a \cos^2 \alpha + b \cos^2 \beta,$$

$$d_g = b \sin^2 \beta$$

a) suport górny (przy położeniu osi przewodnic równoległe do osi przedmiotu obrabianego)

$$\left. \begin{aligned} M_x &= P_z y_p - P_y z_p \\ \text{a) } A &= \frac{M_x + P_y (z_B + y_B \operatorname{ctg} \alpha)}{y_A} \end{aligned} \right\} \text{przy } B_b + C_b > P_y \operatorname{ctg} \alpha$$

$$B_b + C_b = A - P_z; \quad B_g = P_y$$

$$\left. \begin{aligned} \text{b) } A &= \frac{M_x + P_y [z_B + (y_B + y_D) \operatorname{ctg} \alpha] + P_z y_D}{y_A + y_D} \\ D &= P_z - A + P_y \operatorname{ctg} \alpha, \quad B_g = P_y \end{aligned} \right\} \text{przy } D > 0$$

$$\sigma_A = \frac{A}{bH}, \quad \sigma_{B_g} = \frac{B_g}{b'_g H}, \quad \sigma_D = \frac{D}{bH}, \quad \sigma_{B_b} = \frac{B_b + C_b}{2b'_b H}$$

$$\delta_y = k \left[\sigma_{B_g} + \sigma_A \operatorname{ctg} \alpha - (\sigma_{B_b} + \sigma_A) \frac{z_p}{y_A} \right] \quad \text{w przypadku a)}$$

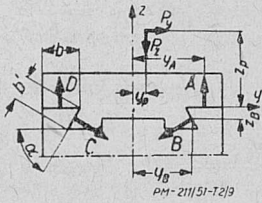
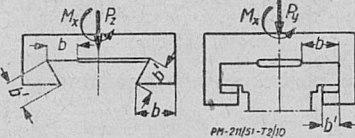
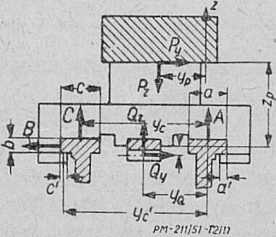
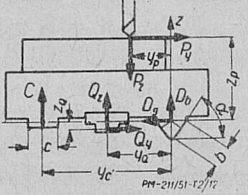
$$\delta_y = k \left[\sigma_{B_g} + \sigma_A \operatorname{ctg} \alpha - (\sigma_A - \sigma_D) \frac{z_p}{y_A + y_D} \right] \quad \text{w przypadku b)}$$

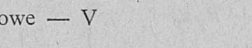
$$\delta_y \approx k \sigma_{B_g}$$

$$b'_g = b' \sin^2 \alpha; \quad b'_b = b' \cos^2 \alpha$$

T o k a r k i
Z a s a d n i c z e

P o m o c n i c z e

	Rodzaj prowadnic	Wzory obliczeniowe
Frezarki konsolowe	W przypadku przesunięcia wzdłużnego  $b'_b = b' \cos^2 \alpha$, $b'_g = b' \sin^2 \alpha$	$M_x = P_z y_p + P_y z_p$ $a) \left. \begin{aligned} A &= \frac{M_x + P_y (z_B + y_B \operatorname{ctg} \alpha)}{y_A} \\ B_b + C_b &= A - P_z; B_g = P_y \end{aligned} \right\} \text{przy } B_b + C_b > P_y \operatorname{ctg} \alpha$ $b) \left. \begin{aligned} A &= \frac{M_x + P_y [z_B + (y_B + y_D) \operatorname{ctg} \alpha + P_z y_D]}{y_A + y_D} \\ D &= P_z - A + P_y \operatorname{ctg} \alpha, B_g = P_y \end{aligned} \right\} \text{przy } D > 0$ $\sigma_A = \frac{A}{bH}; \sigma_{BC_b} = \frac{B_b + C_b}{2b'H}; \sigma_D = \frac{D}{bH}$ $\varphi_x = k \frac{\sigma_{BC_b} + \sigma_A}{y_A} \quad (\text{dla przypadku } a)$ $\varphi_x = k \frac{\sigma_A - \sigma_D}{y_A + y_D} \quad (\text{dla przypadku } b)$
	W przypadku przesunięć pionowego i poprzecznego 	$M_x = P_y z_p \pm P_z y_p$ $\varphi_x = k \cdot k_\varphi \frac{6M_x}{bH^3}$ gdzie k_φ — współczynnik określony z rys. 2 lub tabl. I.
Frezarki i strugarki podłużne prowadnice stołu	Prowadnice stołu a) płaskie 	$M_x = P_z p_y - P_y z_p + Q_y z_Q - Q_z y_Q$ $M_y = P_z x_p \pm P_x \left(z_p - \frac{b}{2} \right) \mp Q_z x_Q \pm Q_x \left(z_Q + \frac{b}{2} \right)$ $A = P_z - C - Q_z, B = P_y + Q_y, C = \frac{M_x}{y_C}$ $\sigma_A = \frac{A}{aH}; \sigma_B = \frac{B}{bH}; \sigma_C = \frac{C}{cH}$ $\delta_z = k \left[\sigma_A + \frac{\sigma_C - \sigma_A}{y_C} y_p + \frac{12 M_y x_p}{(a + c) H^3} \right]$ $\varphi_x = k \frac{\sigma_C - \sigma_A}{y_C}; \varphi_y = k \frac{12 M_y}{(a + c) H^3}$
	b) złożone  $d_b = 2b \cos^2 \alpha; d_g = b \sin^2 \alpha$	$M_x = P_z y_p - P_y z_p + Q_y z_Q - Q_z y_Q$ $M_y = P_z x_p \pm P_x z_p \mp Q_z x_Q \pm Q_x z_Q$ $D_b = P_z - Q_z - C, D_g = P_y + Q_y, C = \frac{M_x}{y_C}$ $\sigma_{D_b} = \frac{D_b}{d_b H}; \sigma_{D_g} = \frac{D_g}{d_g H}; \sigma_C = \frac{C}{cH}$ $\delta_x = k \left[\sigma_{D_b} + (\sigma_C - \sigma_{D_b}) \frac{y_p}{y_C} + \frac{12 M_y x_Q}{(c + d_b) H^3} \right]$ $\varphi_x = k \frac{\sigma_C - \sigma_{D_b}}{y_C}; \varphi_y = k \frac{12 M_y}{(c + d_b) H^3}$

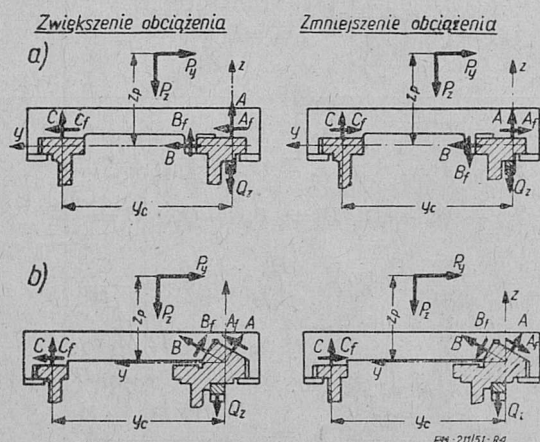
Rodzaj przewodnic	Wzory obliczeniowe
c) kątowne — V  $b_b = 2b \cos^2 \alpha; b_g = b \sin^2 \alpha$	$M_x = P_z y_p - P_y z_p + Q_y z_Q - Q_z y_Q$ $M_y = P_z x_p \pm P_x z_p \mp Q_z x_Q \pm Q_x z_Q$ $E_b = P_z - Q_z - F_b, \quad F_b = \frac{M_x}{y_E}$ $\sigma_{E_b} = \frac{E_b}{b_b H}; \quad \sigma_{F_b} = \frac{F_b}{b_b H}$ $\delta_z = k \left[\sigma_{E_b} + (\sigma_{F_b} - \sigma_{E_b}) \frac{y_p}{y_E} + \frac{6 M_y}{b_b H^3} x_p \right]$ $\varphi_x = k \frac{\sigma_{F_b} - \sigma_{E_b}}{y_E}; \quad \varphi_y = k \frac{6 M_y}{b_b H^3}$

O z n a c z e n i a do tablicy II:

- P_x, P_y, P_z — składowe sił skrawania w kG,
- Q_x, Q_y, Q_z — składowe siły pociągowej w kG,
- M_x, M_y, M_z — składowe momentu działającego na prowadnicę,
- A, B, C, D, E, F — reakcje na prowadnicach w kG,
- x, y, z — współrzędne punktów przyłożenia sił w cm,
- a, b, c — szerokość roboczych powierzchni prowadnic w cm,
- a', b', c' — szerokość listw lub prowadnic pomocniczych w cm,
- H — długość prowadnic w cm,
- α, β — kąty pochylenia prowadnic względem osi współrzędnych,
- σ — nacisk na prowadnicach w kG/cm²,
- $\delta_x, \delta_y, \delta_z$ — składowe przesunięć odniesione do narzędzia wzdłuż osi współrzędnych w μ ,
- $\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$ — kąty obrotu względem osi współrzędnych,
- k — współczynnik proporcjonalności między naciskami i odkształceniami w stylkach.

Składników mających f^2 , wobec ich znikomej wartości nie uwzględniamy.

Przesunięcia poziome w punkcie przyłożenia sił zewnętrznych zgodnie z tablicą II:



Rys. 4. Siły działające na sanie przy obciążeniu szybkozmiennym;
a) prowadnice płaskie, b) — prowadnice złożone.

$$\delta = \delta_o \mp k \cdot f \left(\frac{P_z + Q_z}{bH} + \frac{z_p}{y_c} \cdot \frac{P_y}{aH} \right) = \delta_o \mp \Delta$$

gdzie: δ_o — przesunięcia teoretyczne bez uwzględnienia sił tarcia, Δ — zmiana przesunięć wskutek sił tarcia.

b) P r o w a d n i c e z ł o ż o n e (rys. 4b).
Warunki równowagi są:

$$A - (P_x + Q_x - C) \cdot \sin \alpha + P_v \cos \alpha \pm Bf \mp Cf \sin \alpha = 0$$

$$B - (P_x + Q_x - C) \cdot \cos \alpha - P_v \sin \alpha \pm Af \pm Cf \cos \alpha = 0$$

$$M_x - Cy_c = 0$$

Reakcje na płaszczyznach przewodnic:

$$A = A_0 \mp f(B_0 - C_0 \cdot \sin \alpha)$$

$$B = B_0 \mp f(A_0 + C_0 \cos \alpha)$$

$$C = C_0$$

Zastępując prowadnicę trójkątną — prostokątną, jak to wykonano w tablicy, otrzymujemy:

$$D_b = B \cdot \sin \alpha + A \cos \alpha = D_{ob} \mp f(A_o \sin \alpha + B_o \cos \alpha)$$

$$D_g = B \cdot \cos \alpha - A \sin \alpha = D_{og} + f(A_o \cos \alpha - B_o \sin \alpha + C_o)$$

Stad po podstawieniu otrzymujemy:

$$D_b = D_{ob} \mp f(D_{ob} \cdot \sin 2\alpha \pm D_{og} \cdot \cos 2\alpha)$$

$$D_g = D_{og} \pm f(D_{ob} \cdot \cos 2\alpha - D_{og} \cdot \sin \alpha \pm C_\rho)$$

Przesunięcia poziome w punkcie przyłożenia sił zewnętrznych (patrz tablica II):

$$\delta = \delta_o \mp kf \left[k_1 \frac{(D_{ob} \cdot \cos 2\alpha - D_{og} \cdot \sin 2\alpha + C_o)}{d_g \cdot H} + \frac{z_p}{y_c} \cdot \frac{D_{ob} \cdot \sin 2\alpha + D_{og} \cdot \cos 2\alpha}{d_b \cdot H} \right] = \delta_o \mp \Delta$$

Zmiany sprężystych przesunięć wskutek sił tarcia wynoszą z obliczeń: przy $f = 0,05 \pm (5 \div 10)\%$, $f = 0,1 \pm (10 \div 20)\%$, $f = 0,15 \pm (15 \div 25)\%$ teoretycznych przesunięć sprężystych δ_o bez uwzględnienia sił tarcia.

W ten sposób przy obróbce mechanicznej, części z nierównomiernym nadładkiem na obróbkę, np. mimośrodowym lub eliptycznym, kształt przedmiotu kopiuje się w skażeniu. Taki stan rzeczy potwierdzony został doświadczeniami, wg których po obróbce przedmiotów mimośrodowych na tokarce, otrzymywało się przekroje niesymetryczne.

Przyrządy pneumatyczne do pomiarów liniowych

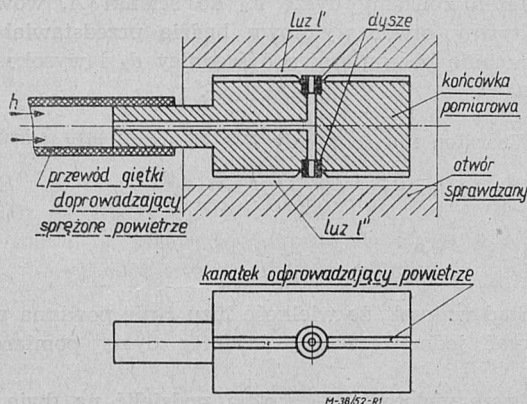
Mgr inż. TADEUSZ SAWICKI

Pneumatyczna metoda pomiarów liniowych posiada szereg zalet, wyróżniających ją spośród innych metod (wyjątkowa trwałość przyrządów, wysokie przełożenie i dokładność, prostota konstrukcji, duża szybkość pomiaru, nacisk pomiarowy praktycznie równy zero, i in.). Metoda ta znajduje coraz większe rozpowszechnienie.

W artykule podane są podstawy teoretyczne różnych typów przyrządów do pomiarów pneumatycznych oraz opisana jest ich konstrukcja i zasady działania.

1. Uwagi ogólne

Pneumatyczna metoda pomiarów liniowych wykorzystuje przepływ powietrza przez szczelinę, ograniczoną z jednej strony specjalną końcówką mierniczą, a z drugiej — powierzchnią mierzonego przedmiotu; zmiany ciśnienia, szybkości lub natężenia przepływu powietrza są zależne od wielkości tej szczeliny, a więc od wymiaru przedmiotu. Wielkości te są rejestrowane za pomocą właściwego przyrządu mierniczego (manometr lub tp.), który może być wywzorcowany od razu w jednostkach długości i bezpośrednio podaje żądany wymiar. Rys. 1 podaje schemat otworu tą metodą (z pominięciem części wskazujących).



Rys. 1. Schemat pomiaru otworu metodą pneumatyczną.

Przyrządy pneumatyczne znajdują zastosowanie głównie do pomiarów walców, otworów cylindrycznych i stożkowych lub wymiarów wyznaczonych płaszczyznami wzajemnie równoległymi. Zakres stosowania jest szeroki, od pomiarów warsztatowych do dokładnych laboratoryjnych, zarówno przy odbiorach jednostkowych jak i seryjnych lub masowych. Praktyka wykazała jednak szersze zastosowanie do odbiorów warsztatowych, niż do badań laboratoryjnych.

Należy przezwyciężyć pewną wstrzemięźliwość i uprzedzenie panujące dotychczas u nas w odniesieniu do tej metody pomiarowej. Jest to zapewne wywołane ujemnymi wynikami prób z pierwszymi modelami aparatów *Soler* przed wojną oraz długoletnim przyzwyczajeniem do posługiwania się urządzeniami o przekładniach mechanicznych, optycznych lub elektrycznych. Świadomość, że powietrze zawiera zanieczyszczenia i wilgoć oraz zmienia łatwo swe właściwości fizyczne pod wpływem zmian temperatury lub ciśnienia, wywołuje wyolbrzymienie myślowe możliwości

ujemnego wpływu na wynik pomiarów. W rzeczywistości substancje obce dają się łatwo wyeliminować, a zmiany temperatury itp. okazały się w praktyce bez większego znaczenia, przy zachowaniu zwykłych środków ostrożności podczas użytkowania.

Pierwsza automatyczna sprawdzarka pneumatyczna, skonstruowana w r. 1900 (Fritz Werner), stosowana była przy sprawdzaniu otworów ogniowych w łuskach karabinowych.

Mimo, że prace w kierunku praktycznego dostosowania pneumatyki do pomiarów liniowych rozpoczęły się ok. 1930 r., to właściwy szybki rozwój datuje się od ok. 1940 r. i wywołany został potrzebami ułatwienia i przyspieszenia odbiorów trudniejszych elementów uzbrojenia. W tym okresie urządzenia te zdały egzamin ostateczny.

Obecne urządzenia pneumatyczne różnią się bardzo od stosowanych kilkanaście lat temu. Metoda ta posiada jeszcze szerokie pole do dalszego rozwoju i stan obecny, mimo osiągniętych już wyników, jest oceniany jako początkowe stadium. Dowodem znacznego zainteresowania fachowców tą nową dziedziną metrologii może być fakt, że w radzieckim Instytucie Metrologii został utworzony specjalny wydział, poświęcony wyłącznie zagadnieniom pneumatyki w metrologii, gdzie bada się nowe drogi rozwojowe oraz ulepsza metody i przyrządy dotychczas stosowane.

Z zasadniczych i typowych zalet metody powietrznej, trudno osiągalnych jednocześnie innymi metodami, można wymienić:

1. Ekonomia eksploatacji, która wynika z dwóch przyczyn:

- a) bardzo małe zużycie końcówek pomiarowych na skutek nieznacznego ich styku z częściami mierzonymi. Styk posiada raczej charakter przypadkowy. Zużycie końcówek daje się jeszcze bardziej zmniejszyć przez zastosowanie nakładek z węglików spiekanych;
- b) długowieczność samego aparatu w wyniku wielkiej prostoty konstrukcji i nieobecności przekładni mechanicznych.

2. Możliwość sprawdzania przedmiotów cienkościennych, takich, gdzie istnieje niebezpieczeństwo odkształceń pod wpływem nacisku pomiarowego.

3. Możliwość wykonania pomiaru szybkiego i wystarczająco dokładnego, otworów bardzo długich o niewielkich średnicach, gdzie wymagana jest stałość średnicy na całej długości (np. lufy w uzbrojeniu).

4. Zmniejszenie niebezpieczeństwa zarysowania lub uszkodzenia powierzchni mierzonych, tam gdzie szczególnie zależy na zachowaniu ich lustrzanej gładkości lub czystości.

5. Mało skomplikowana regulacja, sprawdzanie i naprawa, wywołane prostotą konstrukcji.

6. Odczytywanie wyników w mikronach, na prostej skali, w powiększeniu od 1000 do 2500, a nawet i więcej.

Do dalszych zalet nowoczesnych pneumatycznych przyrządów mierniczych (wynikających częściowo z zalet wyżej wymienionych) można zaliczyć:

- a) dużą szybkość pomiaru bez ujemnego wpływu na dokładność,
- b) wysoką dokładność pomiaru przy znacznej czułości przyrządów,
- c) łatwość odczytywania wyników pomiaru,
- d) możliwość obsługi przez personel mało wykwalifikowany.

2. Zasady działania i konstrukcji przyrządów pneumatycznych

Zależnie od sposobu rejestrowania zjawisk, zachodzących w czasie przepływu powietrza w przewodach zamkniętych, można wszystkie przyrządy pneumatyczne podzielić na trzy zasadnicze grupy.

A. Przyrządy ciśnieniowe (obserwacja zmian ciśnienia przepływającego powietrza).

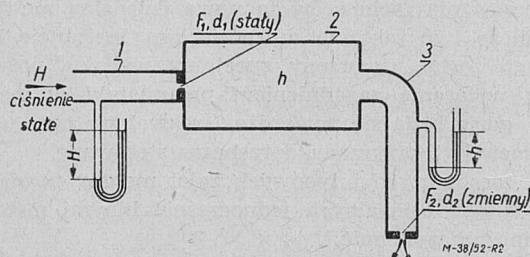
B. Przyrządy ilościowe (obserwacja natężenia przepływu lub szybkości powietrza).

C. Przyrządy elektro-pneumatyczne, stanowiące dalszy etap rozwojowy przyrządów ilościowych.

A. PRYZRZĄDY PNEUMATYCZNE CIŚNIENIOWE

1. Zasada działania

Wyobraźmy sobie naczynie 2 (rys. 2), do którego wprowadzane jest przewodem 1 powietrze pod stałym ciśnieniem H .



Rys. 2. Zasada działania przyrządów ciśnieniowych opartych na dławieniu.

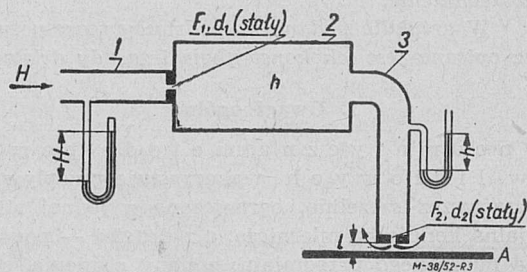
Gdy dysze F_2 i F_1 mają stałe wymiary otworu, to ciśnienie panujące w naczyniach 2 i 3 jest stałe i równe h (zawsze $h < H$). Jeśli przekrój F_2 zmienia się przy stałym F_1 , wówczas zmieniać się będzie również ciśnienie h .

Można z góry powiedzieć, że kiedy dysza F_1 (wlotowa) będzie miała bardzo mały przekrój, wówczas nieznaczne zmiany przekroju dyszy F_2 (wyjściowej) będą powodowały duże wahania się ciśnienia h .

Umieszczając manometr (dowolnej konstrukcji) na drodze od dyszy F_1 do F_2 , można rejestrować zmiany ciśnienia h , a tym samym, przez porównanie z jakimkolwiek wzorcowym otworem F_{2w} , ustalać odchylenia wymiarowe dowolnych otworów $F'_2, F''_2, \dots$

Jest to przykład pomiaru porównawczego średnicy otworu F_2 przez dławienie. Tą metodą można mierzyć bezpośrednio, kiedy wymiarem jaki należy wyznaczyć jest średnica otworu wylotowego. Na tej zasadzie jest oparty np. pomiar dyszy gaźników silników spalinowych.

Zmianę ciśnienia h można spowodować również w inny sposób, taki, który w praktyce ma o wiele częstsze zastosowanie. Osiąga się to w ten sposób, że wylot przewodu 3 (rys. 3) zakańcza się stałą dyszą o przekroju F_2 , natomiast zmieniona jest swoboda wylotu powietrza przez przybliżanie lub oddalanie ścianki A. Zachodzi tu przesłanianie dyszy wylotowej.



Rys. 3. Zasada działania przyrządów opartych na przesłanianiu dyszy.

W tym układzie ciśnienie h jest uzależnione od odległości l wylotu dyszy F_2 od ścianki A. Przy zmniejszaniu l ciśnienie h będzie wzrastać i na odwrót.

Rozważmy bliżej zależność między luzem l , a średnicą dyszy F_2 .

Jeżeli zbliżamy dyszę F_2 do ścianki A, wówczas efektywny otwór wylotowy będzie przedstawiał powierzchnię boczną walca o średnicy d_2 i wysokości l .

$$F = \pi \cdot d_2 \cdot l$$

Wzór ten ma sens, gdy $F < F_2$, czyli gdy

$$\pi \cdot d_2 \cdot l \leq \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \quad [1]$$

stąd

$$d_2 \geq 4l$$

Stąd wniosek, że wielkość luzu l nie powinna przekraczać jednej czwartej średnicy dyszy pomiarowej F_2 .

Dyszę wylotową F_2 można podzielić na dwie (np. $F_2 = 2F'_2$) lub więcej dysz składowych, zależnie od warunków konstrukcyjnych. Jeżeli np. takie dwie dysze (rys. 1) wbudowane zostaną w oprawę stałą cylindryczną, wówczas mogą służyć do mierzenia zmienności średnic otworów. W danym przypadku dopuszczalny luz l końcówki pomiarowej wynosi

$$l = l' + l''$$

przy czym luzy l' i l'' muszą odpowiadać zależności [1].

2. Teoretyczne podstawy działania przyrządów ciśnieniowych

Założmy, że w jakimś zbiorniku znajduje się gaz doskonały o ciśnieniu p oraz objętości właściwej v . Gaz ten wypływa przez otwór o przekroju F i stan jego u wylotu otworu niech będzie p_o, v_o . Natężenie wypływu gazu wyniesie

$$Q_G = \frac{F \cdot c_o}{v_o} = \text{const.} \quad [2]$$

gdzie: Q_G — natężenie wypływu gazu w kg/sek, c_o — średnia prędkość wypływającego gazu w m/sek, v_o — objętość właściwa gazu w chwili wypływu w m^3/kg , F — przekrój otworu albo dyszy w m^2 .

Szybkość wypływu c_o wyrazi się wzorem:

$$c_o = \sqrt{2g \cdot \frac{k}{k-1} \cdot p \cdot v \cdot \left[1 - \frac{p_o}{p_1} \frac{k-1}{k}\right]} \quad [3]$$

gdzie: g — przyspieszenie siły ciężkości — m/sek²,
 k — stosunek ciepła właściwego gazu przy stałym ciśnieniu do ciepła właściwego przy stałej objętości (dla powietrza $k = 1,4$), p — ciśnienie gazu w zbiorniku w at, p_o — ciśnienie gazu u wylotu dyszy w at a. Z równania adiabaty mamy:

$$v_o = v \cdot \left(\frac{p}{p_o}\right)^{\frac{1}{k}} \quad [4]$$

Podstawiając wartości c_o [3] i v_o [4] do wzoru [2] otrzymamy:

$$Q_G = F \cdot \sqrt{2g \cdot \frac{k}{k-1} \cdot \frac{p}{v} \cdot \left[\left(\frac{p_o}{p}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_o}{p}\right)^{\frac{k+1}{k}}\right]} \quad [5]$$

We wzorze [5] należy uwzględnić jeszcze współczynnik przepływu, zależny od kształtu dyszy oraz stopnia zwężenia strumienia powietrza.

Zatem:

$$Q_G = \mu \cdot F \cdot \sqrt{2g \cdot \frac{k}{k-1} \cdot \frac{p}{v} \cdot \left[\left(\frac{p_o}{p}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_o}{p}\right)^{\frac{k+1}{k}}\right]} \quad [5a]$$

Powróćmy do układu z rys. 2.

Podczas przepływu przez dyszę F_1 , mamy:

$$p_o = H_a + h; \quad p = H_a + H$$

Podczas przepływu przez dyszę F_2 :

$$p_o = H_a; \quad p = H_a + h$$

gdzie: H_a — ciśnienie atmosferyczne w mm sł. H₂O,
 H — ciśnienie w przewodzie doprowadzającym w mm sł. H₂O, h — ciśnienie w przewodzie wylotowym w mm sł. H₂O

Po podstawieniu tych wartości otrzymamy:

$$Q_1 = \mu_1 \cdot F_1 \sqrt{2g \cdot \frac{k}{k-1} \cdot \frac{H_a + H}{v_1} \cdot \left[\left(\frac{H_a + h}{H_a + H}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{H_a + h}{H_a + H}\right)^{\frac{k+1}{k}}\right]} \quad [6]$$

$$Q_2 = \mu_2 F_2 \sqrt{2g \cdot \frac{k}{k-1} \cdot \frac{H_a + h}{v_2} \cdot \left[\left(\frac{H_a}{H_a + h}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{H_a}{H_a + h}\right)^{\frac{k+1}{k}}\right]} \quad [7]$$

Oba natężenia są sobie równe: $Q_1 = Q_2 = const.$ a więc:

$$\mu_1 F_1 \cdot \sqrt{\frac{H_a + H}{v_1} \cdot \left[\left(\frac{H_a + h}{H_a + H}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{H_a + h}{H_a + H}\right)^{\frac{k+1}{k}}\right]} = \mu_2 F_2 \cdot \sqrt{\frac{H_a + h}{v_2} \cdot \left[\left(\frac{H_a}{H_a + h}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{H_a}{H_a + h}\right)^{\frac{k+1}{k}}\right]} \quad [8]$$

Dalej:

$$\frac{H_a + h}{H_a + H} = 1 - \frac{H - h}{H_a + H}; \quad \text{oraz:} \quad \frac{H_a}{H_a + h} = 1 - \frac{h}{H_a + h}$$

Rozwijając powstałe w ten sposób dwumiany potęgowe wzoru [8] w szeregi i odrzucając wyrazy drugiego oraz wyższych stopni, jako zbyt małe do rozważań, otrzymamy po podstawieniu i uproszczeniu:

$$\mu_1 F_1 \sqrt{\frac{H - h}{v_1}} = \mu_2 F_2 \sqrt{\frac{h}{v_2}} \quad [9]$$

Z równania stanu gazu ($pv = RT$) mamy:

$$v_1 = \frac{RT_1}{H_a + H}; \quad i \quad v_2 = \frac{RT_2}{H_a + h}; \quad \text{przy czym } T_1 = T_2$$

a więc:

$$\frac{\mu_2 F_2}{\mu_1 F_1} = \sqrt{\frac{H - h}{h} \cdot \frac{H_a + H}{H_a + h}} \quad [10]$$

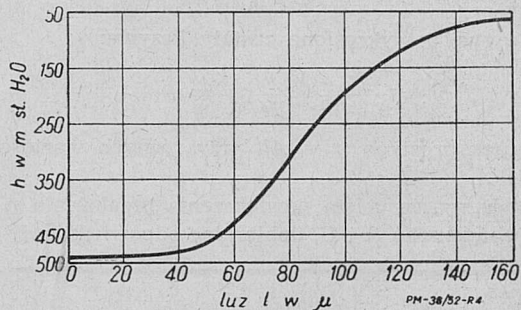
Ilorazy $\frac{\mu_2}{\mu_1}$ oraz $\frac{H_a + H}{H_a + h}$ są prawie równe 1, a zatem można ostatecznie przyjąć:

$$\frac{F_2}{F_1} = \sqrt{\frac{H - h}{h}}; \quad h = \frac{H}{1 + \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2} \quad [11]$$

Wzór ten pozwala wyznaczyć skalę przyrządu.

W praktyce jednak do wyznaczania skali manometrycznej h stosujemy metodę doświadczalną.

Zakładając pewne przekroje dysz F_1 i F_2 , badamy zachowanie się h w zależności od luzu l , którego zmiany osiągamy, używając stosu płytek wzorcowych.



Rys. 4. Zależność ciśnienia h od luzu.

Na rys. 4 pokazany jest wykres wyników wzorcowania w konkretnym przypadku.

W przypadku dławienia (rys. 2) wielkość ciśnienia h jest uwarunkowana zmianami otworu dyszy F_2 (lub średnicy d_2). Zakładając $F_1 = const$ i $H = const$, ze wzoru [11] otrzymamy: $h = f(F_2)$.

