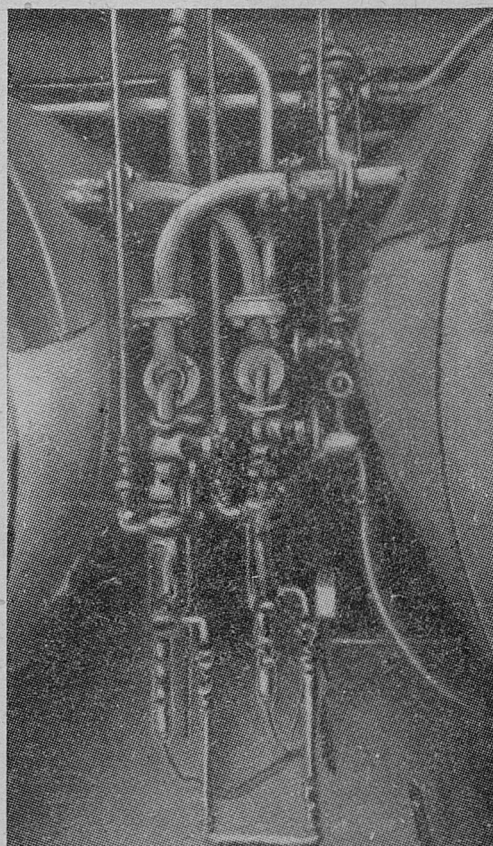


# PRZEGLĄD MECHANICZNY

MIESIĘCZNIK NAUKOWO-TECHNICZNY



Usuwanie kamienia kotłowego za pomocą ultradźwięków. Sposób zainstalowania dwóch vibratorów.

ROK XII

WRZESIEŃ 1953

ZESZYT 9

WYDAWNICTWO NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ

# SPIS TRESCI ZESZYTU 9/53

|                                                                                                                                              | Str. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <i>Nagrody Państwowe za rok 1953</i> . . . . .                                                                                               | 303  |
| ARTYKUŁY GŁÓWNE                                                                                                                              |      |
| <i>Prof. dr inż. Wacław Moszyński</i> — Nowa postać wykresu zmęczenia i jej zastosowania . . . . .                                           | 304  |
| <i>Inż.-mech. Michał Życzkowski</i> — Sprawność przegubów Kardana . . . . .                                                                  | 308  |
| <i>Prof. dr inż. Mieczysław Sasiadek</i> — Indykowanie silników szybkobieżnych metodami elektrycznymi . . . . .                              | 314  |
| <i>Mgr inż. Jerzy Chudziński</i> — Szkło jako materiał zastępczy do wyrobu sprawdzianów stałych . . . . .                                    | 317  |
| <i>Mgr inż. Marian Myronowicz</i> — Czasowe zabezpieczenie maszyn i narzędzi stalowych przed korozją . . . . .                               | 322  |
| Praca w procesach prasowania wypływowego metali — <i>Dr inż. Zygmunt Wusatowski</i> . . . . .                                                | 324  |
| <i>Prof. dr inż. Wacław Moszyński</i> — Obliczanie zmęczenia części maszynowych w ujęciu rachunku prawdopodobieństwa (dokończenie) . . . . . | 325  |
| Pamięci Profesora Czesława Witoszyńskiego — <i>Prof. Jerzy Bukowski</i> . . . . .                                                            | 331  |
| <i>Mgr inż. Edmund Zieleniewski</i> — Paleniska cyklonowe . . . . .                                                                          | 332  |
| PRZEGLĄD PRASY TECHNICZNEJ                                                                                                                   |      |
| Cyjanowanie gazowe w piecu komorowym o działaniu ciągłym — <i>K. R.</i> . . . . .                                                            | 333  |
| Obciążanie tarcz ściernych bez użycia diamentów — <i>W. L.</i> . . . . .                                                                     | 334  |
| Usuwanie kamienia kotłowego za pomocą ultradźwięków — <i>M. Ch.</i> . . . . .                                                                | 336  |
| BIBLIOGRAFIA . . . . .                                                                                                                       | 337  |

Do zeszytu załączony jest Przegląd Dokumentacyjny Mechaniki (str 4).

## W ZESZYCIE NASTĘPNYM

ukazą się m. in. następujące artykuły

Obrabiarki w Rosji i Związku Radzieckim  
Typizacja urządzeń do tłoczenia z blachy w ZSRR  
Rozwój budowy szlifierek w Związku Radzieckim  
Osiągnięcia przemysłu narzędziowego ZSRR  
Uwagi o konstrukcji hamulców szczękowych stosowanych w dźwignicach  
O dydaktyce przedmiotów konstrukcyjnych

## WARUNKI PRENUMERATY

### Prenumerata normalna

|                     |         |
|---------------------|---------|
| Kwartalna . . . . . | zł 27.— |
| półroczna . . . . . | „ 54.—  |
| roczna . . . . .    | „ 108.— |

Zgłoszenia przyjmują wyłącznie urzędy pocztowe oraz listonosze wiejscy i miejscy. Termin zgłoszenia prenumeraty upływa z dniem 10 każdego miesiąca poprzedzającego okres prenumeraty.

### Prenumerata ulgowa

(½ ceny prenum. norm.)

Z prenumeraty ulgowej mogą korzystać członkowie stowarzyszeń technicznych NOT, członkowie klubów racjonalizacji i techniki oraz studenci szkół wyższych. Zgłoszenia (tylko zbiorowe) przez oddziały wojewódzkie NOT oraz koła naukowe studentów przyjmuje PPK „Ruch” Warszawa, ul. Srebrna 12, Centralna Ekspedycja, po uprzednim wpłaceniu należności na konta PKO Nr I-14000/110.

NOT — Naczelna Organizacja Techniczna. 1953. Warszawa.

Nakład 5360 egz. Ark. wyd. 8 — druk 6.. Papier druk. sat. kl. V, 60 g, 86×122/16.

Oddano do składania 16.7.1953. Podp. do druku 5.9.53. Druk ukończono 12.9.53.

Drukarnia im. Rewolucji Październikowej, Warszawa, Mińska 65. Zam.797c/53. 4-B-18952



# PRZEGŁĄD MECHANICZNY

MIESIĘCZNIK NAUKOWO-TECHNICZNY  
STOWARZYSZENIA INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW MECHANIKÓW POLSKICH

REDAKCJA: WARSZAWA, CZACKIEGO 3/5, TEL. 674 61 w. 48

ADMINISTRACJA: WARSZAWA, MICKIEWICZA 18, TEL. 608-66

## Nagrody Państwowe za rok 1953

Prezydium Rządu na posiedzeniu w dniu 18 lipca 1953 r. na wniosek Komitetu Nagród Państwowych, dając wyraz szczególnej opieki państwa nad rozwojem nauki, postępu technicznego, literatury i sztuki, w trosce o wszechstronny rozwój kultury narodowej w Polsce Ludowej — postanowiło przyznać Nagrody Państwowe za osiągnięcia w dziedzinie nauki, postępu technicznego, literatury i sztuki za rok 1953. Z zakresu budowy maszyn, w dziedzinie postępu technicznego, przyznano następujące nagrody:

### Nagrody II stopnia:

1. Nagroda zespołowa: *Inż. Stanisław Pierzynka, inż. Józef Szibert, inż. Seweryn Dietze, inż. Alfred Janta, Jan Nowakowski* — piecowy, *Eugeniusz Kuczawski* — piecowy, *Walenty Jędryka* — piecowy, *Jan Kowalczyk* — przodownik zmianowy — za zaprojektowanie, wybudowanie, opracowanie procesów technologicznych i uruchomienie huty miedzi.

2. Nagroda zespołowa: *Inż. Stanisław Dyakowski, inż. Marian Cynk, Wincenty Strzeja* — technik metalurg., *mgr inż. Stanisław Czerwiński, inż. Marian Ziębiński, mgr inż. Edward Fink, inż. Ludwik Hala, mgr inż. Stefan Hudowicz, Karol Kot* — technik mechanik, *inż. Karol Michalski, mgr inż. Zdzisław Pieniżek, Leon Pietrzyk* — technik mechanik — za opracowanie projektu zakładu wielopieczowego w hucie „Kościszewo”.

3. Nagroda zespołowa: *Inż. Wincenty Musiałek, inż. Albin Brykański, inż. Adam Chruściński, inż. Kazimierz Maziarski, inż. Mieczysław Stankiewicz* — za opanowanie produkcji wysokokwalifikowanych wyrobów hutniczych.

4. Nagroda zespołowa: *Mgr Karol Akerman, inż. Zygmunt Syrczyński, inż. Zbigniew Stubiński* — za opracowanie technologii i uruchomienie w skali przemysłowej elektorafinacji miedzi.

5. Nagroda zespołowa: *Inż. Sergiusz Jastrebow, Walenty Szablewski, inż. Mieczysław Susicki, inż. Czesław Rotnicki* — za skonstruowanie i opracowanie produkcji trzech nowych typów obrabiarek, w tej liczbie wielowrzecionowej, wysokowydajnej wiertarki.

6. Nagroda zespołowa: *Inż. Marian Bedyński, mgr inż. Michał Rożnowski, inż. Stanisław Miodek, Michał Ciechwierz* — ślusarz, *Tadeusz Kujawski* — mechanik, *Aleksander Ciechoniak* — technik, *Czesław Jędrzejczak* — ślusarz — za opracowanie i wprowadzenie do przemysłu metody elektroerozyjnej obróbki foremek oraz drążenie otworów poniżej 1 mm.

### Nagrody III stopnia:

1. Nagroda zespołowa: *Dr Edward Zalesiński, mgr inż. Zygmunt Martynowski, mgr inż. Jerzy Adamiczka, mgr inż. Tadeusz Bitka, mgr inż. Eugeniusz Iwanow, Feliks Żagan* — technik mechanik — za opracowanie produkcji wysokokwalifikowanych wyrobów hutniczych.

2. Nagroda zespołowa: *Stanisław Kwiatkowski* — konstruktor, *inż. Bolestaw Barański, mgr inż. Andrzej Mystkowski, inż. Stanisław Muszyński, inż. Leon Blandzi, Rajmund Kralowski* — ślusarz — za opracowanie i wykonanie prototypu karuzelówek KCE.

4. Nagroda zespołowa: *Dr Ludwik Kozłowski, dr inż. Alojzy Farnik, inż. Walerian Koss, mgr inż. Kazimierz Pogórecki, mgr inż. Jerzy Siewierski, mgr inż. Hanna Żak* — za opracowanie produkcji magnesów trwałych.

6. Nagroda zespołowa: *Inż. Jan Matysiak, inż. Jan Sobieski, Czesław Miziołek* — frezer, *inż. Mieczysław Saniewski, inż. Paweł Schleifer, inż. Antoni Sidorowicz, prof dr inż. Witold Romer, inż. Tadeusz Wagnerowski, Stefan Górski* — juster mechanik, *Kazimierz Czyżewski* — szlifierz, *Zenon Łazarz* — technik, *Józef Przybył* — topiarz szkła, *Józef Stachewicz* — tokarz — za osiągnięcia przy uruchomieniu produkcji nowych asortymentów w dziedzinie optyki.

12. Nagroda zespołowa: *Inż. Tadeusz Malkiewicz, inż. Jerzy Ogórek, Paweł Kula* — mistrz dyspozytor stalowni — za opracowanie metody wytapiania stali nierdzewnych i żaroodpornych austenicznych metodą odzyskową.

17. Nagroda zespołowa: *Inż. Jan Goebel, Antoni Kublik* — technik mechanik, *inż. Stefan Krassowski, inż. Bernard Tulczyński, inż. Ryszard Pietrusiński, Józef Milczarek* — technik mechanik — za skonstruowanie i oddanie do produkcji nowych typów obrabiarek.

# Nowa postać wykresu zmęczenia i jej zastosowania

539.431:621-2

Prof. dr inż. WACŁAW MOSZYŃSKI

Pamięci prof. Czesława Witoszyńskiego,  
mego pierwszego poprzednika na Katedrze  
Części Maszyn Politechniki Warszawskiej,  
w pięćdziesiątą rocznicę Jego śmierci poświęcam.

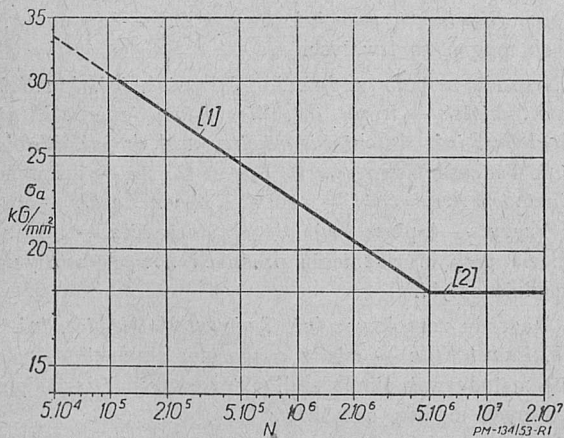
Wykresy zmęczenia Wöhlera pozwalają obliczać ograniczoną wytrzymałość zmęczeniową części maszynowych jedynie przy wahadłowych naprężeniach, są natomiast nieprzydatne przy innych stanach zmienności naprężeń. Inne wykresy zmęczenia, np. wykresy Haigha uwzględniają te inne stany zmienności naprężeń, lecz tylko przy nieograniczonej wytrzymałości zmęczeniowej. Można powiązać obydwa te wykresy tworząc wieloliniowy wykres Haigha-Wöhlera, lub krócej — wykres HW, pozwalający określać ograniczoną wytrzymałość części maszynowych przy dowolnych stanach zmienności naprężeń. Wszelkie dotychczas stosowane wykresy zmęczenia Wöhlera i Haigha określają przeciętną wytrzymałość materiału lub podają ogólne pola jej rozrzutu. Można zamiast nich podać wykresy obejmujące wiązkę linii, z których każda z pewnym prawdopodobieństwem odzwierciedla wytrzymałość zmęczeniową danego rodzaju materiału. Ujęty w ten sposób wykres HW posiada wielokrotną podziałkę  $N$  liczby okresów obciążeń. Pozwala on obliczać oczekiwaną liczbę tych okresów przy wszelkich dowolnych rozkładach obciążenia rozpatrywanej części maszynowej.

\*  
\* \* \*

1. Wykresy zmęczenia budowane są w dwóch zasadniczo różnych postaciach: jako wykres Wöhlera  $\sigma_a(N)$ , wiążący zmienność amplitudę naprężeń  $\sigma_a$  przy obciążeniach wahadłowych (przy zginaniu, rozciąganiu i ściskaniu lub skręcaniu) z liczbą  $N$  okresów obciążeń, jaką próbka może przejść do chwili pęknięcia, oraz jako wykresy zmęczenia przy nieograniczonej wytrzymałości zmęczeniowej, obejmujące rozmaite przypadki obciążeń, od wahadłowych do stałych, poprzez wahadłowe asymetryczne, czysto tętniące i słabo tętniące. Tę drugą postać stosuje się w wielu możliwych odmianach, wśród których najbardziej rozpowszechnione są dwie: wykres stojący, czyli wykres Smitha  $\sigma_{max}(\sigma_m)$ , wiążący najwyższe i najniższe wartości naprężeń  $\sigma_{max}$  i  $\sigma_{min}$  z naprężeniem średnim  $\sigma_m$ , oraz wykres leżący, czyli wykres Haigha  $\sigma_a(\sigma_m)$ , wiążący amplitudę naprężeń  $\sigma_a$  z naprężeniem średnim  $\sigma_m$ . Ta ostatnia odmiana, którą od nazwiska jej twórcy oznaczamy literą  $H$ , jest dla wielu przyczyn bardziej dogodna w zastosowaniach do obliczeń przy nieograniczonej wytrzymałości zmęczeniowej, niż którakolwiek z innych znanych odmian. W obecnym ich ujęciu żadna z tych odmian nie nadaje się do obliczeń przy ograniczonej wytrzymałości zmęczeniowej. Z drugiej strony wykres Wöhlera, który oznaczmy dla odróżnienia literą  $W$ , nadaje się doskonale do obliczeń przy ograniczonej wytrzymałości zmęczeniowej, ale tylko w przypadku obciążeń wahadłowych.

Istnieje możliwość powiązania tych dwóch postaci wykresów,  $H$  oraz  $W$ , i stwórczenia tym sposobem nowej ich postaci, którą nazwiemy wykresem Haigha-Wöhlera, lub krócej wykresem HW. Można byłoby wiązać to z robieniem również na gruncie wykresu Smitha, który możemy oznaczyć literą  $S$ , tworząc wykres Smitha-Wöhlera, czyli wykres SW, lub jeszcze inne. Ustępowałyby one jednak pod względem wygody obliczeń wykresowi HW i dlatego na nim się tu zatrzymamy.

Istnieje możliwość powiązania tych dwóch postaci wykresów,  $H$  oraz  $W$ , i stwórczenia tym sposobem nowej ich postaci, którą nazwiemy wykresem Haigha-Wöhlera, lub krócej wykresem HW. Można byłoby wiązać to z robieniem również na gruncie wykresu Smitha, który możemy oznaczyć literą  $S$ , tworząc wykres Smitha-Wöhlera, czyli wykres SW, lub jeszcze inne. Ustępowałyby one jednak pod względem wygody obliczeń wykresowi HW i dlatego na nim się tu zatrzymamy.



Rys. 1. Wykres W stali węglowej średnio twardej (035) przy rozciąganiu i ściskaniu.

2. Rys. 1 przedstawia wykres W przy wahadłowym rozciąganiu i ściskaniu węglowej stali maszynowej 035 narysowany w siatce logarytmicznej o dwóch odmiennych modułach:  $m_N =$

$= 25$  mm oraz  $m_\sigma = 125$  mm. Składa się on z dwóch odcinków prostych: pochylego — o równaniu

$$\sigma_a = 18 \cdot \left( \frac{5 \cdot 10^6}{N} \right)^{0,135} \text{ kg/mm}^2 \quad [1]$$

oraz poziomego — o równaniu:

$$\sigma_a = Z_{rc} = 18 \text{ kg/mm}^2. \quad [2]$$

Wykres ten podaje przeciętne wartości  $N$  oraz  $Z_{rc}$ .<sup>1)</sup>

Rys. 2 przedstawia wykres  $H$  tej samej stali w tym samym przypadku obciążenia, narysowany w siatce zwykłej o podziałkach  $\sigma_m = 0,8$  kg/mm<sup>2</sup> i  $\sigma_a = 0,4$  kg/mm<sup>2</sup>. Składa się on z dwóch linii prostych: łagodnie pochylej o równaniu

$$\sigma_a = Z_{rc} - \eta \sigma_m = 18 - 0,25 \sigma_m \text{ kg/mm}^2 \quad [3]$$

oraz stromej o równaniu

$$\sigma_a = Q_r - \sigma_m = 30 - \sigma_m \text{ kg/mm}^2. \quad [4]$$

Pierwsza tworzy właściwy wykres zmęczenia przy nieograniczonej wytrzymałości, tzn. przy  $N > 5 \cdot 10^6$ . Druga jest jego ograniczeniem

$$\sigma_{max} = \sigma_m + \sigma_a = Q_r = 30 \text{ kg/mm}^2, \quad [4]$$

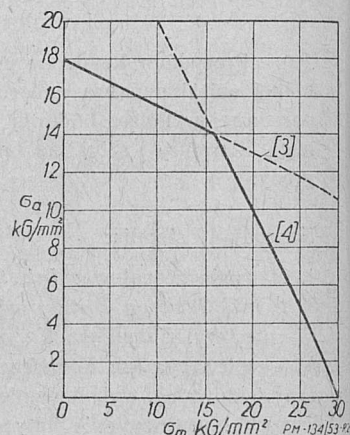
gdzie  $Q_r$  jest wytrzymałością plastyczną danego materiału.