W przypadku przesłaniania (rys. 3) zmiany ciśnienia h zależą od zmian wielkości l , wówczas: $F_2 = \pi d_2 l$ (przy $l \leq 0,25 d_2$)

Napiszmy równanie [11] w postaci

$$h = \frac{H}{1 + x^2} \quad [12]$$

$$\text{gdzie } x = \frac{F_2}{F_1} = \frac{\pi \cdot d_2 \cdot l}{\pi d_1^2} = \frac{4 d_2}{d_1^2} \cdot l = A \cdot l \quad [13]$$

przy czym A — wielkość stała, zależna od d_2 i d_1 .

Zależności między d_1 , d_2 i A :

$$d_1 = 2 \sqrt{\frac{d_2}{A}}; \quad d_2 = \frac{A d_1^2}{4}; \quad A = 4 \cdot \frac{d_2}{d_1^2}$$

Najbardziej interesującą wielkością jest przełożenie wskazań, tj. wielkość, wykazująca jaki przyrost ciśnienia nastąpi przy danej zmianie luzu l .

Oznaczając przez l_1 i l_2 dwa kolejne położenia ścianki przesłaniającej, a przez h_1 i h_2 dwie odpowiadające im wielkości zmierzonego ciśnienia, możemy napisać

$$n = \frac{h_2 - h_1}{l_2 - l_1} = \frac{\Delta h}{\Delta l} \quad [14]$$

W granicy przełożenia n będzie pochodną h względem l .

$$n = \left| \frac{dh}{dl} \right| = \left| \frac{dh}{dx} \cdot \frac{dx}{dl} \right| = \left| \frac{d}{dx} \left(\frac{H}{1+x^2} \right) \cdot \frac{d}{dl} (Al) \right|$$

$$n = \left| -HA \cdot \frac{2x}{(1+x^2)^2} \right| \quad [15]$$

Punkty wierzchołkowe krzywej, wyznaczonej równaniem [15], znajdziemy, przyrównując pochodną tej funkcji do zera i po rozwiązaniu otrzymamy:

$$|x| = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,578 \approx 0,6$$

Podstawiając do wzoru [15] znajdziemy, że przełożenie będzie największe przy

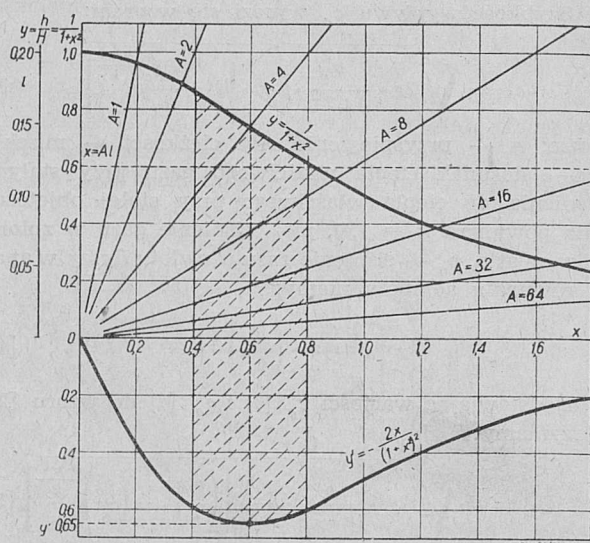
$$n = H \cdot A \cdot \frac{2 \cdot 0,578}{(1 + 0,333)^2} = 0,65 H \cdot A \quad [16]$$

Na rys. 5 wykreślone zostały krzywe:

$$y = \frac{1}{1+x^2} = \frac{h}{H}, \quad y' = -\frac{2x}{(1+x^2)^2}$$

oraz pęk prostych $x = Al$, przy różnych wartościach stałej A .

Widzimy, że celem powiększenia przełożenia n należy powiększać A i H , dobierając odpowiednio d_1 i d_2 .



Rys. 5.

Rosnącym wartościom A odpowiadają coraz mniejsze wartości luzu l , przy optymalnej wartości $x \approx 0,6$, zatem przy zwiększeniu A należy zmniejszyć luz l . Skala ciśnień h jest najbardziej równomierna dla wartości x , odpowiadających zakreskowanemu polu wykresu.

Zasadniczym wnioskiem z rozważań jest okoliczność, że im mniejsza jest tolerancja wymiaru badanego, tym większe jest przełożenie przyrządu ciśnieniowego, co jest zgodne ze wzorem [14]. Na tej zasadzie są konstruowane czujniki pneumatyczne opisane dalej, w których przełożenie może wynosić 25000 i więcej.

Bezpośrednim sposobem powiększania n będzie użycie przyrządów o wyższym stałym ciśnieniu podstawowym H .
(d.c.n.)

Zamienność selekcyjna (dokończenie)

Dr inż. TADEUSZ JAKUBOWSKI

2. Zamienność selekcyjna w przypadku ogólnym

Rozpatrzyliśmy szczególny przypadek zamienności selekcyjnej zespołu wałek-tuleja, gdzie łańcuch wymiarowy składał się z trzech równoległych wymiarów: wałka, otworu i luzu (wymiar zamykający). W przypadku ogólnym mogą występować łańcuchy wymiarowe o ilościach wymiarów większych niż 3, przy czym wymiary te mogą być wyłącznie równoległe (w ogromnej większości przypadków) lub pod pewnymi kątami, stałymi lub zmiennymi jedne w stosunku do drugich.

Rozpatrzmy najpierw przypadek najczęściej spotykany: równoległe łańcuchy wymiarowe, przy czym wymiary mogą się składać jak również i odejmować. Ze względów poprzednio wyszczególnionych (komplikacje w gospodarce sprawdzianowej i materiałowej) zamienność selekcyjna stosuje się do krótkich łańcuchów wymiarowych ($3 \div 5$ wymiarów), gdy wymiar

wypadkowy należy utrzymać w węższych granicach niż to wynika z tolerancji obróbkowych, przy czym do „selekcjonowania“ należy brać wymiary z szerszymi tolerancjami jako mające większy wpływ na wymiar wypadkowy. Rozpatrzmy wprawdzie przypadek, gdy wymiary tylko się składają.

Aby zmniejszyć za pomocą odpowiedniego kojarzenia wymiarów grupowych wymiar wypadkowy, należy oczywiście składać największy wymiar jednej grupy z najmniejszym wymiarem drugiej grupy. Należy to rozumieć w ten sposób, iż składamy wprawdzie największy wymiar jednej z grup z najmniejszym wymiarem grupy drugiej, następnie największy z pozostałych wymiarów grupy pierwszej z najmniejszym z pozostałych wymiarów grupy drugiej itd., aż do ostatniego wymiaru, jak schematycznie przedstawia rys. 7, gdzie jednakowymi numerami oznaczono porządek kojarzenia grup wymiarowych.

Weźmy najprostszy przykład: 2 wymiary i 2 grupy wymiarowe (rys. 8)

$$X = A^a + B^b = 10^{+0,4}_{+0,2} + 6^{+0,2} = (A+B)^{a+b} = 16^{+0,6}$$

Obliczamy wypadkowe wymiary grupowe X_1 i X_2 .

Wariant I. Składamy n a j w i ę k s z e wymiary grupowe wymiaru A z wymiarami grupowymi n a j m n i e j s z y m i wymiaru B .

$$X_1 = A^{\frac{a}{2}} + B^{\frac{b}{2}} = (A+B)^{\frac{a+b}{2}} =$$

$$= 10^{+0,4}_{+0,2} + 6^{+0,1} = 16^{+0,5}_{+0,2}$$

$$X_2 = A^{\frac{a}{2}} + B^{\frac{b}{2}} = (A+B)^{\frac{a+b}{2}} =$$

$$= 10^{+0,2}_{+0,1} + 6^{+0,2}_{+0,1} = 16^{+0,4}_{+0,1}$$

Obliczmy jak się zmienia granice wymiaru wypadkowego X na skutek zastosowania selekcji. W zależności od tego, który z wymiarów X_1 lub X_2 jest większy, piszemy:

$$1) X_{1\max} - X_{\max} = a + \frac{b}{2} - (a+b) = -\frac{b}{2} =$$

$$= -0,1 \quad (b \leq a, X_1 \geq X_2)$$

lub

$$2) X_{2\max} - X_{\max} = \frac{a}{2} + b - (a+b) =$$

$$= -\frac{a}{2} \quad (a \leq b, X_1 \leq X_2)$$

Analogicznie:

$$1) X_{1\min} - X_{\min} = +\frac{b}{2} = +0,1 \quad (b \leq a, X_1 \geq X_2)$$

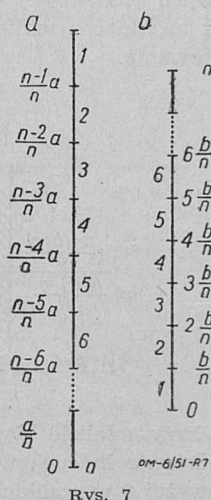
lub

$$2) X_{1\min} - X_{\min} = +\frac{a}{2} \quad (a \leq b, X_1 \leq X_2)$$

W obu przypadkach przesunięcia granic pola tolerancyjnego wymiaru X równają się połowie najmniejszej tolerancji, przy czym pole tolerancyjne zwęża się symetrycznie z obu stron o

$$\frac{b}{2} \quad (b \leq a) \quad \text{lub} \quad \frac{a}{2} \quad (a \leq b).$$

Wariant II. Składamy n a j w i ę k s z e wymiary grupowe wymiaru A z takimiż n a j w i ę k s z y m i wymiarami B , tj. dodajemy (1) + (6), (2) + (5) itd. (rys. 7).

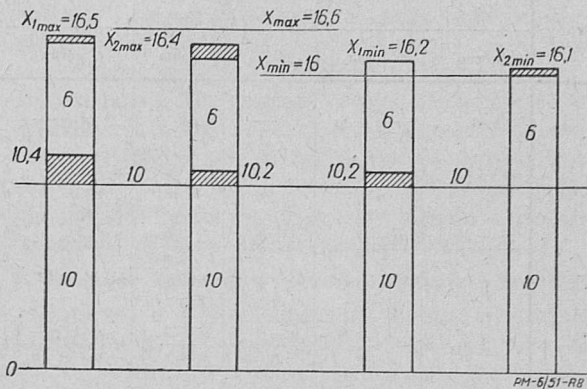


Rys. 7

$$X_1 = A^{\frac{a}{2}} + B^{\frac{b}{2}} = (A+B)^{\frac{a+b}{2}} = 16^{+0,6}_{+0,3}$$

$$X_2 = A^{\frac{a}{2}} + B^{\frac{b}{2}} = (A+B)^{\frac{a+b}{2}} = 16^{+0,3}$$

Tolerancje grupowe wymiarów X_1 i X_2 w tych obu wariantach = 0,3, lecz rozpiętość wahań wymiaru wypadkowego X (po selekcji) wynosi: 16,5 — 16,1 = 0,4 dla wariantu I i 16,6 — 16 = 0,6 dla wariantu II.



Rys. 8

Wariant II jest więc nieprzydatny, gdyż nie osiągnęliśmy celu: zwężenia granic wymiaru wypadkowego X , aby nie przekroczyć założonych granic dla wskaźnika zamienności.

Podobnie rozumując w przypadku odejmowania wymiarów, należy odejmować od największych wymiarów grupowych jednego z wymiarów największe wymiary grupowe drugiego wymiaru.

$$X = A^a - B^b = (A-B)^{\frac{a}{2}} =$$

$$= 10^{+0,4}_{+0,2} - 6^{+0,2} = 4^{+0,4}_{-0,2}$$

$$X_1 = A^{\frac{a}{2}} - B^{\frac{b}{2}} = (A-B)^{\frac{a-b}{2}} =$$

$$= 10^{+0,4}_{+0,2} - 6^{+0,2}_{+0,1} = 4^{+0,3}$$

$$X_2 = A^{\frac{a}{2}} - B^{\frac{b}{2}} = (A-B)^{\frac{a-b}{2}} =$$

$$= 10^{+0,2}_{+0,1} - 6^{+0,1} = 4^{+0,2}_{-0,1}$$

$$1) X_{1\max} - X_{\max} = a - \frac{b}{2} - a = -\frac{b}{2} = -0,1 \quad (b \leq a)$$

$$2) X_{2\max} - X_{\max} = \frac{a}{2} - a = -\frac{a}{2} \quad (a \leq b)$$

Analogicznie:

$$1) X_{2\min} - X_{\min} = -\frac{b}{2} - (-b) = +\frac{b}{2} = +0,1 \quad (b \leq a)$$

$$2) X_{1\min} - X_{\min} = \frac{a}{2} - b - (-b) = +\frac{a}{2} \quad (a \leq b)$$

Otrzymaliśmy te same wartości, jak poprzednio w wariantie I. Ten wynik można było przewidzieć, ponieważ przy dodawaniu lub odejmowaniu wymiarów tolerowanych tolerancje się dodają i wnioski wysnute z przykładów dodawania można bez zmian przenieść na przykłady odejmowania.

Mając to na względzie rozpatrzmy bardziej ogólny przykład: $X = A^a + B^b + C^c$ ($a \geq b \geq c$)

przy czym utworzyliśmy n grup wymiarowych o tolerancjach grupowych równych odpowiednio $\frac{a}{n}$, $\frac{b}{n}$ i $\frac{c}{n}$

Tolerancja grupowa będzie oczywiście $= \frac{a+b+c}{n}$

TABLICA V. Obliczanie odchyłek wymiaru wypadkowego X

Odchyłki wymiarów grupowych										
Grupy	A		B		A + B		C		X = A + B + C	
	górną	dolną	górną	dolną	górną	dolną	górną	dolną	górną	dolną
1	a	$\frac{n-1}{n} a$	$\frac{b}{n}$	0	$a + \frac{b}{n}$	$\frac{n-1}{n} a$	$\frac{c}{n}$	0	$a + \frac{b+c}{n}$	$\frac{n-1}{n} a$
2	$\frac{n-1}{n} a$	$\frac{n-2}{n} a$	$2 \cdot \frac{b}{n}$	$\frac{b}{n}$	$\frac{n-1}{n} a + 2 \frac{b}{n}$	$\frac{n-2}{n} a + \frac{b}{n}$	$2 \cdot \frac{c}{n}$	$\frac{c}{n}$	$\frac{n-1}{n} a + 2 \frac{b+c}{n}$	$\frac{n-2}{n} a + \frac{b+c}{n}$
3	$\frac{n-2}{n} a$	$\frac{n-3}{n} a$	$3 \cdot \frac{b}{n}$	$2 \cdot \frac{b}{n}$	$\frac{n-2}{n} a + 3 \frac{b}{n}$	$\frac{n-3}{n} a + 2 \frac{b}{n}$	$3 \cdot \frac{c}{n}$	$2 \frac{c}{n}$	$\frac{n-2}{n} a + 3 \frac{b+c}{n}$	$\frac{n-3}{n} a + 2 \frac{b+c}{n}$
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
n-1	$2 \frac{a}{n}$	$\frac{a}{n}$	$\frac{n-1}{n} b$	$\frac{n-2}{n} b$	$2 \frac{a}{n} + \frac{n-1}{n} b$	$\frac{a}{n} + \frac{n-2}{n} b$	$\frac{n-1}{n} c$	$\frac{n-2}{n} c$	$2 \frac{a}{n} + \frac{n-1}{n} (b+c)$	$\frac{a}{n} + \frac{n-2}{n} (b+c)$
n	$\frac{a}{n}$	0	b	$\frac{n-1}{n} b$	$\frac{a}{n} + b$	$\frac{n-1}{n} b$	c	$\frac{n-1}{n} c$	$\frac{a}{n} + (b+c)$	$\frac{n-1}{n} (b+c)$

Tablica V wyjaśnia ogólny schemat obliczeń, który może być zastosowany analogicznie do dowolnej ilości grup i wymiarów. Należy tylko mieć na uwadze, iż dodajemy największe do najmniejszych, a odejmujemy największe od największych wymiarów grupowych, jak w poprzednich przykładach.

Dla dalszych obliczeń należy ustalić, który z krajowych wymiarów, grupy 1 lub grupy n, jest największy. Jeżeli wymiar grupy 1 jest największy (lub równy wymiarowi n), wówczas:

$$a + \frac{b+c}{n} \geq \frac{a}{n} + b + c, \text{ czyli } a \geq b + c$$

W przeciwnym wypadku

$$\frac{a}{n} + b + c \geq a + \frac{b+c}{n}, \text{ czyli } a \leq b + c$$

Przesunięcie górnej granicy pola tolerancyjnego wymiaru X w wypadku $a \geq b + c$ będzie (tablica V):

$$a + \frac{b+c}{n} - (a + b + c) = -\frac{n-1}{n} \cdot (b+c)$$

i analogicznie dolnej granicy:

$$+ \frac{n-1}{n} (b+c)$$

Pole tolerancyjne wymiaru X zwęża się symetrycznie z obu stron o jedną i tę samą wielkość

$$\frac{n-1}{n} (b+c) \quad [2]$$

jak to uzmysławia rys. 7.

Przesunięcie górnej granicy wymiaru X w przypadku $a \leq b + c$ będzie

$$\frac{a}{n} + (b+c) - (a + b + c) = -\frac{n-1}{n} a$$

a dolnej granicy: $+ \frac{n-1}{n} a$

Pole tolerancyjne wymiaru X zwęża się symetrycznie z obu stron o wielkość

$$\frac{n-1}{n} a \quad [3]$$

Rozkład grupowych pól tolerancyjnych w polu tolerancyjnym wymiaru X przed selekcją przedstawia w sposób poglądowy rys. 9. Zwężone na skutek selekcji pole tolerancyjne

$$y = a + b + c - 2 \cdot \frac{n-1}{n} (b+c) \quad (a \geq b+c)$$

$$\text{lub } y = a + b + c - 2 \cdot \frac{n-1}{n} a \quad (a \leq b+c)$$

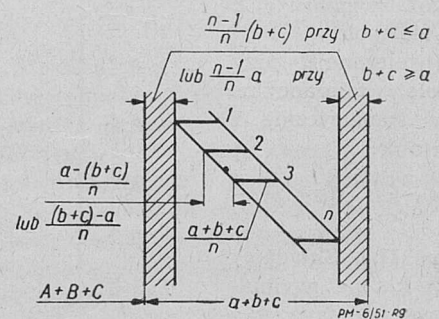
nawet przy $n \rightarrow \infty$ będzie miało wielkość

$$a - (b+c) \text{ lub } (b+c) - a \quad (a \neq b+c)$$

Praktycznie jednak, jak już wspominaliśmy, liczba grup wymiarowych nie przekracza zazwyczaj 4 (wyjątek stanowią np. łożyska kulkowe), a najmniejsze pole tolerancyjne zwężone otrzymamy przy

$$a = b+c \text{ i wówczas } y = \frac{b+c}{n} = \frac{a}{n},$$

przy czym osiąga się we wszystkich grupach wymiarowych jednakowej wielkości odchyłki górne i dolne, jak to widać z tablicy V, a zatem ten sam charakter pasowania.



Rys. 9

Przy analizie wymiarowej zamienności części na podstawie łańcuchów wymiarowych o ilościach ogniw powyżej 3 w rzadkich tylko wypadkach chodzi o osiągnięcie pewnego, równomiernego charakteru pasowania. Z zasady natomiast wymaga się, aby pewna wielkość X, warunkująca przepisowe działanie danego zespołu współpracujących części, była zachowana w założonych granicach. Zamiennosc selekcyjna może być stosowana w tych wypadkach, kiedy wielkość X jest

stolerowana dwugranicznie, ponieważ przy jednogranicznym stolerowaniu X wystarczy oczywiście przesunąć o odpowiednią wielkość pole tolerancyjne, aby nie przekroczyć dolnej lub górnej z założonych granic.

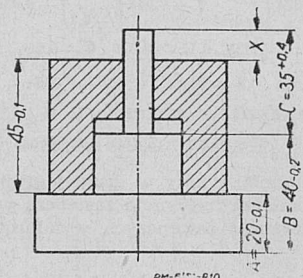
Przykład 1. Rys. 10 przedstawia zespół współpracujących części przy czym wielkość X , ze względu na wymagane działanie zespołu, powinna być zawarta w granicach:

$$10,5 \geq X \geq 9,9, \text{ czyli } X = 10 \begin{matrix} +0,5 \\ -0,1 \end{matrix}$$

Jak wynika jednak z łańcucha wymiarowego, wielkość X wypadnie:

$$X = 35 \begin{matrix} +0,4 \\ -0,2 \end{matrix} + 40 \begin{matrix} -0,2 \\ -0,1 \end{matrix} - 20 \begin{matrix} -0,1 \\ -0,1 \end{matrix} - 45 \begin{matrix} -0,1 \\ -0,1 \end{matrix} = 10 \begin{matrix} +0,6 \\ -0,2 \end{matrix}$$

czyli, że założone dla X granice zostały przekroczone. Przy-



Rys. 10

pujemy dalej, że ze względów technologicznych nie można odpowiednio zacieśnić niektórych tolerancji wymiarów i decydujemy się na zamienność selekcyjną. Jak wspominaliśmy poprzednio, do selekcji należy brać te wymiary, które mają największy wpływ na odchyłki wymiaru X — w danym przykładzie wymiary $35 \begin{matrix} +0,4 \\ -0,2 \end{matrix}$ i $40 \begin{matrix} -0,2 \\ -0,1 \end{matrix}$ — bierzemy jednak jeszcze wymiar $20 \begin{matrix} -0,1 \\ -0,1 \end{matrix}$ w nawiązaniu do tablicy V.

W tablicy V podaliśmy przykład, gdy wymiary tylko się składają, a odchyłki są dodatnie. W przypadku ogólnym również łatwo ustalić porządek składania odchyłek, kierując się poprzednią zasadą, iż dodawać należy wymiary największe do najmniejszych, a odejmować wymiary największe od największych w każdej z grup wymiarowych, jak to przedstawia tablica VI.

TABLICA VI. Odchyłki wymiarów selekcyjonowanych

Grupa	Wymiary i odchyłki				
	$+35 + 0,4$	$+40 - 0,2$	$35 + 40$	$-20 - 0,1$	$35 + 40 - 20$
1	$+0,4$	$-0,1$	$+0,3$	0	$+0,35$
	$+0,2$	$-0,2$	0	$-0,05$	0
2	$+0,2$	0	$+0,2$	$-0,05$	$+0,3$
	0	$-0,1$	$-0,1$	$-0,1$	$-0,05$

Ilość n grup wymiarowych ustalimy wg wzoru [1] uwzględniając, że wymiar $45 \begin{matrix} -0,1 \\ -0,1 \end{matrix}$ nie bierze udziału w se-

lekcji.

$$n = \frac{0,6 + 0,2}{0,5 + 0,1 - 0,1} = 1,6 \approx 2$$

$$X_1 = (35 + 40 - 20) \begin{matrix} +0,35 \\ -0,1 \end{matrix} - 45 \begin{matrix} -0,1 \\ -0,1 \end{matrix} = 10 \begin{matrix} +0,45 \\ -0,1 \end{matrix}$$

$$X_2 = (35 + 40 - 20) \begin{matrix} +0,3 \\ -0,05 \end{matrix} - 45 \begin{matrix} -0,1 \\ -0,1 \end{matrix} = 10 \begin{matrix} +0,4 \\ -0,05 \end{matrix}$$

Założone granice dla X zostały zachowane, a nawet nie wykorzystane w pełni, ponieważ ilość n grup wymienionych jest z konieczności większa niż wypada z rachunku. Jeżeli odrzucimy wymiar $20 \begin{matrix} -0,1 \\ -0,1 \end{matrix}$ wówczas

$$n = \frac{0,8}{0,6 - 0,2} = 2; X_1 = 10 \begin{matrix} +0,5 \\ -0,1 \end{matrix}; X_2 = 10 \begin{matrix} +0,4 \\ -0,1 \end{matrix}$$

Założone granice zostały teraz w pełni wykorzystane.

Podany sposób selekcyjonowania wymiarów zapewnił jednakowy zapas bezpieczeństwa dla nieprzekroczenia wymiarów X_{max} i X_{min} , ponieważ przekro-

czenie obu tych granic jest zasadniczo równie niebezpieczne dla przepisowego działania zespołu. W naszym przykładzie ten zapas bezpieczeństwa wynosi po 0,05 od strony max., jak również od strony min. wielkości X . W przypadku ogólnym jednakowy zapas bezpieczeństwa otrzymamy automatycznie przy selekcji wszystkich wymiarów łańcucha wymiarowego, co zresztą łatwo jest osiągnąć i przy selekcji części wymiarów zmieniając nieco niektóre wymiary nominalne. Nie przyjeśliśmy pod uwagę krzywych błędów wymiarów A , B i C , co można by wykonać w sposób poprzednio podany, przez co otrzymamy wyniki nieco gorsze w zależności od kształtów krzywych błędów.

3. Selekcja łańcuchów wymiarowych nierównoległych

Poprzednie nasze rozważania dotyczyły łańcuchów wymiarowych o równoległych kierunkach wymiarów. Metodę selekcyjną można by również zastosować do łańcuchów wymiarowych o dowolnych, a więc nie tylko równoległych, stałych lub zmiennych kierunkach wymiarów, zastępując ścisłą zależność funkcyjną wielkości X od wymiarów składowych przez przybliżoną zależność liniową („linearyzacja” funkcji).

O ile nam jest to wiadome, w praktyce nie spotyka się takiej metody zamienności selekcyjnej, lecz istnieje teoretyczna możliwość jej zastosowania. W tych wypadkach jest zresztą korzystniej stosować inne rodzaje zamienności: warunkowe — technologiczne lub konstrukcyjne — albo zamienność procentową.

Poza tym nie uwzględniliśmy dotychczas ważnej okoliczności, że w praktyce łańcuchy wymiarowe izolowane, tj. złożone wyłącznie z wymiarów, które nie wchodzi do żadnych innych łańcuchów wymiarowych, należą do rzadkości. W wypadku więc zastosowania zasady selekcji do kilku powiązanych ze sobą łańcuchów wymiarowych, skuteczność tej metody gwałtownie się zmniejsza na skutek niemożności jednoczesnego osiągnięcia optymalnych wyników dla każdej wielkości X warunkującej zamienność. Również jest niepożądane zwiększenie asortymentu części wymiarowo różnych. Z tych więc względów przytoczony niżej przykład 2 ma znaczenie raczej teoretyczne uzupełniając poprzednie nasze wywody.

Przykład 2. Rys. 11 przedstawia zespół współpracujących części gdzie wymiary składają się geometrycznie, przy czym warunek przepisowej pracy tego zespołu polega na tym, aby kąt α nie przekroczył założonych granic.

$$52^\circ \leq \alpha \leq 52^\circ 40'$$

Na podstawie rysunku znajdujemy:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b - r(1 - \cos \alpha)}{a - r(1 + \sin \alpha)} \quad \text{i} \quad (a - r) \sin \alpha = (b - r) \cos \alpha + r \quad [a]$$

$$\text{skąd } \sin \alpha_{nom} = 0,8, \quad \alpha_{nom} = 53^\circ 8' . 4$$

Należy przedstawić zależność kąta α od wymiarów a , b i r w przybliżonej postaci równania liniowego. Różniczkując obie strony równania [a] otrzymamy:

$$(a - r) \cdot d \sin \alpha + \sin \alpha \cdot da - \sin \alpha \cdot dr = (b - r) \cdot d \cos \alpha + \cos \alpha \cdot db - \cos \alpha \cdot dr + dr$$

Podstawiając w powyższe równanie zamiast różniczek odpowiednie odchyłki wymiarów i zastępując $d \cos \alpha$ przez

$$d \cos \alpha = \frac{-\sin \alpha_{nom}}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha_{nom}}} \cdot d \sin \alpha = -1,33 d \sin \alpha; \quad (\sin \alpha_{nom} = 0,8)$$

otrzymamy ostatecznie:

$$\Delta \sin \alpha = -0,024 \cdot (+0,3) + 0,018 \cdot (-0,2) + 0,036 \cdot (-0,1) \quad [b]$$

Liczby w nawiasach są to odchyłki, a więc wielkości mogące się wahać dowolnie od 0 do podanych w nawiasach liczb.

$$\Delta_{max} \cdot \sin \alpha = 0; \quad \Delta_{min} \cdot \sin \alpha = -0,0144;$$

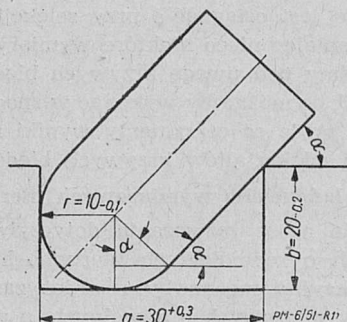
$$\alpha_{max} = \alpha_{nom} = 53^\circ 8'; \quad \alpha_{min} = 51^\circ 47'; \quad (\sin \alpha_{min} = 0,8 - 0,0144).$$

Z rys. 11 możemy bezpośrednio wnioskować, że α_{max} , otrzymamy przy:

α_{min} , b_{max} , r_{max} a α_{min} przy a_{max} , b_{min} , r_{min} i obliczyć te kąty ze ścisłego wzoru [a]. Otrzymamy wówczas:

$$\alpha_{max} \approx 53^{\circ}8'; \quad \alpha_{min} \approx 51^{\circ}45'.$$

Różnica dla α_{min} jest nieznaczna, wobec czego będziemy się posługiwali wzorem przybliżonym [b].



Rys. 11

Graniczne wartości kąta α przekroczyły założone wielkości, wobec czego zastosujemy zamienność selekcyjną przyjmując do obliczeń nie tolerancje rzeczywiste (0,3, 0,2, 0,1), lecz tolerancje zastępcze wg wzoru [b], a mianowicie:

wymiar a	tolerancja zastępcza	$0,024 \cdot 0,3 = 0,0072$
„ b , „	„	$0,018 \cdot 0,2 = 0,0036$
„ r , „	„	$0,036 \cdot 0,1 = 0,0036$

ponieważ odchyłki $\sin \alpha$ są określone przez tolerancje zastępcze.