Dla  $\sigma_m = 0$  mamy  $\sigma_a = Z_{rc} = 18$  kg/mm<sup>2</sup>, jak to wynika z rys. 1 dla  $N \geq 5 \cdot 10^6$ .

Przypuśćmy, iż  $N < 5 \cdot 10^6$ . Zależność [1] oraz rys. 1 pozwalają wyznaczyć  $\sigma_a$  dla różnych wartości  $N = 2 \cdot 10^6, 10^6, 5 \cdot 10^5, 2 \cdot 10^5, 10^5, 5 \cdot 10^4$  i odpowiednie punkty nanieść na osi rzędnych na rys. 3, który ma odtworzyć wykres HW  $\sigma_a(\sigma_m, N)$ . Przez punkty te muszą przejść łagodnie pochylone linie, uzupełniające linię [3] wykresu  $H$  z rys. 2. Jakkolwiek rzeczy te wymagają sprawdzenia doświadczalnego, wszystko przemawia za tym, iż linie te powinny tworzyć pęk prostych przechodzących przez punkt  $S$  o współrzędnych  $\sigma_a = 0$  i  $\sigma_m = \frac{Z_{rc}}{\eta} = \frac{18}{0,25} = 72$  kg/mm<sup>2</sup>, czyli przez punkt przecięcia linii [3] z osią odciętych.

Im wyższa bowiem jest wartość  $\sigma_a$  przy malejącym  $N$  i przy  $\sigma_m = 0$ , tym silniejszy musi być jej spadek przy rosnącym  $\sigma_m$ . Proste te możemy bezpośrednio zapatrzeć na rys. 3 w odpowiadające im liczby  $N$ . Nie stoi na przeszkodzie, aby podać na wykresie dalsze pośrednie linie pomocnicze, odpowiadające wartościom  $N = 4 \cdot 10^6, 3 \cdot 10^6$ , oraz  $1,5 \cdot 10^6$  itd., dla ułatwienia odczytów interpolacyjnych. Na rys. 3 linii tych nie dajemy, aby go nie zaciemniać.

Zarówno wykres z rys. 1, jak i wszystkie dalsze, podany jest przykładowo i nie odpowiada ściśle rzeczywistości. Z tego względu również i przykłady obliczeniowe mają znaczenie tylko teoretyczne.



Rys. 2. Wykres  $H$  stali węglowej średnio twardej (035) przy rozciąganiu i ściskaniu.





Tak ujęty wykres  $HW$  umożliwia wyznaczanie współczynników bezpieczeństwa zarówno przy nieograniczonej, jak i przy ograniczonej wytrzymałości. Załóżmy, iż w przekroju niebezpiecznym zachodzi rozciąganie i ściskanie  $\sigma_n = \sigma_n \pm \sigma_{na} = 10 \pm 6 \text{ kG/mm}^2$ . Wskaźnik  $n$  wyjaśnia, iż chodzi tu o wartości nominalne naprężeń. Załóżmy, iż rozpatrywany element maszynowy, mający postać cięgna wzdłużnie rozciąganego obciążeniem tętniącym, wykazuje w przekroju niebezpiecznym współczynnik spiętrzenia naprężeń  $\beta = 1.8$  oraz współczynniki wielkości przekroju  $\gamma = 1.5$  w odniesieniu do naprężeń zmiennych, oraz  $\gamma_Q = 1.2$  w odniesieniu do wytrzymałości plastycznej.

Powinniśmy więc zwiększyć  $\beta = 1.8$  razy amplitudy naprężeń nominalnych, zmniejszyć  $\gamma = 1.5$  razy amplitudy naprężeń dopuszczalnych  $\sigma_a$  przy danych  $\sigma_m$  i  $N$ , oraz zmniejszyć  $\gamma_Q = 1.2$  razy wytrzymałość plastyczną  $Q$ . Uzyskalibyśmy rzeczywiste współczynniki bezpieczeństwa

$$\delta = \frac{\sigma_a/\gamma}{\beta \cdot \sigma_{na}} = \frac{\sigma_a}{\beta \cdot \gamma \cdot \sigma_{na}}$$

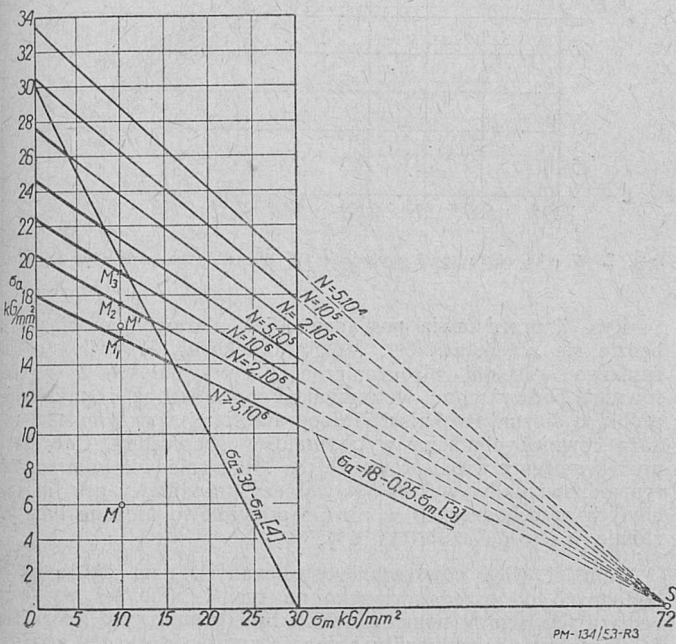
[5]

w odniesieniu do wytrzymałości zmęczeniowej, oraz

$$\delta_Q = \frac{Q/\gamma_Q}{\sigma_{nmax}} = \frac{Q}{\gamma_Q (\sigma_m + \sigma_{na})}$$

[6]

w odniesieniu do wytrzymałości plastycznej.



Rys. 3. Wykres  $WH$  stali węglowej średnio twardej przy rozciąganiu i ścisaniu.

Punkt  $M$  na rys. 3 odpowiada naprężeniom nominalnym  $\sigma_m$  i  $\sigma_{na}$ . Punkt  $M'$  odpowiada  $\beta \cdot \gamma = 1.8 \cdot 1.5 = 2.7$  razy zwiększoną amplitudę naprężenia  $\sigma_{na}$ , a więc  $\sigma'_a = 1.8 \cdot 1.5 \cdot 6 = 16.2 \text{ kG/mm}^2$ . Rzędna  $\sigma_m = 10 \text{ kG/mm}^2$  przecina pęk linii  $N$  w punktach  $M_1, M_2, M_3, \dots$  odpowiadających  $N_1 = 5 \cdot 10^6, N_2 = 2 \cdot 10^6, N_3 = 10^6, \dots$ , oraz amplitudom naprężeń  $\sigma_{a1} = 15.5, \sigma_{a2} = 17.5, \sigma_{a3} = 19.2, \dots \text{ kG/mm}^2$ . Stąd znajdujemy różne wartości współczynnika wynoszące

$$\delta_1 = \frac{\sigma_{a1}}{\sigma'_a} = \frac{15.5}{16.2} = 0.957, \quad \delta_2 = \frac{17.5}{16.2} = 1.08,$$
$$\delta_3 = \frac{19.2}{16.2} = 1.185,$$

..., oraz wnosimy, iż nie należy oczekiwać nieograniczonej wytrzymałości rozpatrywanego elementu. Sądząc z położenia punktu  $M'$  między liniami  $N = 5 \cdot 10^6$  i  $N = 2 \cdot 10^6$ , możemy wnioskować, iż element ten zdolny jest przetrzymać  $N \approx 3.5 \cdot 10^6$  okresów niezmiennych obciążeń. Jeżeli przewidywana liczba ich jest mniejsza i wynosi zaledwie  $2 \cdot 10^6$  lub nawet  $10^6$  okresów, współczynnik bezpieczeństwa zwiększa się w odniesieniu do tych zmniejszonych liczb  $N$  i osiąga wartości 1,08 i 1,185.

Zaznaczamy, iż wykres zbudowany jest dla średnich wartości  $Z_{rc}$  danej stali. Wiemy, iż wartości te mogą wypaść mniejsze i jako  $Z_{rcmin}$  należy przyjąć wartość co najmniej 1,1 razy zmniejszoną. Stąd wniosek, iż nie możemy być całkiem pewni, czy element zdolny będzie przejąć  $2 \cdot 10^6$  okresów obciążeń. Z całą pewnością będzie on mógł przejąć około  $10^6$  okresów obciążeń, ponieważ dla tej wartości  $\delta$  wypada wydatnie większe od 1,1.

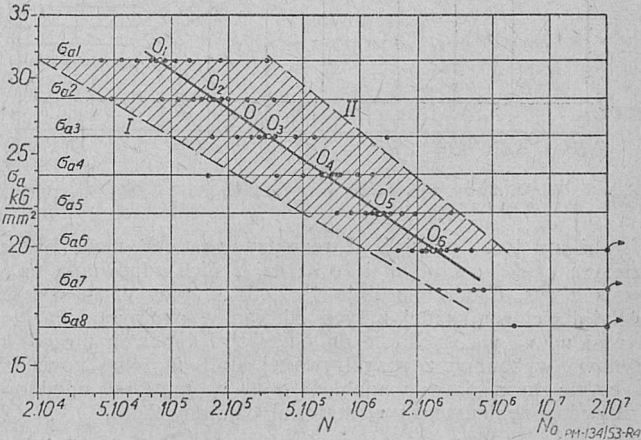
W stosunku do wytrzymałości plastycznej mielibyśmy znacznie wyższą wartość współczynnika bezpieczeństwa

$$\delta_Q = \frac{30}{1.2 (10 + 6)} = 1.56.$$

Odształceń trwałych poza obszarem spiętrzenia naprężeń nie mamy więc potrzeby obawiać się.

3. Wszystkie dotychczas omówione wykresy nie uwzględniały rozrzutów. Stojąc na gruncie jakiegoś określonego rodzaju stali, np. maszynowej stali węglowej 035, wyobraźmy sobie, iż badamy duży, kilkadziesiąt sztuk liczący zbiór próbek wykonanych z tej stali, pochodzącej z różnych wytopów i z różnych hut. Każda z próbek, badana przy stałej amplitudzie  $\sigma_n$  naprężenia wahadkowego, pęka po jakiejś liczbie  $N_{ij}$  okresów obciążeń. Wynikiem jednej próby o liczbie porządkowej  $ij$  jest punkt na wykresie  $W$  o współrzędnych  $(\sigma_{ai}, N_{ij})$ . Wszystkie próbki badane przy amplitudzie  $\sigma_{ai}$  dadzą szereg punktów leżących na wspólnej linii poziomej, wyznaczą one rozrzut  $N$ , liczby okresów obciążeń przy danej amplitudzie  $\sigma_{ai}$ . Powtarzając to dla wielu wartości amplitudy  $\sigma_{a1}, \sigma_{a2}, \sigma_{a3}, \dots$ , najlepiej tworzących prawidłowy postęp geometryczny, uzyskujemy szereg liniowych rozrzutów liczb  $N_1, N_2, N_3, \dots$ . Wzięte wszystkie razem wyznaczą one rozrzut punktów przedstawiony na rys. 4. Punkty zaopatrzone w strzałki skierowane w prawo oznaczają, iż próbę przy danej wartości  $N_{ij} > 10^7$  przerwano, przy czym próbka nie uległa zniszczeniu. Wielkość  $N_0 = 10^7$  przyjmujemy tu jako podstawę badań, licząc iż próbka, która przeniosła tę liczbę okresów obciążeń, zdolna jest przetrzymać nieograniczoną ich liczbę 2).

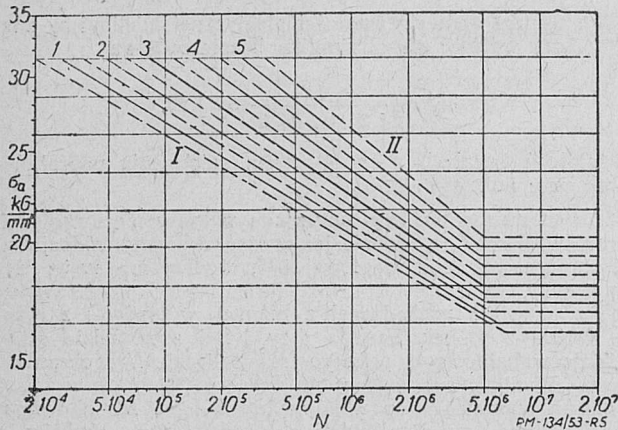
Przy dostatecznie dużej liczbie próbek możemy bez większej trudności wyznaczyć pełne pole rozrzutu ograniczone liniami  $I$  i  $II$  obejmującymi około 96% wszystkich punktów oraz pozostawiające po jednej i po drugiej jego stronie po około 2% wszystkich punktów zbioru. Wyznaczenie tych linii może być znacznie ułatwione, jeżeli w każdym rozrzucie liniowym wyznaczamy środkowe punkty  $O_1, O_2, O_3, \dots$ . Wg nich możemy wykreślić środkową linię  $O$ , możliwie ściśle przechodzącą przez te punkty. Można oczekiwać, iż linie graniczne  $I$  i  $II$  będą przebiegać podobnie do linii  $O$ , o ile punkty leżące na jednakowym poziomie będą leżeć jednakowo daleko od punktu środkowej linii  $O$  leżącego na tym samym poziomie. Pomijając na razie dolną część pola rozrzutu, gdzie większość próbek nie uległa pęknięciu, pozostały obszar rozrzutu, zakreskowany na rys. 4, możemy podzielić na  $k$  cząstkowych pasów, najlepiej o tej samej



Rys. 4. Rozrzut wartości  $N$  dla różnych wartości  $\sigma_a$  w przypadku rozciągania i ściskania stali 035.

2) Właściwość tę posiadają wszelkie stopy węglowe i stopowe, nie wykazują jej natomiast stopy lekkie. Toteż wykres  $Wöhlera$  dla stopów lekkich nie przechodzi w gałąź poziomą lecz łagodnie pochyla; nie można więc tu ustalić granicznej liczby  $N_0$ , której przekroczenie zapewniałoby nieograniczoną zmęczeniową wytrzymałość materiału.

poziomo mierzonej szerokości; w tym celu prowadzimy cienkie kreskowe linie działowe, pokazane na pochylej części wykresu przedstawionego na rys. 5, ściśle odpowiadającego wykresowi z rys. 4. Środkiem tych pasów prowadzimy cienkimi liniami ciągłymi ich linie środkowe. Najlepiej jest obrać  $k$  nieparzyste, i wówczas linia środkowa  $O$  jest jednocześnie linią środkową środkowego pasa.

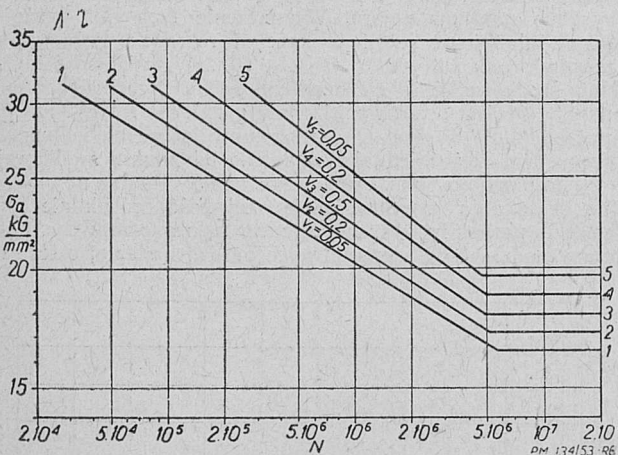


Rys. 5. Pasy cząstkowe oraz ich linie środkowe odpowiadające rozrzutowi z rys. 4.

Niech  $n_1, n_2, \dots, n_k$  będą liczbami punktów wykresu znajdujących się na obszarze poszczególnych pasów, oraz  $n = \sum n_i$  łączną liczbą punktów na wszystkich pasach. Stosunki  $v_1 = \frac{n_1}{n}$ ,

$v_2 = \frac{n_2}{n}, v_3 = \frac{n_3}{n}, \dots$  nazywamy względnymi ilościami punktów

znajdujących się w obrębie pasów 1, 2, 3, ...,  $\sum v_i = 1^3$ ). Myślowo skupiamy wszystkie punkty mieszczące się w obrębie jednego pasa na jego linii środkowej, uzyskując ostatecznie zamiast jednej pochylej linii wykresu z rys. 1 wieloliniowy wykres  $W$  przedstawiony na rys. 6.



Rys. 6. Wieloliniowy wykres  $W$  przy rozciąganiu i ściskaniu stali 035.

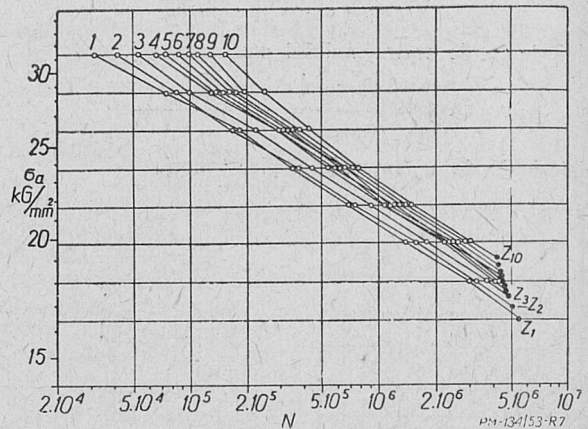
Możemy teraz przyjąć, iż rozpatrywana stal może być rozdzielna na kilka odmian i że każdej z nich odpowiada na wykresie z rys. 6 odrębna linia 1, 2, 3, ..., przy czym względny udział ilościowy każdej z tych odmian w ogólnym ich zbiorze wynosi  $v_1, v_2, v_3, \dots$ . Biorąc na chybił trafił dowolną część maszynową wykonaną z rozpatrywanej stali, możemy powiedzieć, iż będzie to z prawdopodobieństwem  $v_1$  materiał odmiany 1, z prawdopodobieństwem  $v_2$  materiał odmiany 2 itd.

Powyższe ujęcie sprawy wymaga uzasadnienia. Jeżeli badamy któryśkolwiek próbkę przy naprężeniu  $\sigma_a$ , uzyskujemy liczbę  $N_i$  okresów zmian obciążeń doprowadzającą ją do pęknięcia. Gdybyśmy zastoscwali obciążenie  $\sigma_{aj}$ , uzyskalibyśmy liczbę  $N_j$

3) Ściśle biorąc  $n$  powinno oznaczać łączną liczbę punktów na całym obszarze wykresu, wobec czego  $\sum v_i$  powinno wynosić nie 1, lecz  $\approx 0,96$ . Zwykle pomijamy tę drobną różnicę.

okresów obciążeń itd. Słowem jedna próbka w istocie rzeczy określa całą linię *Wöhlerowską*, mimo iż my, w wyniku niszczącego przebiegu próby, możemy wyznaczyć jeden tylko jej punkt. Gdybyśmy wykonali  $m$  identycznych próbek, a więc z dokładnością tego samego materiału, stosując ściśle te same sposoby obróbki, moglibyśmy, poddając je coraz niższemu naprężeniu  $\sigma_a$ , wyznaczyć ową linię pochylą, urywającą się w punkcie  $Z$  na najniższej wartości  $\sigma_a$  równej nieograniczonej wytrzymałości zmęczenia materiału próbek. Drobne odchylenia od zupełnie prawidłowego ułożenia się na wykresie uzyskanych tym sposobem punktów możemy zapisać na karb nieuniknionych błędów pomiarowych i drobnych różnic w materiale i obróbce poszczególnych próbek.