Wypadkowe wielkości $\sin \alpha$: 0,8 ($\alpha = 53^{\circ}8'$), i 0,7856 ($\alpha = 51^{\circ}47'$)

Założone wielkości $\sin \alpha$: 0,79512 ($\alpha = 52^{\circ}40'$) i 0,78801 ($\alpha = 52^{\circ}$)

Przez zastosowanie selekcji należy więc zacieśnić pole tolerancyjne $\sin \alpha$ o następujące wartości:

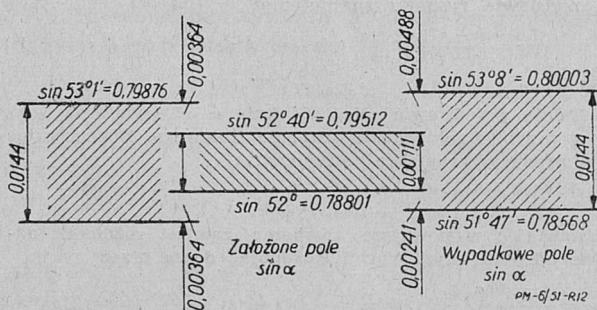
$$0,8 - 0,79512 = 0,00488 \text{ od strony max.}$$

$$0,78801 - 0,7856 = 0,00241 \text{ „ „ min.}$$

Według naszego sposobu obliczania, zważenia pola tolerancyjnego wypadają symetrycznie z obu stron, co można osiągnąć i w tym wypadku, przyjmując zważenie średnie (z każdej strony)

$$\frac{0,00488 + 0,00241}{2} = 0,00364$$

Rys. 12 przedstawia wielkości i położenia pól tolerancyjnych sinusów założonych i wypadkowych kątów α . Na lewej stronie tego rysunku umieszczono wypadkowe pole tolerancyjne $\sin \alpha$ symetrycznie w stosunku do założonego pola. W tym celu zmniejszono kąt $\alpha_{max} = 53^{\circ}8'$ do wielkości $\alpha_{max} = 53^{\circ}1'$ ($\sin \alpha' = 0,79512 + 0,00364 = 0,79876$), co można uzyskać zmniejszając na przykład wymiar nominalny $b = 20$ o 0,1.



Rys. 12

Ponieważ tolerancja zastępcza wymiaru a równa się w danym wypadku sumie tolerancji zastępczych wymiarów b i r , można zastosować wzór [2] lub [3].

$$\frac{n-1}{n} \cdot 0,0072 = 0,00364 \text{ skąd } n = \frac{0,0072}{0,00364} \approx 2$$

Odchyłki wymiarów selekcjonowanych podaje tablica VII.

Tablica VII. Odchyłki wymiarów selekcjonowanych zespołu wg rys. 11

Grupa	Odchyłki wymiarów					
	a		b		r	
1	+0,3	+0,15	0	-0,1	0	-0,05
2	+0,15	0	-0,1	-0,2	-0,05	-0,1

Grupa 1.

$$\Delta \sin \alpha = -0,024 \begin{pmatrix} +0,3 \\ +0,15 \end{pmatrix} + 0,018 \begin{pmatrix} 0 \\ -0,1 \end{pmatrix} + 0,036 \begin{pmatrix} 0 \\ -0,05 \end{pmatrix}$$

$$\Delta_{max} \sin \alpha = -0,024 \cdot 0,15 + 0,018 \cdot 0 + 0,036 \cdot 0 = -0,0036$$

$$\Delta_{min} \sin \alpha = -0,024 \cdot 0,3 + 0,018 \cdot -0,1 + 0,036 \cdot -0,05 = -0,0108$$

Po selekcji otrzymamy w grupie 1

$$\alpha_{max} = 52^{\circ}40'; \quad \sin \alpha_{min} = 0,79876 - 0,0108 = 0,78796 \text{ czyli } \alpha_{min} = 52^{\circ}$$

Maksymalne i minimalne kąty w drugiej grupie wymiarowej będą te same, ponieważ tolerancja zastępcza wymiaru a równa się sumie tolerancji zastępczych wymiarów b i r .

Podobnie jak i w przykładzie 1 nie wzięliśmy w rachubę krzywych błędów wymiarów składowych. Uwzględnienie tych krzywych spowodowałoby w danym wypadku zwiększenie ilości grup wymiarowych z 2 do 3 (przypuszczalnie).

4. Wnioski

Podaliśmy w postaci nieco bardziej rozszerzonej niż w bieżącej literaturze technicznej, głównie radzieckiej, zasady, na których jest oparta zamienność selekcyjna i na zakończenie streścimy zalety i wady tej metody.

Jak już wspomnieliśmy, metoda selekcyjna stosuje się do krótkich, izolowanych łańcuchów wymiarowych przy produkcji seryjnej i pozwala na osiąganie dużych dokładności wyrobów przy znacznie mniejszych dokładnościach wykonania poszczególnych części. Korzyści, jakie daje metoda selekcyjna, nie równoważą jednak wad, które stoją na przeszkodzie do szerszego jej stosowania. Wady te są następujące:

1) Podział na grupy wymiarowe komplikuje gospodarkę sprawdzianową i utrudnia odbiór. Wszystkie sprawdziany muszą być dokładniej wykonane, gdyż muszą one odpowiadać tolerancjom grupowym, a nie tolerancjom obróbkowym.

2) Gospodarka w magazynach części i na montażu (obawa pomieszczenia części) również ulega komplikacji.

3) Musi być zapewniona jednorodność produkcji (krzywe błędów z małą asymetrią i mało zmienne od partii do partii produkcyjnych). Wymaga to dużej kultury technicznej i sprawności organizacyjnej wytwórni, jak również stosowania statystycznych metod kontroli, a nie tylko sprawdzianów granicznych.

4) Ilości przedmiotów pewnej grupy wymiarowej nie odpowiadają ściśle założonym liczbom i po ukończeniu montażu danej serii pozostają resztki, które nie mogą być użyte w tej serii z braku odpowiadających im wymiarowo części. W razie większych zakłóceń w przebiegu produkcji resztki te mogą nadmiernie wzrastać zamrażając środki obrotowe wytwórni.

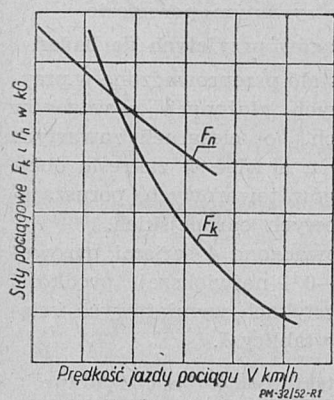
Wpływ charakterystyki parowozu na jego zdolność przewozową*)

Prof. inż. KAZIMIERZ ZEMBRZUSKI

Dotychczasowa metoda wyznaczania obciążeń parowozów. Celowość pracy parowozu z możliwie małym rozchodem węgla na jednostkę pracy przewozowej. Obliczanie jednostkowych rozchodów węgla. Zmiany jednostkowych rozchodów węgla z warunkami ruchu pociągu towarowego i wielkością parowozu. Wyznaczanie obciążeń parowozów towarowych z uwzględnieniem możliwie najmniejszego jednostkowego rozchodu węgla w określonych warunkach ruchu. Wpływ wielkości parowozu na rozchód węgla przy małych i średnich prędkościach przeciętnych pociągu. Możliwości stosowania parowozów uniwersalnych w ruchu towarowym.

1. Wstęp

Obciążenia parowozu wyznacza się dotychczas według siły pociągowej kotłowej F_k , kG,



Rys. 1. Wykres siły pociągowej kotłowej i jej ograniczenia, określonego ciężarem napędym parowozu.

F_n , kG, wynikającą z ciężaru napędowego parowozu G_n , t, określoną wzorem

$$F_n = \frac{1000 \cdot \psi \cdot G_n}{\eta_m}$$

w którym:

- ψ — współczynnik przyczepności,
- η_m — sprawność mechaniczna silnika.

Wartość największej długotrwałej wydajności kotła danego parowozu, opalanego określonym węglem, zależy z kolei od wymiarów i konstrukcji urządzenia wytwarzającego ciąg w kotle i może być zmieniana w eksploatacji odpowiednio do zadań przewozowych, wypełnianych przez parowóz. Przy używaniu węgla o wartości użytkowej zbliżonej do wartości przeciętnych węgli górnośląskich, największa wydajność kotła występuje w rozmaitych seriach parowozów istniejących przy natężeniu rusztu, zawartym w granicach $2,0 \div 3,6 \cdot 10^6 \text{ kcal/m}^2\text{h}$.

Zaletą dotychczasowej metody wyznaczania obciążeń parowozów jest stosunkowo znaczna prostota sporządzania tzw. wykresów trakcyjnych, uzależniających ciężary wagonów w pociągu od ustalonych warunków jazdy. Wadą jest natomiast brak pewności, czy parowozy, wypełniające zadania wyznaczone tą metodą, pracują oszczędnie.

*) Referat wygłoszony w dn. 21.1.52 r. na posiedzeniu Komisji Mechaniki Towarzystwa Naukowego Warszawskiego.

Możliwie małe rozchody używanego węgla na jednostkę pracy przewozowej parowozów, wyrażaną w kolejnictwie w 1000 tkm przewozów, jakie dalej będą nazywane jednostkowymi rozchodami węgla, nie powinny być jednakże sprawą przypadku. Jest słuszne żądanie, aby każdy zbudowany współcześnie parowóz wypełniał oszczędnie przewidziane dla niego zadania. Również każdy parowóz zbudowany dawniej, z liczby posiadanych przez dane przedsiębiorstwo kolejowe, powinien wypełniać możliwie tylko takie zadania spośród będących do wykonania, jakie może wypełniać z najmniejszym jednostkowym rozchodem węgla, przy wchodzących w grę warunkach jazdy.

Aby obciążanie parowozów mogło odbywać się zgodnie z wymienionymi postulatami, jest konieczne przede wszystkim poznanie zależności jednostkowego rozchodu węgla b kG/10³tkm od ciężaru wagonów G_w , t, warunków ruchu pociągu, a więc: od prędkości v km/h, pochylenia toru i ‰ oraz od charakterystyki parowozu, jaką dalej będziemy określać w skróceniu, podając jedynie powierzchnię rusztu R m² kotła tegoż parowozu, czyli

$$b = f(G_w, v, i, R) \quad [1]$$

Poznanie takich zależności oraz wskazanie możliwości wykorzystania ich do celów praktycznych, jest tematem obszernego studium, streszczonego w niniejszym artykule. Wspomniane studium dotyczy przy tym tylko pociągów towarowych, poruszających się w warunkach ustalonych.

2. Metoda obliczania jednostkowych rozchodów węgla

Badanie związku [1] zostało dokonane na wykresach, bowiem badanie analityczne okazało się w tym przypadku niestosowne.

Aby dla dowolnego parowozu sporządzić wykresy potrzebne do badań, należy uprzednio obliczyć jednostkowe rozchody określonego węgla, o wartości opałowej W_u kcal/kg,

$$b = \frac{10^6 \cdot y \cdot R}{W_u} \cdot \frac{10^3}{G_w \cdot v} \quad [2]$$

W ustalonych warunkach ruchu pociągu, a więc przy $v = \text{const}$ oraz $i = \text{const}$, natężenie rusztu y 10⁶kcal/m²h, wchodzące do wzoru [2], zależy wyłącznie od ciężaru wagonów w pociągu, czyli

$$y = f(G_w).$$

Wyznaczenie natężenia rusztu w parowozie, prowadzącym pociąg o znacznym ciężarze wagonów, może być dokonane z dwóch równań, określających moc indykowaną parowozu N_i KM, rozwijaną przy równoczesnej wydajności kotła D kG/h

$$N_i = \frac{D}{\delta_i}, \quad [3]$$

oraz niezbędną do pokonania oporów ruchu pociągu W kG

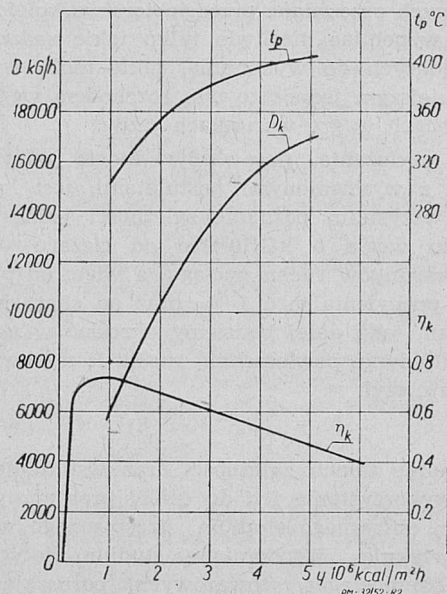
$$N_i = \frac{W \cdot V}{270}. \quad [4]$$

Równania [3] i [4] można jednakże rozwiązać względem y , ukrytym w D i δ_i , jedynie wykreślnie metodą następującą:

Sporządzamy przede wszystkim wykres zmian mocy indykowanej parowozu, przy przyjętej prędkości jazdy, w funkcji natężenia rusztu

$$N_i = f(y, V = \text{const}) \quad [5]$$

Aby to uczynić, odczytujemy dla kilku dowolnych natężeń rusztu y z charakterystyki pracy kotła rozpatrywanego parowozu, przedstawionej przykładowo na



Rys. 2. Charakterystyka pracy kotła: D_k — wydajność kotła w kG/h, t_p — temperatura pary wytwarzanej, η_k — sprawność kotła.

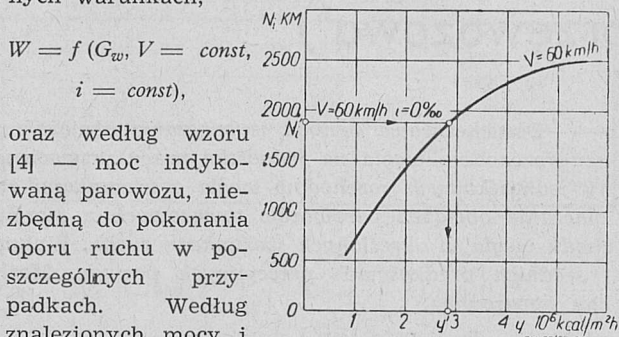
rys. 2, wartości liczbowe wydajności kotła D i temperatury pary t_p °C. Następnie, mając dane ciśnienie kotłowe p_k kG/cm² i liczbę obrotów kół napędowych n obr/min, obliczamy występujące równocześnie jednostkowe rozchody pary w silniku

$$\delta_i = f(D, t_p, p_k, n).$$

Do obliczenia δ_i nadaje się w naszym przypadku jedynie empiryczny wzór prof. Langroda²⁾, opracowany na podstawie analizy wyników doświadczeń w laboratorium parowozowym w Altoonie oraz dający dobrą zgodność z rzeczywistością również w przypadku parowozów polskich.

Znając wartości D i δ_i przy określonych natężeniach rusztu i $V = \text{const}$, obliczamy moc parowozu według wzoru [3] i sporządzamy wykres zależności [5], przedstawiony dla przykładu na rys. 3.

Z kolei obliczamy opory ruchu pociągu, o rozmaitych ciężarach wagonów, poruszającego się w określonych warunkach,



Rys. 3. Wykres mocy indykowanej parowozu przy określonej prędkości w zależności od natężenia rusztu.

rozchodów węgla w rozpatrywanym parowozie.

3. Charakterystyka pociągów przyjętych do badań

Badanie związku [1] zostało przeprowadzone w przypadku pociągów towarowych, złożonych z wagonów dwuosioowych załadowanych, o ciężarach zawartych w granicach 1000 ÷ 2250 t, a więc w zakresie obejmującym większość pociągów towarowych, poruszających się na liniach kolejowych europejskich.

Przyjęte pociągi są prowadzone 4 seriami parowozów o układzie osi 1—5—0 i największej prędkości 80 km/h oraz o charakterystykach wymiarowych i ciężarowych przytoczonych w tabelicy I.

TABELICA I. Charakterystyki wymiarowe i ciężarowe parowozów.

Parowóz		A	B	C	D
Ciśnienie pary w kotle	p_k atn	16	16	516	16
Powierzchnia rusztu	R m ²	4,2	4,9	,9	6,3
Objętość paleniska	V_p m ³	7,25	8,10	8,80	9,45
Powierzchnia odparowująca	H_o m ²	180	210	240	270
Liczba cylindrów silnika		2	2	2	2
Średnica cylindra	d mm	580	610	640	670
Skok tłoka	s mm	700	700	700	700
Średnica kół napędnych	d_k mm	1450	1450	1450	1450
Ciężar napędny parowozu	G_n t	76,5	86,0	95,5	105,0
Ciężar służbowy parowozu	G_p t	88,0	99,0	110,0	121,0
Ciężar tendra (średnio)	G_T t	50,0	50,0	50,0	50,0

Punktem wyjścia przy ustalaniu charakterystyk wymiarowych było przyjęcie powierzchni rusztów, stopniowanych co 0,7 m² pomiędzy 4,2 m² i 6,3 m², a więc w zakresie powierzchni rusztów spotykanych w towarowych parowozach europejskich. Powierzchnia ogrzewalna odparowująca została określona we wszystkich parowozach jednolicie, jako $H_o = 43R$. Założyliśmy poza tym, że parowozy są opalane węglem w postaci orzecha o ziarnie 25÷40 mm, przeciętnej zdolności do koksowania i wartości opałowej 6200 kcal/kg, oraz że węgiel jest zarzucany na ruszt mechanicznie.

Ciężary służbowe i napędne parowozów zostały dobrane odpowiednio do wymiarów poszczególnych kotłów, a wymiary cylindrów silników parowych — określone jednolicie według ciężarów napędnych.

4. Zmiany jednostkowych rozchodów węgla z warunkami ruchu pociągu i wielkością parowozu

Wyniki obliczeń rozchodu węgla na jednostkę pracy przewozowej w każdym z przyjętych parowozów

²⁾ Prof. A. Langrod — „Względny rozchód pary parowozów z pojedynczym rozprężaniem pary przegrzanej“, Przegląd Komunikacyjny, 1946 r.

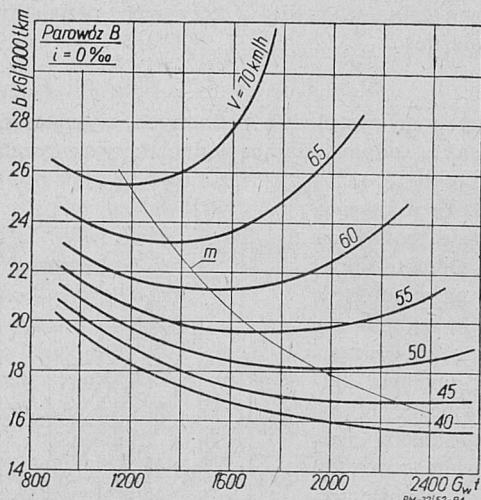
umożliwiają wykreślenie rodzin krzywych, przedstawiających zależności

$$b = f(G_w, V, i = \text{const})$$

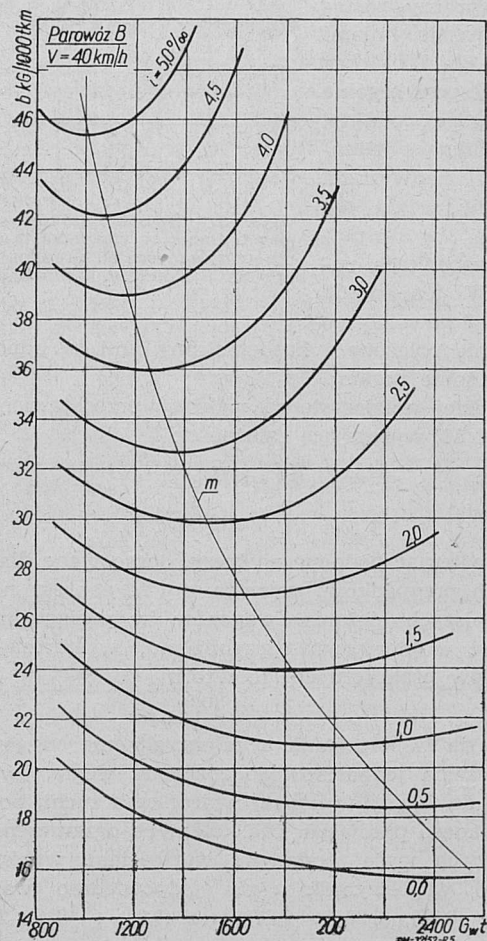
lub

$$b = f(G_w, i, V = \text{const}).$$

Rys. 4 i 5 przedstawiają dwie z takich rodzin krzywych dla parowozu B.



Rys. 4. Wykres zmian jednostkowego rozchodu węgla w parowozie B, w zależności od ciężaru wagonów w pociągu i prędkości jazdy na poziomie.



Rys. 5. Wykres zmian jednostkowego rozchodu węgla w parowozie B, w zależności od ciężaru wagonów w pociągu i wzniesienia toru przy prędkości 40 km/h.

Badanie otrzymanych krzywych doprowadza między innymi do następujących stwierdzeń:

a. Jednostkowy rozchód węgla w parowozie, prowadzącym pociąg w ustalonych warunkach ruchu, zależy od ciężaru wagonów w pociągu.

b. W każdych ustalonych warunkach ruchu pociągu, prowadzonego określonym parowozem, istnieje pewien ciężar pociągu, przy jakim jednostkowy rozchód węgla osiąga minimum. Taki ciężar pociągu nazwiemy optymalnym w danych warunkach ruchu.

c. Z powiększeniem prędkości pociągu lub wzniesienia toru, czyli ze wzrostem jednostkowego oporu ruchu pociągu, zmniejsza się optymalny ciężar pociągu, jak to wskazują na rys. 4 i 5 linie *m*, łączące minima poszczególnych krzywych jednostkowego rozchodu węgla.

Zgodnie z tymi stwierdzeniami można orzec, że dopóki parowóz B prowadzi pociągi towarowe z prędkością do 45 km/h na poziomie i odpowiednio wolniej na wzniesieniach, to powiększanie ciężaru pociągu do 2300 t lub nawet wyżej, a więc do górnej granicy ciężarów pociągów towarowych, spotykanych dotychczas na liniach kolejowych europejskich, przynosi zmniejszenie jednostkowego rozchodu węgla. Przy podwyższaniu prędkości pociągów towarowych, podyktowanym dążeniem do obniżenia kosztów własnych przewozów i powiększenia przepływności linii kolejowych, otrzymuje się natomiast coraz niższą granicę, do jakiej można powiększać ciężar pociągu, prowadzonego parowozem B, przy równocześnie malejącym jednostkowym rozchodzie węgla. Z rys. 4 widzimy, że przy prędkości 65 km/h na poziomie, tak rozumianą granicą ciężaru pociągu jest 1350 t.

Z kolei, wykorzystując wykresy podobne do wskazanych na rys. 4 i 5, odnoszące się do wszystkich przyjętych parowozów, otrzymujemy zależności

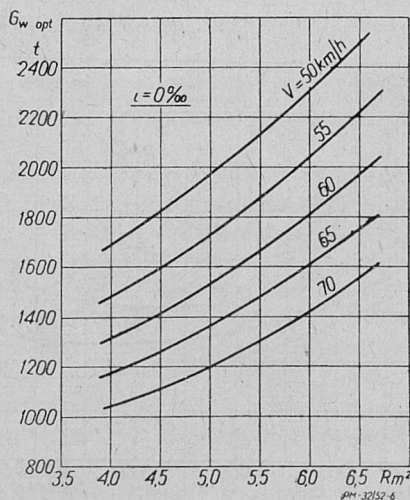
$$G_{w \text{ opt}} = f(R, V, i = \text{const})$$

oraz

$$b_{\text{min}} = f(R, V, i = \text{const}),$$

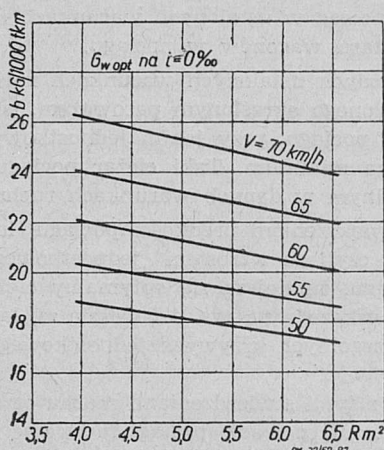
przedstawione przykładowo wykreślnie na rys. 6 i 7 przy $i = 0\text{‰}$.

Wykres na rys. 6 wskazuje, że z powiększaniem powierzchni rusztu parowozu, otrzymuje się w każdych



Rys. 6. Wykres optymalnego ciężaru pociągu w zależności od charakterystyki parowozu i prędkości jazdy na poziomie.

warunkach ruchu większe ciężary optymalne pociągów, rosnące jednakże wolniej, niż powierzchnia rusztu, przynajmniej w zakresie powierzchni $4,2 \div 6,3 \text{ m}^2$.



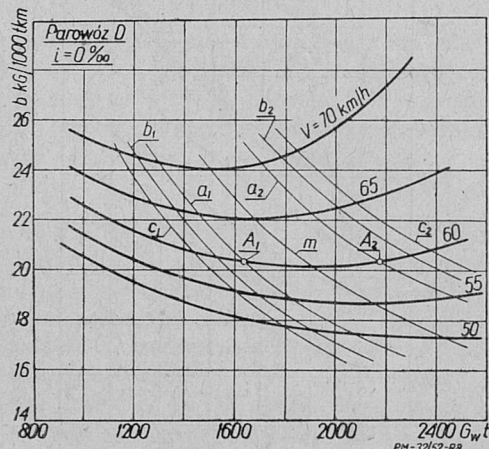
Rys. 7. Wykres minimalnego jednostkowego rozchodu węgla w zależności od charakterystyki parowozu i prędkości jazdy na poziomie.

Wykres na rys. 7 poucza, że prowadzenie pociągów o optymalnych ciężarach w każdym ustalonych warunkach ruchu, wymaga tym mniej węgla na jednostkę pracy przewozowej, im parowóz posiada większy ruszt.

Rozpatrując rys. 7 można stwierdzić, że parowóz z rusztem $6,3 \text{ m}^2$ zużywa o ponad 6% mniej węgla na jednostkę pracy przewozowej, niż parowóz z rusztem $4,5 \text{ m}^2$, jeżeliby obydwa parowozy prowadziły w dowolnych warunkach pociągi o optymalnych ciężarach. Wobec tego, wprowadzając parowozy z rusztem o powierzchni $6,3 \text{ m}^2$, zamiast parowozów z rusztem $4,5 \text{ m}^2$, osiągnąć można obniżkę kosztów własnych przewozów, nawet bez równoczesnej zmiany rozkładu jazdy, dzięki możliwości uzasadnionego stosowania cięższych pociągów, jak i dzięki zmniejszeniu jednostkowych rozchodów węgla.

5. Wyznaczanie najkorzystniejszych zakresów obciążeń parowozów w zadanych warunkach ruchu

Dotychczas mówiliśmy o optymalnych ciężarach pociągów, prowadzonych wybranym parowozem w ustalonych warunkach ruchu. W dalszym ciągu zostaną wyznaczone, dla dowolnego parowozu i wybranych



Rys. 8. Przykład wykreślnego wyznaczania zakresów ciężarów wagonów w pociągu, odpowiadających określonym jednostkowym rozchodom węgla w dowolnych warunkach jazdy.

warunków ruchu, najkorzystniejszych zakresy ciężarów wagonów w pociągu. Aby to uczynić, zbadamy przede wszystkim zmiany zakresów ciężarów wagonów w pociągu, prowadzonym np. parowozem D, dopuszczając jednostkowy rozchód węgla w granicach

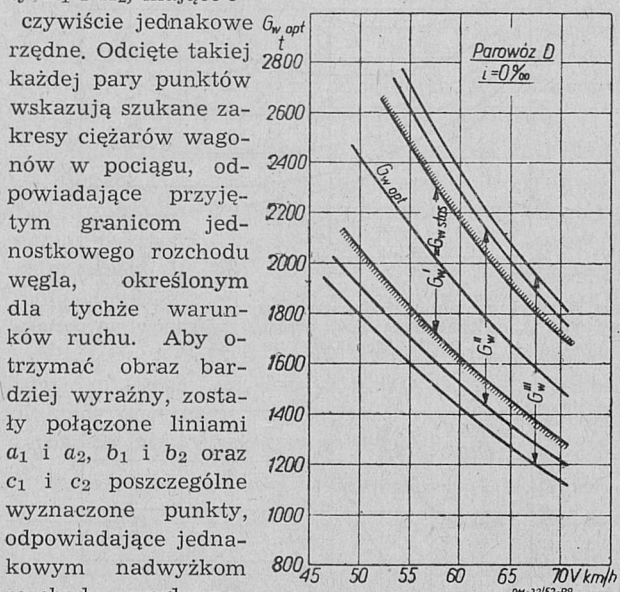
$$b_{\min} \leq b \leq \beta \cdot b_{\min}$$

i przyjmując kolejno: $\beta = 1,01$; $\beta = 1,02$; $\beta = 1,03$.

W tym celu, na każdej z krzywych, przedstawiających zależność

$$b = f(G_w, V, i = 0\text{‰})$$

i podanych na rys. 8, lub podobnych, wyznaczamy po dwa punkty, odpowiadające jednostkowemu rozchodom węgla $1,01 b_{\min}$, $1,02 b_{\min}$ oraz $1,03 b_{\min}$, jak np. punkty A_1 i A_2 , mające o-



Rys. 9. Wykres najkorzystniejszych ciężarów wagonów w pociągu w zależności od prędkości jazdy na poziomie dla parowozu D.

czywiście jednakowe $G_{w, \text{opt}}$ rzędne. Odcięte takiej każdej pary punktów wskazują szukane zakresy ciężarów wagonów w pociągu, odpowiadające przyjętym granicom jednostkowego rozchodu węgla, określonym dla tychże warunków ruchu. Aby otrzymać obraz bardziej wyraźny, zostały połączone liniami a_1 i a_2 , b_1 i b_2 oraz c_1 i c_2 poszczególne wyznaczone punkty, odpowiadające jednako-

wym nadwyżkom rozchodu węgla ponad $b_{\min}$, w rozmaitych warunkach ruchu. W ten sposób na rys. 8 powstały po

trzy linie położone z każdej strony linii m , odpowiadające sobie parami.

Bardziej przejrzyste są wykresy przedstawione na rys. 9 i 10, wyrażające zależności:

$$G_w = f(V, i = \text{const}, \beta)$$

oraz

$$G_w = f(i, V = \text{const}, \beta).$$

Rozpatrując podobne wykresy, opracowane dla rozmaitych przypadków, zauważa się, że zakresy najkorzystniejszych ciężarów wagonów w pociągu można określać w pierwszym przybliżeniu, wystarczającym dla celów praktycznych, ze wzoru

$$G_w = (1 \pm \alpha) \cdot G_{w, \text{opt}},$$

w którym współczynnik α zależy głównie od górnego ograniczenia jednostkowego rozchodu węgla, w stosunku do $b_{\min}$ w danych warunkach ruchu pociągu i dla danego parowozu. Dla kolejnych ograniczeń, wyznaczonych wyżej podanymi wartościami współczynnika β , współczynnik α ma odpowiednio wartości $(0,14 \div 0,15)$, $(0,20 \div 0,21)$ oraz $(0,24 \div 0,26)$. Z powiększaniem współczynnika β , zakres najkorzystniejszych ciężarów wagonów w pociągu rozszerza się więc coraz powolniej.

Oszczędną pracę każdego z parowozów w rozmaitych ustalonych warunkach jazdy można by osiągnąć, wyznaczając parowozom obciążenia w założeniu, aby jednostkowe zużycia węgla były możliwie zbliżone do najmniejszych, możliwych w tych samych warunkach.