W tym ujęciu rzeczy możemy mówić nie o rozrzucie punktowym wykresu  $\sigma_a(N)$ , lecz o rozrzucie liniowym, dającym nam w ostatecznym wyniku wiązkę linii wykazujących rozrzut połączenia końcowych punktów  $Z$  oraz rozrzut pochylenia owych linii. Można przypuszczać, że ten ostatni rozrzut okaże się niewielki.



Rys. 7. Wiązka rozrzutowa wykresów  $W$  dla różnych wytopów tej samej stali.

Rys. 7 przedstawia poglądowo, jak niezawodnie wiązka ta będzie się przedstawiać<sup>4)</sup>. Można oczekiwać, iż próbki o stosunkowo wysokiej nieograniczonej wytrzymałości  $Z$  wykażą również podwyższoną wytrzymałość ograniczoną i przeciwnie, próbki o stosunkowo niskiej nieograniczonej wytrzymałości wykażą również obniżoną wytrzymałość ograniczoną. Cały zbiór próbek możemy więc sprowadzić do kilku załędnych odmian, którym odpowiadałby wykres  $W$  tworzący prawidłowy pęk linii pochylech przechodzących w równie prawidłowo ułożone linie poziome, jak to pokazuje rys. 6<sup>5)</sup>.

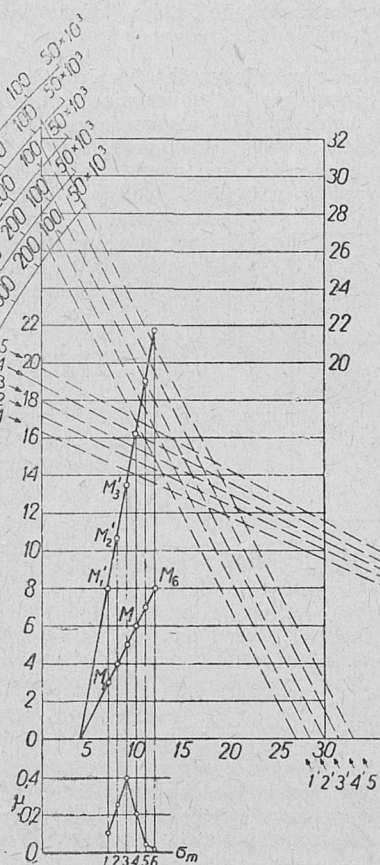
Zamiast więc powszechnie stosowanych dziś wykresów  $W$  podobnych do przedstawionego na rys. 1, albo też wykresów wskazujących przy pomocy dwóch linii granicznych (por. linie I i II na rys. 5) całkowity obszar rozrzutu, który dla przejrzystości zwykle zakreskujemy się, możemy zbudować na podstawie umyślnie przeprowadzonych badań — wykresy wieloliniowe, odpowiadające kilku zastępczym odmianom 1, 2, 3, ..., danego rodzaju stali, pokrywającym całe pole rozrzutu wartości  $N$  ( $\sigma_a$ ), przy jednoczesnym podaniu względnych częstości  $v_1, v_2, v_3, \dots$  występowania poszczególnych odmian. Częstości te równe są prawdopodobieństwom  $p_1, p_2, p_3, \dots$ , iż linie 1, 2, 3, ... z rys. 6 będą właściwymi wykresami  $W$  materiału dowolnego, na chybił trafił wziętego elementu maszynowego wykonanego z rozpatrywanego rodzaju stali.

4) Wyznaczanie położenia punktu  $Z$  wymaga ścisłego określenia nieograniczonej wytrzymałości zmęczenia  $Z$  danej grupy próbek na podstawie paru dodatkowych badań dokonanych przy amplitudzie naprężenia nieco niższej i nieco wyższej od wytrzymałości  $Z$ . Zbadawszy w ten sposób większą liczbę różnych wytopów tej samej stali, możemy niezależnie wyznaczyć rozrzut tej wytrzymałości dla danego rodzaju stali. Obszar  $Z_{min} \div Z_{max}$  zmienności możemy podzielić na  $k$  obszarów cząstkowych obejmujących te same względne ilości  $v_1, v_2, v_3, \dots$  rosnących wartości, jakie poprzednio znaleźliśmy dla pochylej części wykresu. Pozwoli to na rys. 5 przeprowadzić pasy poziome oraz ich linie środkowe, stanowiące przedłużenie odpowiednich linii pochylech, i w ten sposób wykończyć dolną część wykresu z rys. 6.

5) Sprawa ta powinna być zbadana laboratoryjnie. Należy w tym celu zbadać kilka jednakowo licznych serii próbek A, B, C, ..., wykonanych z tyłuż odmian tego samego rodzaju materiału, pochodzących z różnych wytopów i z różnych hut, przy czym próbki każdej z serii powinny być identycznie wykonane, najlepiej z jednego i tego samego pręta. Na wykresie należy łączyć punkty uzyskane na podstawie próbek należących do tej samej serii. Utworzy to wiązkę rozrzutową.



4. Zupełnie podobnie możemy postąpić z wykresem  $H$ , wyznaczając pochyłe linie 1, 2, 3, ... kilku możliwych odmian materiału, określonych przez wieloliniowy wykres  $W$  z rys. 6. Przenosząc znalezione tam wartości wytrzymałości zmęczeniowej  $Z_1, Z_2, Z_3, \dots$  na oś rzędnych wykresu  $H$  z rys. 2 i prowadząc przez nie proste przechodzące przez wspólny punkt  $S$  przecięcia ich z osią odciętych (por. rys. 3), uzyskujemy pęk łagodnie pochyłonych linii 1, 2, 3, ... pokazanych na rys. 8. Wytrzymałość plastyczna  $Q$  wykazuje również rozrzut, który możemy uwidocznić przy pomocy kilku linii  $1', 2', 3', \dots$  pokazanych na rys. 8. Liczba tych linii może być przyjęta ta sama, co linii 1, 2, 3, ... Można je nawet tak przeprowadzić, iż odpowiadałyby im te same częstości względne  $v'_1 = v_1, v'_2 = v_2, v'_3 = v_3, \dots$ , co liniom 1, 2, 3, ... Jest rzeczą wielce prawdopodobną, iż odmianom stali, którym odpowiadają wyższe wartości  $Z$ , odpowiadają również wyższe wartości  $Q$ ; nie może tu być jednak zależności ścisłej. Toteż nie można wiązać z góry linii 1 i  $1', 2$  i  $2', 3$  i  $3', \dots$  w jeden ograniczony wykres zmęczeniowy  $H^6$ . Z tego powodu rozróżniliśmy oznaczenia linii 1, 2, 3, ... oraz  $1', 2', 3', \dots$



Ujmijmy wyniki obliczeń w tabliczkę (obok):  
Widzimy, iż mianownik prawej strony zależności [8] wynosi  $\approx 0,13 \cdot 10^{-6}$ , czyli  $N_0 = 1/0,13 \cdot 10^{-6} = 7,7 \cdot 10^6$ . Nie wiedząc, na którą odmianę materiału trafimy, musimy przyjąć, iż średnio w danych warunkach obciążenia rozpatrywany element maszynowy przenieść może około 7,7 milionów okresów obciążeń.

Obliczenie powyższe oparliśmy na następujących liczbach  $N_{hi}$  odczytanych bezpośrednio na wykresie z rys. 8 (p. tabl. poniżej). W tabliczce tej pominęliśmy kolumny 1 ÷ 3, gdyż wszędzie mieliśmy w nich  $N = \infty$ .

Możemy obliczyć oczekiwane liczby okresów obciążeń  $N_i$ , jakie w danych warunkach obciążenia mogą przejść rozpatrywane elementy maszynowe, gdyby były wykonane z odmiany materiału 1, 2 3, ...

Mielibyśmy tu

$$N_i = 1 / \sum_{h=1}^n \frac{\mu_h}{N_{hi}}$$

[9]

| $h =$     |   | 4    | 5        | 6    |      |                    | 4                      | 5                      | 6                      |                                    |                      | $\sum_{h=1}^6 \frac{\mu_h}{N_{hi}}$ | $N_i$ |
|-----------|---|------|----------|------|------|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|-------|
| $\mu_h =$ |   | 0,2  | 0,04     | 0,01 |      |                    | $\frac{\mu_4}{N_{4i}}$ | $\frac{\mu_5}{N_{5i}}$ | $\frac{\mu_6}{N_{6i}}$ |                                    |                      |                                     |       |
| $i =$     | 1 | 0,05 | 1,7      | 0,5  | 0,15 | $N \times 10^{-6}$ | 11,8                   | 8,0                    | 6,7                    | $\frac{\mu_h}{N_{hi}} \times 10^8$ | $26,5 \cdot 10^{-8}$ | $3,8 \cdot 10^6$                    |       |
|           | 2 | 0,2  | 2,3      | 0,7  | 0,21 |                    | 8,7                    | 5,7                    | 4,8                    |                                    |                      | 5,2                                 |       |
|           | 3 | 0,5  | 3,3      | 1,0  | 0,30 |                    | 6,1                    | 4,0                    | 3,3                    |                                    |                      | 7,5                                 |       |
|           | 4 | 0,2  | $\infty$ | 1,4  | 0,50 |                    | 0                      | 2,9                    | 2,0                    |                                    |                      | 20,4                                |       |
|           | 5 | 0,05 | $\infty$ | 1,9  | 0,65 |                    | 0                      | 2,1                    | 1,5                    |                                    |                      | 28                                  |       |

| Punkty $M_h$ i $M'_h$ ; $h =$                                              |   |                | 1             | 2              | 3             | 4             | 5              | 6              |                                                   |   |     |   |      |
|----------------------------------------------------------------------------|---|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------------------------------------------|---|-----|---|------|
| Naprężenia: $\sigma_m$                                                     |   |                | 7             | 8              | 9             | 10            | 11             | 12             | kG/mm <sup>2</sup>                                |   |     |   |      |
| $\sigma_{na}$                                                              |   |                | 3             | 4              | 5             | 6             | 7              | 8              |                                                   |   |     |   |      |
| $\sigma_a = \beta \cdot \gamma \cdot \sigma_{na} = 2,7 \sigma_{na}$        |   |                | 8,1           | 10,8           | 13,5          | 16,2          | 18,9           | 21,6           |                                                   |   |     |   |      |
| Częstość względna                                                          |   |                | $\mu_1 = 0,1$ | $\mu_2 = 0,25$ | $\mu_3 = 0,4$ | $\mu_4 = 0,2$ | $\mu_5 = 0,04$ | $\mu_6 = 0,01$ |                                                   |   |     |   |      |
| Odmiana<br>$i =$                                                           | 1 | $\nu_1 = 0,05$ | 0             | 0              | 0             | 59            | 40             | 33             | $\frac{\mu_h \cdot \nu_i}{N_{hi}} \times 10^{10}$ |   |     |   |      |
|                                                                            | 2 | $\nu_2 = 0,2$  | 0             | 0              | 0             | 174           | 114            | 95             |                                                   |   |     |   |      |
|                                                                            | 3 | $\nu_3 = 0,5$  | 0             | 0              | 0             | 303           | 200            | 167            |                                                   |   |     |   |      |
|                                                                            | 4 | $\nu_4 = 0,2$  | 0             | 0              | 0             | 0             | 57             | 40             |                                                   |   |     |   |      |
|                                                                            | 5 | $\nu_5 = 0,05$ | 0             | 0              | 0             | 0             | 11             | 8              |                                                   |   |     |   |      |
| $\sum_{h=1}^6 \sum_{i=1}^5 \frac{\mu_h \cdot \nu_i}{N_{hi}} \cdot 10^{10}$ |   |                | 0             | +              | 0             | +             | 536            | +              | 422                                               | + | 343 | = | 1301 |

W ostatnich kolumnach tabliczki zamieszczamy wyniki obliczeń. Widzimy, iż oczekiwane liczby okresów obciążeń  $N_i$  wynoszą od 3,6 do 28 milionów.

Określanie współczynnika bezpieczeństwa względem wytrzymałości plastycznej w obliczeniach zmęzeniowych przy ograniczonej wytrzymałości właściwie jest zbędne, gdyż miejscowe odkształcenia trwale, jakie mogą zaistnieć w niewielkich obszarach spiętrzenia naprężeń, nie mogą mieć większego znaczenia. Gdybyśmy przyjęli najwyższe możliwe obciążenie, któremu odpowiada nominalne napężenie  $\sigma_n = 12 \pm 8$  kG/mm<sup>2</sup>, oraz najniższą możliwą wytrzymałość plastyczną  $Q_{min} = 27$  kG/mm<sup>2</sup>, znaleźlibyśmy zgodnie z [6] przy  $\gamma_Q = 1,2$

$$\delta_{Qmin} = \frac{27}{1,2 (12 + 8)} = 1,125.$$

a więc wielkość jeszcze wydatnie większą od jedności. Prawdopodobieństwo zajścia tego granicznego przypadku jest bardzo małe, wynosi ono  $p = \mu_6 \cdot \nu_1 = 0,01 \cdot 0,05 = 0,0005$ .

# Sprawność przegubów Kardana

621.825.6:531.41

Inż.-mech. MICHAŁ ZYCZKOWSKI

Przeguby Kardana należą do mechanizmów, przenoszących moment obrotowy z jednego wału na drugi, nachylony do niego pod kątem  $\gamma$ . Znajdują one zastosowanie przede wszystkim w obrabiarkach i samochodach; zwłaszcza w tych ostatnich, gdzie musimy przenieść moment obrotowy z silnika, połączonego sztywnie z ramą, na osie napędowe, połączone z ramą elastycznie poprzez resory, rozwiązanie, pozbawione przegubu, byłoby bardzo trudne.

Zajmijmy się sprawnością przegubu Kardana. Jest to ważne zagadnienie, gdyż sprawność tego mechanizmu wpływa bezpośrednio na całkowity współczynnik sprawności maszyny, w której dany przegub jest stosowany; musimy więc dokładnie zbadać, co może być przyczyną ewentualnego spadku sprawności.

Teoria, podana np. przez Łysowa („Kardannyje miechanizmy“) wskazuje na to, że sprawność przegubów Kardana jest stosunkowo wysoka (około 99% w najczęściej stosowanych warunkach), nie zależy od szybkości wałów, natomiast spada niemal liniowo ze wzrostem kąta nachylenia wałów  $\gamma$  — toteż przeguby Kardana nawet przy dużych prędkościach i kątach  $\gamma$  powinny jeszcze pracować z dużą sprawnością.

Doświadczenia tylko częściowo potwierdzają tę teorię; w pewnych wypadkach mianowicie wskazują one na spadek sprawności ze wzrostem liczby obrotów oraz szybszy, nieliniowy, spadek sprawności ze wzrostem kąta  $\gamma$ ; tak np. „Maszynostrojenie“ (t. XI., str. 80) stwierdza, że poczynszy od kąta  $\gamma = 7^\circ$  sprawność spada coraz silniej. Zadaniem pracy niniejszej jest właśnie wykazanie teoretyczne obserwowanego w praktyce nieliniowego spadku sprawności przegubów Kardana, podanie i zbadanie dokładnego wzoru, określającego tę sprawność i wyciągnięcie wniosków co do stosowania przegubów Kardana w praktyce.

## 1. Kinematyka przegubów Kardana

Aby obliczyć współczynnik sprawności przegubu Kardana, musimy się najpierw zapoznać z jego kinematyką. Przegub Kardana w najprostszym wykonaniu składa się z krzyżaka (krzyża Kardana) i dwóch par widełek: napędzających i napędzanych. Założymy, że wał napędzający obraca się ze stałą prędkością kątową  $\omega_1$  i będziemy badać ruch wału napędzanego.

Dla znalezienia podstawowej zależności między kątami:  $\alpha$  — obrotu wału napędzającego i  $\beta$  — kątem obrotu wału napędza-

nego korzysta się zazwyczaj z dość skomplikowanego rysunku perspektywicznego przegubu Kardana; prostszy sposób, mianowicie przedstawienia przegubu w trzech rzutach, podał L. N. Reszetow („Wiestnik Maszynostrojenja“, 1951/10, str. 19). Skorzystamy tu z tego sposobu, uzupełniając jednak ilość rzutów do pięciu, koniecznych do znalezienia potrzebnych nam kątów obrotu krzyżaka w łóżykach widełek.

Przegub Kardana rzutujemy tu na następujące płaszczyzny: I — przechodzącą przez oś wałów: napędzającego i napędzanego, II — prostopadłą do wału napędzającego, III — prostopadłą



do wału napędzanego, IV i V — prostopadłe do obu ramion krzyżaka.

Oznaczając przez  $R$  średni promień widełek, otrzymujemy z trójkąta  $A''B''O''$  (rzut II)

$$A''B'' = R \sin \alpha, \tag{1}$$

a z trójkąta  $A'''B'''O'''$  (rzut III)

$$A'''B''' = O'''B''' \operatorname{tg} \beta; \tag{2}$$

ale odcinki  $A''B''$  i  $A'''B'''$  są równe i równe rzeczywistej długości odcinka  $AB$  (równoległego do rzutni II i III), a

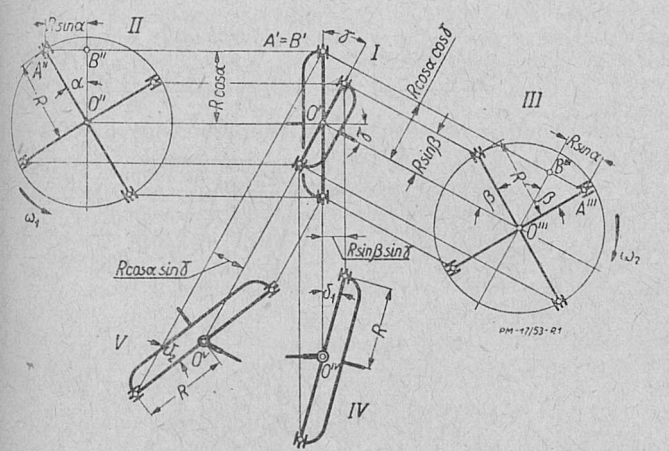
$$O'''B''' = R \cos \alpha \cos \gamma, \tag{3}$$

gdzie  $\gamma$  jest kątem nachylenia wałów. Wstawiamy teraz wzory [3] i [1] do [2]; szukaną zależnością między kątami obrotu wałów  $\alpha$  i  $\beta$  będzie ostatecznie

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = \cos \gamma, \tag{4}$$

albo w postaci jawnej

$$\beta = \operatorname{arcc} \operatorname{tg} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \gamma}. \tag{5}$$



Rys. 1. Przegub Kardana w rzutach.