Wydaje się, że dla jazdy pociągów na poziomie można przyjąć $\beta = 1,01$. Zachowanie takiej samej wartości współczynnika β dla jazdy na długotrwałym wzniesieniu, szczególnie rzędu 5‰ lub większym, na torach nizinnych, powodowałoby bądź znacznie większą obniżkę prędkości pociągu na wzniesieniach, bądź też konieczność zastosowania cięższego parowozu, niż to wynika z potrzeb jazdy na poziomie. Z tego powodu, przy określaniu zakresów ciężarów pociągu na wzniesieniach, współczynnik

$\beta = 1,01$ może być stosowany tylko dla wyznaczania dolnej granicy zakresu, natomiast dla granicy górnej — współczynnik β powinien mieć wartości większe. Dla linii nizinnych, gdy długotrwałe wzniesienia nie przekraczają 5‰, współczynnik β można określać ze wzoru

$$\beta = 1,01 + 0,01i$$

jeżeli i oznacza wzniesienie w ‰.

Zgodnie z uczynionymi przyjęciami, wyznaczyliśmy zakresy najkorzystniejszych ciężarów pociągów $G_{w \text{ stos}}$

TABLICA II

Parowóz	$V=50 \text{ km/h}$	$V=55 \text{ km/h}$	$V=60 \text{ km/h}$	$V=65 \text{ km/h}$	$V=70 \text{ km/h}$
A	1450 ÷ 2000		1140 ÷ 1500		940 ÷ 1215
B	1590 ÷ 2300	1410 ÷ 2005	1275 ÷ 1765	1145 ÷ 1545	1025 ÷ 1330
C	1800 ÷ 2450		1440 ÷ 1975		1125 ÷ 1510
D	2075 ÷ 2600	1825 ÷ 2475	1635 ÷ 2175	1455 ÷ 1900	1300 ÷ 1710

TABLICA III

Parowóz	$i=1\text{‰}$	$i=2\text{‰}$	$i=3\text{‰}$	$i=4\text{‰}$	$i=5\text{‰}$
A	1450 ÷ 2110	1220 ÷ 1800	1035 ÷ 1555	870 ÷ 1370	720 ÷ 1210
B	1735 ÷ 2435	1370 ÷ 2030	1150 ÷ 1730	985 ÷ 1535	870 ÷ 1360
C	1855 ÷ 2500	1565 ÷ 2310	1330 ÷ 1995	1140 ÷ 1740	980 ÷ 1555
D	2145 ÷ 2600	1685 ÷ 2640	1430 ÷ 2190	1245 ÷ 1925	1110 ÷ 1740

dla wszystkich rozpatrywanych parowozów, podane w tablicy II dla jazdy na poziomie i w tablicy III dla jazdy na wzniesieniach z prędkością 40 km/h.

Aby w praktyce uniknąć nadmiernego zużycia węgla na parowozach, byłoby celowe sporządzenie dla każdej serii parowozów czynnych wykresów lub tabel podobnych do przytoczonych oraz wyznaczanie według nich możliwie wszystkich zadań przewozowych. Sporządzanie wykresów i tabel należałoby przy tym oprzeć na ustalonych doświadczalnie charakterystykach pracy kotła i silnika parowozów.

6. Znaczenie wielkości parowozu prowadzącego pociąg z małymi i dużymi prędkościami

Aby zorientować się jakie korzyści przynosi przeznaczanie parowozom właściwych zadań przewozowych, rozpatrzmy przypadek prowadzenia parowozami B, C i D pociągu towarowego o ciężarze wagonów 2200 t, spotykanego bardzo często na kontynencie europejskim.

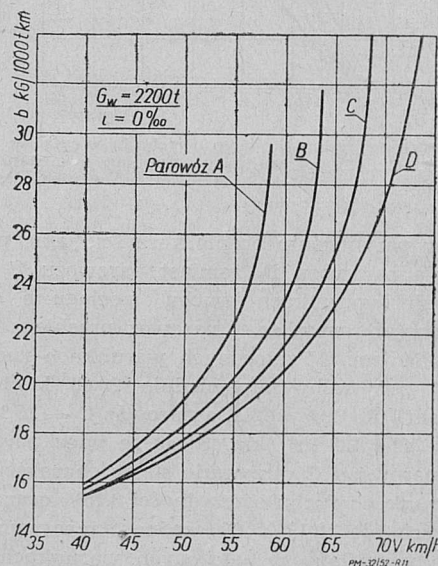
Dla ułatwienia porównania przydatności poszczególnych parowozów do prowadzenia wymienionego pociągu w rozmaitych warunkach ruchu, zostały wykonane wykresy, przedstawiające zależności

$$b = f(V, R, i = 0\text{‰}, G_w = 2200 \text{ t})$$

oraz

$$b = f(i, R, V = 40 \text{ km/h}, G_w = 2200 \text{ t}),$$

z których jeden — dla jazdy na poziomie — jest przytoczony na rys. 11, a drugi — dla jazdy z prędkością 40 km/h na rozmaitych wzniesieniach — na rys. 12.



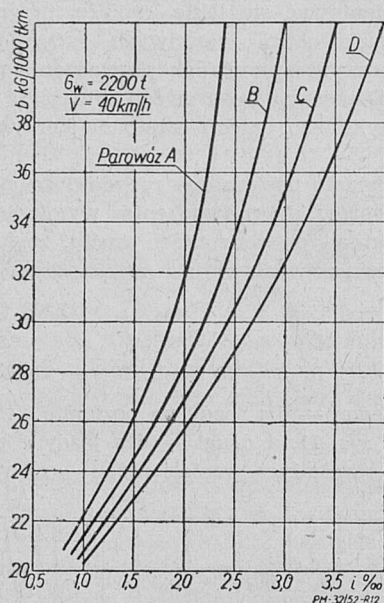
Rys. 11. Wykres jednostkowego rozchodu węgla w parowozach A, B, C i D, prowadzących pociąg o ciężarze 2200 t. na poziomie, w zależności od prędkości jazdy.

Na podstawie tych wykresów można stwierdzić, że przy niewielkich prędkościach średnich w ruchu, np. przy $V_s = 25 \text{ km/h}$, jest zupełnie obojętne jaki parowóz przeznacza się do prowadzenia wymienionego pociągu, byleby ciężar napędny parowozu był dostatecznie duży. Przy użyciu parowozów B, C lub D jednostkowy rozchód węgla wynosiłby podczas jazdy na poziomie 15,50 ÷ 15,75 kg/10³ tkm, a więc praktycznie byłby jednakowy. W takich warunkach zatem najbardziej odpowiednim jest parowóz B, jako najlżejszy i najtańszy.

W miarę powiększania prędkości średniej w ruchu, występuje coraz znaczniejsze zróżnicowanie jedno-

wych rozchodów węgla przy użyciu poszczególnych parowozów.

Przy prędkości średniej 50 km/h, wymagającej stosowania na poziomie prędkości około 65 km/h, oraz na długotrwałych wzniesieniach 3,5‰ — prędkości około 40 km/h, przeznaczanie do pociągów o ciężarze wagonów 2200 t parowozów C, a tym bardziej parowozów B, nie byłoby słuszne, poza wyjątkowym przypadkiem, gdy przedsiębiorstwo kolejowe nie ma parowozów cięższych i przejściowo nie buduje żadnych parowozów.



Rys. 12. Wykres jednostkowego rozchodu węgla w parowozach A, B, C i D, prowadzących pociąg o ciężarze 2200 t z prędkością 40 km/h, w zależności od wzniesienia toru.

Aby w przybliżeniu ocenić korzyści, jakie przynosi stosowanie parowozu D, zamiast parowozu C w wymienionych warunkach ruchu pociągu o ciężarze 2200 t, przyjmujemy, że 1 parowóz przebiega rocznie $L = 100000$ km. W założonych warunkach ruchu parowóz D zużywałby odpowiednio 23,05 kg/10³ tkm oraz 36,9 kg/10³ tkm węgla, a parowóz C — 25,1 kg/10³ tkm oraz 42,0 kg/10³ tkm. Stosując więc parowóz D zamiast parowozu C otrzymuje się w charakterystycznych warunkach ruchu oszczędności 8,15‰ oraz 12,11‰, czyli przeciętnie 10,13‰. Oszczędność rzeczywistą węgla, jaka wynikłaby w założonych warunkach ruchu, można ocenić jako równą około 75‰ wymienionych, a więc 7,6‰. W ten sposób uwzględniliśmy między innymi takie korzystne okoliczności dla parowozu C, jak mniejsze rozchody węgla podczas rozpalamia kotła, dojazdów do pociągu, jazdy z zamkniętą przepustnicą oraz postojów na stacjach i w parowozowniach.

Przyjmijmy następnie, że parowóz C zużywa w przyjętych warunkach pracy przeciętnie $b_C = 27$ kg/10³ tkm węgla, a zatem, że roczny rozchód węgla na każde $n = 100$ parowozów C wynosi

$$B_C = L \cdot b_C \cdot \frac{G_w}{1000} \cdot n = 594 \cdot 10^6 \text{ kg} = 594000 \text{ t.}$$

Wprowadzenie parowozów D dałoby rocznie oszczędność

$$\Delta B_D = 0,076 \cdot B_C = 45200 \text{ t.}$$

Oznaczając przez K_w koszt 1 t węgla z transportem do parowozowni i załadowaniem na parowóz, dzięki zastosowaniu parowozu D oszczędza się rocznie sumę

$$Z_w = \Delta B_D \cdot K_w.$$

Parowóz D w stanie próżnym jest jednak cięższy o około 9 t od parowozu C, a więc zakup każdych 100 parowozów D wymaga większego wydatku o

$$Z_p = 9 \cdot 100 \cdot K_p$$

jeżeli K_p jest ceną 1 t parowozu.

Ta dodatkowo wydatkowana suma zwraca się, dzięki oszczędności węgla w 100 parowozach D, w ciągu τ lat, przy czym oczywiście

$$\tau = \frac{900 \cdot K_p}{\Delta B_D \cdot K_w},$$

po czym dalsze sumy, zaoszczędzone na węglu, mogą być zużytkowane na zakup parowozów w celach renowacyjnych. Liczba n_z parowozów D, o ciężarze w stanie próżnym $G'_p = 135$ t, jakie można byłoby zakupić rocznie, wynosi

$$n_z = \frac{B_D \cdot K_w}{G'_p \cdot K_p}$$

Wartości liczbowe τ i n_z , obliczone dla stosunków kosztów jednakowych parowozu i węgla $\frac{K_p}{K_w} = 70 \div 110$, są wskazane w tablicy IV.

TABLICA IV

$\frac{K_p}{K_w}$	70	80	90	100	110
τ lat	1,39	1,59	1,79	1,99	2,19
n_z sztuk	4,78	4,18	3,72	3,35	3,04

Im jest mniejszy stosunek jednostkowych kosztów parowozu i węgla, tym większe są korzyści wynikające z zastosowania parowozów D, zamiast lżejszych parowozów C. Przy $\frac{K_p}{K_w} = 80 \div 100$ roczna oszczędność sum wydatkowanych na węgiel umożliwia zakup 3,35 ÷ 4,18‰ parowozów czynnych, a więc w przybliżeniu tyle, ile skreśla się rocznie z inwentarza i zamienia na parowozy nowe, w przypadku użytkowania parowozów w ciągu 25 ÷ 30 lat.

Otrzymany wynik jest bardzo interesujący. Stopień jego zgodności z rzeczywistością może być sprawdzony doświadczalnie jedynie przy użyciu dostosowanych do tego celu kilku parowozów, pracujących w warunkach normalnej pracy, a więc na liniach o zmiennych pochyleniach.

7. Wybór i uzupełnianie parowozów do pociągów 1100 ÷ 1900 t, poruszających się z prędkością średnią 55 km/h

Przyjmijmy z kolei, że jakaś parowozownia prowadzi w obu kierunkach ruchu na obsługiwanych liniach pociągi towarowe o ciężarach wagonów 1100 ÷ 1900 t z prędkością przeciętną w ruchu 55 km/h. Z charakteru linii wynika, że, aby tę średnią prędkość

zapewnić, należy utrzymywać na poziomie prędkość 65 km/h oraz na długotrwałym wzniesieniu 4‰ — prędkość 40 km/h. Przyjmijmy dodatkowo, że linie, obsługiwane przez parowozownię, dopuszczają parowozy z naciskiem statycznym zestawów kół na szyny 21 t.

Z tablic II i III wynika, że takiej parowozowni należałoby przydzielić 2 serie istniejących parowozów, a mianowicie:

parowozy B do pociągów o ciężarze 1100÷1500 t oraz

parowozy D do pociągów o ciężarze 1500÷1900 t.

Jednakże, w miarę wycofywania z ruchu z powodu zużycia parowozów B, na ich miejsce należałoby wprowadzać nie podobne parowozy, lecz nowe parowozy D, jakie mogą i powinny przejąć z czasem również prowadzenie pociągów lżejszych. Parowóz D może bowiem być używany również przy pociągach lżejszych, od pociągów najkorzystniejszych dla tego parowozu, bez powiększania całkowitego, w pewnym czasie, zużycia węgla w parowozowni, a nawet — przynosząc prawdopodobnie parowozowni małą oszczędność węgla.

Wyjaśnia to rys. 7, z którego wynika, że przy prędkości 65 km/h na poziomie, parowóz D zużywa o 5% mniej węgla na jednostkę pracy przewozowej niż parowóz B, jeżeli obydwa parowozy prowadzą pociągi o optymalnych ciężarach wagonów. Z podobnego wykresu, opracowanego dla wzniesienia 4‰, można stwierdzić, że przy prędkości 40 km/h jednostkowy rozchód węgla w parowozie D jest o 5,3% mniejszy, niż w parowozie B. Jeżeli wobec tego, przy wyznaczaniu dolnej granicy ciężarów wagonów w pociągu dla parowozu D, dopuszczimy dla tego parowozu jednostkowe zużycie węgla, dochodzące chociażby tylko do minimalnego, w tych samych warunkach jazdy, przy parowozach B, wówczas możemy stwierdzić, że granica ta przesunie się w dół do ciężaru wagonów 1130 t na poziomie i do 975 t na wzniesieniu.

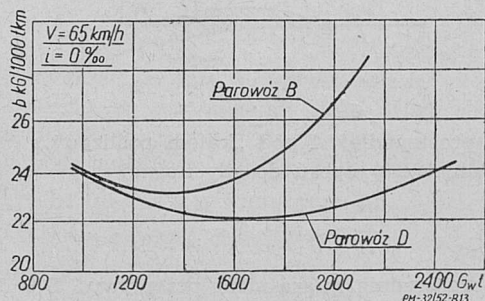
Aby powyższe stało się bardziej oczywiste, zostały opracowane dla obu parowozów wykresy zależności

$$b = f(G_w, V, = 65 \text{ km/h}, i = 0\text{‰})$$

oraz

$$b = f(G_w, V = 40 \text{ km/h}, i = 4\text{‰}),$$

podane na rys. 13 i 14, nie wymagające dodatkowych wyjaśnień.

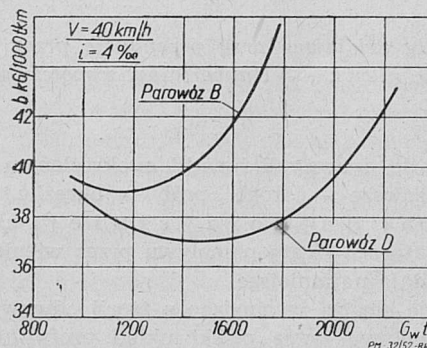


Rys. 13. Wykres jednostkowego rozchodu węgla w parowozach B i D w zależności od ciężaru wagonów w pociągu, prowadzonym z prędkością 65 km/h na poziomie.

Uogólniając powyższe możemy stwierdzić, że do prowadzenia pociągów towarowych o spotykanych ciężarach, na liniach nizinnych o dobrej nawierzchni, z określoną średnią prędkością w ruchu, może być przeznaczona jedna seria parowozów o charakterystyce podyktowanej górną granicą ciężarów pociągów.

Parowóz taki można nazwać uniwersalnym dla przewozów towarowych nizinnych.

Jeżeli, jak założono, parowozownia prowadzi pociągi towarowe na liniach, dopuszczających nominalny nacisk zestawów kół na szyny 21 t, wówczas parowozem uniwersalnym dla tej parowozowni mógłby być parowóz D o układzie osi 1—5—0. Gdyby jednak parowóz taki miał prowadzić pociągi również na liniach dla nominalnego nacisku nie większego od 19 t, wówczas uniwersalnym byłby parowóz z kotłem z parowozu D, lecz o układzie osi 1—5—1, umożliwiającym obniżenie nacisku zestawów kół napędnych na szyny o około 10%, a więc w naszym przypadku do około 19 t. Zastosowanie układu osi 1—5—1 daje możliwość pracy parowozu na większej liczbie linii kolejowych bez ograniczania największej prędkości ruchu, co stanowi istotną zaletę tego parowozu w stosunku do parowozu 1—5—0 z takim samym kotłem.



Rys. 14. Wykres jednostkowego rozchodu węgla w parowozach B i D w zależności od ciężaru wagonów w pociągu, prowadzonym z prędkością 40 km/h na wzniesieniu 4‰.

Zarzutem jaki można byłoby postawić koncepcji parowozu uniwersalnego, prowadzącej do budowy parowozów D, bądź częściej — parowozów o układzie osi 1—5—1, na miejsce ustępujących parowozów B, jest wyższy koszt zakupu tych pierwszych parowozów. Zarzut taki byłby jednakże mało istotny, jeżeli uwzględni się korzyści, jakie przynosi zastąpienie dwóch seryj parowozów przez jedną serię. Korzyści te są następujące: Przede wszystkim staje się łatwiejsza gospodarka parowozami, co w następstwie przynosi powiększenie przeciętnych rocznych przebiegów parowozów oraz zmniejszenie liczby parowozów niezbędnych. Następnie, dzięki zredukowaniu liczby różnych części składowych parowozów, osiąga się obniżenie kosztów wytwarzania i napraw. Wreszcie, z tego samego powodu, jest możliwe zmniejszenie zaopatrzenia magazynów w części zamienne gotowe lub częściowo wykonane, a zatem również zmniejszenie sum, unieruchomionych w tych częściach.

8. Zakończenie

W dalszych częściach streszczanej pracy zostały rozpatrzone kwestie: a) najkorzystniejszych wartości nateżeń rusztu, jakie konstruktor powinien przyjmować, obliczając kocioł dla projektowanego parowozu oraz b) wpływu wysokości sprawności kotła i paliw o rozmaitej wartości użytkowej na możliwości przewozowe parowozów. Na tle tych rozważań podniesiono bezwarunkową celowość używania na parowozach węgla znormalizowanych, będących najczęściej odpo-

wiednimi mieszankami węgla, oraz dostosowywania wymiarów palenisk kotłowych w parowozach budowanych do mieszanek węgla o wskazanej określonej wartości użytkowej.

Streszczone studium jest pierwszą próbą badania zagadnienia doboru najkorzystniejszego parowozu dla określonych zadań przewozowych. Dotyczy ono wprowadzenia najpoważniejszego odcinka ruchu kolejowego, obejmującego w krajach europejskich ponad 60% przewozów, pozostawia jednak na uboczu ruch osobowy

dalekobieżny i podmiejski oraz ruch w terenach podgórskich. Zbadanie tych pominiętych rodzajów ruchu kolejowego w sposób podobny wydaje się celowe. Następnie byłoby celowe przeprowadzenie doświadczeń w powiązaniu z niniejszą pracą, jakie prawdopodobnie przyczyniłyby się do ostatecznego opracowania zagadnień, rozpatrywanych w streszczonym studium, a między nimi — zagadnienia parowozów uniwersalnych dla poszczególnych rodzajów przewozów.

Zagadnienie najkorzystniejszego podziału w wieńcach łopatkowych turbin parowych i spalinowych

Dr inż. STEFAN PERYCZ

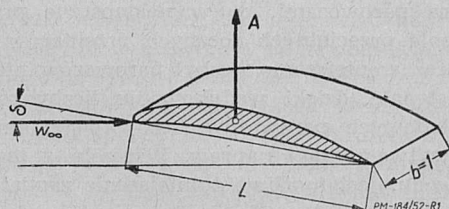
Siły działające przy przepływie przez układ profili. — Zależność podziału od obciążenia profilu i od kąta odchylenia. — Uniwersalny współczynnik Zweifela i odbiór najkorzystniejszego podziału. — Przykłady.

Mając do dyspozycji łopatkę o określonym profilu możemy zawsze — drogą prób — określić pewien podział najkorzystniejszy, tzn. taki, dla którego straty przepływu przez wieńiec łopatek wypadają najmniejsze.

Okazuje się, że wychodząc z teorii „dwuwymiarowej“ przepływu przez płaski układ profili (reszotka profili, Profiltitter, aerofoil cascade) otrzymany przez rozprostowanie walcowego przekroju przez wieńiec łopatek, można otrzymać pewne ogólne wskazówki odnośnie odbioru korzystnego podziału.

1. Profil pojedynczy

W przypadku przepływu płaskiego cieczy idealnej względem płatu nośnego wywiera ona nań siłę proporcjonalną do ciśnienia spiętrzenia $\frac{\rho w_{\infty}^2}{2} \left(\rho = \frac{\gamma}{g} \right)$ oraz powierzchni płatu L . Jeżeli długość płatu przyjmujemy $b = 1$, otrzymamy (rys. 1):



Rys. 1.

$$A = C_a \cdot \frac{\rho w_{\infty}^2}{2} \cdot L \quad [1]$$

Ta siła (siła nośna) jest prostopadła do kierunku prędkości w_{∞} .

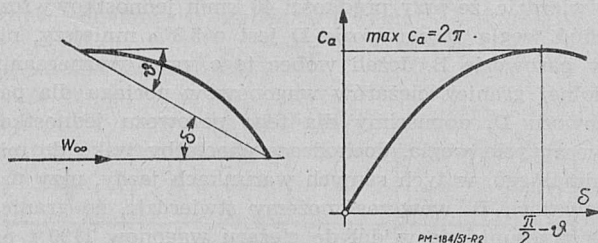
Współczynnik siły nośnej C_a jest zależny od „kąta natarcia“ δ . Dla profilu kołowego, jak wiadomo

$$C_a = 2\pi \sin \left(\delta + \frac{\theta}{2} \right) \quad (\text{rys. 2}).$$

Jeżeli przepływ obciążony jest tarciem występuje wówczas dodatkowa siła oporu skierowana zgodnie z prędkością w_{∞} .

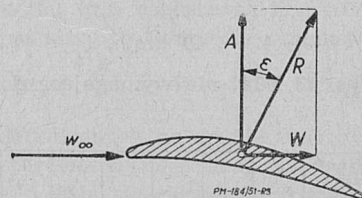
Analogicznie do równania [1] można napisać

$$W = C_w \cdot \frac{\rho w_{\infty}^2}{2} \cdot L \quad [2]$$



Rys. 2.

Siła wypadkowa $\bar{R} = \bar{W} + \bar{A}$ nie jest już prostopadła do prędkości w_{∞} , ale nachylona względem skła-



Rys. 3.

dowej prostopadłej A pod „kątem poślizgu“ ϵ (rys. 3). Stosunek siły oporu do siły nośnej

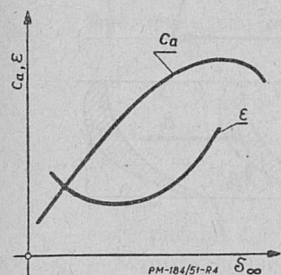
$$\frac{W}{A} = \tan \epsilon \approx \epsilon \quad [3]$$

jest bezpośrednią miarą strat przepływu. Dla danego profilu zależy on od kąta natarcia δ (rys. 4).

Siła nośna jest wypadkową ciśnień działających na powierzchnię profilu. Ze wzrostem kąta natarcia rośnie nadciśnienie na stronie wklęsłej oraz podciśnienie na stronie grzbietowej profilu. Zgodnie z prawem Bernoulli'ego prędkości maleją tam, gdzie rośnie ciśnienie i na odwrót.

Przebieg zmian prędkości i ciśnienia wzdłuż profilu nie jest obojętny. Z rozważań czysto teoretycz-

nych okazują się możliwości skonstruowania profili, — które w danych warunkach pracy (liczba Macha i Reynolds) są najkorzystniejsze, tzn. mają najodpowiedniejszy przebieg zmiany prędkości



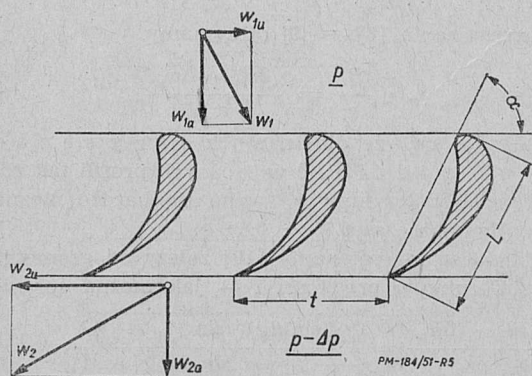
Rys. 4.

i ciśnienia wzdłuż profilu, najkorzystniejszą warstwę przyścienną, dającą minimum strat tarcia.

2. Układ profili

Przy pojedynczym profilu i płaskim przepływie prędkość cieczy daleko przed i daleko za profilem ma ten sam kierunek.

Inaczej jest przy płaskim układzie profili: jeżeli w układzie istnieje spadek ciśnienia — to prędkość za profilami musi być większa niż przed profilami. Składowa „osiowa” w_a nie zmienia się (ze względu na ciągłość przepływu), zachodzi zatem odchylenie przepływu (rys. 5) $\Delta w_u = w_{1u} - w_{2u}$

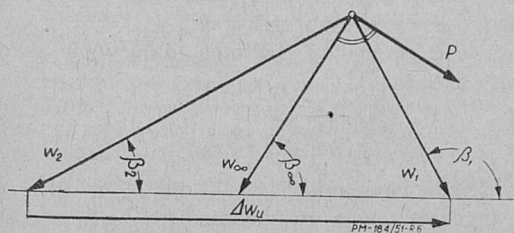


Rys. 5.

Można wykazać, że dla przepływu cieczy nieściśliwej bez tarcia, na poszczególny profil działa siła P (składowe siły P obliczamy z równania Bernouilliego i z równania impulsu) prostopadła do prędkości średniej $\bar{w}_\infty = 1/2 (\bar{w}_1 + \bar{w}_2)$, która wynosi:

$$P = \rho \cdot w_\infty \cdot \Delta w_u \cdot t \quad [4]$$

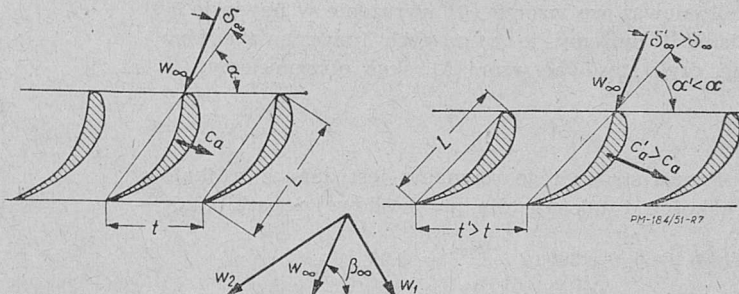
(długość łopatki = 1, p. rys. 6).



Rys. 6.

Przyrównując [1] = [4] otrzymujemy

$$\Delta w_u = \frac{w_\infty}{2} \cdot C_a \cdot \frac{L}{t} \quad [5]$$



Rys. 7.

Z uwzględnieniem tarcia otrzymamy (p. np. [5])

$$\Delta w_u = \frac{w_\infty}{2} \cdot C_a \cdot \frac{L}{t} (1 - \varepsilon \cdot \operatorname{ctg} \beta_\infty) \quad [6]$$

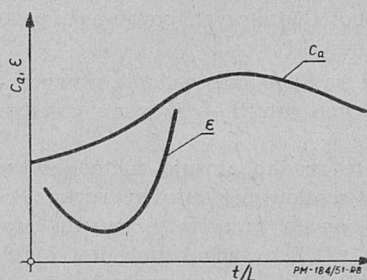
Z równania [6] wynika, że wielkość odchylenia przepływu Δw_u zależy m.in. od współczynnika siły nośnej C_a i stosunku L/t . Gdy zwiększamy podział, to jednocześnie musimy zwiększyć C_a , jeżeli odchylenie ma pozostać to samo.

Ponieważ $C_a = f(\delta_\infty)$ (gdzie oczywiście $\delta_\infty = \beta_\infty$ — α) przeto — jeżeli trójkąty prędkości i użyty profil mają być niezmienione musi ulec zmianie kąt ustawienia profilu α , czyli profil — w danym przypadku przekręcony na mniejszy kąt α' , (p. rys. 7).

Zwiększanie podziału jest więc związane ze wzrostem C_a , czyli ze wzrostem obciążenia profilu. Oplaci się to jak długo współczynnik

$\varepsilon = \frac{C_w}{C_a}$ maleje. Rys. 8 przedstawia przykładowo do-

świadczalną zależność C_a i ε w funkcji podziału względnego t/L , zaczerpniętą z najnowszych badań nad profilami łopatek turbin parowych przeprowadzanymi w Leningradzkim Instytucie Politechnicznym²⁾.



Rys. 8.

Najkorzystniejszy podział będzie dla $\varepsilon = \varepsilon_{\min}$ czyli najmniejszych strat przepływu (dla danych: kąta β_1 , kąta odchyleń i danego profilu).

Przypadek ten ma zawsze miejsce dla $C_a < C_{a \max}$ dlatego, że w pobliżu $C_{a \max}$ zachodzi oderwanie przepływu od ścianki grzbietowej i wzrost strat. Profile w układzie przyspieszającym wykazują na ogół położenie punktu $(C_a)_{\text{opt}}$ znacznie bliżej punktu $C_{a \max}$, niż to ma miejsce w przypadku pojedynczego profilu, czy też segmentów opóźniających z powodu korzystniejszej warstewki przyściennej w przepływie przy-

śpieszającym. Z tego też powodu dla pojedynczego profilu maksimum C_a nie przekracza na ogół wartości 1,6, a dla układów przyspieszających otrzymujemy $C_a = 4$ i więcej.

Ponieważ we wzorze [6] wyrażenie w nawiasie jest bliskie 1 możemy je w naszych rozważaniach pominąć, czyli stosować wzór [5], skąd otrzymujemy:

$$C_a \cdot \frac{L}{t} = 2 \frac{\Delta w_u}{w_\infty} = 2 \cdot \Delta U \quad [5a]$$

Prawa strona tego równania jest dana z trójkątów prędkości. I tak np. dla przykładowej łopatki akcyjnej $\beta_1 = \beta_2 = 30^\circ$; $2 \frac{\Delta w_u}{w_\infty} = 6,96$.

Dla przykładowej łopatki reakcyjnej $\beta_1 = 90^\circ$, $\beta_2 = 20^\circ$; $2 \frac{\Delta w_u}{w_\infty} = 3,23$.

Gdyby istniało optymalne C_a , uniwersalne dla profili dowolnego kształtu, np. $C_a = 3$, to dla rozważanych przypadków otrzymalibyśmy podziały:

$$\text{akcyjna: } \frac{t}{L} = \frac{C_a}{2\Delta U} = \frac{3}{6,96} \approx 0,44$$

$$\text{reakcyjna: } \frac{t}{L} = \frac{3}{3,23} \approx 0,93$$

W rzeczywistości optimum C_a zależy od parametrów geometrycznych profilu i waha się zależnie od wielkości odchylenia przepływu ΔU .

Wartości optimum C_a wynoszą od $C_a \approx 4 \div 5$ dla silnie wygiętych łopatek akcyjnych i reakcyjnych do $C_a \approx 1$ dla bardzo płaskich profili reakcyjnych. Wahania te są zbyt duże, aby na podstawie oceny C_a wyznaczać podział.

Stosowanie współczynników C_a i C_w , mających jasną interpretację fizyczną, daje bardzo proste wzory w budowie płatowców.

W teorii turbin prowadzi to do dość skomplikowanych równań, przy czym współczynniki te tracą tu swoją przejrzystość i pogładowość. Dlatego ich się nie używa — tym bardziej, że nie ma możliwości sięgnąć wprost do badań lotniczych po gotowe profile i gotowe charakterystyki.

Konieczne są specjalne badania nowych — na ogół silniej wygiętych profili — i to nie pojedynczych, ale w układach.

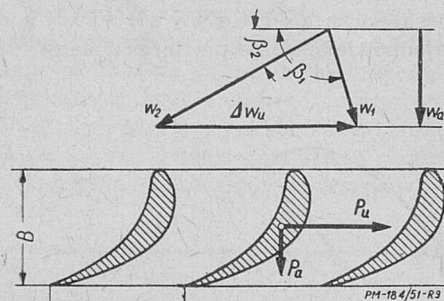
Badania te rzadko stosują metodę wyważania sił — a raczej sondowanie ciśnień rurką *Prandtla*, co również przemawia przeciw używaniu współczynników C_a i C_w . Celem tych badań jest otrzymanie dla każdego profilu łopatkowego pełnej jego charakterystyki, tj. kąta wypływu β_2 (względnie kąta odchylenia $\Delta\beta$ albo odchylenia Δw_u) oraz strat energetycznych (ξ) w zależności od kąta β_1 , podziału t/L oraz liczb *Macha* i *Reynoldsa*:

$$\beta_2, \xi = f(\beta_1, t/L, M, Re)$$

Znając spadek ciśnienia Δp , prędkość dolotową w_1 i jej kąt β_1 — mierzy się prędkość wylotową w_2 i jej kąt β_2 i stąd oblicza się wszystkie potrzebne wielkości.

W poszukiwaniu uniwersalnego współczynnika dla obliczenia optymalnego podziału — *Zweifel* — analizując swoje badania modelowe w 1945 r. zapropono-

wał przedstawić siłę obwodową P_u przy pomocy prędkości w_2 i szerokości profilu B :



Rys. 9.

$$P_u = \psi_u \cdot \frac{\rho w_2^2}{2} \cdot B \quad [7]$$

Takie równanie zawsze może być spełnione przez odpowiedni dobór współczynnika $\psi_u = P_u : \left(\frac{\rho w_2^2}{2} \cdot B \right)$.

Obliczając tę siłę P_u z równania impulsu otrzymujemy

$$P_u = \frac{G_s}{g} \Delta w_u \quad [8]$$

dla jednego podziału i długości łopatki = 1 ilość czynnika wynosi:

$$G_s = \frac{w_a \cdot F}{v} = w_a \gamma \cdot t \cdot 1 \text{ stąd: } \frac{G_s}{g} = w_a \rho t ;$$

$$\text{czyli } P_u = \rho \cdot w_a \cdot \Delta w_a \cdot t \quad [9]$$

Z przyrównania [8] = [9] otrzymamy

$$\psi_u \cdot \frac{B}{t} = \frac{2w_a \cdot \Delta w_u}{w_2^2} \quad [10]$$

Okazuje się, że dla najkorzystniejszych z tych podziałów w różnych profilach tak zdefiniowany współczynnik ψ_u waha się bardzo nieznacznie optimum $\psi_u \approx 0,75 \div 0,8$.

Prawa strona równania [10] zależy od geometrycznych stosunków prędkości i — jak można sprawdzić

$$\frac{2w_a \cdot \Delta w_u}{w_2^2} = 2 \cdot \frac{\sin \beta_2 \cdot \sin (\beta_1 - \beta_2)}{\sin \beta_1} \quad [12]$$

(Uwaga: kąt β_1 jest mierzony inaczej niż w łopatkach! $\beta_1 = 180^\circ - (\beta_1)_t$).

Zweifel badał profile reakcyjne przy kątach β_1 , β_2 w granicach:

$$\beta_1 = 90^\circ \div 50^\circ \quad [(\beta_1)_t = 90^\circ + 130^\circ]$$

$$\beta_2 = 13^\circ \div 16^\circ$$

i dlatego zakresu otrzymał $\psi_{opt} \approx const.$

Sznejewski sugeruje pełną uniwersalność tego współczynnika. Dla łopatek akcyjnych silnie zakrzywionych tak otrzymany podział jest jednak za mały, jak to można w prosty sposób wykazać:

Wzór pochodzący od *Brillinga* (dający nie za duży podział!) brzmi

$$\frac{B}{t} \approx 2 \sin 2 \beta_2 \quad [13]$$

Prawa strona równania [12] — dla $\beta_2 = (\beta_1)_t = \beta$ da się przekształcić (z uwzględnieniem, że $\beta_1 = 180^\circ - (\beta_1)_t$):

$$2 \sin 2 \beta_2 = 2 \frac{\sin \beta_2 \cdot \sin (180^\circ - 2 \beta_2)}{\sin \beta_2} =$$

$$= 2 \frac{\sin \beta_1 \cdot \sin (180^\circ - \beta_1 - \beta_2)}{\sin \beta_1} = 2 \sin 2 \beta$$

Wzór [10] przyjmie więc postać

$$\Psi_u \cdot \frac{B}{t} = 2 \sin 2 \beta, \text{ albo } \frac{B}{t} = \frac{1}{\Psi_u} \cdot 2 \sin 2 \beta$$

Jeżeli wg [11] $\Psi_u = 0,8$, to widzimy, że —

$$\left(\frac{t}{B}\right)_{\text{Szneje}} = 0,8 \left(\frac{t}{B}\right)_{\text{Brilling}}$$

czyli podział tak obliczony wypada za mały.

Wprowadzając poprawkę można przyjąć dla silnie wygiętych profili (akcyjnych) $\Psi_u \approx 1$ (lub nieco więcej).

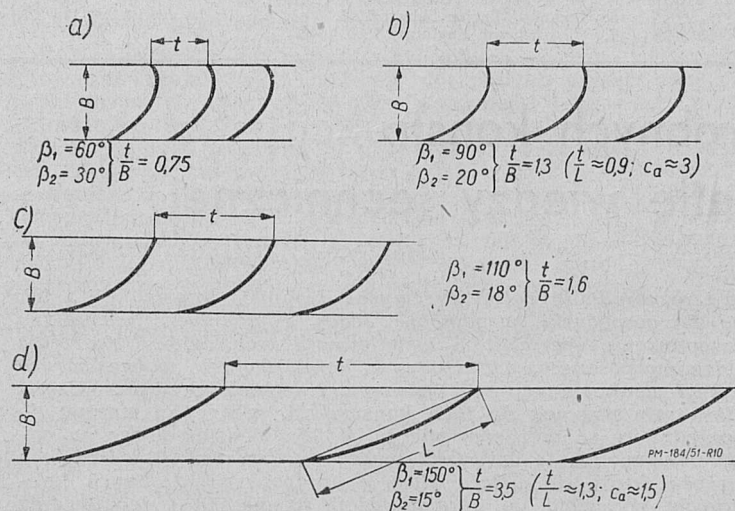
Sprawdźmy na przykładach użyteczność przedstawionego współczynnika. Wg H. Krafta³⁾ otrzymał Keenan¹⁾ dla profili kierownic akcyjnych ($\alpha_2 = 90^\circ$,

$\alpha_1 = 120^\circ$) wartości optymalne: $\frac{t}{B} \approx 1,6$, $\left(\frac{t}{L} \approx 0,8\right)$

Z przeliczenia wynika: współczynnik siły nośnej $C_a = 3$, współczynnik Zweifel'a $\Psi_u = 0,72$. Zatem rzeczywiście blisko wartości podanej przez Zweifel'a jako optymalna!

Dla kilku typowych łopatek reakcyjnych otrzymujemy przykładowo wyniki przedstawione na rys. 10.

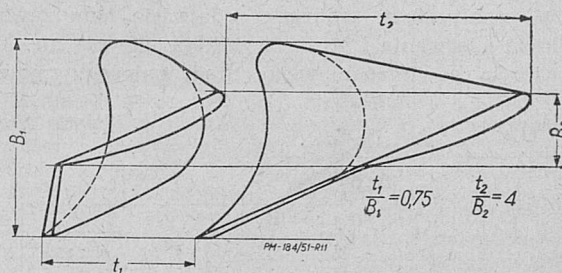
Widzimy, że podziały korzystne wypadają znacznie większe niż dotychczas stosowane.



Rys. 10.

Zdawać by się mogło, że przypadek przedstawiony na rys. 10d, nie występuje w praktyce turbinowej. Jest on jednak zupełnie realny. Jeżeli łopatki konstruowane są wg zasady wolnego wiru, to — jak wiadomo — są one silnie zwinięte i kąt odchylenia strumienia pary ku głowie łopatki bardzo silnie maleje. Rys. 11 przedstawia przykład łopatki granicznej zmieniającej się od zera u stopy do 0,75 u głowy łopatki. Całkowity kąt odchylenia strumienia pary zmienia się od $\Delta\beta = 126^\circ$ u stopy do $\Delta\beta = 13^\circ$ u głowy. Jednocześnie z powodu granicznej długości łopatki ($D/l = 3$) skonstruowanej wg zasady wolnego wiru. Stopień reakcyjności to ze względów przepływowych korzystne jest dodatkowe zwiększenie podziału względnego t/B przez zmniejszenie szerokości łopatki ku głowie. W ten sposób — szczęśliwie — względy sprawnościowe prowadzą do kształtów korzystnych wytrzymałościowo.

Łopatki tego typu pracują współcześnie w turbinach parowych dużej mocy (Przegląd Mechaniczny, styczeń 1952, str. 29, rys. 6).



Rys. 11.

Z przedstawionych przykładów widać, że współczynnik C_a waha się w rozsądnych granicach, zaś porównanie z pomiarami Keenana potwierdza wartość współczynnika Ψ_u podanego przez Zweifel'a.

Można też przypomnieć, że już przed 1940 r. Lys-holm⁴⁾ stosował w łopatkach reakcyjnych silnie wygiętych ($\beta_1 \approx 90^\circ$, $\beta_2 \approx 20^\circ$) podziały $\frac{t}{B} = 1,1 \div 1,3$,

z bardzo dobrymi wynikami; są to cyfry również potwierdzające wyniki Zweifel'a.

Nowe konstrukcje (Westinghouse) stosują już znacznie większe podziały niż przed wojną⁷⁾.

Wszystkie te rozważania doprowadzają do wniosku, że współczynnik Zweifel'a nadaje się w zupełności do oceny najkorzystniejszego podziału w łopatkach reakcyjnych w całym praktycznie stosowanym zakresie kątów. Nadaje się on także do profilowanych kierownic akcyjnych.

Dla łopatek pracujących akcyjnych i z małą reakcyjnością nie można stosować wartości $\Psi_u = 0,75 \div 0,8$, bo daje za małe podziały.

*

Właściwości przepływowe (aerodynamiczne) układu profili zależą oczywiście w dużej mierze od samego kształtu użytego profilu. Zagadnienie „najkorzystniejszego podziału“ nie można traktować w oderwaniu od pozostałych parametrów, w szczególności kształtu profilu.

Jeżeli podział względny t/L zbliża się do jedności lub przekracza jedność ($t/L \geq 1$), to trudno w ogóle mówić o jakimś „kanałku“ międzyłopatkowym. Para (gaz) odchyła się wzdłuż profilu, a nie skutkiem „przewodzenia w ściankach“ kanału.

O ile dawniej zwracano główną uwagę na „kanał łopatkowy“, a kształt profilu na ogół wynikał tylko z „korzystnego kształtu kanału“ łopatkowego — po prostu

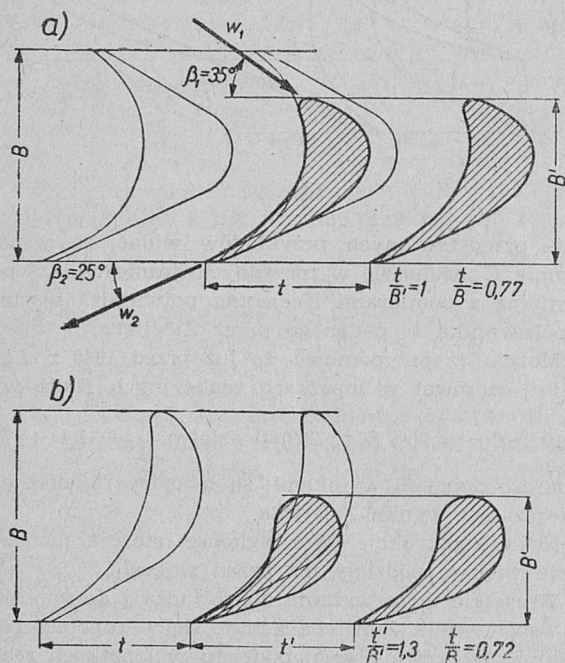
jako jego linie ograniczające — obecnie przeważa pogląd, że kształt samego profilu jest parametrem decydującym o sprawności przepływu.

Jednocześnie kanał między profilami traci częściowo swoje znaczenie, tkwiąc w pojęciu podziału profilu.

Cyfry omówione poprzednio odnoszą się do nowoczesnych „prawidłowo skonstruowanych profilów“ — nie będą one słuszne dla profili innych.

Jak widać z rys. 12a i b nowoczesny profil charakteryzuje się skróceniem części wlotowej, co wpływa na równoczesne skrócenie drogi tarcia.

W praktycznym zakresie udaje się nam zawsze uniknąć oderwania i straty wynikają głównie na skutek tarcia powierzchniowego. Stąd wniosek: zmniejsz-



Rys. 12.

zyć powierzchnię tarcia, tj. zwiększyć podział. To samo stosuje się w profilach akcyjnych.

W ten sposób przy tym samym podziale (bezwzględnym) zmniejszamy szerokość profilu lub przy danej

szerokości zwiększamy podział, zmniejszając liczbę łopatek na obwodzie.

Oprócz zmian na wlocie inaczej projektuje się obecnie część wylotową profilu.

Jeżeli podział jest duży, równoległe prowadzenie w „kanałach łopatkowych” na wylocie staje się całkowicie niecelowe przy małych liczbach *Macha*. (Pomijamy przypadki, gdzie w ogóle „kanał” przestaje istnieć).

Konstrukcja profilu z „równoległym prowadzeniem” prowadzi do kształtów niekorzystnych opływowo.

Sam fakt przejścia w obrysie profilu z łuku na prostą stanowi nieciągłość ($r_1 = r$, $r_2 = \infty$).

Stwarza to tendencję do oderwania lub co najmniej zwiększenia grubości warstewki przyściennej. W efekcie podciśnienie wzdłuż płaskiej ścianki grzbietowej spada, zmniejszając siłę nośną łopatki.

Ten sam fakt nie byłby jeszcze szkodliwy, gdyby jednocześnie malały proporcjonalnie opory, ale tak się nie dzieje. Sprawność przepływu spada.

Współcześnie, wysokosprawne profile łopatkowe zarówno reakcyjne jak i akcyjne nie otrzymują prostoliniowych obrysów na wylocie.

Dla przykładu podajemy na rys. 12 dwa nowoczesne profile: 1 akcyjny (reakcyjność 20%) i 1 reakcyjny o wysokich zaletach przepływowych.

Literatura

1. Brown Boveri Mitteilungen, 1950.
2. Kotłoturbostrojenie, 2/1948, str. 7.
3. H. Kraft, Reaction Tests of Turbine Nozzles for Subsonic Velocities, the A.S.M.E. Paper No 48-A-59, 1948.
4. A. Lysholm, Versuche mit verdickten Dampfturbinenschaukeln, Archiv für Wärmewirtschaft u. Dampfkesselwesen, 1940.
5. Ja. I. Szeje, Teoria gazowych turbin, 1950.
6. Technical Review Sulzer, 1945.
7. Westinghouse Engineer, 1950.

Uwagi o przemyśle drobnych konstrukcji ich elementów w świetle wiedzy technicznej

Mgr inż. KAZIMIERZ WISZOWATY

Autor zwraca uwagę na ogromny zasięg i różnorodność gałęzi przemysłu drobnych konstrukcji i ich części, jak również na jego wielkie znaczenie dla gospodarki narodowej. Jeden z głównych warunków stworzenia i rozwoju tego przemysłu — przygotowanie specjalistów inżynierów i techników. Utworzenie na mechanicznych wydziałach politechnik oddziałów poświęconych drobnym konstrukcjom, wobec bardzo odrębnych cech tych ostatnich pod względem konstrukcyjnym, materiałowym i technologicznym. Części drobnych konstrukcji jako przedmiot mają taki sam stosunek do tych konstrukcji, jak części maszyn do poszczególnych klas maszyn. Wykłady tego przedmiotu są niezbędne nie tylko jako podstawowego na oddziale drobnych konstrukcji, ale w ogóle jako uzupełnienie do części maszyn na wszystkich oddziałach wydziału mechanicznego, elektrycznego i łączności, które się ćwiczą albo w opracowaniu drobnych konstrukcji samodzielnych ewentualnie pomocniczych, służących do automatyzacji sterowania i regulowania mechanizmów średnich lub dużych.

1. Znaczenie przemysłu drobnych konstrukcji

Tak zwana technika drobnych konstrukcji obejmuje wielką ilość różnorodnych gałęzi przemysłu mechanicznego i elektrotechnicznego. Ograniczając się tylko do pobieżnego przeglądu, można tu wymienić maszyny do pisania, maszyny biurowe, maszyny i instalacje do rozwiązywania zagadnień matematycznych, wszelkie aparaty i przyrządy pomiarowe, aparaty fotograficzne, aparaty optyczne, aparaty kinowe, mechanizmy zegarowe, aparaty telegraficzne, aparaty telefoniczne, aparaty radiowe, aparaty telewizyjne, urządzenia z lampami elektronowymi do regulowania i sterowania maszyn i obrabiarek, przyrządy fizyczne i chemiczne itd. Nawet ten niepełny wykaz daje wyobrażenie o pracy i trudnościach, jakie przedstawia stworzenie i rozwinięcie wymienionych gałęzi przemysłu

drobnych konstrukcji i jaką rolę mogą one grać w narodowej gospodarce przemysłowej. Ciekawe jest, że jeszcze na 12 lat przed pierwszą wojną światową, Rzesza Niemiecka wywoziła wyrobów drobnego przemysłu dokładnego na 500 mil. marek w porównaniu z 900 mil. wywozu przemysłu maszynowego.

2. Specjalne wykształcenie jako czynnik rozwoju przemysłu drobnych konstrukcji

Oczywiście, zbudowanie ważniejszych gałęzi przemysłu drobnych konstrukcji wymaga może więcej czasu niż inne rodzaje przemysłu. Niezbędny poziom techniki i przemysłu zależy tu od surowców, obrabiarek, urządzeń i przygotowania specjalistów inżynierów, techników i rzemieślników.

Zagadnienie specjalistów w należy postawić na pierwszym miejscu. Ogólne przygotowanie, które daje wydział mechaniczny do wykonania ostatecznej pracy dyplomowej z budowy maszyn, obrabiarek itp., nie zupełnie odpowiada tematowi z dziedziny różnych gałęzi drobnych konstrukcji, znacznie nieraz od nich odbiegając. Mechanika, szczególnie kinematyka, części maszyn, materiałoznawstwo, metody obróbki, elektrotechnika musiałyby być ujęte inaczej, niż to przewidują normalne programy wykształcenia inżyniera mechanika; należałoby wprowadzić niektóre nowe przedmioty, poszerzając lub zwężając wykładane.

To wszystko konsekwentnie wskazuje, jako może jedyne wyjście, otwarcie oddzielnego oddziału drobnych konstrukcji przy wydziale mechanicznym. Oddział ten wśród podstawowych przedmiotów wydziału mechanicznego miałby wykłady z części drobnych konstrukcji. Grupy specjalnych przedmiotów częściowo odpowiadałyby oddziałom fizyki np. mechaniczna (maszyny do pisania, biurowe, księgujące, do działań matematycznych, liczące, sortujące, kontrolujące itp.), pomiarowa (przyrządy i aparaty do pomiarów długości i masy wysokiej dokładności), zegarowe, optyczne (fotograficzne, kinowe) itp. Projektowanie miałoby charakter konstrukcyjny (przyrządy i mechanizmy) i technologiczny (warsztaty produkujące poszczególne rodzaje drobnych konstrukcji). Osobną dziedzinę będą tu tworzyć te drobne konstrukcje, działanie których zależy od elementów elektrotechnicznych i lamp elektronowych. Aczkolwiek nauczanie elektrotechniki na oddziale drobnych konstrukcji musi być odpowiednio rozszerzone i dostosowane, nie jest wykluczona potrzeba w tej lub innej formie współpracy z wydziałem elektrycznym lub łączności, np. części projektu obrabiarki czy obrabiarki zespołowej, czy obrabiarki automatycznej, czy też maszyny kontrolującej, sterowanych za pomocą lamp elektronowych lub fotokomórek.

3. Zakład przy oddziale drobnych konstrukcji

Bardzo ważnym pomocniczym czynnikiem w przygotowaniu specjalistów inżynierów dla potrzeb przemysłu drobnych konstrukcji, poza wykładami i projektowaniem na wyżej wymienionym wydziale, ma zakład drobnych konstrukcji, obejmujący szereg gałęzi. Jako przykład można wymienić taki zakład przy mechanicznym wydziale politechniki w Brunświgu. Taki zakład, poza swą rolą w procesie nauczania, jest elementem oddziałującym dodatnio na odpowiednie ośrodki przemysłowe produkcyjne w kierunku postępu technicznego. Skupia on siły techniczno-naukowe, organizuje zjazdy, na których są poruszane nowe zagadnienia, dotyczące drobnych mechanizmów i aparatów.

4. Zjazdy i referaty

Na ostatnim zjeździe, urządzonym we Frankfurcie nad Menem 5 i 6 października r. ub. przez Zakład Drobnych Konstrukcji Politechniki w Brunświgu wspólnie ze Związkiem Niemieckich Inżynierów, było przedstawione 11 referatów na różne tematy drobnych konstrukcji. Zjazd był uzupełniony przez wystawę modeli i oddzielnych elementów, ułatwiających wgląd w budowę demonstrowanych przyrządów.

Dla podkreślenia znaczenia wyżej podanego zakładu przy politechnice, uważamy za pożyteczne wyliczyć nazwy powyższych referatów a mianowicie: Nowe kinematyczne podstawy w maszynach do liczenia, porównawcze rozpatrzenie maszyn księgujących w kraju i za granicą (maszyny do liczenia — piszące, piszące maszyny sumujące, maszyny z dziesiętną klawiaturą, rejestrujące maszyny, księgujące), maszyny z kartami dziurkowanymi. Zadania racjonalnej produkcji w budowie maszyn do pisania.

Z zakresu techniki pomiarowej: nowy aparat do mierzenia gładkości obrobionej powierzchni, pobudowany na zasadzie piezo elektrycznej, aparat elektryczny warsztatowy do tego samego celu; specjalne aparaty do mierzenia twardości przy wyrobie części drobnych konstrukcji.

Podstawy techniki indukcyjnego regulowania i jego zalety w porównaniu z systemami pneumatycznymi i hydraulicznymi.

Z dziedziny konstrukcji i produkcji: o tolerancjach obróbki i montażu w budowie drobnych mechanizmów i porównanie pod tym względem z budową maszyn większych; łożyska liczników elektrycznych (współczesne konstrukcje magnetyczne, podwieszenie wirnika). Miniaturowe łożyska kulkowe (ilości typów wymiarów, metody produkcji i prób). Dźwiękowe aparaty wysokiej częstotliwości i ich zastosowanie w drobnych konstrukcjach.

5. Części drobnych konstrukcji jako oddzielny przedmiot

Na zakończenie wyżej podanych uwag należy omówić bardziej szczegółowo zagadnienie konieczności wykładów części drobnych konstrukcji, jako jednego z ogólnych podstawowych przedmiotów tego nowego oddziału i reszty oddziałów na wydziałach mechanicznym, elektrycznym i łączności. Oczywiście w tym drugim przypadku program musiałby ulec pewnym modyfikacjom odpowiednio do specjalnych potrzeb każdego z ostatnio wymienionych trzech wydziałów; znajomość sterowania automatycznego obrabiarek, maszyn, oceny aparatury i techniki pomiarów warsztatowych — na wydziale mechanicznym; znajomość wykonania aparatów mierniczych i regulujących — na wydziale elektrycznym; projektowanie elementów i zespół telefonów, telegrafów, aparatów sygnalizacyjnych, odbiorników ruchomych itp. — na wydziale łączności.

Należy nadmienić, że wykłady i projektowanie elementów drobnych konstrukcji były wprowadzone przez profesurę dawnego oddziału telekomunikacyjnego, wydziału elektrycznego już w 1947 r. tj. przed pięciu laty, co jest uznaniem ważności tego przedmiotu dla drobnego przemysłu elektrotechnicznego.

Części drobnych konstrukcji, jako przedmiot, mają taki sam stosunek do tych konstrukcji, jak i części maszyn do poszczególnych grup maszyn i obrabiarek normalnych typów. Części maszyn oczywiście są jednym z podstawowych przedmiotów na mechanicznym i innym wydziałach politechniki, lecz nie dają wiele wiadomości niezbędnych dla projektowania drobnych konstrukcji wskutek odrębnych cech tych ostatnich. Poniżej przytoczony pobieżny przegląd porównawczy według działów części drobnych konstrukcji wykazuje to i udowadnia potrzebę oddzielnego przedmiotu, zajmującego się elementami drobnych konstrukcji.

6. Odrębne cechy nauki o elementach drobnych konstrukcji

Wspomniane drobne cechy mogą dotyczyć form konstrukcyjnych lub mieć charakter zasadniczy, mogą zależeć od drobnych wymiarów, od nieznaczących obciążeń, od zupełnie innych metod technologicznych i surowców.

Dział w częściach drobnych konstrukcji	Opracowanie w częściach maszyn
Połączenia nierozłączne	
Różnymi rodzajami spawań	Przykłady konstrukcyjne nie odpowiadające drobnym częściom
Zgrzewaniem materiałów szklanych z metalami	Brak opracowania
Lutowaniem różnych rodzajów	Brak opracowania lub ujęcie nie odpowiadające drobnym konstrukcjom
Klejeniem drzewa, papierów, metali, szkła	Brak opracowania
Kitowaniem różnych rodzajów	Brak opracowania
Zatapianiem w masie plastycznej, w odlewach wtryskowych	Brak opracowania
Bezpośrednim wtlaczaniem według pasowania	Wystarczające
Bezpośrednim wtlaczaniem przez okształcenie zewnętrzne lub wewnętrzne części	Brak opracowania
Nitowaniem pośrednim	Zupełnie odmienne opracowanie konstrukcyjne
Nitowaniem pośrednim	To samo np. nity rurkowe
Połączeniem przez zawijanie krawędzi, przez rolowanie. Połączenia blaszanych części przez „falowanie”. Pośrednie i bezpośrednie połączenie „łapkami”	Brak opracowania

Połączenia rozłączne

Połączenia klinowe

Brak specjalnych konstrukcji np. klinów obrotowych spiralnych

Połączenia śrubowe

Brak specjalnych form konstrukcyjnych, nakrętek, zabezpieczeń od odkręcania, od gubienia itp. Brak opracowania

Połączenia sprężynujące, wsuwane, obrotowe z zabezpieczeniem ciernym, klinowym lub ryglowym.

Prowadzenia

Brak specjalnych konstrukcji prowadzeń dla drobnych mechanizmów

Łożyska

Brak szeregu typów charakterystycznych i ważnych dla drobnych mechanizmów jak np. kamiennych, miniaturowych, toczone, pryzmatycznych

Sprzęgła, koła zębate, przekładnie ciernie

Brak obszernych grup niezbędnych w budowie drobnych mechanizmów i mających odrębne cechy konstrukcyjne i kinematyczne (sposoby mocowania na wale, obrysy ząbów w układach zegarowych itd).

Obliczenia wytrzymałościowe części maszyn nie znajdują zastosowania w częściach drobnych konstrukcji z powodu niewielkich sił, działających. Próby zastępują tu nieraz obliczenia. Z drugiej strony są przypadki, w których jednostkowe obciążenia dochodzą do znacznych rozmiarów np. w łożyskach oporowych elektrycznych liczników; wtedy należy stosować obliczenia, których nie spotyka się w częściach maszyn.

7. Materiały i metody technologiczne

Powyższy ogólny przegląd porównawczy należy uzupełnić uwagami, dotyczącymi materiałów i metod obróbki. W częściach maszyn brak wiadomości o stosowaniu tworzyw, które zajmują coraz więcej miejsca w nauce o elementach drobnych konstrukcji, a mianowicie: masy plastyczne i metale proszkowane. Te tworzywa zasadniczo wywołują zmiany konstrukcyjne i jeszcze więcej wyodrębniają przedmiot elementów drobnych mechanizmów. Podobny wpływ mają metody technologiczne takie jak odlewnictwo wtryskowe, odlewnictwo według woskowych modeli itp.

8. Wnioski

Reasumując uwagi przytoczone wyżej, należy podkreślić wpływ, jaki może wywrzeć techniczne szkolnictwo wyższe na rozwój i postawienie na współczesnym poziomie szeregu gałęzi przemysłu drobnych konstrukcji. Oczywiście z tym jest związane tworzenie również średnich szkół technicznych, przygotowujących specjalistów w różnych dziedzinach drobnych konstrukcji, np. szkoły zegarmistrzowskie w szeregu krajów, szkoły mechaników precyzyjnych itd.