Jest to podstawowa zależność, która posłuży nam do dalszych obliczeń. Różniczkując równanie [5] względem czasu i uwzględniając, że  $\alpha = \omega_1 \cdot t$ ,  $\gamma = \operatorname{const}$ , otrzymujemy wyrażenie na prędkość kątową wału napędzanego

$$\frac{d\beta}{dt} = \omega_2 = \frac{\cos \gamma}{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha} \omega_1. \tag{6}$$

Jak widzimy, prędkość ta nie jest wartością stałą, lecz poprzez kąt  $\alpha$  zależy od czasu  $t$ . Aby znaleźć jej wartości ekstremalne, obliczymy przyspieszenie  $\varepsilon_2$  wału pędzonego i przyrównamy je do zera:

$$\varepsilon_2 = \frac{d\omega_2}{dt} = \frac{-\sin 2\alpha}{(1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha)^2} \cdot \sin^2 \gamma \cos \gamma \cdot \omega_1^2. \tag{7}$$

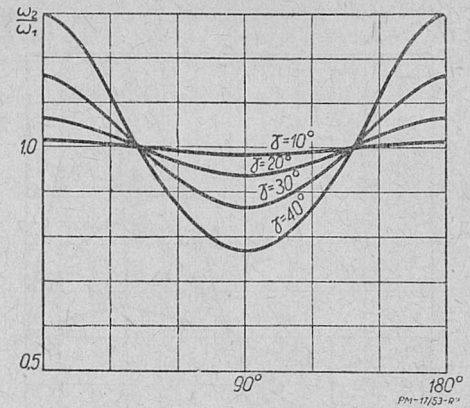
Przyspieszenie  $\varepsilon_2$  jest więc równe zero, gdy  $\sin 2\alpha = 0$ , czyli  $\alpha = n \cdot \frac{\pi}{2}$ ,  $n = 0, 1, 2 \dots$ . Dla  $n$  nieparzystych  $\cos^2 n \frac{\pi}{2} = 0$  i  $\omega_2$  przyjmuje wartość minimalną:

$$\omega_{2min} = \omega_1 \cos \gamma. \tag{8}$$

Dla  $n$  parzystych natomiast  $\cos^2 n \frac{\pi}{2} = 1$  i mamy maksimum:

$$\omega_{2max} = \frac{\omega_1}{\cos \gamma}. \tag{9}$$

Funkcja  $\omega_2 = f(\alpha)$  względnie  $\omega_2 = f(t)$  jest więc funkcją okresową, oscylującą między swymi wartościami ekstremalnymi, określonymi przez wzory [8] i [9]. Jeżeli kąt  $\gamma$  jest mały,  $\cos \gamma$  odbiega nieznacznie od jedności i amplituda oscylacji jest bardzo mała: tak np. dla  $\gamma = 5^\circ$ ,  $\Delta\omega_2 = 0,76\% \omega_1$ . Ze wzrostem kąta  $\gamma$  nierównomierność prędkości  $\omega_2$  rośnie jednak szybko; dlatego też często stosuje się podwójne przeguby Kardana, czyli dwa



Rys. 2. Prędkość wału pędzonego w połedynczym, wału pośredniczącego w podwójnym przegubie Kardana.

przeguby, połączone szeregowo, o tym samym co do bezwzględnej wartości kącie  $\gamma$ . Wtedy tylko wał pośredniczący obraca się ze zmienną prędkością kątową, natomiast można wykazać, że wał napędzany ma prędkość kątową stałą i równą prędkości kątowej wału pędzącego (przegub synchroniczny, homokinetyczny). Stosując taki układ możemy przenieść moment obrotowy z jednego wału na drugi doń równoległy, lub nachylony pod kątem  $2\gamma$ .

Zbadamy teraz jeszcze przyspieszenie  $\varepsilon_2$  — czyli przyspieszenie wału napędzanego w wypadku pojedynczego przegubu Kardana, lub wału pośredniczącego w wypadku przegubu podwójnego. Z wzoru [7] widzimy, że jest ono okresową funkcją kąta  $\alpha$ , względnie czasu  $t$ . Aby znaleźć ekstremalne wartości przyspieszenia, należy przyrównać do zera pochodną  $\frac{d\varepsilon_2}{d\alpha}$  i obliczyć stąd najpierw wartości kątów  $\alpha_m$ , przy których te ekstrema występują. Wzory ściśle są tu długie i dość skomplikowane, dlatego też posłużymy się tylko rozwinięciami ich na szeregi potęgowe (Maclaurina). Otrzymujemy

$$\sin^2 \alpha_m = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \sin^2 \gamma - \frac{1}{4} \sin^4 \gamma + \frac{1}{8} \sin^6 \gamma + \dots \tag{10}$$

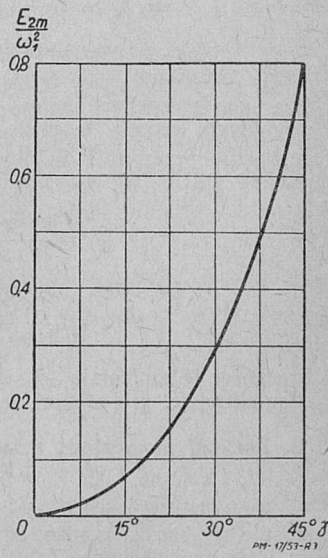
a po wyrażeniu stąd  $\cos^2 \alpha_m$  i  $\sin 2\alpha_m$  też w postaci szeregu, wstawieniu do wzoru [7] i wykonaniu działań na szeregach, ekstremalne wartości przyspieszenia  $\varepsilon_2$  przedstawimy wzorem

$$\varepsilon_{2m} = \pm \omega_1^2 \sin^2 \gamma \left( 1 + \frac{1}{2} \sin^2 \gamma + \frac{5}{8} \sin^4 \gamma + \frac{11}{16} \sin^6 \gamma + \dots \right) \tag{11}$$

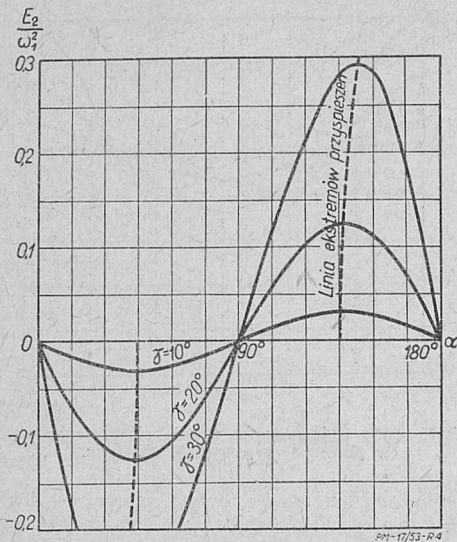
Szereg ten jest szybko zbieżny i zazwyczaj uwzględnienie dwóch jego wyrazów daje już wystarczające przybliżenie.

Na rysunku 3 został przedstawiony wykres funkcji  $\varepsilon_{2m} = f(\alpha)$ , określonej wzorem [11]. Znajomość największego przyspieszenia wału pośredniczącego (napędzanego) jest ważna, bowiem z jednej strony jest miarą nierównomierności ruchu, z drugiej strony pozwala obliczyć moment (*d'Alemberta*), jaki musi być przyłożony, by wał mógł to przyspieszenie osiągnąć.

Dla zorientowania się w rzędzie wielkości występujących w praktyce, założmy  $n = 3000$  obr/min,  $\gamma = 10^\circ$ ; wtedy  $\omega_1 = 314 \text{ sek}^{-1}$ ,  $|\varepsilon_{2m}| = 314^2 \cdot 0,0303 = 2990 \text{ sek}^{-2}$  — mamy więc do czynienia z dużymi przyspieszeniami. Jeżeli założymy przy tych samych obrotach  $\gamma = 30^\circ$ ,  $|\varepsilon_{2m}| = 29000 \text{ sek}^{-2}$  wzrost przyspieszeń wraz z kątem  $\gamma$  jest więc bardzo szybki.



Rys. 3. Największe przyspieszenie wału pędzonego (pośredniczącego) w funkcji kąta  $\gamma$ .



Rys. 4. Przyspieszenia wału napędzanego w pojedynczym, wału pośredniczącego w podwójnym przegubie Kardana.

Rysunek 4 przedstawia zależność przyspieszenia wału pośredniczącego (napędzanego) od kąta  $\alpha$  (tym samym od czasu  $t$ ); jako parametr przyjęto kąt nachylenia wałów  $\gamma$ . Otrzymane krzywe są zbliżone do sinusoid, o nieco przesuniętych ekstremach i o amplitudzie silnie wzrastającej z kątem  $\gamma$ .

Po zapoznaniu się z ruchem wału pośredniczącego w podwójnym (względnie wału napędzanego w pojedynczym) przegubie Kardana, musimy jeszcze zbadać ruch czopów krzyżaka w łożyskach widełek. Ruch pary czopów, łożyskowanych w widełkach wału napędzającego określimy zależnością  $\delta_1 = f(t)$  (patrz rys. 1), a pędzonego, względnie pośredniczącego, zależnością  $\delta_2 = \tilde{f}(t)$ .

Z rysunku 1 widzimy, że

$$\sin \delta_1 = \sin \gamma \sin \beta, \quad [12]$$

więc należy teraz tylko wyrugować przy pomocy zależności [5] kąt  $\beta$  przez proporcjonalny do czasu kąt  $\alpha$ . Prostszy wzór otrzymujemy tu jednak na funkcję  $\cos \delta_1$ :

$$\cos \delta_1 = \frac{\cos \gamma}{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha}} = \frac{\cos \gamma}{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \omega_1 t}}, \quad [13]$$

czyli ostatecznie

$$\delta_1 = \arccos \frac{\cos \gamma}{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \omega_1 t}}. \quad [14]$$

Podobnie z rysunku 1,

$$\sin \delta_2 = \sin \gamma \cos \alpha = \sin \gamma \cos \omega_1 t; \quad [15]$$

$$\delta_2 = \arcsin (\sin \gamma \cos \omega_1 t) \quad [16]$$

Do obliczenia pracy tarcia czopów krzyżaka w łożyskach będziemy nam potrzebna znajomość prędkości kątowych w ruchu względnym czopów względem tych łożysk. Oznaczając je odpowiednio przez  $\dot{\delta}_1$  i  $\dot{\delta}_2$ , otrzymujemy przez zrózniczkowanie równań [14] i [16] względem czasu:

$$\dot{\delta}_1 = \frac{\cos \gamma \sin \gamma \cos \alpha}{(1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha)} \omega_1; \quad [17]$$

$$\dot{\delta}_2 = \frac{-\sin \gamma \sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha}} \omega_1. \quad [18]$$

Prędkości te zmieniają się więc (w przybliżeniu) sinusoidalnie o amplitudzie, proporcjonalnej do kąta nachylenia wałów  $\gamma$ .

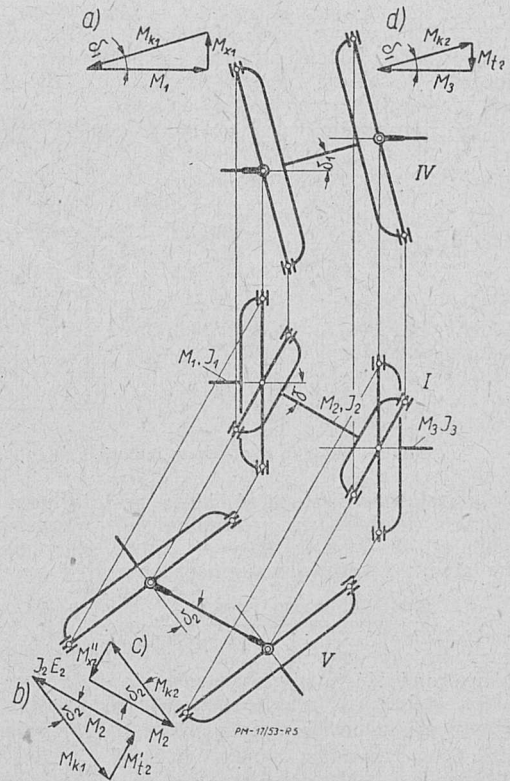
## 2. Rozkład momentów, działających w podwójnym przegubie Kardana

Stwierdziliśmy już wyżej, że pojedyncze przeguby Kardana stosuje się bardzo rzadko, ze względu na nierównomierność biegu wału napędzanego. Toteż zajmiemy się tu tylko podwójnym przegubem Kardana, czyli właściwie układem dwóch przegubów o tym samym kącie nachylenia wałów  $\gamma$ .

Schemat jednego z rozwiązań podwójnego przegubu Kardana został przedstawiony na rysunku 5 w trzech rzutach (oznaczenia rzutów odpowiadają rysunkowi 1 — rzutnia I jest równoległa do wszystkich trzech wałów, rzutnie IV i V są prostopadłe do ramion krzyżaka). Oznaczmy wały: napędzający przez I, pośredniczący 2, napędzany 3, a składowe przeguby — między wałami napędzającym i pośredniczącym przez I, między pośredniczącym i napędzającym przez 2.

Zwróćmy uwagę na to, że reakcje łożysk poszczególnych wałów przechodzą przez osie tych wałów; w takim razie wektory momentów, pochodzących od tych reakcji, muszą być do wałów tych prostopadłe.

Moment  $M_1$ , pochodzący od silnika, wywołuje moment  $M_{k1}$ , obracający pierwszy z krzyżaków; pozostała jego część  $M_{t1}$ , obciąża łożyska. Ponieważ wektor  $M_1$  leży w osi wału napędzającego, a  $M_{k1}$  jest prostopadły do płaszczyzny krzyżaka, chcąc przedstawić powyższy rozkład na płaszczyźnie, musimy zastosować rzutnię równoległą do wału I, a prostopadłą do krzyżaka I. Będzie nią więc rzutnia IV — teraz już będzie nam łatwo zbudować odpowiedni wielobok momentów, pamiętając, że  $M_{t1}$  musi być prostopadły do wału napędzającego (rys. 5a). Pomińmy tu moment, potrzebny do nadania przyspieszenia krzyżakowi (który znajduje się w ruchu kulistym) z uwagi na stosunkowo mały moment bezwładności krzyżaka.



Rys. 5. Rozkład momentów działających w podwójnym przegubie Kardana.

Moment  $M_{k1}$  wywołuje z kolei moment  $M_2$ , obracający wał pośredniczący, oraz moment (d'Alemberta)  $I_2 \ddot{\delta}_2$ , nadający mu odpowiednie przyspieszenie, określone wzorem [7]; pozostała część momentu  $M_{k1}$  obciąża łożyska ( $M'_{t1}$ ). Przez  $I_2$  oznaczyliśmy tu moment bezwładności wału pośredniczącego wraz z widełkami. Rozkład ten przedstawimy na rzutni, równoległej do wału 2 i prostopadłej do krzyżaka I, a więc na rzutni V (rys. 5b). Podobnie na rzutni V przedstawimy rozkład momentu  $M_2$  na moment  $M_{k2}$ , obracający krzyżak 2 i  $M'_{t2}$ , obciążający łożyska, a na rzutni IV rozkład momentu  $M_{k2}$  na moment  $M_3$ , przenoszony przez wał napędzany, i  $M_{t3}$ , obciążający łożyska tego wału, rys. 5c i 5d. Ruch wału 3, jak stwierdziliśmy już wyżej, jest jednostajny, więc nie ma powodu dodawać do momentu  $M_3$  momentu d'Alemberta.

Moment  $M_3$  jest momentem oporu (odpowiednio zredukowanym momentem oporu jazdy w samochodzie, skrawania w obrabiarce itp.); założymy, że jest on stały

$$M_3 = M = \text{const.} \quad [19]$$

i wyrazimy przezeń inne momenty. Jak widać z rysunku 5,



$$M_{k2} = \frac{M_3}{\cos \delta_1} = \frac{M}{\cos \delta_1}, \tag{20}$$

$$M_2 = M_{k2} \cos \delta_2 = M \frac{\cos \delta_2}{\cos \delta_1}, \tag{21}$$

$$M_{k1} = \frac{M_2 + I_2 \varepsilon_2}{\cos \delta_2} = \frac{M}{\cos \delta_1} + \frac{I_2 \varepsilon_2}{\cos \delta_2}, \tag{22}$$

$$M_1 = M_{k1} \cos \delta_1 = M + I_2 \varepsilon_2 \frac{\cos \delta_1}{\cos \delta_2}. \tag{23}$$

Stwierdzamy przede wszystkim, że moment  $M_1$  na wale napędzającym nie jest stały, lecz oscyluje wokół wartości  $M$ . Jest to na pozór sprzeczne z uczynionym na początku założeniem stałej prędkości kątowej  $\omega_1$  wału napędzającego. W rzeczywistości prędkość ta nie jest stała, ale ponieważ wał  $I$  ma bardzo dużą bezwładność (koło zamachowe itp.), wahania prędkości  $\omega_1$  mimo zmian momentu  $M_1$  są bardzo nieznaczne i możemy je pominąć. Przyjmując  $\omega_1 = \text{const.}$ , tak, jak założyliśmy na początku, otrzymujemy znaczne uproszczenie obliczeń.

Zwrócimy jeszcze uwagę na moment *d'Alemberta*  $I_2 \varepsilon_2$ . Jest on zazwyczaj pomijany w obliczeniach i to właśnie powoduje niezgodność wyników teoretycznych obliczeń z wynikami doświadczeń. Wprawdzie moment ten, jako proporcjonalny do przyspieszenia  $\varepsilon_2$  jest na przemian dodatni i ujemny (patrz rys. 4) i jego średnia wartość jest równa zeru, jednak w pewnych wypadkach ma duży wpływ na sprawność mechanizmu, co wykazemy w dalszych obliczeniach.

3. Obliczenie sprawności podwójnego przegubu Kardana

Praca przegubu *Kardana* ma charakter cykliczny — cykl pracy powtarza się po wykonaniu połowy obrotu przez wał napędzający, czyli po zwiększeniu się kąta  $\alpha$  o  $\pi$ . Sprawność wyrazimy więc wzorem

$$\eta = \frac{L_s - L_t}{L_s} = 1 - \frac{L_t}{L_s}, \tag{24}$$

gdzie  $L_s$  jest pracą włożoną (silnika) przy obrocie wału napędzającego o kąt  $\pi$ , a  $L_t$  — pracą, straconą na tarcie w mechanizmie w tym samym okresie.

Obliczmy najpierw  $L_s$ . Ogólnie

$$L_s = \int M_1 d\alpha, \tag{25}$$

przy czym granice tej całki możemy brać dowolnie, byle tylko górna była o  $\pi$  większa od dolnej. Obierzmy np.  $-\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2}$  wtedy, korzystając z wzoru [23],

$$L_s = M \cdot \pi + I_2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \varepsilon_2 \frac{\cos \delta_1}{\cos \delta_2} d\alpha,$$

a po podstawieniu odpowiednich wartości z wzorów [7], [13] i [15]

$$L_s = M \cdot \pi - I_2 \omega_1^2 \cdot \sin^2 \gamma \cos^2 \gamma \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin 2\alpha}{(1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha)^3} d\alpha.$$

Całka, występująca w tym wzorze, jest jednak równa zeru, ponieważ całkujemy w granicach, rozmieszczonych symetrycznie względem początku układu, a funkcja podcałkowa jest ze względu na  $\alpha$  funkcją nieparzystą; ostatecznie więc

$$L_s = M \cdot \pi. \tag{26}$$

Pozostaje jeszcze do obliczenia praca tarcia. Ogólnie napiszemy

$$L_t = L_{t1} + L_{t2} + L_{t3} + L_{t4} + L_I, \tag{27}$$

gdzie  $L_{t1}$  jest pracą tarcia w łożyskach widełek wału napędzającego,  $L_{t2}$  i  $L_{t3}$  — w łożyskach widełek wału pośredniczącego (dwie pary widełek),  $L_{t4}$  — w łożyskach widełek wału napędzanego, a  $L_I$  — pracą tarcia w łożyskach wałów. Będziemy obliczać teraz poszczególne składniki.

Moc, straconą na tarcie w łożyskach, wyrazimy ogólnie wzorem

$$N_t = \mu r |P_t \omega_0| \tag{28}$$

przy czym znak wartości bezwzględnej jest konieczny, bo bez

względem na kierunek siły, obciążającej łożysko ( $P_t$ ) i prędkości kątowej  $\omega_0$ , moc ta musi być dodatnia. Przez  $r$  oznaczyliśmy tu promień łożyska, przez  $\mu$  — współczynnik tarcia w łożysku.