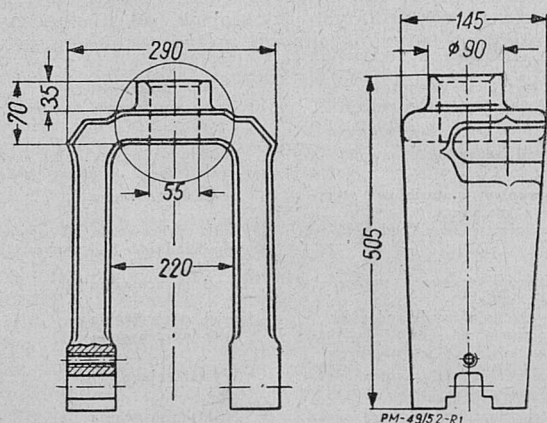
Przegląd prasy technicznej

ELEKTROKONTAKTOWE NAGRZEWANIE PRĄDEM NORMALNEJ CZĘSTOTLIWOŚCI

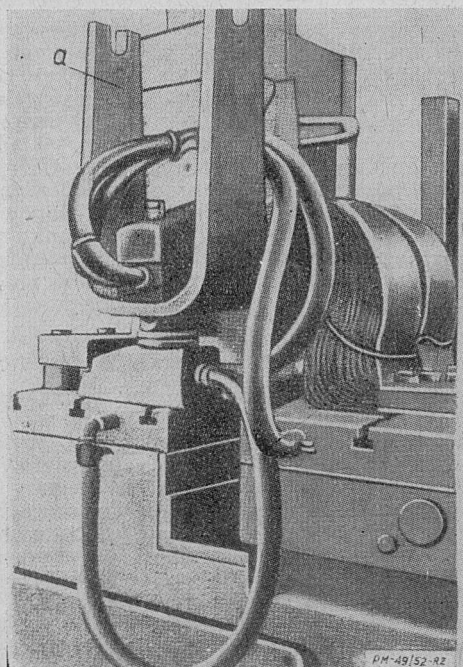
Nagrzewanie półwyrobów w piecach płomiennych nie tylko nie daje pełnego wykorzystania ciepła pieca, lecz stosowane zazwyczaj nagrzewanie całego przedmiotu (częściowe nagrzewanie jest trudne, specjalnie przy małych długościach) utrudnia jego dalszą obróbkę, względnie uszkadza już obrobione części przedmiotu. Np. w części nagwintowanej na jednym końcu i wymagającej podgrzania bezpośrednio za częścią gwintowaną (w celu wygięcia) po nagraniu w piecu płomiennym gwint, pokryje się zgorzeliną, co wymaga dodatkowej obróbki.

Trudności powyższe rozwiązuje stosowanie nagrzewania prądem elektrycznym metodą kontaktową. Rzadko opłaca się budować dla tego celu specjalne piece o kontaktach ściśle odpowiadających profilom przedmiotów nagrzewanych; najpro-

nożnym pedałem i podniesiono (przy pomocy podkładki) podstawę, na której spoczywa suport górnej elektrody, na wysokość odpowiadającą grubości grzanego przedmiotu.



Rys. 1.

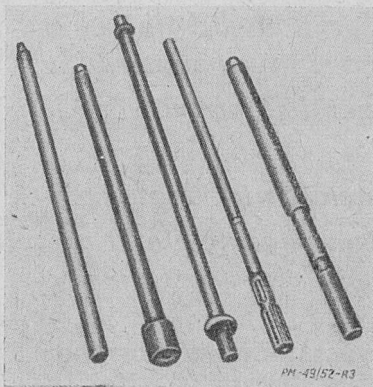


Rys. 2.

ściej użyć do tego normalne spawarki stykowe z przystosowanymi do grzanych przedmiotów stykami. Na przykład, aby nagrzać część widełek oznaczoną kółkiem (rys. 1) użyto spawarki stykowej (rys. 2). W tym celu zamieniono dwa hydrauliczne cylindry, dociskające elektrody, na jeden pneumatyczny, sterowany

Część a (rys. 2) ustawia się na dolnej elektrodzie i dociska się górną. Następnie włącza się prąd odpowiedniej mocy, który, z przerwami lub bez przerw, nagrzewa część znajdującą się między elektrodami do żądanej temperatury. Ważne jest, aby powierzchnie przedmiotu stykające się z powierzchniami elektrod były przed nagrzewaniem oczyszczone z rdzy, smarów itp. oraz aby płaszczyzny elektrod i przedmiotu były równoległe. Nieściśle doleganie powierzchni powoduje

przegrzewanie się miejsc lepiej kontaktujących, a więc nierównomierne nagrzewanie całości, co jest niepożądane.



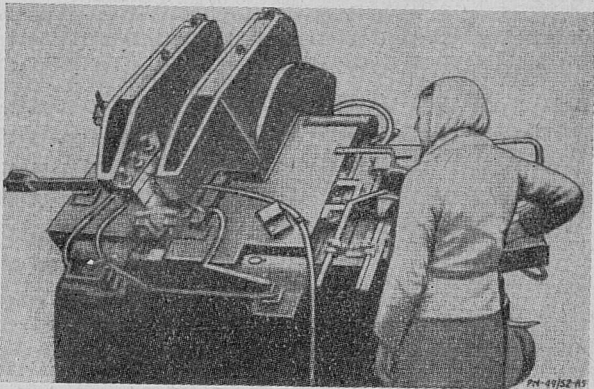
Rys. 3.

Okazało się, że najlepsze rezultaty osiągnięto przez podgrzewanie z przerwami, w czasie których następuje wyrównanie temperatury przedmiotu, tj. miejsc przegrzanych i niedogrzanych. Praktyka wykazała, że długość i częstość przerw oraz okresów nagrzewania należy uzależnić od ciężaru części nagrzanej, rodzaju materiału oraz mocy instalacji nagrzewającej. Ważne jest jednak to, że okres pierwszego impulsu nagrzewania (do pierwszej przerwy), zimnego jeszcze przedmiotu, powinien być dłuższy od następnych, gdyż materiał zimny stanowi mniejszy opór i możliwość przegrzania, w miejscach bezpośrednio kontaktujących z elektrodami, jest wtedy znikoma. Tablica I podaje dane liczbowe przebiegu nagrzewania części podanej na rys. 1.

Mimo przerw w nagrzewaniu, metoda ta przy zwiększeniu mocy prądu, skracą czas nagrzewania w porównaniu z grzaniem ciągłym bez przerw; używa się przy tym mniej energii elektrycznej.

Trudność ujednostajnienia warunków pracy (nierówność i niejednorodność powierzchni przedmiotów, nieszczelność przylegania do powierzchni elektrod, wahania napięcia w sieciach fabrycznych itp.) nie pozwoliły dotychczas rozwiązać sprawy przerywaczy mechanicznych w sposób zadowalający. Temperaturę, długość i częstość przerw w nagrzewaniu pozostawia się do uznania obsługującego, który musi dbać o to aby nagrzewanie następowało równomiernie. W zakładach gdzie ma miejsce produkcja masowa, celowe jest stosowanie aparatów regulujących samoczynnie temperaturę nagrzania, bezpośrednio na grzanym przedmiocie.

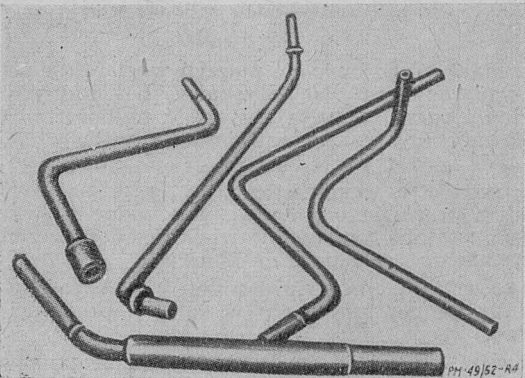
Temperatura miejscowego nagrzewania części stalowych przed gięciem, wynosi od 1000 do 1100°C. Na rys. 3 przedstawiono części przed gięciem, na rys. 4 po gięciu. Do nagrzewania tych części użyto początkowo spawarki stykowej mocy 25 kVA — co nie dało zadowalających rezultatów, gdyż czas nagrzania np. rączki średnicy 22 mm na długości 50 mm do temperatury 1000° wyniósł średnio 30 ÷ 35 sek. Przy zastosowaniu spawarki stykowej o mocy 150 kVA, przy



Rys. 5.

TABLICA I

Ciężar półfabrykatu w kG	Ciężar części nagrzewanej w kG	Kolejność nagrzewania	Napięcie w sieci w V	Natężenie prądu pierwotnego w A	Obciążenie w kW	Łączny czas nagrzewania w minutach	Ilość energii w kWh	Pełna moc w kVA	Uwagi
35	ok. 32,2	I	356	62	12,52	7,00	1,44	22,0	bez przerwy
—	—	II	356	88	17,60	4,00	1,17	31,4	4 przerwy
—	—	III	352	114	23,20	2,50	0,96	40,0	5 przerw
—	—	IV	348	156	26,10	2,00	0,86	54,0	7 przerw
—	—	V	336	200	38,40	1,25	0,80	67,2	10 przerw



Rys. 4.

sześciu impulsach nagrzewania, czas zredukowano do 4 sek, przy czym w spawarce (rys. 5) nie dokonano żadnych zmian konstrukcyjnych, a tylko powierzchnię dolnej elektrody przystosowano do kształtów części nagrzewanych.

W miarę wzrastania średnicy podgrzewanych części przy równej długości miejsc podgrzewanych, należy zwiększać czasy impulsów i czasy przerw w grzaniu.

Zastosowanie nagrzewania elektrokontaktowego zamiast nagrzewania w piecach płomieniowych, zmniejszyło ilość braków (specjalnie w działach gdzie nagrzewano już obrobione części). Poza tym małe obrysy nagrzewnic kształtowych pozwala ustawiać je w linii potokowej, co daje oszczędność w czasie i powierzchni warsztatu.

(Awtomobilnaja i traktornaja promyszlenost, nr 10/51, str. 26)

W. L.

Oszczędzanie metali nieżelaznych jest jednym z czołowych zadań przemysłu, należy więc:

- *eliminować zużycie metali nieżelaznych przy produkcji tych wszystkich wyrobów, które mogą być wykonywane z innych materiałów*
- *wprowadzać takie metody obróbki i przeróbki, przy których powstają najmniejsze straty metali nieżelaznych*
- *organizować troskliwą zbiórkę złomu metali nieżelaznych*
- *wprowadzać oszczędną i racjonalną gospodarką metalami nieżelaznymi*

ZASTOSOWANIE WĘGLA SZTUCZNEGO JAKO MATERIAŁU ŁOŻYSKOWEGO

Ze względu na konieczność oszczędzania metali nieżelaznych jest rzeczą ważną zbadanie wszelkich materiałów zastępczych, które mogłyby nadawać się na panewki łożyskowe. Materiałem zasługującym na uwagę, choć dotychczas bardzo mało znanym i rzadko stosowanym, jest **węgiel sztuczny**. Dotąd był on używany w niewielkim zakresie, jednakże przeprowadzone ostatnio próby wyzyskania jego cech mechanicznych dały wyniki pozytywne i bardzo zachęcające. Należy tu wyjaśnić, iż pod nazwą „węgiel sztuczny” rozumie się wszelkie materiały, wytworzone z naturalnego lub sztucznego grafitu lub też z węgla bezpostaciowego.

Z własności tego nowego materiału szczególne znaczenie ma **p o r o w a t o ś ć**, zapewniająca dobre własności smarne przy niewielkim zapotrzebowaniu oleju. Wobec małej wartości współczynnika rozszerzalności cieplnej materiał dobrze znosi nawet duże zmiany temperatury, zachowując przy tym swe własności wytrzymałościowe. Przewodność cieplna daje się zmieniać w szerokich granicach drogą odpowiedniego doboru składników, gdyż grafit jest bardzo dobrym przewodnikiem ciepła, węgiel natomiast złym. Węgiel sztuczny nie topi się, lecz tlenki, powstające przy jego ogrzewaniu, przechodzą od razu w stan lotny w temperaturze 3800°C. Dalszą zaletą materiału jest lekkość w porównaniu do metali, ponieważ ciężar właściwy wynosi od 1,4 do 1,8 G/cm³.

Ponadto węgiel sztuczny nie farbuje i nie posiada żadnego smaku ani zapachu. Cechy te mają szczególne znaczenie z punktu widzenia ewentualnych zastosowań w urządzeniach przemysłu spożywczego, włókienniczego i papierniczego.

Odnosnie obróbki mechanicznej zaleca się raczej skrawanie niż szlifowanie. Odmiany grafitowe węgla sztucznego dają się łatwo obrabiać, węgiel bezpostaciowy wymaga natomiast użycia narzędzi z węglików spiekanych.

Jako surowce przy wytwarzaniu węgla sztucznego służyć mogą: koks, węgiel retortowy, grafit naturalny lub inny, węgiel drzewny, miedź, ołów, cyna. W roli środków wiążących stosuje się zazwyczaj smoły różnego pochodzenia, rzadziej żywice naturalne lub sztuczne oraz klej.

P r z e b i e g p r o d u k c j i przedstawia się pokrótce jak następuje:

- a) rozdrobnienie surowca w młynach dla otrzymania pożądanej wielkości ziarna,
- b) wymieszanie surowca rozdrobnionego ze środkami wiążącymi w mieszkarkach (na gorąco),
- c) mielenie mieszaniny i przesiewanie,
- d) prasowanie w foremnikach,
- e) wypalanie w atmosferze redukującej, w temperaturze dochodzącej w niektórych przypadkach do 1450°C,

f) grafityzacja (przemiana struktury bezpostaciowej w grafityczną) w piecach elektrycznych,

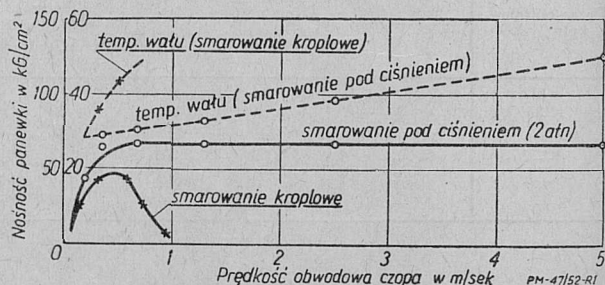
g) wykańczanie przez wtłaczanie węgla lub żywicy sztucznych.

Niektóre dane charakterystyczne węgla sztucznego

zawartość popiołu	1%
pozorny ciężar właściwy	1,55 ÷ 1,7 G/cm ³
rzeczywisty ciężar właściwy	2,20 ÷ 2,23 „
objętość por	15 ÷ 30%
wytrzymałość na ściskanie	200 ÷ 400 kG/cm ²
wytrzymałość na rozciąganie	80 ÷ 200 „
wytrzymałość na zginanie	60 ÷ 200 „
przewodność cieplna	60 ÷ 100 kcal/m h°C
średnie ciepło właściwe (20 ÷ 1000°)	ok. 0,3 kcal/kg°C
moduł sprężystości	250 kG/mm ²
współczynnik rozszerzalności (20 ÷ 0010°)	3.10 - 6
oporność właściwa	6 ÷ 13 mm ²
utlenianie	dostrzegalne powyżej 450°

Wahania poszczególnych wielkości charakterystycznych są wynikiem różnych ciśnień, stosowanych przy prasowaniu materiału podczas produkcji.

Dotychczasowe dane, odnośnie wielkości dopuszczalnych obciążeń łożysk maszynowych z węgla sztucznego, są bardzo skromne. Doświadczenia wyka-



Rys. 1. Nośność panewki z węgla sztucznego

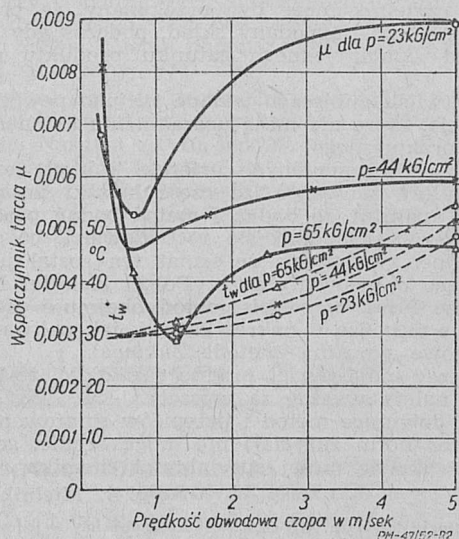
zały jednak, że w budowie maszyn węgiel daje się zastosować jako materiał łożyskowy bez żadnych zastrzeżeń i ograniczeń. Na przyszłość najbardziej obiecująca może być grupa materiałów grafitowych.

Rys. 1 przedstawia wykresy wyników badań nośności łożyska z węgla sztucznego przy smarowaniu zwykłym oraz pod ciśnieniem. Jak widać z wykresu, w tym ostatnim przypadku wielkość dopuszczalnego obciążenia dochodzi do 65 kG/cm².

Na rys. 2 podano wykres zmian współczynnika tarcia oraz temperatury wału w funkcji prędkości obrotowej czopa.

Wyniki prób ścieralności wykazały, że po początkowej fazie znacznie większego zużycia dalsza ścieralność panewki z węgla sztucznego jest bardzo nieznaczna.

Można więc stwierdzić, iż grafit może być bez zastrzeżeń stosowany na łożyska mniej obciążone. Przed wbudowaniem, łożyska takie należy nasycić smarem przez umieszczenie w kąpeli olejowej, podgrzanie do 100°C i bardzo wolne ochłodzenie (o ile możliwe w ciągu 24 godzin). Nasycenie to wystarcza najzupełniej do smarowania łożyska w przypadkach, gdy pracuje ono w sposób przerywany. Przy pracy ciągłej łożyska węglowe zaleca się smarować podobnie, jak zwykłe pierścieniowe.



Rys. 2. Współczynnik tarcia μ w funkcji temperatury t_w wału

Tulejki grafitowe mogą być osadzone w gnieździe łożyska skurczowo lub też wciskane. Pierwsze rozwiązanie stosuje się zazwyczaj przy tulejkach cienkościennych, przy czym otwór tulejki musi być ostatecznie obrobiony dopiero po ostygnięciu.

Uzyskanie dobrej, gładkiej powierzchni nośnej łożyska węglowego zależy w dużym stopniu od struktury wewnętrznej węgla i uwarstwienia kryształów grafitu, a więc czynników, na które wpływać można przez odpowiedni dobór surowców i metod produkcyjnych.

I. St. K.

(Die Technik nr 7/51 str. 330)

AUTOMATYCZNA PRODUKOCJA PUSZEK DO KONSERW

Spośród wielu osiągnięć technicznych przemysłu Niemieckiej Republiki Demokratycznej zasługuje mię-

dzy innymi na uwagę zespół urządzeń, służący do całkowitego samoczynnego wytwarzania puszek konserwowych.

Zespół ten, przeznaczony do produkcji masowej, składa się z 10 automatycznych maszyn, połączonych ze sobą przenośnikami rynnowymi, i tworzy w ten sposób jedną całość, pracującą w sposób ciągły.

Rys. 1 przedstawia schematycznie układ ogólny i sposób pracy całej instalacji, która produkuje i jednocześnie sprawdza do 1800 szt./godz okrągłych (walcowych) puszek konserwowych.

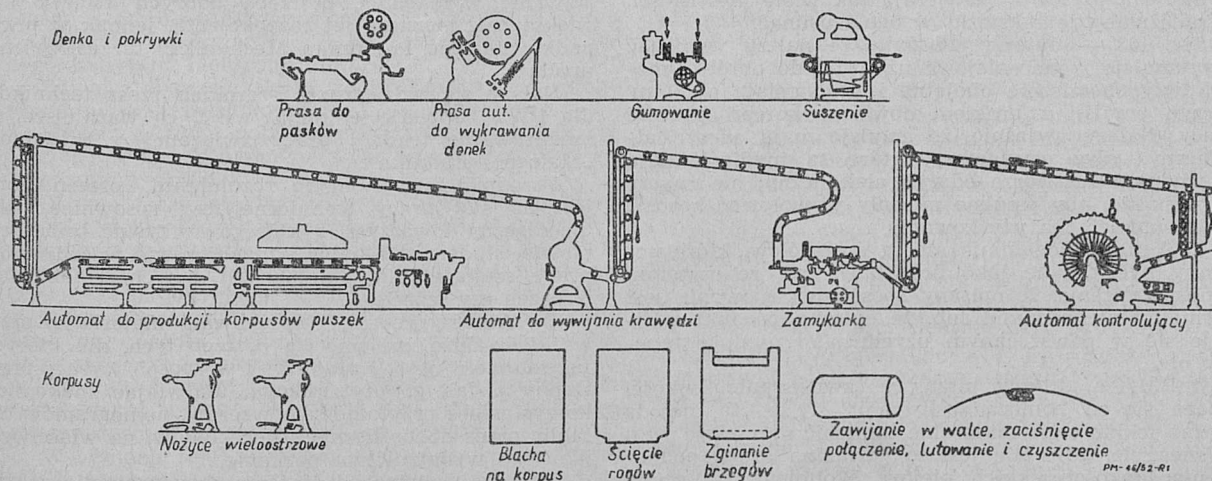
Blachę, przeznaczoną na korpusy puszek, tną się na wielostrzowych nożycach i prasach na prostokątne paski. Materiał na denka i pokrywki tną się w zygzak dla zmniejszenia ilości odpadków, po czym denka wycinane są na prasie z samoczynnym podsuwem materiału. Następną czynnością jest gumowanie denek na specjalnej maszynie, dla zapewnienia szczelności ich połączenia z korpusem puszki, oraz suszenie w piecu, do którego denka przechodzą partiami. Suszenie odbywa się stopniowo — w 2 etapach: z pierwszej komory pieca z nagrzanym powietrzem, ruchomy ruszt przenosi denka do drugiej — chłodnej.

Paski prostokątne, przeznaczone na korpusy puszek, ładuje się partiami do podajnika automatu, skąd pneumatyczne urządzenie zabiera po jednej sztuce od spodu i podaje na dalsze stanowiska robocze. Obecnie następuje kolejno (por. rys. 1): ścinanie rogów paska, zaginanie brzegów, zwijanie paska w walec i zaciśnięcie wzdłużnego połączenia zakładkowego, po czym przenośnik łańcuchowy nasuwa korpus na trzpień odpowiedniej średnicy i następuje operacja lutowania. Maszyna do lutowania wykonuje samoczynnie wszystkie niezbędne czynności, łącznie z oczyszczeniem spoiny po lutowaniu i ochłodzeniem korpusu puszki.

W dalszym ciągu korpusy przechodzą rynną do samoczynnej wywijarki, która wywija krawędzie z obu stron, oraz do zamykarki, gdzie następuje połączenie z denkami. Gotowe puszki idą wreszcie do automatu, który przy pomocy sprężonego powietrza sprawdza ich szczelność i odrzuca wadliwie wykonane sztuki.

Do obsługi opisanego zespołu maszyn potrzebnych jest około 10 ludzi. Mogą to być pracownicy przyuczeni, ponieważ rola ich ogranicza się właściwie tylko do nadzorowania prawidłowości przebiegu procesów i szybkiego doraźnego usuwania ewentualnych usterek. Bardziej wykwalifikowanej obsługi wymaga jedynie automat do lutowania korpusów puszek. W. L.

(Die Technik nr 7/51 str. 318).



Rys. 1. Schemat urządzenia do automatycznej produkcji puszek do konserw.

Bibliografia

Inż. G. Woysław i inż. Z. Jagodziński — **TECHNIKA I GOSPODARKA SMAROWNICZA W PRZEMYŚLE** — PWT Katowice 1951. Format B5, str. 380, rys. 163, tablic 73.

Treść książki stanowią zagadnienia bardzo aktualne i nie mające wyrazu w naszej literaturze technicznej.

Sprawa właściwej gospodarki deficytowymi produktami smarowymi, tak ze względu na konieczność oszczędności produktów jak i racjonalnej konserwacji maszyn, jest dostatecznie ważna, ażeby poświęcić jej specjalną pracę.

Książka zaznajamia czytelnika z systemami smarowania poszczególnych ważniejszych typów maszyn, podaje instrukcje ich smarowania, wskazuje odpowiednie produkty i zasady doboru odpowiednich olejów, ponadto normy zużycia produktów smarowych przez poszczególne maszyny i szeroko omawia urządzenia i metody regeneracji olejów płynnych. Prócz tego czytelnik zapoznaje się z klasyfikacją produktów smarowych, metodami ich badań oraz całokształtem gospodarki smarowniczej jak: urządzeniem magazynów do przechowywania produktów smarowych, ich składowaniem, księgowością materiałową, wzorami dowodów magazynowych, przepisami przeciwpożarowymi i zdrowotnymi dla pracowników mających do czynienia z produktami naftowymi.

W części, poświęconej własnościom chemicznym produktów smarowych książka wykazuje poważne niedomaganie i usterki.

1. Układ szeregu rozdziałów jest niesystematyczny: autorzy operują pojęciami, które są wyjaśniane na końcu rozdziału lub w innych rozdziałach książki (przy czym nie podają odsyłaczy), niektóre pojęcia nie są wyjaśniane. Wiele usterek układu zawiera „lepkość”.

2. Wiadomości z dziedziny chemii podawane są niejasno i często nieścisłe, np.:

Str. 31 (u dołu) — autorzy piszą, że do olejów dodawane są „estry (połączenia alkoholi z kwasami organicznymi)”, co nie jest słuszne, gdyż wprawdzie dodawane bywają estry lecz kwasu fosforowego, który nie jest kwasem organicznym, natomiast estry kwasów organicznych nie są dodawane.

Str. 33 i 34 — pojęcia liczby smolowej i zesmalań podane są niewłaściwie.

Str. 33 — popiół; autorzy twierdzą, że popiół nie ma nic wspólnego z zanieczyszczeniami mechanicznymi, tymczasem nie jest to słuszne, gdyż popiół będzie tym większy im olej będzie zawierał więcej niepalnych zanieczyszczeń.

Str. 178 ÷ 181 — zawierają tak wiele nieścisłości, że należałoby je z książki w ogóle usunąć.

Str. 103 — autorzy uważają, że należy wymagać aby emulsje wodno-olejowe używane do obróbki metali były chemicznie obojętne i utożsamiają obojętny odczyn emulsji z brakiem objawów korozji podczas pracy. Należy wyjaśnić, że emulsje mają odczyn alkaliczny, gdyż emulgatory, które są mydłami dają w wodnym roztworze odczyn alalkaliczny, nie znaczy to jednakże, aby emulsje musiały wywoływać korozję w warunkach ich użytkowania.

3. Autorzy uogólniają szereg szczegółów, które powinny być podane jako przykłady, tak, że czytelnik odnosi wrażenie, że opisany sposób postępowania jest normalny w produkcji lub, że opisany produkt znajduje się w powszechnym użyciu jako produkt typowy np.:

Str. 31. — autorzy piszą, że „zwiększenie lepkości osiąga się za pomocą woltyzacji” i że „tą metodą można lekkie oleje mineralne zamienić na cięższe” jest to nieścisłe, gdyż nie jest to normalna droga podnoszenia lepkości lekkich olejów. Woltolem nazywamy specjalne produkty bardzo lepkie, uzyskane przez polimeryzację mieszanin olejów mineralnych z roślin-

nymi w specjalnych warunkach; oleje te bywają niekiedy dodawane w ilościach ok. 5% do olejów silnikowych, celem poprawienia ich smarności i takich olejów nie posiadamy w kraju.

Str. 102 — autorzy podają skład olejów sulfonowanych i czytelnik może być przekonany, że produkty rynkowe posiadają podany skład, podczas gdy jest to przykład składu jednego gatunku produktu niekrajowego.

4. W wielu miejscach podane są jako pewniki różne pojęcia, które nie mają uzasadnienia ani naukowego ani praktycznego.

5. Prócz wymienionych usterek, których jest dość dużo, należy zauważyć, że część książki poświęcona opisowi aparatur do badań i metod badań produktów naftowych jest nadmiernie rozbudowana, co wydaje się zbędne, zważywszy, że temat ten został już wyczerpująco opracowany przez Polski Komitet Normalizacyjny. Prócz tego opis metod obejmuje produkty, które nie wchodzą w zakres książki, jak paliwa, asfalty drogowe, parafina (metoda Zukowa).

Kończąc moje uwagi pragnę zaznaczyć, że krytyki tej nie należy uważać za wyczerpującą, gdyż części książki, dotyczące metod i przepisów smarowania maszyn oraz norm zużycia¹⁾ nie mogą ocenić, gdyż nie leżą w zakresie mojej specjalności chemika.

B. Mielnikowa

¹⁾ Recenzje dotycząca tych części książki zamieścimy w jednym z najbliższych zeszytów (red.).

Praca zbiorowa — **MAŁY PORADNIK MECHANIKA** — opracowanie autorskie: inż.-mech. Heliodor Chmielewski, Tadeusz Dobrzański, inż.-mech. Paweł Kosieradzki, prof. inż. Jan Kunstetter, inż. Aleksander Legatowicz, inż.-chem. Józef Michałowski, inż.-mech. Jan Obalski, inż.-mech. Kazimierz Ochedusko, inż. Kazimierz Ostński, inż.-mech. Zbysław Rauszer, inż.-mech. Henryk Szymański, inż.-mech. Adam T. Troskołański. Format B6, str. 651 + XI. Wydawnictwo PWT — Warszawa 1951.

Praca stanowi rozszerzone drugie wydanie książki pt. „Poradnik rzemieślnika mechanika”.

Każda pojawiająca się na rynku księgarskim techniczna książka polska jest zjawiskiem tak pomyślnym, że do oceny przystępuje się w pewnym nastroju radosnym, bo jeszcze jedna luka w dziedzinie publikacji technicznych została wypełniona, bo dostęp do wiedzy został szerzej otwarty.

Oczywiście nie wszystkie pojawiające się w księgarniach drukowane prace mogą w pełni zadowolić stawiane wymagania, potrzeba dobrych książek jest większa niż możliwość jej zaspokojenia, jednak w przypadku „Małego Poradnika Mechanika” te zastrzeżenia upadają.

Należy się wdzięczność szerokich rzesz techników dla PWT za podjęcie inicjatywy i, co ważniejsze, za zrealizowanie trudnej pracy związanej z wydaniem „Małego Poradnika”.

Poradnik ten, w moim rozumieniu, przeznaczony jest na stół pracy technicznej czy rysowniczej, jako nieodłączny towarzyszy, z którego korzystają będą uczniowie, studenci, technicy i inżynierowie w codziennej pracy, szukając tam potrzebnych danych w tablicach, wzorach czy tekstach.

Bo Autorzy zebrali i opracowali materiały, przeważnie z dużą znajomością potrzeb tych, dla których przeznaczony jest „Poradnik” i w sposób wysoce przystępny podali go czytelnikowi, ułatwiając znakomicie korzystanie z przytoczonych wzorów, nomogramów czy tablic przez dobór licznych przykładów, na właściwym dla tego wydawnictwa poziomie.

Zaczynając więc od Matematyki, specjalnie celowo i przystępnie potraktowanej, przez Mechanikę i Wytrzymałość Materiałów, Hydromechanikę i Elektro-

technikę, wszędzie podstawowe pojęcia, związki i ich zastosowanie opracowane zostały w sposób bardzo dobry.