Wszystkie łożyska pierwszego z przegubów są obciążone tymi samymi siłami

$$P_t = \frac{M_{k1}}{2R} = \frac{1}{2R} \left( \frac{M}{\cos \delta_1} + \frac{I_2 \varepsilon_2}{\cos \delta_2} \right). \tag{29}$$

Podstawiając odpowiednie wartości z wzorów [7], [13] i [15], otrzymujemy

$$P_t = \frac{1}{2R} \left[ \frac{M \sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha}}{\cos \gamma} - I_2 \omega_1^2 \sin^2 \gamma \cos \gamma \frac{\sin 2\alpha}{(1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha)^{3/2}} \right].$$

Dla skrócenia wprowadzimy tu oznaczenie

$$\frac{M}{I_2 \omega_1^2} = m, \tag{30}$$

gdzie  $m$  jest wielkością bezwymiarową. Napiszemy wtedy

$$P_t = \frac{M}{2R \cos \gamma} \left[ \sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha} - \frac{\sin^2 \gamma \cos^2 \gamma}{m} \cdot \frac{\sin 2\alpha}{(1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha)^{3/2}} \right]. \tag{31}$$

Czopy krzyżaka obracają się w łożyskach widełek wału napędzającego z prędkością kątową  $\dot{\delta}_1$ . Uwzględniając, że mamy dwa takie łożyska, możemy więc napisać

$$N_{t1} = 2 \mu r |P_t \dot{\delta}_1|, \tag{32}$$

a stąd praca tarcia w tych łożyskach

$$L_{t1} = \int N_{t1} dt = \int N_{t1} \frac{d\alpha}{\omega_1} = \frac{2 \mu r}{\omega_1} \int |P_t \dot{\delta}_1| d\alpha, \tag{33}$$

przy czym, podobnie jak poprzednio, granice całki są dowolne, byle górna była o  $\pi$  większa od dolnej. Skorzystamy teraz z wzorów [17] i [31]:

$$L_{t1} = \mu \frac{r}{R} \cdot M \cdot \sin \gamma \int \left| \frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha}} - \frac{\sin^2 \gamma \cos^2 \gamma}{m} \cdot \frac{\sin 2\alpha \cdot \cos \alpha}{(1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha)^{3/2}} \right| d\alpha. \tag{34}$$

Otrzymaną całkę możemy krótko napisać w postaci

$$L_{t1} = A \int |f_1(\alpha) - f_2(\alpha)| d\alpha. \tag{35}$$

Rysunek 6 przedstawia przybliżony ( $\sin^2 \gamma$  małe wobec jedności,  $\cos^2 \gamma \approx 1$ ) wykres funkcji  $f_1(\alpha)$  i  $f_2(\alpha)$  w przedziale  $(-\frac{\pi}{2}, +\frac{\pi}{2})$ . W przedziale tym  $f_1(\alpha) \geq 0$ , więc obierzemy go jako przedział całkowania. Aby można było wykonać całkowanie, musimy jednak najpierw opuścić znak wartości bezwzględnej, po zbadaniu, czy wyrażenie wewnątrz tego znaku jest dodatnie, czy ujemne. W tym celu zanalizujemy równanie  $f_1(\alpha) - f_2(\alpha) = 0$ , czyli, po dokonaniu wyżej podanych uproszczeń,

$$\cos \alpha - \frac{\sin^2 \gamma}{m} \sin 2\alpha \cdot \cos \alpha = 0. \tag{36}$$

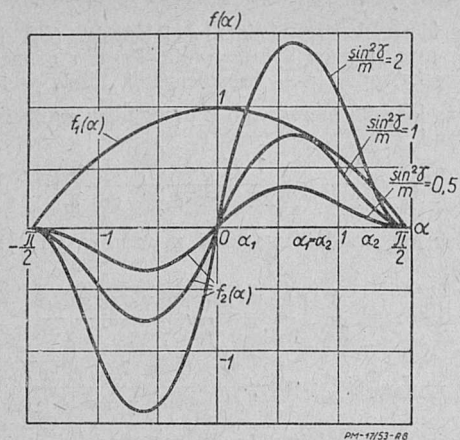
Pierwiastki  $\alpha = \pm \frac{\pi}{2}$  nas nie interesują, ponieważ leżą na brzegach przedziału, możemy zatem równanie [36] uprościć przez  $\cos \alpha$ ; wyrażając  $\sin 2\alpha$  przez  $\cos \alpha$  i uwalniając od niewymierności, otrzymujemy równanie

$$4 \cdot \sin^4 \gamma \cdot \cos^4 \alpha - 4 \cdot \sin^4 \gamma \cdot \cos^2 \alpha + m^2 = 0, \tag{37}$$

o pierwiastkach

$$\cos^2 \alpha_{1,2} = \frac{1}{2} \mp \frac{1}{2} \sqrt{1 - \frac{m^2}{\sin^4 \gamma}} \tag{38}$$

Pierwiastki te są rzeczywiste tylko wtedy, gdy  $\frac{\sin^2 \gamma}{m} \geq 1$ ; szcze-



Rys. 6. Wykres funkcji  $f_1(\alpha)$  i  $f_2(\alpha)$ .

gólnie jasno uwidacznia się to na rysunku 6. Musimy więc rozpatrzeć dwa przypadki:

a)  $\frac{\sin^2 \gamma}{m} < 1$ . Wtedy równanie [37] nie posiada pierwiastków rzeczywistych, i w całym przedziale  $-\frac{\pi}{2} < \alpha < \frac{\pi}{2}$ ,  $f_1(\alpha) > f_2(\alpha)$  (por. rys. 6), czyli  $f_1(\alpha) - f_2(\alpha) > 0$ . W całce [35] możemy więc wprost opuścić znaki wartości bezwzględnej:

$$L'_{t1} = A \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} f_1(\alpha) d\alpha - A \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} f_2(\alpha) d\alpha. \quad [39]$$

Całki nieoznaczone wynoszą tutaj

$$\int \frac{\cos \alpha d\alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha}} = \frac{1}{\sin \gamma} \ln(\sin \alpha + \sqrt{\sin^2 \alpha + \operatorname{ctg}^2 \gamma}) \quad [40]$$

$$\int \frac{\sin 2\alpha \cdot \cos \alpha d\alpha}{(1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha)^{3/2}} = \frac{-10 \cos^3 \alpha + 4 \sin^2 \gamma \cos^5 \alpha}{15 (1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha)^{5/2}}, \quad [41]$$

zatem po wstawieniu granic

$$\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos \alpha d\alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha}} = \frac{2}{\sin \gamma} \ln \frac{1 + \sin \gamma}{\cos \gamma}, \quad [42]$$

$$\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin 2\alpha \cdot \cos \alpha d\alpha}{(1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha)^{3/2}} = 0, \quad [43]$$

i ostatecznie

$$L'_{t1} = \mu \cdot \frac{2r}{R} \cdot M \cdot \ln \frac{1 + \sin \gamma}{\cos \gamma}. \quad [44]$$

Wzór ten jest zgodny z wzorem, podanym przez Łysowa.

b)  $\frac{\sin^2 \gamma}{m} > 1$ . Równanie [37] ma wtedy dwa pierwiastki i, jak widzimy z rys. 6, istnieje przedział  $\alpha_1 < \alpha < \alpha_2$  w którym  $f_1(\alpha) - f_2(\alpha) < 0$ . Fizycznie zinterpretujemy to w ten sposób, że przy dużych zmianach prędkości wału pośredniczącego i dużej jego bezwładności (małe  $m$ ), oddaje on przez pewien okres czasu swą energię kołu zamachowemu, przez co siły w łożyskach krzyżaka zmieniają kierunek. Całkę [35] będziemy teraz liczyć następująco (pisząc symbolicznie):

$$\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} | \dots | d\alpha = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\alpha_1} ( \dots ) d\alpha + \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} - ( \dots ) d\alpha + \int_{\alpha_2}^{\frac{\pi}{2}} ( \dots ) d\alpha$$

lub krócej

$$\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} | \dots | d\alpha = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} ( \dots ) d\alpha + 2 \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} - ( \dots ) d\alpha \quad [45]$$

Pierwszą część tej całki mamy już policzoną — określa ją wzór [44]; aby policzyć drugą, należy do wzorów [40] i [41] wstawić granice, określone wzorem [38]. Otrzymane wyrażenia są bardzo długie i skomplikowane i dla umożliwienia stosowania ich w praktyce musimy uczynić przybliżenia, podobnie, jak uczyniliśmy to wyżej pomijamy  $\sin^2 \gamma$  i  $m$  wobec jedności,  $m^2$  wobec  $m$ , zastępujemy  $\cos \gamma$  przez 1 itp. Wolno nam tak uczynić, gdyż stosowany w praktyce kąt  $\gamma$  jest niewielki, a z założenia (b)  $m < \sin^2 \gamma$  — błędy nie przekraczają tu kilku procent). Otrzymujemy wtedy w wyniku

$$\int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{\cos \alpha d\alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha}} = \frac{1}{\sin \gamma} \sqrt{\sin^2 \gamma - m}, \quad [46]$$

$$\int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{\sin 2\alpha \cdot \cos \alpha d\alpha}{(1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha)^{3/2}} = \frac{2}{3} \sqrt{1 - \frac{3}{4} \frac{m^2}{\sin^4 \gamma} - \frac{m^3}{4 \sin^6 \gamma}} \quad [47]$$

Jak było do przewidzenia, całki te mają wartość rzeczywistą tylko w wypadku  $m < \sin^2 \gamma$ . Po podstawieniu [42], [43], [46] i [47] do wzoru [45], otrzymujemy wzór na pracę tarcia  $L_{t1}$  w wypadku (b)

$$L'_{t1} = \mu \cdot \frac{2r}{R} \cdot M \left\{ \ln \frac{1 + \sin \gamma}{\cos \gamma} - \sqrt{\sin^2 \gamma - m} + \frac{2}{3} \frac{\sin^3 \gamma \cos^2 \gamma}{m} \sqrt{1 - \frac{3}{4} \frac{m^2}{\sin^4 \gamma} - \frac{m^3}{4 \sin^6 \gamma}} \right\}. \quad [48]$$

Porównując ten wzór z wzorem [44], stwierdzamy, że można je ująć razem, pisząc

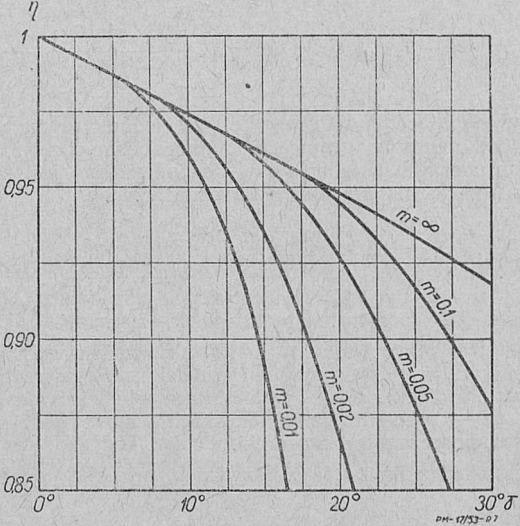
$$L_{t1} = \mu \cdot \frac{2r}{R} \cdot M \left\{ \ln \frac{1 + \sin \gamma}{\cos \gamma} \parallel - \sqrt{\sin^2 \gamma - m} + \frac{2}{3} \frac{\sin^3 \gamma \cos^2 \gamma}{m} \sqrt{1 - \frac{3}{4} \frac{m^2}{\sin^4 \gamma} - \frac{m^3}{4 \sin^6 \gamma}} \right\}, \quad [49]$$

przy czym wyrażenie do kreski pionowej jest zawsze ważne, natomiast dalszą część należy uwzględnić tylko wtedy, gdy ma ona wartość rzeczywistą, to znaczy gdy  $m < \sin^2 \gamma$ .

Wzór [49] jest więc tylko częściowo zgodny z wzorem [44], na którym oparł się Łysow. Wskazuje on na przyczyny znacznego wzrostu pracy tarcia, a więc spadku sprawności przegubu, przy małych wartościach  $m$  (dużych prędkościach) i dużych kątach  $\gamma$  — wtedy bowiem należy uwzględnić drugą część tego wzoru, szybko rosnącą wraz z wzrostem  $\gamma$  i zmniejszaniem się  $m$ .

Podobnie obliczamy pracę tarcia w łożyskach widełek wału pośredniczącego  $L_{t2}$ , otrzymując wynik

$$L_{t2} = \mu \cdot \frac{2r}{R} \cdot M \left\{ \operatorname{tg} \gamma \parallel - \frac{1}{\cos \gamma} \sqrt{\sin^2 \gamma - m} + \frac{2}{3} \frac{\sin^3 \gamma}{m \cdot \cos^3 \gamma} \sqrt{1 - \frac{3}{4} \frac{m^2}{\sin^4 \gamma} - \frac{m^3}{4 \sin^6 \gamma}} \right\} \quad [50]$$



Rys. 7. Zależność sprawności przegubu Kardana od kąta nachylenia wałów  $\gamma$ .



Także i tutaj drugą część wzoru należy uwzględnić tylko wtedy, o ile ma wartość rzeczywistą. Obliczając dalej  $L_{t3}$  i  $L_{t4}$  stwierdzamy, że będą one wyrażone pierwszymi częściami wzorów [50] i [49], ponieważ w drugim przegubie rozkład prędkości kątowych jest „symetrycznym odbiciem” rozkładu w pierwszym, podobnie rozkład sił, z tą różnicą, że nie mamy tam już wpływu bezwładności wału pośredniczącego.

Pozostaje jeszcze obliczenie pracy tarcia w łożyskach wszechstronnych trzech wałów. Uwzględniając jednak, że momenty  $M_I$ , obciążające te łożyska są małe (por. rys. 5), rozstawy łożysk, a więc ramiona działania sił, są duże w stosunku do  $R$ , wreszcie współczynnik tarcia w tych łożyskach jest zwykle bardzo niski, stwierdzamy, że pracę tę można pominąć wobec poprzednich.

Ostatecznie całkowitą pracę tarcia wyrazimy wzorem

$$L_t = \mu \cdot \frac{4r}{R} \cdot M \left\{ \ln \frac{1 + \sin \gamma}{\cos \gamma} + \right. \\ \left. + \operatorname{tg} \gamma \left[ -\frac{1 + \cos \gamma}{2 \cos \gamma} \sqrt{\sin^2 \gamma - m} + \frac{\sin^3 \gamma}{3 m} \left( \cos^2 \gamma + \right. \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{1}{\cos^5 \gamma} \right) \sqrt{1 - \frac{3}{4} \frac{m^2}{\sin^4 \gamma} - \frac{m^3}{4 \sin^6 \gamma}} \right] \right\} \quad [51]$$

więc po wstawieniu [26] i [51] do [24] otrzymujemy wzór na sprawność podwójnego przegubu Kardana w postaci

$$\eta = 1 - \frac{4 \mu r}{\pi R} \left\{ \ln \frac{1 + \sin \gamma}{\cos \gamma} + \right. \\ \left. + \operatorname{tg} \gamma \left[ -\frac{1 + \cos \gamma}{2 \cos \gamma} \sqrt{\sin^2 \gamma - m} + \frac{\sin^3 \gamma}{3 m} \left( \cos^2 \gamma + \right. \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{1}{\cos^5 \gamma} \right) \sqrt{1 - \frac{3}{4} \frac{m^2}{\sin^4 \gamma} - \frac{m^3}{4 \sin^6 \gamma}} \right] \right\} \quad [52]$$

Podobnie, jak wyżej, drugą część tych wzorów (oddzielona podwójną kreską pionową) należy uwzględniać tylko wtedy, gdy ma ona wartość rzeczywistą, to znaczy, gdy  $m < \sin^2 \gamma$ .

#### 4. Dyskusja wzoru na sprawność, wnioski

Łysow w swej pracy „Kardannyje Miechanizmy” wyprowadza na sprawność przegubu Kardana wzór

$$\eta = 1 - \frac{2 \mu r}{\pi R} \left( \ln \frac{1 + \sin \gamma}{\cos \gamma} + \operatorname{tg} \gamma \right). \quad [53]$$

Jeżeli zwrócimy uwagę na to, że powyższy wzór odnosi się do pojedynczego, a wzór [52] do podwójnego przegubu Kardana, stwierdzamy ich zgodność w wypadku  $m > \sin^2 \gamma$ , a zatem przy małych kątach  $\gamma$ , małej prędkości kątowej  $\omega_1$  i dużych momentach  $M$ , przenoszonych przez przegub. Przy tych założeniach wyniki wzoru [53] są właśnie zgodne z praktyką — sprawność nie zależy wtedy od prędkości i spada niemal liniowo ze wzrostem kąta  $\gamma$ . Funkcja  $\eta = f(\gamma)$ , określona wzorem [53], nie jest wprawdzie liniową, ale po rozwinięciu jej na szereg potęgowy można się przekonać, że w szeregu tym współczynnik przy  $\gamma^2$  jest równy zeru, a dalsze wyrazy są małe wobec pierwszego, tak że funkcję tę można w przybliżeniu uważać za liniową.

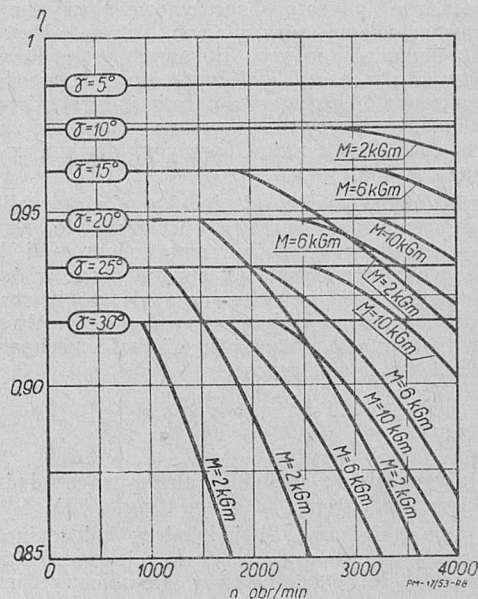
Przy większych kątach  $\gamma$ , lub większych prędkościach kątowych, gdy spełnia się warunek  $m < \sin^2 \gamma$ , spadek sprawności ze wzrostem  $\gamma$  staje się dużo szybszy. Wskazuje na to wzór [52], w którym uwzględniamy teraz już całe wyrażenie w klamrze.

Zależność  $\eta = f(\gamma)$ , określona wzorem [52], została przedstawiona na rysunku 7, przy czym jako parametr zmienny przyjęto  $m = M/I_2 \omega_1^2$ . Stwierdzamy przede wszystkim zgodność tego wykresu z wykresem, zamieszczonym w XI tomie „Maszynostrojenia”, opartym na danych doświadczalnych. Począwszy od pewnej wartości kąta  $\gamma$ , zależnej od  $m$  spadek sprawności staje się bardzo silny.

Ciekawie przedstawia się również zależność  $\eta = f(n)$ , obliczona z wzoru [52]; przez  $n$  oznaczyliśmy tu ilość obrotów na minutę wału napędzającego. Funkcję [52] traktujemy tu jako funkcję złożoną, ponieważ  $\eta = f(m)$ , a  $m = f(n)$ . Przy małych

liczbach obrotów sprawność nie zależy od  $n$ ; dopiero począwszy od pewnej wartości, zależnej od kąta  $\gamma$  i przenoszonego momentu  $M$ , zaczyna dość szybko spadać. Wykres ten możemy traktować jedynie jako przybliżony, ponieważ nie uwzględnia on zmian współczynnika tarcia wraz z prędkością — w obliczeniach cały czas bowiem przyjmowaliśmy  $\mu = \text{const}$ . Ujęcie analityczne zależności  $\mu = f(v)$  czyli  $\mu = f(n)$  byłoby jednak dość trudne.

Przy sporządzaniu wykresów (7) i (8) jako stałe wartości parametrów zostały przyjęte:  $r = 1$  cm,  $R = 3,5$  cm,  $\mu = 0,2$ . Jeżeli chodzi o tę ostatnią wartość, to jest ona niewątpliwie wysoka, ale jak podaje Łysow, w przegubach Kardana  $\mu$  dochodzi do 0,5! Wartość tę należy traktować chyba jedynie jako pozorną, wynikłą z porównania wyników doświadczeń z wynikami wzoru [53], pomijającego wpływ wielu czynników. Oprócz tego przy sporządzaniu wykresu (8) przyjęto do obliczenia  $I_2$  średnicę wału pośredniczącego  $d = 4$  cm, jego długość  $l = 100$  cm i wymiary widełek, spotykane przeciętnie w praktyce.



Rys. 8. Zależność sprawności podwójnego przegubu Kardana od liczby obrotów  $n$ .

Jako ostateczny wynik naszych rozważań stwierdzimy, że w prawidłowo zaprojektowanym przegubie Kardana winien być spełniony warunek  $m > \sin^2 \gamma$ , czyli inaczej

$$\frac{M}{I_2 \omega_1^2} > \sin^2 \gamma. \quad [54]$$

Tylko wtedy sprawność przegubu jest wysoka i praca mechanizmu jest spokojna, ponieważ siły w łożyskach widełek nie zmieniają kierunku. Szczególną uwagę musimy zwrócić na warunek [54] przy nowoczesnych konstrukcjach, gdzie istnieje tendencja do przenoszenia mocy przy wysokich obrotach i małych momentach  $M$ . Jeżeli nie możemy ze względów konstrukcyjnych zmniejszyć kąta nachylenia wałów  $\gamma$ , musimy dla zachowania tego warunku zmniejszyć moment bezwładności wału pośredniczącego  $I_2$  przez zmniejszenie jego długości. Gdy i to jest niemożliwe, należy raczej zrezygnować ze stosowania przegubów Kardana, zastępując je przegubami synchronicznymi, np. przegubami kulowymi Rzeppa. Wtedy wał pośredniczący ma prędkość kątową stałą, lub można w ogóle wału tego nie stosować. Zwyczajnie, proste w konstrukcji przeguby Kardana, oddające w wielu wypadkach duże usługi, mogą przy większych prędkościach i kątach  $\gamma$ , mianowicie przy niespełnianiu się warunku [54], być powodem spadku sprawności i niespokojnego biegu maszyn, w której zostały zastosowane.

#### Literatura

- Czudakow E. A. — Konstrukcja i rasczet awtomobilja. Moskwa 1951.  
 Heldt P. — Szassi awtomobilja. Maszgiz 1949.  
 Kurow A. A. i Kurow B. A. — Awtomobil. Maszgiz 1951.  
 Łysow M. I. — Kardannyje miechanizmy. Maszgiz 1945.  
 Maszynostrojenje, Encykl. Spraw., t. II i XI. Moskwa 1949.  
 Moszyński W. — Wykład elementów maszyn, t. II, Warszawa 1949, i t. IV, Warszawa 1952.  
 Reszelow L. N. — Teoria kardannogo szarnira. „Wiestnik Maszynostrojenja”, 10/1951, Maszgiz.

# Indykowanie silników szybkoobrotowych metodami elektrycznymi

621.43.018.86:621-144:621.317

Prof. dr inż. MIECZYSLAW SĄSIĄDEK

*Specyficzne wymagania przy indykowaniu silników szybkoobrotowych. Przydatność elektrycznych metod indykowania. Przegląd najbardziej typowych indykatorów pojemnościowych i piezoelektrycznych. Zasada działania i konstrukcja oscylografu katodowego, wchodzącego w skład urządzenia do indykowania.*

Z chwilą pojawienia się szybkoobrotowych silników spalinywych wystąpiła równocześnie potrzeba badania różnych właściwości tych silników, a przede wszystkim przebiegu spalania zachodzącego wewnątrz silnika, którego jednym z obrazów jest stosunkowo najłatwiej uchwytne przebieg ciśnienia jako funkcji drogi tłoka, względnie czasu.

Długość czasu indykatory sprężynowe tłoczowe z dźwigniowym mechanizmem rejestrującym, które oddawały cenne usługi przy badaniach maszyn tłokowych wolnobieżnych, okazały się przy silnikach szybkoobrotowych zupełnie nieodpowiednie. Główną przyczyną nieprzydatności tych indykatorów była zbyt mała liczba drgań własnych spowodowana dużymi masami ich części ruchomych, jak tłoczka, sprężyny, dźwigni mechanizmu rejestrującego, bębna.

Aczkołwiek różne konstrukcje indykatorów pozwoliły na wydane zmniejszenie mas ich części ruchomych, to jednak szybki rozwój nowoczesnych silników samochodowych i lotniczych, wzrost liczby obrotów i ciśnienia, stawiał coraz większe wymagania, którym indykatory mechaniczne nie mogły sprostać.

Metodami rokującymi spełnienie wymagań okazały się metody elektryczne i przyrządy zmieniające wielkość mechaniczną (ciśnienie) na wielkości elektryczne.

\*  
\*  
\*

Indykatory oparte na metodach elektrycznych dadzą się następująco ugrupować:

1) indykatory oporowe, 2) indykatory indukcyjne, 3) indykatory magnetyczne, 4) indykatory fotoelektryczne, 5) indykatory pojemnościowe, 6) indykatory piezoelektryczne.

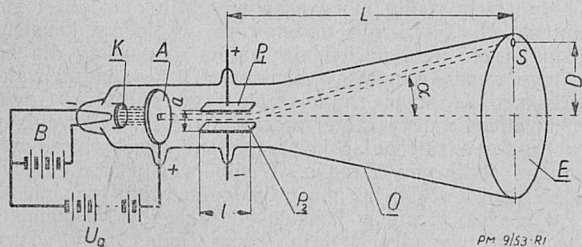
Urządzenia elektryczne służące do indykowania składają się z trzech zasadniczych części:

a) elementu mierzącego ciśnienie, często zwanego dla krótkości indykatorem, którego zadaniem jest zamiana ciśnienia na jedną z wielkości elektrycznych;

b) elementu rejestrującego względnie wskazującego, który tutaj stanowi oscylograf petlicowy lub katodowy;

c) elementu dającego wartości na osi odciętych, w zależności od których mierzymy przebieg ciśnienia, a więc drogi tłoka, kąta obrotu wału korbowego, lub czasu.

Elementy miernicze, w których zmiany ciśnienia wywołują słabe efekty elektryczne, jak np. indykatory piezokwarcowe, oprócz urządzeń wymienionych wymagają wzmacniaczy.



Rys. 1. Oscylograf katodowy.

Ze względu na brak miejsca w artykule omówione będą tylko ostatnie dwie grupy, wysuwające się obecnie na pierwszy plan, tj. duże indykatory pojemnościowe i piezoelektryczne oraz oscylografy katodowe, stanowiące integralną część urządzenia do indykowania.

## 1. Oscylografy katodowe

Oscylograf katodowy stanowi udoskonalona rura Brauna, przystosowana do rejestrowania szybkozmiennych przebiegów elektrycznych. Rys. 1 przedstawia uproszczony oscylograf. Istotną jego składową częścią jest rura szklana w kształcie stożka

przechodzącego w część cylindryczną. W rurze tej panuje wysoka próżnia. W cylindrycznej części jest umieszczona katoda K żarzona baterią B niskiego napięcia (około 3 V), oraz anoda A posiadająca w środku mały otworek. Ściana zamykająca rozszerzoną część stożkową rury stanowi fluoryzujący ekran E. Jeśli katodę i anodę połączymy ze źródłem prądu o dostatecznie wysokim napięciu  $U_a$ , to z katody wybiega strumień elektronów i padając na fluoryzujący ekran E wywołuje na nim plamkę świetlną. Pod wpływem napięcia przyłożonego do płyt  $P_1$  i  $P_2$  strumień elektronów zostaje odchylony w kierunku płyty dodatniej, a świetlna plamka na ekranie przesunie się. Chcąc więc utrwalić fotograficznie jakiś szybkozmienny przebieg elektryczny, należy źródło tego przebiegu połączyć z płytami odchylającymi  $P_1$  i  $P_2$ , a przed ekranem ustawić bęben z nałożonym papierem światłoczułym obracający się dookoła osi prostopadłej do płyt; wówczas na papierze zostanie naświetlona krzywa odpowiadająca temu przebiegowi. Wielkość przesunięcia

plamki na ekranie  $D = L \cdot \tan \alpha$ , przy czym  $\tan \alpha = \frac{V_1}{V}$ ; gdzie  $V_1$  jest pionową składową prędkości elektronów, a  $V$  pozioma,  $L$  odległość ekranu od środka płyt. Po wstawieniu za  $V_1$  i  $V$  odpowiednich wartości otrzymamy:

$$D = \frac{l \cdot L}{2 U_a \cdot a} \cdot U_p,$$

gdzie  $l$  oznacza długość płyt odchylających,  $a$  — ich odległość,  $U_a$  — napięcie anodowe,  $U_p$  — napięcie przyłożone do płyt odchylających.

Z powyższego wzoru widać, że przesunięcie plamki jest proporcjonalne do napięcia na płytkach odchylających, gdyż wartość ułamka  $\frac{l \cdot L}{2 U_a \cdot a}$  dla danego oscylografu jest stała, wobec czego można napisać  $D = C \cdot U_p$ . W rzeczywistości zależność ta odbiega nieco od teoretycznej.

Czułość  $C$  oscylografu katodowego nazywamy wielkość przesunięcia plamki przypadającej na jeden wolt

$$C = \frac{D}{U_p} \quad \text{czyli} \quad C = \frac{l \cdot L}{2 U_a \cdot a}.$$

Wielkość przesunięcia  $D$  zależy od napięcia anodowego  $U_a$ , czyli od prędkości elektronów  $V$ ; im mniejsza prędkość tym większe odchylenie, większa czułość  $C$  oscylografu. Z drugiej strony im mniejsza prędkość elektronów, tym mniejsza intensywność plamki świetlnej na ekranie.

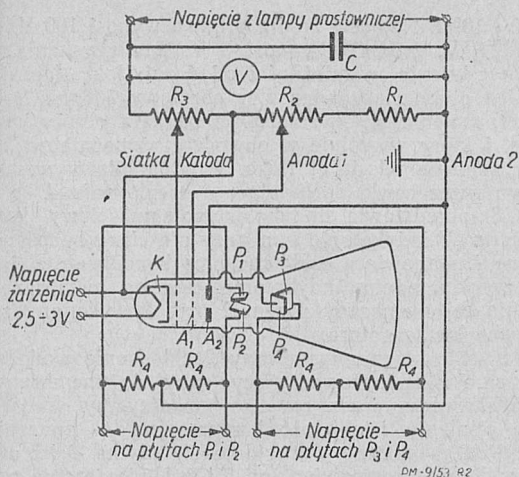
Dla zwiększenia koncentracji elektronów w strumieniu i ostrości plamki świetlnej Wehnelt zastosował ujemnie naładowaną elektrodę w postaci cylindra otaczającego katodę. Przy słaboprądowych oscylografach, które pracują przy napięciach anodowych poniżej 10 kV, uzyskanie ostrego strumienia elektronów przy wysokiej próżni napotyka na trudności.

Przez wypełnienie rury oscylografu jednorodnym gazem przy ciśnieniu rzędu  $10^{-3}$  mm słupa Hg uzyskano znacznie lepszą koncentrację strumienia i ostrość plamki świetlnej. Do napełnienia używa się gazów: wodoru, kryptonu, ksenonu, a także par rtęci.

Różne elementy oscylografu katodowego wymagają prądu różnego rodzaju, i tak np. do żarzenia katody stosuje się prąd o napięciu kilku woltów, podczas gdy w tym samym oscylografie napięcie anodowe może być rzędu kilku tysięcy woltów, przy czym napięcia te muszą być regulowane. Nowoczesne oscylografy są zasilane prądem wprost z sieci, który jest przetwarzany w szeregu transformatorów i prostowany w lampach.

Rys. 2 przedstawia uproszczony schemat połączeń oscylografu katodowego. Widzimy na nim rurę wyposażoną w dwie anody  $A_1$  i  $A_2$ , dwie pary płyt odchylających  $P_1P_2$  i  $P_3P_4$ . V

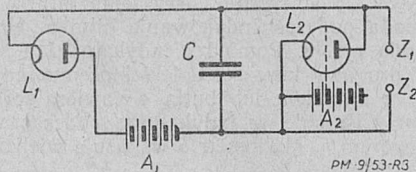




Rys. 2. Schemat połączeń oscylografu katodowego.

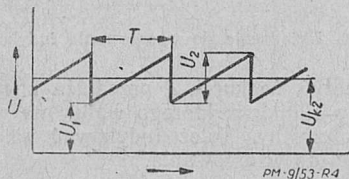
oznacza woltomierz,  $C$  kondensator o pojemności  $0,5 \div 2 \mu F$ .  $R_1, R_2$  i  $R_3$  oznaczają dzielniki napięcia.

Oscylograf przedstawiony na rys. 2 posiada dwie pary płyt  $P_1P_2$  i  $P_3P_4$  służących do odchyłania strumienia w dwóch prostopadłych kierunkach. Pozwala to na otrzymanie wprost na ekranie fluoryzującym wykresu przedstawiającego zależność



Rys. 3. Schemat urządzenia do czasowego odchyłania strumienia.

jednej wielkości od drugiej; np. ciśnienie jako funkcję czasu,  $p = f(t)$  lub jako funkcję drogi  $p = f_1(x)$ . Rys. 3 przedstawia schemat urządzenia do czasowego odchyłania strumienia, w które zazwyczaj jest wyposażony oscylograf. Składa się ono z dwóch lamp termionowych  $L_1$  i  $L_2$ , kondensatora  $C$  i źródeł prądu  $A_1$  i  $A_2$ . Lampa  $L_1$  posiada dwie elektrody i ogranicza prąd ładowania kondensatora  $C$  w ten sposób, że napięcie na nim wzrasta proporcjonalnie do czasu. Lampa  $L_2$  jest napełniona gazem o małym ciśnieniu i ma tę własność, że przepuszcza prąd dopiero wtedy, kiedy napięcie osiągnie pewną wartość krytyczną, regulowaną przez napięcie siatki. Z chwilą osiągnięcia tego napięcia kondensator  $C$  rozładowuje się gwałtownie, po czym zaczyna się ponowne ładowanie kondensatora.



Rys. 4. Zależność napięcia kondensatora od czasu.

Zależność tego napięcia od czasu przedstawia wykres na rys. 4. Widzimy na nim odcinki linii pochyłych, które odpowiadają ładowaniu kondensatora, oraz prawie pionowe odpowiadające gwałtownemu rozładowaniu kondensatora. Odległość pomiędzy odcinkami stromymi przedstawia wartość okresu  $T$ , który zależy od własności obwodu (oporu, pojemności kondensatora) i może być regulowany w szerokich granicach. Jeśli zaciski  $Z_1$  i  $Z_2$  kondensatora połączy się z parą płyt  $P_3$  i  $P_4$  odchyłających strumień elektronów w oscylografie, wówczas na ekranie plamka świetlna porusza się w jedną stronę ruchem jednostajnym z umiarkowaną prędkością, odpowiadającą okresowi ładowania kondensatora, i powraca gwałtownie z powrotem. Ruch ten oczywiście powtarza się periodycznie i może być synchronizowany z przebiegiem, który chcemy rejestrować, np. z przebiegiem ciśnienia.

Jeśli do drugiej pary płyt odchyłających  $P_1$  i  $P_2$  przyłączy się element nadający na drodze elektrycznej przebieg rejestro-

wany, wówczas na ekranie oscylografu powstaje wykres, będący obrazem tego przebiegu; np. ciśnienie jako funkcja czasu  $p = f(t)$ , który można utrwalić na płycie światłoczułej.

Oscylografy przeznaczone do rejestracji fotograficznej dają wykres świecący, niebieski o dużej intensywności działania na emulsję światłoczułą. Osiąga się to dzięki powłoczeniu ekranu warstwą wolframianu wapniowego. Posiada on przy tym stosunkowo krótki czas poświaty (rzędu  $10^{-5}$  sek).

Należy zwrócić uwagę, że nawet oscylografy niskiego napięcia pracują przy napięciu anodowym do  $10^4 V$ ; są więc i one niebezpieczne dla obsługującego. Toteż z jednej strony oscylograf powinien być tak wykonany, ażeby niebezpieczeństwo to było ograniczone do minimum; z drugiej strony trzeba pamiętać o zachowaniu ostrożności przez obsługującego.

Zaletą oscylografów katodowych jest ich, praktycznie biorąc, zupełny brak bezwładności strumienia elektronów. Tęte pozwalają na rejestrowanie przebiegów o częstotliwości 50 000 Hz. Stanowi to ich wielką przewagę nad innymi oscylografami. Intensywność promieni katodowych jest znacznie większa niż świetlnych. Pozwala to na znacznie większą niż przy oscylografach pętlcowych prędkość rejestrowania wynoszącą tutaj 1000 m/sek, a nawet więcej.

## 2. Indykatory pojemnościowe

Indykator pojemnościowy stanowi płaski kondensator włączony w obwód drgający. Zmiany pojemności tego kondensatora są spowodowane bezpośrednio zmianami ciśnienia. Zmiany pojemności kondensatora wywołują zmiany natężenia prądu, napięcia, częstotliwości, rezonansu lub przesunięcia faz w obwodzie drgającym. Zmiany te są miarą zmian ciśnienia. Pojemność  $C$  kondensatora płaskiego zależy od jego powierzchni  $F$ , odległości obu płyt  $x_0$  oraz stałej dielektrycznej  $\epsilon$ .

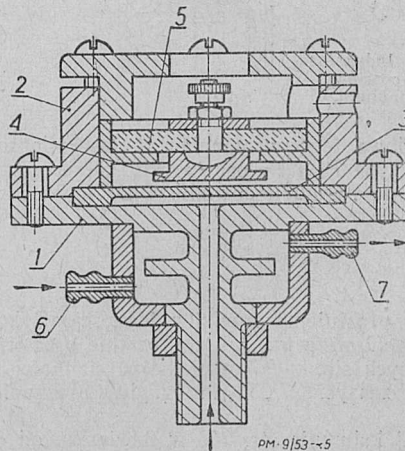
Zależność tę przedstawia wzór:

$$C = \frac{\epsilon \cdot F}{4 \pi \cdot x_0} \cdot \frac{1}{9} \cdot 10^{-5} \mu F.$$

Różniczkując otrzymamy:

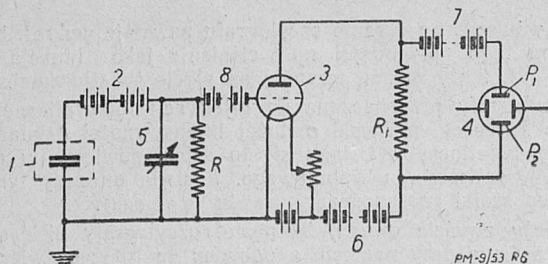
$$\Delta C = - \frac{\epsilon \cdot F}{4 \pi} \cdot \frac{10^{-5}}{9} \frac{\Delta x}{x_0^2} = K \cdot \frac{\Delta x}{x_0^2}$$

Z powyższego widać, iż zmiany pojemności są wprost proporcjonalne do zmian odległości płytek pod warunkiem, że zmiany  $\Delta x$  są małe w porównaniu z początkową odległością  $x_0$ . Ma to w rzeczywistości miejsce, gdyż zmiany odległości w wykonanych indykatorach są rzędu 0,05 mm. Wywołują one zmiany wynoszące 5% pojemności kondensatora nieobciążonego. Ponieważ zmiany odległości płyt  $\Delta x$  są spowodowane odkształceniami sprężystymi membrany, a te są wprost proporcjonalne do ciśnienia, przeto zmiany pojemności są wprost proporcjonalne do zmian ciśnienia.