Na str. 241 zakradł się błąd drukarski w tytule, mianowicie zamiast „wypływu“ wydrukowano „wpływu“.

Co do rozdziału „Ciepło“ nasunęła mi się uwaga, że przy omawianiu wymiany ciepła nie podano tam wyrażenia na współczynnik przenikania ciepła oraz odpowiednio dobranego przykładu. Zależność ta, nawet przy elementarnych obliczeniach cieplnych w różnych dziedzinach, jest podstawowa. W tym rozdziale użyty termin „ciepło nadane“ (dostarczone) nie wydaje mi się trafny.

Bogato, na 140 stronicach, rozwinięty został dział „Materiałoznawstwo“, potraktowany celowo i nowocześnie. Nasuwa się tu jednak myśl, że dział ten został rozszerzony kosztem innych działów. Mimo wielkiej wagi znajomości metaloznawstwa dla współczesnej techniki, odbić się to mogło na Części V, obejmującej Maszynoznawstwo, któremu udzielono zbyt mało miejsca.

Rozdział IV i V tej części V ujęte zostały inaczej niż rozdziały poprzednie, a moim zdaniem niefortunnie. Są one zbyt zwięzłe i potraktowane opisowo, jak gdyby w podręczniku, a nie w poradniku. Czytelnik, właśnie jako w „poradniku“, miałby prawo znaleźć w nim liczbowe dane, potrzebne, choćby w skromnym zakresie, w dziedzinie kotłów i silników cieplnych, a odnoszące się do warunków i natężenia pracy, rozchodu paliwa, strat itp. Tymczasem poza krótkim opisem urządzeń typowych, ilustrowanym rysunkami, żadnych liczb i tablic nie przytoczono.

To samo tyczy się rozdziału VII — „Sprężarki“.

Niepodobna jest w krótkiej recenzji omówić szczegółowo treść „Poradnika“, więc wracając do powiedzanego na wstępie pragnę powtórzyć, że cel wydania „Poradnika“ został osiągnięty z doskonałym wynikiem, literatura techniczna danego poziomu została wzbogacona bardzo potrzebnym wydawnictwem, a trud opracowania i wydania w tak pięknej formie zostanie całkowicie oplacony wdzięcznością tych, którzy barćo licznie będą korzystał z poradnika.

prof. B. Stefanowski

Wiadomości SIMP

KRAJOWA KONFERENCJA ELEKTROEROZYJNEJ OBRÓBKİ METALI

(13-14.6.1952 — Warszawa)

W rejestrze nowych, wspaniałych osiągnięć radzieckiej techniki produkcji — zanotowana została w roku 1945 nowa metoda elektroerozyjnej obróbki metali. Osiągnięcie to było wynikiem odkrywczej pracy młodych uczonych radzieckich, Natalii i Borysa Łazarenków, którzy w r. 1943 przedstawili rezultaty swojej pracy, stanowiącej praktyczne rozwiązanie postawionego sobie zadania.

Ostatnie lata były okresem dalszego, szerokiego rozwoju i stosowania elektroerozyjnych metod obróbki w przemyśle radzieckim. Wykryształizowały się odmiany obróbki elektroerozyjnej: obróbka iskrowa, elektrooporowa i termiczno-chemiczna. Ujawnione zostały duże możliwości tych metod i zakresy specjalnej ich przydatności i opłacalności.

U nas w kraju w okresie wkraczania w stadium realizacji Planu Sześcioletniego — w niektórych zakładach przemysłowych zastosowano najprostszą pod względem układu i wyposażenia technicznego metodę elektrostrykową do ostrzenia narzędzi skrawających.

Rok ostatni był w okresie obróbki elektroerozyjnej okresem wzmoczonej działalności Instytutów: Obrabiarek i Obróbki Skrawaniem oraz Metaloznawstwa i Aparatury Laboratoryjnej, a ostatnio również i Głównego Instytutu Elektrotechniki.

Również w przemyśle są już do zanotowania osiągnięcia w skali produkcyjnej.

Wiele zakładów dopiero eksperymentuje, uczy się i przygotowuje do przemysłowego wprowadzenia elektroerozyjnej obróbki.

Obecna faza wprowadzania w przemyśle polskim obróbki elektroerozyjnej zaczyna uzyskiwać cechę żywioowości i wszystkie z tym związane dodatnie, ale i ujemne strony. Przysłowiowe „wyważanie otwartych drzwi“, słaba wymiana doświadczeń, brak odpowiedniego zaopatrzenia w potrzebne materiały, brak urządzeń do obróbki elektroerozyjnej, częste przypadki niepowodzenia i zniechęcenia w pierwszych próbach, to wszystko dowodzi, że ruch obróbki elektrycznej nie został dotąd u nas uchwycony w ramy planowego wprowadzania tej nowej metody obróbczej.

W sytuacji tej Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Mechaników Polskich wspólnie ze Stowarzyszeniem Elektryków Polskich — działając przy pełnym poparciu Departamentu Techniki PKPG i MPM —

zdecydowało urządzić krajową naradę dla omówienia całokształtu spraw związanych z obróbką metodami elektroerozyjnymi.

Celem tej dwudniowej konferencji, która ma odbyć się w połowie br. — jest:

- omówienie metod obróbki elektroerozyjnej w oparciu o osiągnięcia radzieckie oraz badania i doświadczenia krajowe, celem zaznajomienia i zainteresowania tymi osiągnięciami całego przemysłu, a zwłaszcza tych zakładów, które dotąd w tej dziedzinie nic nie zrobiły, albo bardzo niewiele i nieudanie,
- wymiana doświadczeń między poszczególnymi zakładami pracy, które już posiadają własne osiągnięcia i doświadczenia,
- omówienie spraw organizacyjnych wiążących się z wprowadzeniem nowej metody obróbki, z uwzględnieniem bezpieczeństwa i ochrony pracy,
- ustalenie dezyderatów pod kierunkiem producentów wyposażenia elektrycznego i mechanicznego, potrzebnych dla zsynchronizowania z potrzebami zaopatrzeniowo inwestycyjnymi i materiałowymi, w zakresie wprowadzania obróbki elektroerozyjnej.

Zasięgiem swoim konferencja powinna sięgnąć znacznie dalej poza resort MPM. Dość tu bowiem wspomnieć, jak silnie będą zainteresowane tematyką konferencji kopalnie węgla, dla których elektryczne ostrzenie spiekanych węglików odkrywa milionowe źródła oszczędności na ściernicach karborundowych.

Dlatego też dobór uczestników musi być staranny. W ilości 200 — 250 osób z całego kraju muszą się znaleźć tylko ci, którzy w zakładach swoich faktycznie są lub będą kierownikami inicjatorami i realizatorami wprowadzania obróbki elektroerozyjnej.

Delegaci ci winni przyjechać na konferencję z przemyślanym, zebranym materiałem dotyczącym własnych osiągnięć, dotyczącym wątpliwości i propozycji w zakresie wykorzystywania elektroerozyjnej obróbki, a w szczególności elektrycznego ostrzenia.

Techniczno-propagandową i instruktażową stroną konferencji pogłębią znacznie szeroko zaprojektowane pokazy obróbki elektrycznej, które odbywać się będą w czasie konferencji. Powielone teksty referatów wręczone już na konferencji, a następnie wydane drukiem całości materiałów z tej konferencji — dadzą cenne materiały instrukcyjne dla przemysłu.

Mgr inż. J. Kaczmarek

Kronika

Z frontu zobowiązań na cześć 60 rocznicy urodzin Prezydenta Bolesława Bieruta i święta 1 Maja

● W dniu 26 marca załoga FSO na Żeraniu wykonała kwartalny plan montażu samochodów M-20 „Warszawa”.

● Załoga Zakładów im. Komuny Paryskiej wykonała w dniu 26 marca br. ponadplanową produkcję o wartości przekraczającej 2 i pół miliona złotych.

● Do dnia 31 marca br. załoga Zakładów „Ursus” wykonała 10 traktorów ponad plan.

● Do dnia 31 marca br. pracownicy Instytutu Chemii Przemysłowej wykonali 12 spośród 74 długoterminowych zobowiązań.

● Załoga Fabryki Samochodów Ciężarowych w Lublinie zameldowała w dniu 31 marca br. o wykonaniu 10 samochodów ponad plan.

● Załoga Pafawagu, inicjatorka czynu produkcyjnego na cześć 60-letniej rocznicy urodzin *Prezydenta Bolesława Bieruta* oraz święta 1 Maja, zrealizowała w ciągu marca około 80% zobowiązań podjętych na okres dwóch miesięcy.

● Pracownicy Instytutu Obrabiarek i Obróbki Skrawaniem opracowali na 2 tygodnie przed planowanym terminem kompletną dokumentację urządzenia do szybkościowego frezowania gwintów na tokarce.

● W dniu 31 marca załoga Zakładów Urządzeń Technicznych w Świętochłowicach zameldowała o wykonaniu i przekroczeniu podjętych zobowiązań.

● Racjonalizatorska brygada inżyniersko-robotnicza Fabryki im. gen. K. Świerczewskiego wykonała pierwszy etap swojego zobowiązania, tj. uruchomienia frezarki przystosowanej do szybkościowego frezowania.

● Załoga Fabryki Samochodów Ciężarowych w Starachowicach zameldowała w dniu 14 kwietnia br. o wykonaniu podjętych zobowiązań. Wykonano 13 samochodów ponad plan. Dział montażu fabryki zobowiązał się wykonać dodatkowo 3 samochody ponad plan.

● Wartość wykonanych zobowiązań huty Stalowa Wola wyniosła już przeszło 5 milionów 835 tysięcy złotych.

● W przededniu urodzin *Prezydenta Bolesława Bieruta* oddana została do ruchu próbnego olbrzymia turbina w elektrowni „Miechowice” największa z dotychczas istniejących w Polsce.

● W licznych zakładach pracy zaciągnięto warty na cześć *Prezydenta Bolesława Bieruta*. Zaciągający warty robotnicy podjęli szereg cennych dodatkowych zobowiązań.

Zakłady hutnicze w Bukareszcie imienia Bolesława Bieruta

Prezydium Wielkiego Zgromadzenia Narodowego Rumuńskiej Republiki Ludowej przemianowało zakłady hutnicze „Laminorul” na zakłady im. *Bolesława Bieruta*.

Huta „Częstochowa” hutą im. Bolesława Bieruta

W dniu 17 marca br. załoga huty „Częstochowa” obchodziła uroczystość przemianowania zakładu na hutę im. *Bolesława Bieruta* i uruchomienia dalszych nowych obiektów produkcyjnych: nowego pieca martenowskiego oraz nowoczesnej stalowni.

Wręczenie nagród państwowych w zakresie nauki i postępu technicznego

W dniu 25 marca odbyła się w Prezydium Rady Ministrów w Warszawie uroczystość wręczenia nagród i dyplomów w zakresie nauki i postępu technicznego.

Uroczystego aktu dekoracji i wręczenia dyplomów laureatom nagród państwowych — naukowcom, inżynierom, technikom i racjonalizatorom dokonał minister Szkolnictwa Wyższego *Adam Rapacki*.

Rozwój ruchu racjonalizatorstwa i nowatorstwa podniósł poziom twórczości i wynalazczości. Ponad 50 robotników zdobyło nagrody państwowe na równi z pracownikami nauki.

Pałac Kultury i Nauki

W dniu 5 kwietnia br. w Warszawie podpisana została, w obecności *Prezydenta Bolesława Bieruta*, umowa między Rządem Rzeczypospolitej Polskiej i Rządem Związku Socjalistycznych Republik Radzieckich o budowie wysokościowego gmachu — Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie.

Zgodnie z umową Rząd ZSRR zbuduje siłami i środkami Związku Radzieckiego 28 — 30 piętrowy gmach, w którym znajdą swą siedzibę: Polska Akademia Nauk, Towarzystwo Wiedzy Powszechnej, kulturalno-oświatowe organizacje młodzieżowe, Muzeum Przemysłu i Techniki, sale wystawowe, sala kongresowa, sala teatralna i koncertowa oraz kino.

Koszta związane z budową Pałacu Kultury i Nauki bierze na siebie Rząd Związku Radzieckiego.

Wielobranżowy klub racjonalizatorski

W początkach kwietnia br. otwarty został w Domu Technika w Warszawie przy ul. Czackiego 3/5 wielobranżowy klub racjonalizatorów.

W klubie tym można codziennie (w godz. od 17 do 19) zasięgnąć pomocy u fachowców przy opracowywaniu pomysłów racjonalizatorskich oraz korzystać z biblioteki fachowej, liczącej kilkadziesiąt tysięcy tomów.

Egzaminy wstępne w Wojskowej Akademii Technicznej

W dniach od 27.6.52 do 15.7.52 odbędą się egzaminy konkursowe dla ubiegających się o przyjęcie do Wojskowej Akademii Technicznej.

Uczelnia ta jest szkołą akademicką, która szkoli słuchaczy na inżynierów wojskowych i inżynierów magistrów wojskowych różnych specjalności (czołgowej, lotniczej, inżynierijno-saperskiej, łączności i uzbrojenia artyleryjskiego), jak również kandydatów nauk techniczno-wojskowych.

Rok szkolny rozpocznie się dnia 1 września 1952 r. Absolwenci Akademii po 3,5 rocznych studiach otrzymują dyplomy inżyniera wojskowego, a najzdolniejsi mogą kontynuować dalej studia w Akademii aż do uzyskania dyplomu wojskowego inżyniera magistra. Dyplomy te uprawniają do ubiegania się o tytuł kandydata nauk technicznych. Poza stopniami zawodowymi i naukowymi absolwenci otrzymują stopnie oficerskie.

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

PRZEGŁĄD BIBLIOGRAFICZNY MECHANIKI

OPRACOWANY PRZEZ OŚRODKI DOKUMENTACJI
GŁÓWNEGO INSTYTUTU MECHANIKI

DODATEK DO MIESIĘCZNIKA „PRZEGŁĄD MECHANICZNY“

ROCZNIK 3

WARSZAWA, MAJ 1952

NR 5

A — TECHNOLOGIA METALI

A3 — Przeróbka termoplastyczna

68* A3a 621.944 B5—5.52

DAVIES C. E. **Walcowanie na zimno blach i taśm z metali nieżelaznych.** „The cold rolling of non-ferrous metals in sheet and strip form.“ J. Inst. Metals, t. 78, nr 5, stycz. 51, s. 501; A4, 40 str., 4 fot., 5 rys., poz. bibl. — Najnowsze walcarki do walcowania blach i taśm ze stopów miedzi i aluminium oraz stosowane metody produkcyjne. Przyrządy pomocnicze usprawniające produkcję.

69* A3 621.97.07:669.14.018.8 B5—5.52

SPENCER L. J. **Obróbka na zimno stali nierdzewnych.** „The cold working of the stainless steels.“ Steel Process, t. 36, nr 8—11, sierp.—list. 50, s. 383; A4, 30 str., 13 fot., 1 wykr., 11 tabl., poz. bibl. — Własności plastyczne stali nierdzewnych austenitycznych, martenzytycznych i ferrytycznych. Składy chemiczne, własności mechaniczne, i strukturalne normalnych amerykańskich stali nierdzewnych. Wykrawanie, wyginanie profili na walcarkach i prasach; tłoczenie i głębokie tłoczenie, wycinanie, prasowanie. Smary, przyrządy i maszyny do obróbki na zimno stali nierdzewnych.

70* A3:C9 621.97:621.892 B5—5.52

CHISHOLM S. F. **Smary do obróbki na zimno metali nieżelaznych.** „Lubricants for the working of non-ferrous metals.“ J. Inst. Metals, t. 78, nr 5, stycz. 50, s. 483; A5, 18 str. — Walcowanie na zimno, przeciąganie, ciągnięcie rur i ciągnięcie drutów z punktu widzenia stosowanych smarów. Poszczególne typy smarów używane do odnośnych procesów przeróbki plastycznej.

71* A3 621.97.07 B5—5.52

COOK M., RICHARDS L. T. **Podstawowe zagadnienia obróbki metali na zimno.** „Fundamental aspects of the cold working of metals.“ J. Inst. Metals, t. 78, nr 5, stycz. 51, s. 463; A5, 22 str., 3 fot., 2 mikrogr. poz. bibl. — Przebieg odkształcenia plastycznego z punktu widzenia elektronowej teorii metali i metalicznych sił kohezji. Wpływ odkształcenia plastycznego na strukturę materiału ze specjalnym uwzględnieniem kierunków odkształcenia kryształów. Związek między plastycznością materiału i utwardzaniem przez zgniot, a zmianami strukturalnymi przy obróbce na zimno.

72* A3:A4b 621.97.07:620.1 B5—5.52

ANDREW J. H., LEE H., CHANG P. L., FANG B., GUENOT R. **Wpływ obróbki na zimno na własności stali po zgniocie.** „The effect of cold-work on steel. Section I—Effect of carbon on the work-hardening properties of steel.“ J. Iron Steel Inst., t. 165, nr 2, czerw. 50, s. 145; A4, 23 str., 1 rys., 49 wykr., 1 tabl., poz. bibl. — Wykonano pomiary twardości dylatometryczne i termomagnetyczne na stalach nisko i wysokowęglowych ciągnionych na zimno. Omówiono występującą różnicę w utwardzeniu się po zgniocie stali wysoko i niskowęglowych oraz podwyższenie się twardości stali wysokowęglowej po zgnioście na skutek odpuszczenia przy 300°C. Badano zależności między cieplnym wydłużeniem (150 do 450°C) i przewężeniem próbki przy różnych strukturach i różnych zawartościach węgla w stali. Gęstość stali maleje po obróbce na zimno i pozostaje w pewnym związku z ob-

róbką cieplną. Zbadano położenie punktu Curie cementytu dla różnych stopni zgniotu. Rentgenowskie badania zmian strukturalnych wewnątrz stali po obróbce na zimno.

73* A3:A4b 621.97.07:620.1 B5—5.52

ANDREW G. H., LEE H., CHANG P. L., GUENOT R. **Wpływ obróbki na zimno na własności stali. Część II — Wpływ obróbki na zimno na odporność elektryczną stali.** „The effect of cold-work on steel. Section II—Effect of cold-work upon electrical resistivity in steel.“ J. Iron Steel Inst., t. 165, nr 2, czerw. 50, s. 145; A4, 18 str., 6 rys., 24 wykr., poz. bibl. — Badano odporność elektryczną drutów stalowych nisko i wysokowęglowych poddanych obróbce plastycznej na zimno, przy czym stwierdzono różnice w odporności przy różnych temperaturach zależnie od zawartości węgla, obróbki cieplnej (odpuszczania) i rozkładu cementytu.

74* A3a 621.944 B5—5.52

FORD H. **Wpływ szybkości walcowania na przebieg walcowania na zimno.** „The effect of speed of rolling in the cold-rolling process.“ J. Iron Steel Inst., t. 156, lip. 47, s. 380; A4, 19 str., 1 rys., 13 wykr., 8 tabl., poz. bibl. — Wyniki badania wpływu szybkości walcowania na wymaganą siłę nacisku walców przy walcowaniu na zimno stali niskowęglowych oraz miedzi z szybkościami walcowania dochodzącymi do 100 m/min. Stwierdzono zależność siły nacisku walców od szybkości walcowania przy przepuszczeniu drugim i następnym po pierwszym utwardzeniu materiału przez zgniot.

75* A3a 621.944 B5—5.52

FORD H., ELLIS F., BLAND D. R. **Walcowanie na zimno taśm z rozciąganiem.** „Cold rolling with strip tension.“ J. Iron Steel Inst., t. 168, nr 1, maj 51, s. 57; A4, 16 str., 2 rys., 42 wykr., 1 tabl., poz. bibl. — Uproszczenie ogólnej teorii walcowania Orowana, pozwalające na szybkie obliczenie momentu skręcającego i siły walcowania w oparciu o umowną granicę płynności. Współczynnik przewężenia i rozmiary wykrojów. Siłę walcowania i moment skręcający przedstawiono w obliczeniach w postaci graficznej. Porównano nową metodę obliczeń z teoriami Orowana, Hilla, Siebela, Czelikowa i Nadai.

76* A3a 621.771:621.944 B5—5.52

HESSENBERG W. C. F., SIMS R. B. **Wpływ naprężeń na moment skręcający i siłę walcowania przy walcowaniu na zimno taśm stalowych.** „The effect of tension on torque and roll force in cold strip rolling.“ J. Iron Steel Inst., t. 168, nr 2, czerw. 51, s. 155; A4, 9 str., 11 wykr., 4 tabl., poz. bibl. — Badania na walcarce doświadczalnej nad zależnościami między naprężeniami wzdłuż taśmy walcowanej i naprężeniami bocznymi a siłą walcowania i momentem skręcającym. Podano teorię i metodę obliczania siły walcowania i momentu skręcającego przy naciąganiu taśmy.

77* A3a:C4i 680.173:539.374:621.944 B5—5.52

POLAKOWSKI H. H. **Próba ściskania w odniesieniu do walcowania na zimno.** „The compression test in relation to cold rolling.“ J. Iron Steel Inst., t. 163, nr 3, list. 49, s. 250; A4, 29 str., 4 fot., 10 rys., 33 wykr., 4 tabl., poz. bibl. — Próby i badania nad odkształceniami (w granicach 83 do 91%) wywołanymi ściskaniem próbek metalowych. Krzywe ściskania w funkcji obciążenia. Nowa metoda wykonywania prób ściskania. Badania nad granicą płynności i przewęże-

A — TECHNOLOGIA METALI c. d.

niami powstałymi przy walcowaniu. Zastosowanie uzyskanych wyników i wniosków do przebiegu i zjawisk występujących w czasie walcowania na zimno. Objasnienie zjawisk walcowania w oparciu o uzyskane wnioski.

78* A3a 621.771 B5—5.52

RANKINE J., BAILEY W. H., STANTON F. P. **Oporowy czujnik do mierzenia naprężeń, siły walcowania, momentu skręcającego i siły rozciągającej w taśmie.** „Resistance strain gauges for the measurement of roll force, torque and strip tension“. *J. Iron Steel Inst.*, t. 10, nr 4, grudz. 48, s. 381; A4, 7 str., 3 fot., 8 rys., 3 wyk., 3 tabl., poz. bibl. — Opis czujnika zainstalowanego przy walcówce doświadczalnej Uniwersytetu w Sheffield mierzącego siłę walcowania, moment skręcający i siłę rozciągającą w taśmie przy walcowaniu na zimno. Przyrząd pracuje na prądzie stałym 100 V i może być zasilany z baterii. Do pomiaru bardzo małych naprężeń zaopatrzone jest w urządzenie elektronowe. Zmiany sił i naprężeń mogą być utrwalone fotograficznie.

79* A3a 621.944 B5—5.52

TATE A. E. L. **Walcowanie i własności mechaniczne blach ze stopów magnezu zawierających 0–9,5% aluminium.** „Rolling and mechanical properties of magnesium alloy sheet containing 0–9,5% aluminium“. *J. Inst. Metals*, t. 78, nr 1, wrzes. 50, s. 71; A5, 26 str., 5 fot., 30 wyk., 7 tabl., 12 mikrogr., poz. bibl. — Walcowanie blach na gorąco (wstępnie) i wykańczające na zimno z wlewków ze stopów Mg-Al 0 do 9,5%. Odpowiedni proces produkcyjny pozwalający uniknąć powstawania pęknięć przy walcowaniu. Własności mechaniczne blach walcowanych różnymi sposobami i różnie obrobionych cieplnie.

80* A3a 21.944:621.771 B5—5.52

THOMAS W. J., FOWLER W. A. **Zagadnienia techniczne wpływające na ekonomię produkcyjną przy walcowaniu aluminium.** „Some technical problems influencing production economy in the rolling of aluminium“. *J. Inst. Metals*, t. 75, nr 12, sierp. 49, s. 921; A5, 28 str., 2 tabl. — Omówienie zagadnień technologicznych, związanych z walcowaniem aluminium, z punktu widzenia ekonomii produkcji. Praca obejmuje cały cykl produkcyjny, począwszy od odlewu stopów aluminiowych, aż do końcowego walcowania na zimno. Szerzej omówiono zagadnienie smarów do walcowania na zimno oraz obróbkę cieplną blach.

81* A3a 621.944 B5—5.52

WINTON D. A. **Analiza kilku szeregów wykrojów do walcowania przekrojów okrągłych.** „An analysis of some roll-pass designs for round sections“. *J. Iron Steel Inst.*, t. 167, nr 1, stycz. 51, s. 31; A4, 18 str., 7 rys., 7 wyk., 8 tabl., poz. bibl. — Schematy wykrojów do walcowania przekrojów okrągłych. Wybór wykrojów owalno-prostokątnych i rombów, jako wymagających najmniejszej liczby przepustów. Analiza zależności między powierzchnią wykroju, liczbą przepustów a powierzchnią materiału wyjściowego. Konstrukcja wykroju pierwszego i wykańczającego dla średnic do 5 cali. Szczegóły walców i maszyn walcowniczych.

82* A3b 621.73:621.97:621.77 B5—5.52

Walcowanie i kute wyroby kołowe. „Rolled and forged circular products“. *Steel Process*, t. 36, nr 2, luty 50, s. 84; A4, 3 str., 5 fot., 1 rys. — Walcowanie i kucie wyrobów o kształcie kołowym o różnych zastosowaniach (koła, tłoki parowozów, wirniki turbin, pierścienie itp.). Przykład walcowania i kucia kół do wagonetek. Obróbka cieplna wyrobów.

83* A3b 621.97 B5—5.52

Wydaźność przy produkcji lekkich odkuwek. „The Cornell Forge Company efficiency in light forgings pro-

duction“. *Steel Process*, t. 36, nr 10, paźdz. 50, s. 499; A4, 5 str., 10 fot. — Opis kuźniczych zakładów Cornella. Oddziały kuźni: obróbki cieplnej, wykończenia i kontroli technicznej. Wyroby, narzędzia, urządzenia. Praca poszczególnych oddziałów.

84* A3b 621.97 B5—5.52

DICKINSON T. A. **Sprawne kucie kluczy maszynowych.** „Efficient wrench forging“. *Steel Process*, t. 36, nr 6, czerw. 50, s. 285; A4, 2 str., 5 fot. — Omówienie procesów produkcyjnych stosowanych przez Plomb Tool Co i Thorsen Thool przy kuciu narzędzi ręcznych (kluczy). Kolejne operacje i metody. Porównanie metod obu wytwórni.

85* A3b 621.97 B5—5.52

FLINN A. V. **Uchwyty i podające maszyny w ciężkich kuźniach.** „Heavy forging manipulators“. *J. Iron Steel Inst.*, t. 164, nr 4, kwiec. 50, s. 463; A4, 12 str., 1 fot., 22 rys. — Opis i budowa maszyn podających w ciężkich kuźniach. Podział poszczególnych maszyn na typy: niski, średni i wysoki oraz o ciężarze manipulacyjnym od 6000 do 40 000 funtów. Poszczególne systemy napędów i szczegóły budowy. Przykład obliczania i konstrukcji maszyny 10 tonowej „typu wysokiego“.

86* A3b 621.73 B5—5.52

HARRISON R. E. W. **Rozwój techniczny w urządzeniach kuźniczych.** „Technical Progress in Forging Equipment“. *Steel Process*, t. 36, nr 4, kw. 50, s. 177; A4, 6 str., 11 fot., 1 tabl. — Udoskonalenia w budowie i konstrukcji młotów i prac kuźniczych na przestrzeni ostatniego stulecia (od roku 1843).

87* A3b 621.73:621.97 B5—5.52

LINNENBANK C. D. **Kucie łańcuchów kotwicznych.** „The forging of steel anchor chain“. *Steel Process*, t. 36, nr 8, sierp. 50, s. 392; A4, 6 str., 12 fot. — Stosowane procesy technologiczne i metody kucia różnych typów łańcuchów kotwicznych w różnych zakładach.

88* A3b 621.97 B5—5.52

Mc COMB J. C. **Obróbka materiału w przemyśle kuźniczym.** „Material handling in the forging industry“. *Steel Process*, t. 36, lip. 50, s. 329; A4, 10 str., 14 fot., 3 rys. — Ogólny zwięzły opis pracy, produkcji i urządzeń w kilku amerykańskich kuźniach.

89* A3b 621.97:621.785 B5—5.52

MUELLER J. **Przedłużenie czasu użyteczności matryc kuźniczych.** „Increasing drop forging die life“. *Steel Process*, t. 36, nr 12, grudz. 50, s. 616; A4, 3 str., 3 fot., 2 tabl. — Badania nad niszczeniem matryc kuźniczych. Wskazówki dotyczące właściwego obchodzenia się i właściwej obróbki cieplnej stosowanej do matryc.

90* A3b 621.975 B5—5.52

SANDERSON J. A., FRITH J. G. **Przegląd zastosowań i konstrukcji ciężkich pras kuźniczych.** „A review of the application and desing of heavy forging presses“. *J. Iron Steel Inst.*, t. 161, nr 3, marz. 49, s. 231; A4, 22 str., 13 fot., 7 rys., 2 tabl., poz. bibl. — Przegląd nowoczesnej praktyki kuźniczej dążącej do zwiększenia wymiarów wlewków. Przegląd i omówienie budowy ciężkich pras stosowanych współcześnie. Szczegóły konstrukcyjne pras. Budowy pomp oraz hydraulicznych i powietrznych akumulatorów. Przegląd pras produkcji wszystkich krajów i firm. Dyskusja: *J. Iron Steel Inst.*, t. 163, nr 1, 1949, wrzes. s. 81.

91* A3b 621.944 B5—5.52

WAINE A. H. **Kute walce stalowe. Przegląd ich zastosowania i fabrykacji.** „Forged steel rolls — a review of their application and manufacture“. *J. Iron Steel Inst.*, t. 165, nr 3, lip. 50, s. 279; A4, 12 str.,

A — TECHNOLOGIA METALI c. d.

- 18 fot., 2 rys., 11 wykr., 6 mikrogr. — Zastosowanie oraz zalety walców stalowych kutych i utwardzonych ze stali węglowej i stali stopowych. Metody produkcji i obróbki cieplnej walców. Badanie hartowności w odniesieniu do walców. Oznaczanie powierzchniowej twardości walców przy pomocy skleroskopu Shore'a. Walce wykańczające utwardzone na 103 „C” Shore'a. Pęknięcia i uszkodzenia walców spotykane w praktyce.
- 92* A3b:A3d 621.977 B5—5.52
MONTGOMERY W. E., LEICH W. **Narzędzia z węglików wolframu do spęczania stali — Część III.** „Tungsten carbide tooling for cold heading — Part III” *Steel Process*, t. 36, nr 3, marz. 50, s. 138; A4, 6 str., 9 rys., 5 tabl. — Pierwsza i druga część artykułu ukazała się w nr z sierpnia i październ. 1949 r. Część III omawia konstrukcję, wymiary i tolerancje matryczek do odcinania wykonanych całkowicie z węglików spiekanych lub z nakładanym pierścieniem; konstrukcje noży odcinających z nakładanymi płytkami; metody fabrykacyjne.
- 93* A3b:A6a 621.97:621.773 B5—5.52
HARWOOD C. N. **Normowanie czasów w obróbce matryce.** „Time standards for die sinking”. *Steel Process*, Część I, t. 36, nr 2, luty 50, s. 71; część II, t. 36, nr 3, marz. 50, s. 130; A4, 10 str., 3 fot., 3 rys., 6 wykr. — Teoretyczna analiza norm czasów obróbki matrycy w oparciu o doświadczalne dane warsztatowe. Sposoby zastosowania i posługiwania się normami doświadczalnymi przy pomocy wykresów. Przykłady zastosowań. Podane normy ważne są tylko dla danego warsztatu i w zmienionych warunkach wytwórczych muszą być dostosowane.
- 94* A3b:A3c:A5b 621.73:621.777:621.782 B5—5.52
BIERESZKOWSKI D. J. **Nagrzanie materiału przed kuciem i tłoczeniem.** „Nagriev mietalja pieried kowkoj i szlampowkoj”. Moskwa 1950, M a s z g i z; D, A5, 121 str., 7 fot., 13 rys., 11 wykr., 22 tabl., 3 makrogr., 11 mikrogr., poz. bibl. — Zwięzłe określenie przebiegu nagrzewania materiału w piecach płomiennych przed kuciem i tłoczeniem na gorąco. Ogólne zmiany następujące w stopach w czasie nagrzewania. Dane, tablice i wykresy służące do określania czasów nagrzewu, okresów kucia i ochładzania się odkuwek. Obszary temperaturowe kucia. Obsługiwanie pieców kuzniczych i przyrządy pomocnicze.
- 95* A3c 621.771:621.892 B5—5.52
BASTIAN L. H. **Jak wybrać smar do ciągnięcia drutu.** „How to choose wire drawing lubricants”. *Iron Age*, t. 165, nr 10, marz. 50, s. 9; A4, 6 str., 7 fot., 1 tabl. poz. bibl. — Wskazówki odnośnie wyboru smaru do ciągnięcia drutów ze stopów żelaza i metali nieżelaznych (Cu, Al, Mg i innych) w zależności od szybkości ciągnięcia typu ciągarek, ciągadeł i sposobu ciągnięcia. Wpływ smaru na jakość produktu.
- 96* A3c 621.778:539.373 B5—5.52
BROWN R. S. **Odształcenie plastyczne i histereza przy ciągnięciu drutu stalowego.** „Plastic strain and hysteresis in drawn steel wire”. *J. Iron Inst.*, t. 162, nr 2, czerw. 49, s. 189; A4, 13 str., 3 fot., 16 wykr., 1 tabl. 3 mikrogr., poz. bibl. — Omówienie badań własności mechanicznych drutu ciągniętego ze szczególnym uwzględnieniem wytrzymałości na naprężania dynamiczne. Zależności odształcenia od naprężenia przy działaniu sił dochodzących do 75% wytrzymałości na rozciąganie. Zachowanie się drutów (i lin) ciągniętych poddanych działaniu sił dynamicznych i zmiennych. Zachowanie się lin przy pracy na wielokrotnych wyciągach szybów kopalnianych. Wpływ temperatury w czasie ciągnięcia na jakość drutu oraz zachowanie się drutu obrobionego cieplnie poddanego działaniu złożonego zginania i sił dynamicznych.
- 97* A3c 621.96 B5—5.52
CHANG T. M. **Wykrywanie krązków metalowych.** „Shearing of Metal Blanks”. *J. Inst. Metals*, t. 78, nr 4, grudz. 50, s. 393; A5, 24 str., 4 fot., 5 rys., 14 wykr., 6 tabl., poz. bibl. — Wyniki badań nad wpływem luzów i kształtów narzędzi na przebieg wykrawania krązków ze stali zlewnej, żeliwa, mosiądzu, miedzi, cynku, aluminium i ołowiu, o grubościach dochodzących do 0,5 cala. Do prób użyto specjalnie skonstruowanego przyrządu.
- 98* A3c 621.776.001 B5—5.52
HILL R. **Obliczenie naprężeń przy przeciąganiu miseczek metalowych.** „Calculation of stresses in the ironing of metal cups”. *J. Iron Steel Inst.*, t. 161, nr 1, stycz. 49, s. 41; A4, 4 str., 1 rys., 3 wykr., poz. bibl. — Obliczenie powstających przy przeciąganiu miseczek metalowych oparte na teorii pola linii poślizgów i odkształceniach w obszarze plastyczności. Obliczono praktyczne wartości nacisku, dla różnych wartości redukcji ścianki między stemplem a pierścieniem różnych kątów pierścienia i uwzględniając zgniot i spowodowane nim utwardzenie.
- 99* A3c 621.776 : 539.374 B5—5.52
HILL R. **Teoretyczna analiza naprężeń i odkształceń przy przeciąganiu i wykrawaniu.** „A theoretical analysis of the stresses and strain in extrusion and piercing”. *J. Iron Steel Inst.*, t. 158, nr 2, luty 48, 177; A4, 8 str., 8 rys., 2 wykr., 1 tabl., poz. bibl. — Wyprowadzono wielkości siły na stemple, rozkład naprężeń i odkształcenia w materiale przeciąganym lub wykrawanym wychodząc z równania plastycznego płynięcia metalu Hencky i Geiringera. Wyznaczono ścinanie w granicach plastyczności oraz przesunięcia poszczególnych części metalu przy różnych przeformowaniach i różnych pierścieniach ciagowych.
- 100* A3c 621.776 B5—5.52
JEVONS., DUDLEY J. **Głębokie ciągnięcie i tłoczenie metali i stopów nieżelaznych.** „The deep drawing and pressing of non-ferrous metals and alloys”. *J. Inst. Metals*, t. 78, nr 5, stycz. 51, s. 563; A5, 62 str., 14 fot., 3 rys., 2 makrogr., poz. bibl. — Metody głębokiego tłoczenia i prasowania metali, prasy i przyrządy, narzędzia, smary oraz materiały stosowane do tłoczenia. Zarzecz międzyoperacyjne i unikanie rozrostu ziaren. Metody badania własności blach. Powstawanie i unikanie wad i skaz przy ciągnięciu, zachowanie się poszczególnych obrabialnych plastycznie metali nieżelaznych w czasie ciągnięcia i tłoczenia.
- 101* A3c 621.777 B5—5.52
LEBOUTEUX H. **Formowanie blach aluminiowych przez naciąganie na kształtownikach.** „La mise en forme des toles d'aluminium par étirage sur gabarit”. *Rev. alumin.*, t. 27, nr 164, marz. 50, s. 96; A4, 4 str., 5 fot., poz. bibl. — Opis amerykańskich maszyn Hufford Machine Works, służących do formowania blach aluminiowych dla konstrukcji lotniczych. Maszyny są sterowane hydraulicznie i przeciągają blachy z siłą dochodzącą do 200 ton, przy czym wymiary blach mogą wynosić 7,20 m × 1,80 m. Maszyny różnych typów i wielkości.
- 102* A3c 621.961 : 621.776 B5—5.52
Mc COMB J. C. **Nowy proces formowania.** „New forming process demonstrated”. *Steel Process*, t. 36, nr 2, luty 50, s. 80; A4, 4 str., 3 fot., 1 rys. — Omówienie zastosowań procesu Marform do wyrobu części tłoczonych. Przykłady tłoczenia wyrobów o przekroju okrągłym, prostokątnym i innych na maszynie Marform.
- 103* A3c 621.96 B5—5.52
Mc COMB J. C. **Głębokie tłoczenie części w zakładach Transue-Williams.** „Stamping deep drawn parts at Transue-Williams”. *Steel Process*, t. 36, nr 10, paźdz. 50, s. 491; A4, 8 str., 16 fot. — Opis wy-

A — TECHNOLOGIA METALI c. d.

działu tłoczni Transue and Williams Co. Metody produkcji, wyroby, poszczególne operacje. Oddział pras, obróbki cieplnej, trawienia, odbioru i kontroli oraz narzędziowni. Praca poszczególnych oddziałów.

104* A3c 621.778.001 B5—5.52

MAC LELLAN M. A. **Krytyczna rewizja teorii ciągnięcia drutu.** „A critical survey of wire drawing theory“. *J. Iron Steel Inst.*, t. 158, nr 3, marz. 48, s. 347, A4, 10 str., 1 rys., 4 wyk., 2 tabl., poz. bibl. — Teoria wielkości i rozkładu naprężeń i przebiegu odkształceń w drucie w czasie ciągnięcia. W pracy powyższej starano się uzupełnić pewne niezgodności między różnymi teoriami ciągnięcia oraz skonfrontować obliczenia teoretyczne z wynikami rzeczywistymi.

105* A3c 621.96:621.776 B5—5.52

SMIRNOW-ALIAJEW C. A., WAJTRAUB D. A. **Tłoczenie na zimno w budowie przyrządów.** „Chłodnaja szampowka w priborostrojenii“ Moskwa-Leningrad, 1950. *Maszhiz*, D, A4, 407 str., 14 fot., 306 rys., 16 wyk., 42 tabl., 2 makrogr., poz. bibl. — Część pierwszej książki obejmuje podstawowe zagadnienia teorii plastyczności i plastyczne własności materiałów oraz technologię tłoczenia na zimno — wykrawanie, cięcie gięcie, przeciąganie, tłoczenie, maszyny, przyrządy, narzędzia oraz konstrukcje narzędzi jedno i wielooperacyjnych, wreszcie automatyzację procesów tłoczenia. Przeformowania i metody ich obliczeń. W części drugiej podano przykłady i sposoby konstruowania części przeznaczonych do tłoczenia. Całość stanowi pełne omówienie zagadnień tłoczenia części w budowie przyrządów z wyzyskaniem najnowszych zdobyczy teorii plastyczności.

106* A3c 621.94:621.778 B5—5.52

WISTREICH J. G. **Pierścieniowe wycieranie się ciągadeł do drutu.** „Ringing in wire-drawing dies“. *J. Iron Steel Inst.*, t. 167, nr 2, luty 51, s. 163; A4, 3 str., 2 fot., 5 rys., poz. bibl. — Badania nad pierścieniowym wycieraniem się materiału ciągadeł w okolicy miejsca wchodzenia drutu do ciągadeł. Powody wycierania się materiału. Możliwości zmniejszenia powstających braków przez stosowanie silnego przeciwcigu.

107* A3c 621.946 B5—5.52

WITHERS R. M. J. **Profilometr do ciągadeł do drutu.** „A wire-drawing die profilometer“. *J. Iron Steel Inst.*, t. 164, nr 1, stycz. 50, s. 63; A4, 4 str., 4 fot., 4 rys., poz. bibl. — Opis profilometru służącego do mierzenia i zapisywania otworów ciągadeł do drutów w zakresie średnic 0,02 do 0,25 cala w najwęższym miejscu. Dokładność pomiaru wynosi 0,0001 cala. Udoskonalenia w budowie profilometru. Posługiwanie się aparatem.

108* A3c 621.776:621.96 B5—5.52

ZUBCOW M. **Technologia tłocznictwa.** „Technologie chłodnojj szampowki“. Moskwa-Leningrad, 1950, *Maszhiz*, D; A5, 463 str., 4 fot., 285 rys., 50 wyk., 47 tabl., 7 makrogr., 66 poz. bibl. — Książka przeznaczona dla studentów wyższych szkół technicznych oraz inżynierów i techników pracujących w tłocznictwie, obejmuje wszystkie dziedziny tłocznictwa na zimno i krótko omawia także tłoczenie na gorąco. Zamieszczono w niej szereg przykładów tłoczenia, rysunki, wytyczne konstruowania i metody obliczeń tłoczników,

pras i przyrządów oraz narzędzi stosowanych w tłocznictwie; przykłady i metody obliczenia przyformowań; przegląd metod wyoblania. Na wstępie książka zawiera krótkie wprowadzenie w teorię plastyczności, którą w dalszym ciągu posługuje się przy analizie przekształceń materiału.

109* A3c:A3b 621.96 B5—5.52

CHANG T. M., SWIFT H. W. **Cięcie prętów metalowych na nożycach.** „Shearing of metal bars“. *J. Inst Metals*, t. 78, nr 2, paźdz. 50, s. 119; A5, 30 str., 1 fot., 1 rys., 30 wyk., 4 tabl. poz. bibl. — Badania nad rozkładem naprężeń, płynięciem materiału i przebiegiem pęknięcia w czasie ścinania na specjalnym aparacie doświadczalnym prętów o grubości 13 mm wykonanych z różnych metali. Omówienie czynników wpływających na przebieg ścinania i na siłę ścinającą a także zależności między naprężeniem a odkształceniem materiału.

110* A3c:A3d 621.96 B5—5.52

KILBY J. A. **Nożyce do przecinania na gorąco wlewków i płyt.** „Hot bloom and slab shears“. *J. Iron Steel Inst.*, t. 167, nr 2, lut y51, s. 165; A4, 35 str., 21 fot., 40 rys., 2 tabl., poz. bibl. — Proces przekrawania wlewków i płyt. Opis i konstrukcja maszyn i ich wyposażenia, przeznaczonych do cięcia wlewków o wymiarach ponad 6 cali i płyt ponad 18 × 2 cale.

111* A3c:A3e:C8b6 621.97.07:621.892 B5—5.52

CAIRNS G. A. **Ulepszenia i składy chemiczne smarów do przeciągania.** „Evolution and analysis drawing lubricants“. *Steel Process*, t. 36, nr 3, marz. 50, s. 135; A4, 4 str., poz. bibl. — Rozwój i udoskonalenie smarów stosowanych przy przeciąganiu na zimno, poszczególne typy, składy chemiczne i metody stosowania. Smary oparte na mydle.

112* A3d 621.97:621.776 B5—5.52

BOWDEN P. J. **Zimne wyciskanie stali.** „Cold extrusion of steel“. *Steel Process*, t. 36, nr 5, maj 50, s. 227; A4, 7 str., 5 rys., 1 wyk., — Unowocześniona metoda (oparta na metodach niemieckich) tłoczenia wytryskowego stali. Szczegóły technologiczne. Przykłady tłoczenia. Materiały, dane liczbowe, przeformowania, narzędzia (matryce) i ich zużycie.

113* A3d 621.979 B5—5.52

BIAZEY C., BROAD L., GUMMER W. S., THOMPSON D. B. **Płynięcie metalu przy wyciskaniu rur.** „The flow of metals in tube extrusion“. *J. Inst. Metals*, t. 75, nr 4, grudz. 48, s. 163; A5, 24 str., 2 fot., 17 rys., 4 mikrogr., poz. bibl. — Badania nad płynięciem materiału przy wyciskaniu rur na prasach 600 i 1000 tonowych. Zbadano poszczególne czynniki wpływające na przebieg wyciskania.

114 A3e 621.778(083.7) B5—5.52

Norma rosyjska na drut ciągniony na zimno. „Russian standard for cold-drawn wire“. *Wire Ind.*, t. 16, nr 186, czerw. 49, s. 506; A4, 1 str., 3 tabl. — Wyciąg z normy sowieckiej GOST 2771—47 i GOST 3047—45 dla drutów ciągnionych na zimno. Średnice normalne i tolerancje.

115* A3e 621.946:621.923 B5—5.52

Polerowanie ciągadeł do drutu. „Die polishing“. *Wire Ind.*, t. 16, nr 186, czerw. 49, s. 487; A4, 1 str., 2 rys., poz. bibl. — Technika polerowania ciągadeł do drutu wykonanych ze spiekanych węglików wolframu.

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 przyjmując 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

PORADNIK TECHNICZNY „MECHANIK” — t. II, cz. IV, zeszyt 1, wydanie trzecie. Format A5, str. 80. PWT, Warszawa. Cena zł 9.—

Wydawnictwo stanowi kontynuację trzeciego wydania dzieła zbiorowego pn. „Poradnik Techniczny Mechanik” zapoczątkowanego i prowadzonego dotychczas przez Instytut Wydawniczy SIMP.

Zeszyt 1 zawiera początek części „Elementy maszyn” w opracowaniu *prof. dr inż. Wacława Moszyńskiego*. Na treść zeszytu zawierającego „Wiadomości Wstępne” składają się dwa rozdziały: A. Wytrzymałość zmęczeniowo-kształtowa metali stosowanych w budowie maszyn oraz B. Tolerancje i pasowania w budowie maszyn.

Mgr inż.-mech. Józef Łapiński — **METALIZACJA NATRYSKOWA** (instrukcja) część II — Format A5, str. 120, rys. 61, tablic 29. PWT, Warszawa 1951. Cena zł 18 —

Książka ta jest drugą częścią pracy pt. „Metalizacja natryskowa”. Omawia ona fizyko-mechaniczne właściwości warstwy natryskanej, różne metody przygotowania powierzchni do natrysku, sposoby wykonania samego natrysku, obróbkę mechaniczną warstw natryskanych oraz higienę pracy w warsztatach metalizacji natryskowej. Praca przeznaczona jest dla inżynierów i techników mechaników.

Książka ta uzyskała aprobatę MSZ pismem z dn. 15. X. 1951, znak VIII Podr. 5678151 w charakterze książki pomocniczej dla wszystkich wydziałów budowy maszyn technikum mechanicznego i książki dla bibliotek szkolnych techników mechanicznych, hutniczych, odlewniczych i komunikacyjnych.

Dr Stanisław Niebrój — **RAŻENIA ELEKTRYCZNE** — Format A5, str. 123, rys. 30. PWT, Katowice 1951. Cena zł 16.50.

Książka zawiera wyjaśnienie ogólnych zasad działania prądu elektrycznego i zmian fizyko-chemicznych oraz biologicznych wywołanych przepływem prądu elektrycznego przez organizm ludzki. Omawia zagadnienie śmierci pozornej porażonych oraz podaje patologie zmian w poszczególnych organach ciała ludzkiego wskutek rażenia elektrycznego. Opisuje metody ratowania porażonych, sposoby leczenia skutków rażenia elektrycznego oraz rozważa sposoby zapobiegania urazom elektrycznym.

Książka przeznaczona jest głównie dla lekarzy praktyków zatrudnionych w zakładach przemysłowych, lecz może być również pomocą przy szkoleniu tzw. ratowników, wybieranych spośród personelu technicznego.

Dr inż. Czesław Kamela — **GEODEZJA** cz. II — Format B5, str. 804, rys. 605. PWT, Warszawa 1951. Cena zł 61.—

Praca ujmuje całość zagadnień wchodzących w zakres geodezji praktycznej (w ramach 3-letniego studium inżynierskiego), pomijając naukowe problemy geodezji, posiadające mniejsze znaczenie praktyczne. Omawia ona podstawy przeprowadzania pomiarów i sporządzania planów niewielkich obszarów, jak również rozwija zagadnienia geodezyjne związane z pomiarami kraju i opracowaniem map dla obszarów, przy których musi być uwzględniona krzywizna powierzchni ziemi. Część druga obejmuje niwelację trygonometryczną, niwelację fizyczną, zdjęcia stolikowe, tyczenie tras, miernictwo górnicze, rachunek wyrównawczy i jego zastosowanie w miernictwie oraz triangulację niższych rzędów i fotogrametrię. Podręcznik przeznaczony jest do użytku inżynierów geodetów pracujących w zawodzie i inżynierów innych specjalności, którzy w swej praktyce przeprowadzają pomiary stosowane.

Inż.-met. Władysław Kuczewski — **METALURGIA ŻELAZA** t. I, część ogólna — Format B5, str. 184, rys. 97, tablic 17. PWT, Katowice 1951. Cena zł 30.—

Pierwszy tom (część ogólna) dzieła *prof. inż. Władysława Kuczewskiego*, stanowiący niejako wstęp do metalurgii żelaza, przeznaczony jest zarówno dla inżynierów oraz techników jak i dla studentów politechnik lub szkół inżynierskich, którzy pragną zapoznać się w sposób encyklopedyczny z podstawami tej dziedziny wiedzy technicznej. Drugi tom dzieła będzie poświęcony wyczerpującemu i szczegółowemu omówieniu procesu wielkopiecowego, trzeci zaś (ostatni) — procesów stalowniczych.

Inż. Stanisław Przeglasiński — **KATALOG STALI KONSTRUKCYJNYCH** — Format B5, str. 131, tablic 20. PWT, Katowice 1951. Cena zł 16.50.

Katalog niniejszy jest przeglądem gatunków stali konstrukcyjnych wytwarzanych przez krajowe hutnictwo i podaje ich znakowanie, skład chemiczny, własności wytrzymałościowe oraz wytyczne do obróbki cieplnej i kucia.

Prócz tego zawiera on ogólne wskazówki dotyczące odpowiedniego doboru i stosowania stali konstrukcyjnych do różnych celów, jak również zamawiania i odbioru stali.

Przeznaczony jest dla konstruktorów, odbiorców i użytkowników stali konstrukcyjnych.

Dr inż. Rafał Rucki — **ROZLUŻNIANIE I ZAGĘSZCZANIE GRUNTÓW SPOSOBAMI ZMECHANIZOWANYMI** — Format B5, str. 204, rys. 105, tablic 65. PWT, Warszawa 1951. Cena zł 61.—

Praca omawia procesy zachodzące przy rozluźnianiu i zagęszczaniu gruntów, opisuje maszyny używane do tego celu, ich typy i wydajność, podaje obliczenia trakcyjne oraz metodę hydrauliczną wykonywania robót ziemnych.

Książka jest przeznaczona dla inżynierów budowlanych i studiujących.

BUDOWA MASZYN. Poradnik Encyklopedyczny. Praca zbiorowa. — Projektowanie Zakładów Przemysłowych — Format A4, str. 534, rys. 478, tablic 288. PWT, Warszawa 1951. Cena zł 195.—

Poradnik Encyklopedyczny Budowy Maszyn — Projektowanie Zakładów Przemysłowych jest tłumaczeniem 14 tomu „Maszynostrojenia” z wydania Maszgis, 1946. Dzieło to oparte jest na bogatych doświadczeniach różnych instytutów naukowych i wieloletniej pracy inżynierów radzieckich.

Praca podaje podstawowe dane do projektowania zakładów przemysłowych z uwzględnieniem ich rozplanowania oraz budowy wydziałów produkcyjnych i pomocniczych.

Praca ta omawia sposoby projektowania wydziałów:

odlewni, obróbki plastycznej metali spawalniczych, obróbki cieplnej, obróbki mechanicznej i montażu, obróbki drewna, malarsko-lakierniczych, metalizacji natryskowej, narzędziowych, remontowych oraz laboratoriów.

Jednocześnie omawia projektowanie:

planu generalnego, gospodarki transportowej i magazynowej, gospodarki energetycznej, ogrzewania, wentylacji i oświetlenia oraz projektowania i wykonywania fundamentów.

Poszczególne rozdziały zawierają wiele rysunków, wykresów i tablic, w których znajdują się wszelkie dane potrzebne do projektowania poszczególnych wydziałów i oddziałów zakładów przemysłowych.

Praca przeznaczona jest dla magistrów i inżynierów mechaników.

MAŁY PORADNIK MECHANIKA. Nauki matematyczno-fizyczne i ogólnotechniczne. Praca zbiorowa. Format B6, str. 651 + XI, PWT, Warszawa 1951. Cena zł 58.—

Poradnik zawiera podstawowe wiadomości z matematyki, mechaniki ogólnej, wytrzymałości materiałów, elektrotechniki, chemii, materiałoznawstwa, rysunku technicznego, części maszyn i maszynoznawstwa oraz liczne tablice, wykresy i dane liczbowe.

Poradnik przeznaczony jest dla wysoko wykwalifikowanych rzemieślników, mistrzów i techników oraz może służyć jako książka pomocnicza do nauki dla uczniów średnich szkół technicznych kierunku mechanicznego. Książka ta może stanowić również cenną pomoc dla mistrzów i techników wszystkich specjalizacji.

Praca jest rozszerzonym drugim wydaniem książki pt. „Poradnik Rzemieślnika-Mechanika”.

Instytut Techniki Budowlanej — **INSTRUKCJA O STOSOWANIU CHLORKU WAPNIA I INNYCH ŚRODKÓW CHEMICZNYCH DO ZAPRAW I BETONÓW W BUDOWNICTWIE ŻYŁOWYM** — Format A5, str. 17. PWT, Warszawa 1951. Cena zł 0,90.

Nowe polskie normy z dziedziny mechaniki

W miesiącach październiku, listopadzie i grudniu 1951 r. zostały przez PKN wydane drukiem następujące normy:

C z ę ś c i m a s z y n

- PN/M — 82217 Wkręty z łbami walcowymi zaokrąglonymi z gwintem krótkim
 PN/M — 82219 Wkręty z łbami walcowymi soczewkowymi z gwintem krótkim
 M — 63600 Nagłowniaki blacharskie
 M — 64338 Rozłaczaki do rur pojedyncze
 M — 64339 Rozłaczaki do rur podwójne
 M — 82031 Podkładki sprężyste lekkie
 M — 82050 Śruby, nakrętki i wkręty. Klasyfikacja i oznaczenia
 M — 82182 Nakrętki ślepe
 M — 82293 Nakrętki płaskie sześciokątne o wysokości 0,8 d
 M — 82294 Nakrętki płaskie czworokątne o wysokości 0,8 d
 M — 86001 Czopy gwintowe i gniazda smarownic
 M — 86011 Zawory smarowe przykrywkowe tłoczone
 M — 86042 Zawór smarowy kulkowy
 M — 86043 Zawory smarowe kołnierzone z gwintem
 M — 86044 Zawory smarowe kołnierzone włączane
 M — 86013 Gniazda zaworów smarowych tłoczonych przykrywkowych i kulkowych
 M — 82181 Nakrętki kołpakowe
 M — 82281 Wkręty ze łbami walcowymi soczewkowymi zmniejszonymi

N a r z ę d z i a

- PN/N — 57140 Znaczniki stalowe. Litery wielkie. Komplety
 N — 57141 Znaczniki stalowe. Litery małe. Komplety
 N — 57142 Znaczniki stalowe. Cyfry arabskie. Komplety
 N — 57143 Znaczniki stalowe. Ułamki zwykłe. Komplety
 M — 58508 Noże Gleasona o długości 40 mm do nacinania kół zębatych stożkowych o zębach prostych
 M — 58509 Noże Gleasona o długości 75 mm do nacinania kół zębatych stożkowych o zębach prostych

- M — 58510 Noże Gleasona o długości 100 mm do nacinania kół zębatych stożkowych o zębach prostych
 M — 58511 Noże Gleasona o długości 125 mm do nacinania kół zębatych stożkowych o zębach prostych

H u t n i c t w o

- PN/H — 04208 Analiza żelazostopów. Żelazo molibden
 H — 88026 Stopy aluminium do przeróbki plastycznej. Klasyfikacja
 H — 92127 Stal węglowa walcowana. Blachy żelberkowe. Wymiary

P o m i a r y w a r s z t a t o w e

- PN/M — 53142 Głębokościomierze suwmiarkowe z zaciskiem, z zaczepem i z noniuszem 0,1 mm

P r z y r z ą d y i u c h w y t y

- PN/M — 60851 Stoły pochylne
 M — 61260 Wkręty dociskowe z czopem soczewkowym
 M — 61261 Wkręty dociskowe z czopem podtoczonym
 M — 61266 Śruby dociskowe z przetyczką stałą i czopem soczewkowym
 M — 61267 Śruby dociskowe z przetyczką stałą i czopem podtoczonym
 M — 61312 Korpusy wysokie
 M — 61269 Śruby dociskowe o czopie podtoczonym i przetyczką przesuwą
 M — 61278 Nakrętki dociskowe z przetyczką stałą
 M — 61279 Nakrętki dociskowe z przetyczką przesuwą
 M — 61311 Korpusy niskie
 M — 61313 Korpusy kwadratowe
 M — 61314 Korpusy podłużne
 M — 61315 Korpusy poprzeczne
 M — 61316 Korpusy stopniowe
 M — 61317 Słupki
 M — 61318 Wsporniki przyrządów podziałowych
 M — 60159 Tuleje redukcyjne ze stożka 7 : 24 na stożek Morsea z gniazdem zabierakowym prostokątnym
 M — 61209 Kołki oporowe z łbem naciętym
 M — 61268 Śruby dociskowe o czopie soczewkowym i przetyczką przesuwą
 M — 63701 Ryśniki słupkowe uniwersalne
 O b r a b i a r k i d o m e t a l i
 PN/M — 55081 Końcówki wrzecion frezarek,

Ogłoszenie

Departament Techniki Państwowej Komisji Planowania Gospodarczego zawiadamia, że „Dom Książki” zorganizował *wzorcownie nowości radzieckich*, które przyjmują zamówienia na dostawę wystawionych we wzorcownie naukowo-technicznych ksiązek radzieckich.

Wzorcownie otrzymują po 1 egzemplarzu nowości wydawnictw radzieckich z podaniem ilości, która nadeszła.

W określonych dniach pracy wzorcownicy, zainteresowani mogą nowości te przeglądać i zamawiać.

Wzorcownie przyjmują zamówienia tylko na taką ilość egzemplarzy jaką posiadają do rozprowadzenia.

Poniżej podajemy adresy oraz dni i godziny pracy czynnych obecnie wzorcownicy:

1. Bydgoszcz — ul. 1 maja 25

2. Gdańsk — ul. Miszewskiego 16

3. Gliwice — ul. Zwycięstwa 31a

4. Katowice — ul. Warszawska 21

5. Kielce — ul. Sienkiewicza 46

6. Kraków — ul. Rynek 41

7. Lublin — Krak. Przedmieście 10

8. Łódź — ul. Piotrkowska 133

9. Opole — ul. Ozimska 8

10. Poznań — Pl. Wolności 2

11. Szczecin — Al. Wojska Polskiego 44

12. Warszawa — ul. Nowy Świat 47

13. Wrocław — Rynek 50

poniedziałek, wtorek, środa, czwartek godz. od 8—13 i 15—18

czwartek, piątek, sobota, godz. 9—13

codziennie godz. 9—13 i 14—18

codziennie oprócz sobót, godzina 10—18

poniedziałek, wtorek, środa (cały dzień)

poniedziałek, wtorek, środa (cały dzień)

codziennie oprócz sobót, godzina 9—18

poniedziałek, wtorek, środa, godzina 9—18

codziennie, cały dzień

codziennie godz. 8—18

wtorki, czwartki, soboty godzina 9—16

wtorek, środa, czwartek, piątek (cały dzień)

codziennie, cały dzień

Z uwagi na to, że „Dom Książki” gwarantuje realizację zamówień złożonych i przyjętych przez wzorcownie, Departament Techniki uważa za celowe jak najszersze korzystanie z usług wzorcowni.

O utworzeniu dalszych wzorcowni, zainteresowani zostaną powiadomieni przez „Dom Książki”.