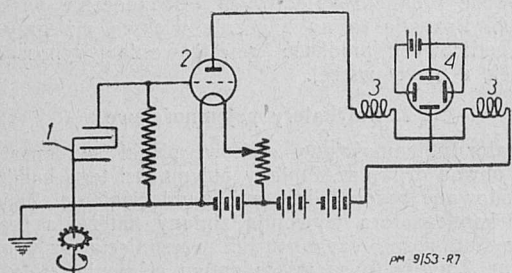
Rys. 5. Indykator pojemnościowy Obata.

Na rys. 5 jest przedstawiony indykator pojemnościowy konstrukcji Obata. Pomiędzy częściami 1 i 2, stanowiącymi korpus tego indykatora, jest zamocowana stalowa membrana 3. Naprzeciwko membrany znajduje się płytka 4, izolowana od reszty części indykatora płytką marmurową 5. Gazy ciśn. bezpośrednio na membranę, toteż dla zmniejszenia wpływu ich temperatury



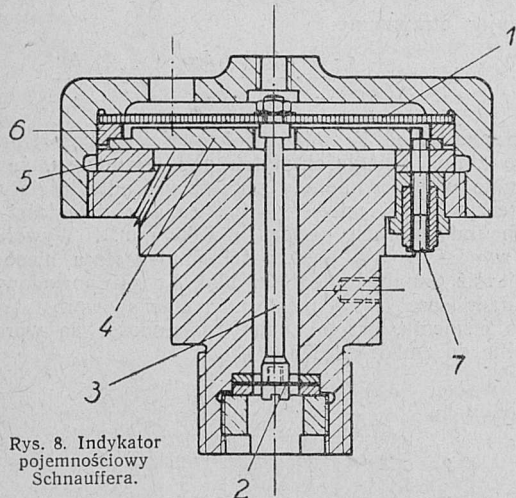
Rys. 6. Schemat układu połączeń indykatora Obata.

indikator jest chłodzony wodą. Woda dopływa rurką 6, a odpływa rurką 7. Średnica membrany wynosi 50 mm, a grubość 2 lub 3 mm. Przy grubości 2 mm częstość drgań własnych indykatora wynosi 8000 Hz, a przy grubości 3 mm 12000 Hz. Indykator ten wzorcowany jest przy temperaturze takiej, jaką posiada indykator podczas indykowania silnika.



Rys. 7.

Schemat układu połączeń indykatora Obata przedstawia rys. 6. Indykator 1 włączony jest w obwód źródła prądu 2 o napięciu 180 V. Zmiana pojemności kondensatora indykatora 1 wywołuje zmiany napięcia siatkowego lampy wzmacniającej 3.



Rys. 8. Indykator pojemnościowy Schnauffera.

Napięcie anodowe tego wzmacniacza jest doprowadzone do płyt odchylających  $P_1$  i  $P_2$  oscylografu katodowego 4. Kondensator 5 służy do regulacji obwodu. Opór  $R = 25 \cdot 10^6 \Omega$  opór

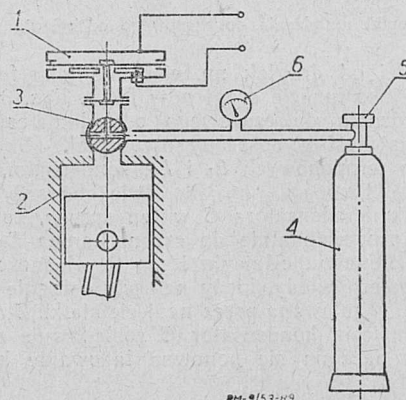
$R_1 = 40 \cdot 10^3 \Omega$ . Napięcie źródła prądu 6 wynosi 100 V, źródła 7 wynosi 22,5 V, źródła 8 wynosi 3 V. Dla uzyskania wykresu przebiegu ciśnienia w zależności od drogi tłoka, łącznie z wałem silnika obrac się kondensator obrotowy 1 (rys. 7), którego pojemność zmienia się w zależności od kąta obrotu wału sinusoidalnie, i który wywołuje w obwodzie wzmacniacza 2 zmiany napięcia zależnie od drogi tłoka. Prąd anodowy wzmacniacza przepływa przez cewki odchylające 3 oscylografu 4.

Rys. 8 przedstawia indykator pojemnościowy konstrukcji Schnauffera. W indykatorze tym gazy nie cisną bezpośrednio na membrany 1, stanowiąc część ruchomą kondensatora, jak to ma miejsce w poprzednim indykatorze, lecz na membrany 2. Odkształcenia tej membrany przenosi pręt 3 wykonany z inwaru na membrany kondensatora.

Dzięki zastępowaniu membrany 2 chłodzenie wodą stało się zbędne, a otwór doprowadzający gazy do membrany został znacznie skrócony, przez co jego niekorzystny wpływ na rejestrację ciśnienia i objętość kompresyjną — znacznie ograniczony. Pod membraną 1 znajduje się płytka 4 izolowana od reszty kondensatora pierścieniami 5 i 6. Umieszczenie membrany ruchomej 1 nad płytką 4 zapobiega zwarciom kondensatora przy zbyt dużych ciśnieniach. Połączenie przewodu z płytką stanowi izolowany kontakt 7.

Średnica membrany kondensatora wynosi tutaj 38 mm, grubość 0,3 do 1,5 mm, największe odkształcenie 0,08 mm. Wykonana jest ze stali sprężynowej. Średnica membrany dolnej 2 wynosi 12 mm, grubość — 0,05 do 0,1 mm.

Przy tych wymiarach częstość drgań własnych wynosi od 2000 do 10 000 Hz zależnie od grubości membrany. Wzorcowanie indykatora odbywa się statycznie, przy temperaturze takiej, jaką indykator posiada podczas indykowania silnika. Urządzenie do tego przedstawia rys. 9. Pomiędzy indykator 1 a silnik 2 włączony jest trójdrogowy kurek 3, dzięki któremu indykator może być połączony z silnikiem lub butlą 4 zawierającą gaz (azot) pod ciśnieniem. Ciśnienie w indykatorze podczas wzorcowania regulujemy zaworem 5. Manometr 6 wskazuje wielkość ciśnienia.



Rys. 9. Urządzenie do wzorcowania indykatora.

Należy zaznaczyć, że kurek 3 przedłuża znacznie ctwór łączący indykator z silnikiem, którego wpływ na wskazania indykatora jest niekorzystny. Toteż indykować należy bez kurka, a używać go tylko do wzorcowania.

(c.d.n.)

# SPROSTOWANIE

Niniejszym prostujemy omyłki z 1 części artykułu *prof. inż. Bolesława Orgelbranda* pt. „Ukształtowanie przestrzeni spalania w szybkobieżnych silnikach wysokoprężnych małej mocy”, który ukazał się w zeszytce 7/53 „Przeglądu Mechanicznego” na str. 257.

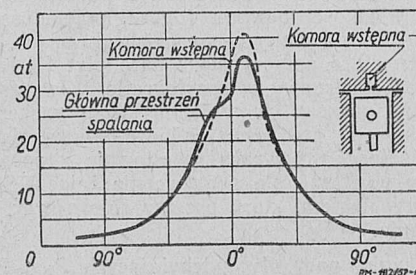
1) W lewej kolumnie str. 258 w 8 wierszu od dołu rozdziału 3 zamiast „powierzchni” winno być „powietrznej”.

2) Dodatkowo podajemy opuszczony wykres przebiegu ciśnienia, omyłkowo podany jako rys. 3 w prawej kolumnie str. 258 — 6 wiersz od góry.

3) W legendzie do wzoru na str. 259 dla przekroju  $s$  zamiast ( $\text{cm}^3$ ) winno być ( $\text{cm}^2$ ).

4) str. 297, rys. 18 — górny rysunek przestrzeni spalania winien być oznaczony literą A, dolny — literą B. W oznaczeniu ciśnienia winno być podane 5,5  $\text{kG/cm}^2$ , zamiast  $\text{kG/cm}$ .

5) str. 297, 5 wiersz od dołu przed „Rekapitulacją” — zamiast atm winno być atm.



Rys. 8



# Szkło jako materiał zastępczy do wyrobu sprawdzianów stałych

666.11:621.753.3

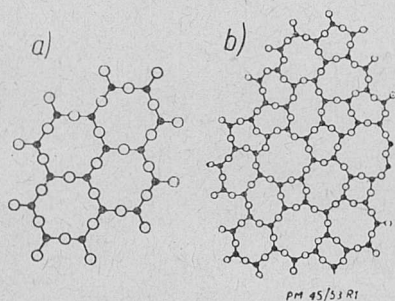
Mgr inż. JERZY CHUDZINSKI

Przeprowadzone próby i badania wykazują, że jako materiał zastępczy dla wyrobu sprawdzianów stałych może być użyte szkło.

Sprawdziany stałe wykonane ze szkła, w porównaniu ze sprawdzianami stalowymi są ekonomiczniejsze w użyciu, zarówno przy zastosowaniu ich do sprawdzania elementów i zespołów wytwarzanych masowo jak i serijnie. Czas i koszt wytwarzania sprawdzianów szklanych jest w przybliżeniu o 50% mniejszy, aniżeli sprawdzianów stalowych, ponadto wprowadzenie sprawdzianów szklanych pozwala zaoszczędzić stal zużywaną do wyrobu sprawdzianów i stal narzędziową do ich obróbki.

W artykule podano: skład chemiczny szkła stosowanego do wyrobu sprawdzianów, własności fizyczne i chemiczne szkła technicznego jako materiału do wyrobu sprawdzianów, rodzaje sprawdzianów szklanych, konstrukcja, metody wyrobu i obróbka sprawdzianów szklanych, wyniki prób pracy sprawdzianów szklanych, wnioski.

Szkło, jako tworzywo, różni się od innych ciał stałych, w których atomy nie mogą zmieniać wzajemnego położenia, tym, że nie posiada struktury krystalicznej. Schematyczne przedstawienie różnicy pomiędzy strukturą krystaliczną, a strukturą szkła, podane jest na rys. 1. Z powyższych schematów widoczne jest, że w cząsteczce szkła krzemowego atomy krzemu (Si) i tlenu (O) nie tworzą regularnej siatki przestrzennej, a jego skład chemiczny nie może być określony wzorem chemicznym.



Rys. 1. Schematyczne przedstawienie w dwóch wymiarach różnicy między strukturą kryształu a) i szkła b). Punkty zaczernione przedstawiają atomy krzemu, a punkty nie zaczernione — atomy tlenu.

## Skład chemiczny szkła

Do wyrobu sprawdzianów szklanych zastosowano gatunki szkła borokrzemowego i flintu, których skład chemiczny podany jest w tablicy I.

TABLICA I.

| Lp. | Gatunek szkła:   | SiO <sub>2</sub> | B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | PbO  | ZnO |
|-----|------------------|------------------|-------------------------------|-------------------|------------------|--------------------------------|------|-----|
| 1   | Borokrzemowe I   | 71,0             | 14,0                          | 10,0              | —                | 5,0                            | —    | —   |
| 2   | Borokrzemowe II  | 69,6             | 14,0                          | 8,0               | 3,0              | 8,0                            | —    | —   |
| 3   | Borokrzemowe III | 68,2             | 10,0                          | 10,0              | 9,5              | —                              | —    | 2,0 |
| 4   | Flint (lekki)    | 53,7             | —                             | 1,0               | 8,3              | —                              | 36,6 | —   |
| 5   | Flint (zwykły)   | 46,6             | —                             | 1,5               | 7,8              | —                              | 43,3 | —   |

Podstawowym surowcem do wyrobu szkła jest piasek kwarcowy, zawierający w zależności od gatunku do 95% krzemu (Si). Im większa jest w piasku zawartość krzemu, tym lepsza jest jego jakość. Zazwyczaj w skład piasku wchodzi domieszki nieszkodliwe w postaci tlenków glinu (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), wapnia (CaO), magnezu (MgO), sodu (Na<sub>2</sub>O), potasu (K<sub>2</sub>O). Domieszki tlenków żelaza (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) i (FeO) są zaliczane do szkodliwych, ponieważ obecność ich w masie szklanej powoduje jej zabarwienie na kolor zielony. Piasek przeznaczony do wyrobu szkła technicznego nie powinien zawierać więcej niż 0,02 do 0,05% tlenków żelaza.

Tlenek boru (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) nadaje szklowi cały szereg cennych własności, a mianowicie: przyspiesza proces gotowania szkła, powoduje rzadkoplanność masy szklanej, zwiększa chemiczną i cieplną stałość szkła; ponadto zawartość w masie szklanej około 15% tlenków boru przyczynia się do zwiększenia twardości szkła do wielkości odpowiadającej Nr 8 wg skali Mohsa, zwiększa jego odporność na ścieralność i obniża współczynnik rozszerzalności cieplnej.

Tlenek boru wprowadza się do masy szklanej w postaci kwasu bornego (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 3H<sub>2</sub>O), lub boraksu (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> · 10H<sub>2</sub>O).

Tlenki sodu (Na<sub>2</sub>O) i potasu (K<sub>2</sub>O) wpływają na zwiększenie współczynnika rozszerzalności cieplnej (α). Tlenek sodu

wprowadza się w postaci sody (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), a tlenek potasu w postaci potasu (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>).

Tlenek glinu (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dodaje się do masy szklanej w ilości około 3% celem obniżenia skłonności masy szklanej do krystalizacji i zwiększenia chemicznej i cieplnej stałości szkła. Zawartość tlenku glinu powyżej 3% zwiększa lepkość masy szklanej i przyspiesza jej stygnięcie.

Tlenek ołowiu (PbO) dodany do masy szklanej w ilości poniżej 30% nadaje szklowi blask i zwiększa współczynnik załamania światła.

## Własności fizyczne i chemiczne szkła

Zakres własności fizycznych gatunków szkła podany jest w tablicy II. Tablica ta pokazuje przybliżone minimalne i maksymalne wartości.

TABLICA II.

| Własność                                          | Zakres wartości                                         |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Gęstość                                           | 2,125 ÷ 2,120 g/cm <sup>3</sup>                         |
| Współczynnik sprężystości podłużnej (E)           | 457000 ÷ 880000 kG/cm <sup>2</sup>                      |
| Wytrzymałość na ściskanie (σ <sub>c</sub> )       | 6300 ÷ 12670 kG/cm <sup>2</sup>                         |
| Wytrzymałość na rozciąganie (σ <sub>r</sub> )     | 280 ÷ 70300 kG/cm <sup>2</sup>                          |
| Liniowy współczynnik rozszerzalności cieplnej (α) | 5 · 10 <sup>-7</sup> ÷ 140 · 10 <sup>-7</sup> cm/cm °C. |
| Współczynnik przewodzenia ciepła (λ)              | 0,0018 ÷ 0,0028 cal/cm °C sek.                          |
| Punkt mięknięcia                                  | 440 ÷ 890 °C.                                           |
| Oporność objętościowa                             | 10 <sup>8</sup> ÷ 10 <sup>10</sup> ohm/cm <sup>3</sup>  |
| Stała dielektryczna                               | 3,7 ÷ 16,5                                              |
| Współczynnik załamania światła                    | 1,467 ÷ 2,179                                           |

symalne wartości liczbowe szeregu własności fizycznych szkła technicznego w ogóle, z której widocznie jest w jak szerokim zakresie są one zawarte. Jasne jest, że nie ma takiego gatunku szkła, dla którego wszystkie wartości byłyby minimalne lub wszystkie — maksymalne.

Gęstość szkła stosowanego do wyrobu sprawdzianów wynosi średnio 2,4 — 2,5 g/cm<sup>3</sup>, a stali — 7,8 g/cm<sup>3</sup>, czyli, że gęstość szkła do wyrobu sprawdzianów jest w przybliżeniu trzykrotnie mniejsza niż stali.

Współczynnik sprężystości podłużnej (E) szkła na sprawdziany wynosi średnio 703000 kG/cm<sup>2</sup>, a stali — 2110000 kG/cm<sup>2</sup>, a więc współczynnik sprężystości szkła jest w przybliżeniu trzykrotnie mniejszy niż stali.

Granica wytrzymałości na rozciąganie (σ<sub>r</sub>) szkła na sprawdziany, w postaci prętów, waha się w granicach 600 ÷ 850 kG/cm<sup>2</sup>, a na ściskanie (σ<sub>c</sub>) — około 7000 ÷ 10000 kG/cm<sup>2</sup>, tj. w przybliżeniu 8 ÷ 10 razy większa niż na rozciąganie.

Twardość szkła jest zależna od jego składu chemicznego i wynosi w skali Mohsa od Nr 6 do Nr 8. Największą twardość z omawianych gatunków szkła posiada szkło borokrzemowe. Obecnie twardość szkła określa się aparatem Zeissa na podstawie szerokości rysy wykonanej na płycie szklanej ze szkła badanego ostrzem diamentowego rysika w kształcie stożka, posiadającego kąt wierzchołkowy 90°, lub na podstawie straty ciężaru próbki szklanej obrabianej szlifowaniem w ciągu określonego czasu, przy stałej ilości obrotów i docisku tarczy ścierniej. Twardość, mierzona aparatem Zeissa dla szkła odpowiada obciążeniu rysika 57 G, a dla stali hartowanej — 53 G, czyli że w porównaniu ze stalą hartowaną szkło wykazuje większą twardość.

Szkło jest materiałem wyjątkowo kruchym. Kruchość szkła zależy od jego składu chemicznego. Zmniejszenie kruchości szkła uzyskuje się przez dodanie do masy szklanej tlenków,

a mianowicie: boru do 15%, glinu do 5 ÷ 6% i magnezu do 8 ÷ 10%.

Liniiowy współczynnik rozszerzalności cieplnej szkła ( $\alpha$ ), stosowanego do wyrobu sprawdzianów szklanych w zakresie od 0 do + 3000°C, i dla porównania stali hartowanej, podany jest w tablicy III.

TABLICA III.

| Gatunek szkła  | Współczynnik rozszerzalności cieplnej ( $\alpha$ ) 10 <sup>-7</sup> cm/cm °C |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Borokrzemowe   | 50 ÷ 60                                                                      |
| Flint          | 70 ÷ 80                                                                      |
| Stal hartowana | 120                                                                          |

Na zwiększenie współczynnika rozszerzalności cieplnej wpływają tlenki zasadowe (Na<sub>2</sub>O i K<sub>2</sub>O), a na obniżenie — tlenek boru w ilości około 15%.

Ciepło właściwe omawianych gatunków szkła podane jest w tablicy IV. Tlenek ołowiu (PbO) dodany do masy szklanej powoduje obniżenie ciepła właściwego szkła, a tlenek boru (Ba<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) — zwiększenie.

TABLICA IV.

| Gatunek szkła | Ciepło właściwe cal/g°C. |
|---------------|--------------------------|
| Borokrzemowe  | 0,20                     |
| Flint         | 0,14                     |

Współczynnik przewodzenia ciepła ( $\lambda$ ) szkła wynosi orientacyjnie 0,0018 cal/cm. °C. sek, a stali — 0,103 cal/cm. °C. sek.

Odporność cieplna szkła, tj. nieuleganie uszkodzeniu na skutek raptownych zmian temperatury otoczenia, jest stosunkowo mała i zależy od następujących własności fizycznych szkła: współczynnika rozszerzalności cieplnej, granicy wytrzymałości na rozzerwanie, współczynnika sprężystości podłużnej i współczynnika przewodzenia ciepła.

Odporność chemiczna szkła na działanie wilgoci zawartej w powietrzu, wody, roztworów kwasów i zasad, jest zależna od składu chemicznego szkła. Duża zawartość tlenków krzemu (SiO<sub>2</sub>), tlenków glinu powyżej 18%, tlenków boru nie więcej aniżeli 12% i małe ilości tlenków cynku przyczyniają się do zwiększenia odporności chemicznej szkła. Działanie wilgoci zawartej w powietrzu, wody, roztworów zasad i kwasów na powierzchnię szkła, powoduje że pewna część szkła ulega uszkodzeniu, a jego składniki przechodzą do roztworu, i w ten sposób powierzchnia szkła staje się matowa i mętna. Roztwory zasadowe działają na szkło w stopniu silniejszym aniżeli roztwory kwasów, woda i wilgoć zawarta w powietrzu.

**Zasadnicze zalety szkła technicznego jako materiału zastępczego do wyrobu sprawdzianów stałych**

Jak było uprzednio zaznaczone, szkło jest materiałem nadzwyczaj kruchym, dzięki czemu sprawdziany szklane nie ulegają odkształceniom trwałym. Sprawdzian stalowy po upadku lub uderzeniu w wyniku nieostrożnego obchodzenia się z nim może ulec odkształceniu trwałemu i w związku z tym pomiar dokonywany takim sprawdzianem będzie wadliwy. Ponadto, świadomość że szkło jest materiałem kruchym, zmusza posługującego się do ostrożnego obchodzenia się ze sprawdzianami szklanymi.

Szkło, jako zły przewodnik ciepła, posiada przewagę nad stalą używaną do wyrobu sprawdzianów stalowych, ponieważ ciepło ręki posługującego się sprawdzianem wykonanym ze szkła nie wpływa na zmianę wymiarów sprawdzianu w tym stopniu jak to ma miejsce przy sprawdzianach stalowych.

Przezroczystość szkła ułatwia dokonywanie pomiarów sprawdzianem wykonanym ze szkła, a zwłaszcza podczas sprawdzania otworów.

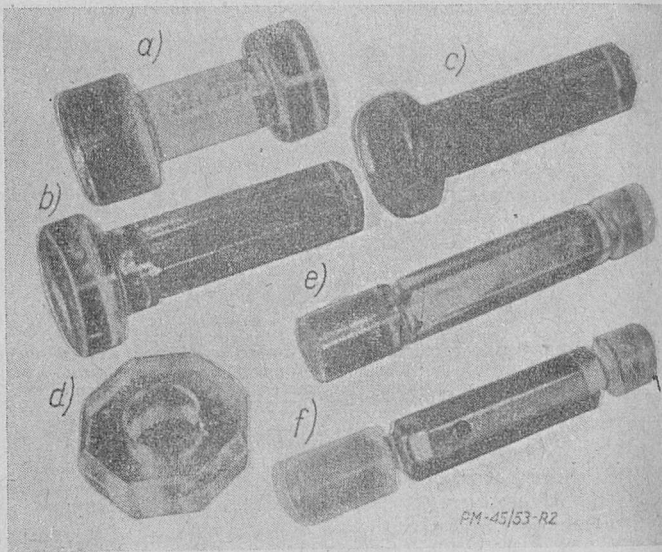
Odporność szkła na tworzenie się rys na jego powierzchni jest dużo większa, aniżeli stali hartowanej. W przypadku zarysowania powierzchni szklanej, po obu stronach rysy nie występuje zjawisko wzniesienia materiału w sposób jak to ma miejsce przy zarysowaniu powierzchni stalowej i dlatego rysy na szkłe są czyste, a pozostała sąsiadująca bezpośrednio z rysą powierzchnia jest nienaruszona. Sprawdziany szklane nadają się do użytku nawet wówczas, gdy ich powierzchnia robocza jest bardzo porysowana.

Odporność szkła na ścieralność jest w przybliżeniu półtora-krotnie większa aniżeli stali hartowanej. Zużycie powierzchni roboczej sprawdzianu szklanego jest zależne w dużo większym stopniu od własności fizycznych materiałów trących się, docisku ich powierzchni i szybkości pocierania, niż w przypadku sprawdzianów stalowych. Gatunki szkła borokrzemowego są trzykrotnie odporniejsze na ścieralność aniżeli szkło okienne lub butelkowe. Powolne pocieranie powoduje zeszlifowanie warstewki szkła z jego powierzchni w postaci drobnego pyłu, który wypełnia rysy i przylega do ścieranej powierzchni, ponadto w związku z tworzeniem rys na powierzchni szkła powstaje luźny drobny pył szklany. Przy szybkim pocieraniu powierzchni szkła powstaje ciepło, które powoduje zmiękczenie zarówno krawędzi rys na powierzchni rysującej jak i rysowanej, w zależności od temperatury mięknięcia danego materiału.

Ponieważ szkło w bardzo małym stopniu ulega niszczeniu działaniu wilgoci zawartej w powietrzu, sprawdziany szklane nie wymagają konserwacji.

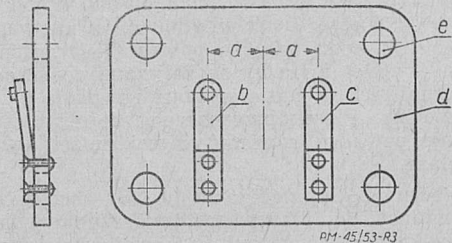
**Rodzaje sprawdzianów szklanych**

Dotychczas zostały wyprodukowane i zastosowane praktycznie następujące rodzaje sprawdzianów szklanych: a) tłoczkowe dwugraniczne, b) tłoczkowe jednograniczne, c) pierścieniowe, d) szczękowe, e) kształtowe. Na rys. 2 podane są spraw-



Rys. 2. Sprawdziany szklane.

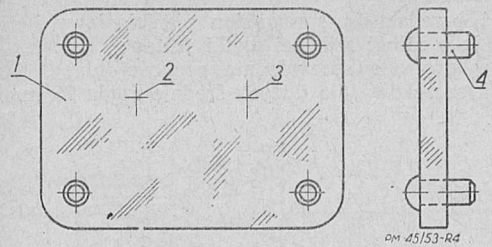
dziany szklane, które znalazły praktyczne zastosowanie w przemyśle metalowym, a mianowicie: a — sprawdzian tłoczkowy dwugraniczny o średnicy 55 mm, b — sprawdzian tłoczkowy jednograniczny przechodni, c — sprawdzian tłoczkowy jednograniczny nieprzechodni, d — sprawdzian pierścieniowy, e — sprawdzian tłoczkowy dwugraniczny dla otworów o średnicy 15 mm, f — sprawdzian tłoczkowy dwugraniczny składający się z chwytu z masy plastycznej, w którym osadzone są na stojkach szklane elementy robocze.



Rys. 3. Pokrywa bakelitowa wraz ze zmontowanymi stykami.

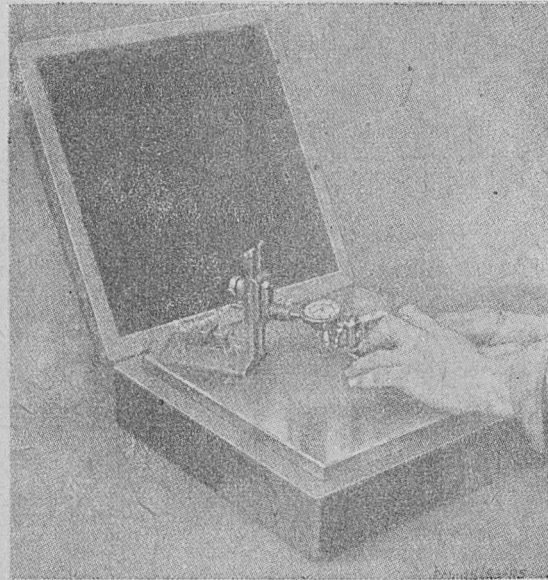
Dalszym przykładem zastosowania szkła do wyrobu narzędzi pomiarowych są sprawdziany ze szkła przeznaczone do sprawdzania drobnych zmontowanych zespołów produkowanych masowo lub seryjnie, np. w przemyśle elektrotechnicznym, radiowym itp. Jako przykład na rys. 4 podany jest sprawdzian szklany stosowany przy sprawdzaniu właściwego zmontowania styków b i c na pokrywie z bakelitu d (rys. 3). Wspomniany spr-





Rys. 4. Sprawdźnik szklany do sprawdzania właściwego zmontowania styków na pokrywie bakelitowej.

wdzian (rys. 4) składał się z płytki szklanej 1, na której zostały naniesione we właściwym położeniu krzyżujące się rysy 2 i 3 w miejscu odpowiadającym właściwemu położeniu styków, oraz metalowych kołków środkujących 4 osadzonych w płycie szklanej w miejscach odpowiadających otworom e w pokrywie z bakelitu.

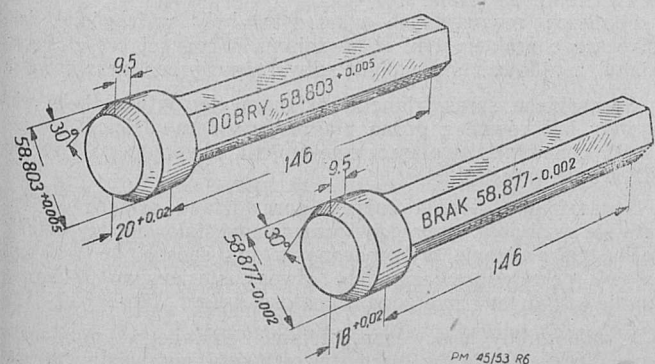


Rys. 5. Szklana płyta traserska.

Sprawdzanie właściwego zmontowania styków na pokrywie odbywało się w ten sposób, że opisany sprawdźnik szklany osadzono na pokrywie z bakelitu d tak, aby kołki środkujące weszły do otworów w pokrywie z bakelitu. W tym przypadku styki b i c przyciskane przez szklaną płytkę zajmowały położenie poziome, a przezroczysta płytka sprawdzianu umożliwiała dokonanie obserwacji, czy styki zajmują położenie odpowiadające rysom na płycie.

Tego rodzaju sprawdziany funkcyjne wykonane ze szkła mogą oddać nieocenione usługi i są niejednokrotnie niezastąpione.

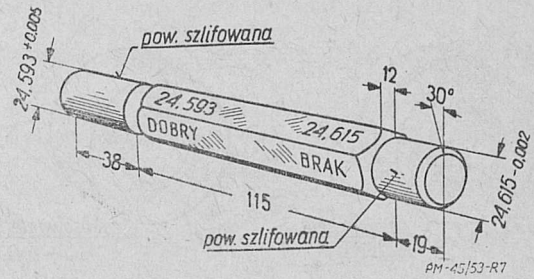
Zakres zastosowania szkła do wyrobu narzędzi pomiarowych może być rozszerzony, np. do wyrobu płyt traserskich (rys. 5). Szklane płyty traserskie w porównaniu z płytami traserskimi z żeliwa mają tę zaletę, że są tańsze, lżejsze i nie podlegają działaniu korozyj, a więc nie wymagają konserwacji. Dokładność powierzchni roboczej szklanych płyt traserskich jest znacznie większa aniżeli żeliwnych.



Rys. 6. Szklane sprawdziany tłoczkowe jednograniczne.

### Metody wyrobu sprawdzianów szklanych

Obecnie są stosowane trzy metody wyrobu sprawdzianów szklanych, a mianowicie: pierwsza metoda polega na obróbce cięciem i szlifowaniem pręta lub płyty szklanej, w ten sposób aby uzyskać żądany kształt i powierzchnie robocze sprawdzianu; druga — na odlewaniu sprawdzianu w formie celem nadania

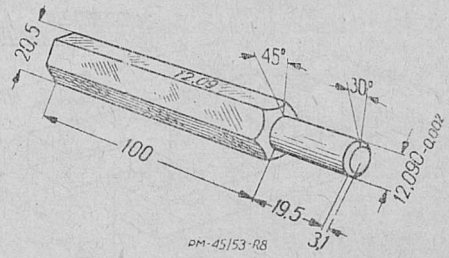


Rys. 7. Szklany sprawdzian tłoczkowy dwugraniczny.

mu odpowiednich kształtów i obróbce szlifowaniem powierzchni roboczych sprawdzianu na wymiar; trzecia — na odlewaniu sprawdzianów w specjalnych formach w ten sposób, że powierzchnie robocze nie poddaje się żadnej obróbce, gdyż są one wykonane na żądany wymiar.

### Konstrukcja sprawdzianów szklanych

Na rys. 6 podane są wymiary sprawdzianów szklanych jednogranicznych tłoczkowych o średnicy nominalnej 58 mm, wykonanych jako jednolite. Charakterystyczną cechą tłoczkowych sprawdzianów szklanych jest zukosowanie krawędzi tłoczka od strony wprowadzania sprawdzianu do mierzonego otworu celem ułatwienia jego wprowadzenia do otworu. Na płaskiej powierzchni chwytu sprawdzianu trawione są znaki charakteryzujące sprawdzian. Chwyt sprawdzianu wykonuje się o przekroju



Rys. 8. Szklany sprawdzian tłoczkowy jednograniczny.

sześciokątnym, co zapobiega toczeniu się sprawdzianu po stole. Powierzchnię chwytu zazwyczaj matuje się celem uniknięcia wyslizgiwania się sprawdzianu z ręki dokonującego pomiaru.

Rys. 7 przedstawia dwugraniczny sprawdzian tłoczkowy wykonany ze szkła. Średnica nominalna sprawdzianu 25 mm. Średnica chwytu mierzona pomiędzy dwiema przeciwległymi powierzchniami jest większa od średnicy tłoczków sprawdzianu, dzięki czemu unika się toczenia się sprawdzianu po stole. Na rys. 8 podane są wymiary jednogranicznego sprawdzianu tłoczkowego o średnicy nominalnej 12 mm. W tablicy V podane są

TABLICA V  
Zasadnicze wymiary tłoczkowych sprawdzianów szklanych

The diagram shows a side view of a glass test piece with a central neck. Dimensions are indicated as follows: A is the total length of the left flange; B is the distance from the left edge to the start of the neck; C is the length of the neck; A1 is the total length of the right flange; B1 is the distance from the right edge to the start of the neck; C1 is the length of the neck. The word 'Uchwyt' (Grip) is written in the center of the neck.

Strona przechodnia

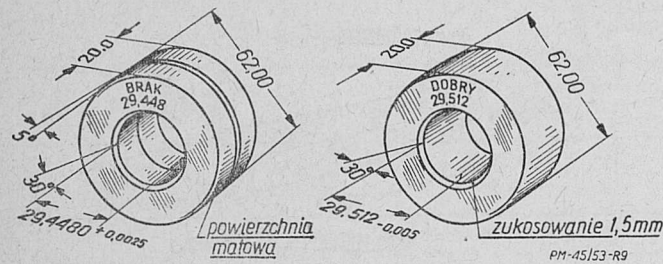
Strona nieprzechodnia

PM-45/53-TV

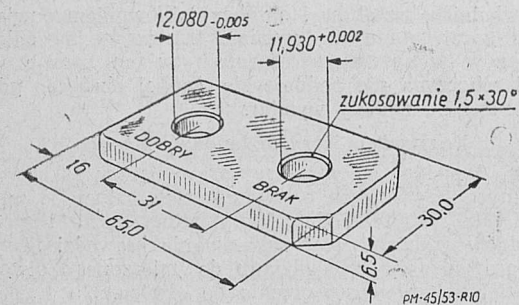
| Lp. | Zakres średnic |       | Zasadnicze wymiary sprawdzianu strona przechodnia |      |      |      |       | Zasadnicze wymiary sprawdzianu strona nieprzechodnia |                |                |                |       |
|-----|----------------|-------|---------------------------------------------------|------|------|------|-------|------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-------|
|     | od mm          | do mm | A                                                 | B    | C    | D    |       | A <sub>1</sub>                                       | B <sub>1</sub> | C <sub>1</sub> | D <sub>1</sub> |       |
|     |                |       |                                                   |      |      | min. | maks. |                                                      |                |                | min.           | maks. |
| 1   | 9              | 13    | 57,2                                              | 32,7 | 19,0 | 7,84 | 7,87  | 41,2                                                 | 15,9           | 19,0           | 7,84           | 7,87  |
| 2   | 13             | 17    | 63,6                                              | 38,1 | 19,0 | 10,3 | 10,4  | 44,4                                                 | 19,0           | 19,0           | 10,3           | 10,4  |
| 3   | 17             | 21    | 63,6                                              | 38,1 | 19,0 | 10,3 | 10,4  | 44,4                                                 | 19,0           | 19,0           | 10,3           | 10,4  |
| 4   | 21             | 25    | 73,1                                              | 27,0 | 22,2 | 15,4 | 15,5  | 54,0                                                 | 23,8           | 22,2           | 15,4           | 15,5  |
| 5   | 25             | 29    | 73,1                                              | 27,0 | 22,2 | 15,4 | 15,5  | 54,0                                                 | 23,8           | 22,2           | 15,4           | 15,5  |

zasadnicze wymiary tłoczkowych sprawdzianów szklanych osadzanych za pomocą stożka w chwycie z masy plastycznej.

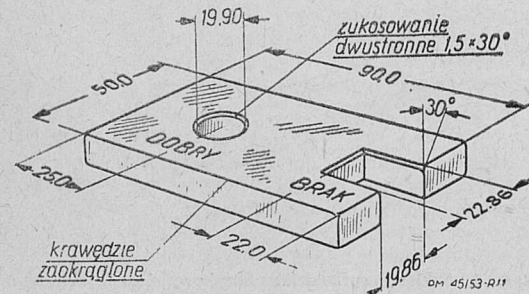
Na rys. 9 podane są wymiary jednogranicznych sprawdzianów pierścieniowych o średnicy nominalnej 12 mm. Krawędzie otworu roboczego sprawdzianu są z obu stron płytki zukosowane, co zapobiega wykruszaniu się ich podczas dokonywania pomia-



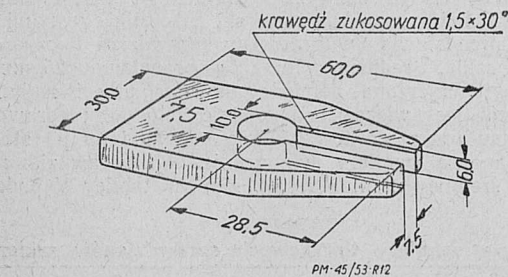
Rys. 9. Szklane sprawdziany pierścieniowe jednograniczne.



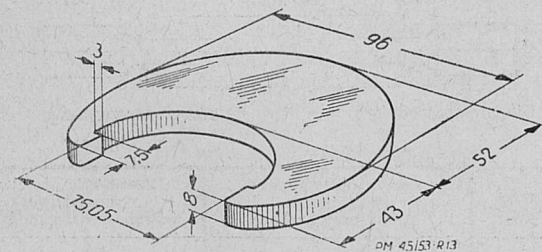
Rys. 10. Szklany sprawdzian pierścieniowy dwugraniczny.



Rys. 11. Szklany sprawdzian pierścieniowy i szczękowy.



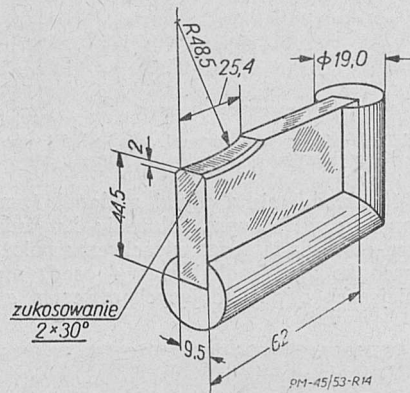
Rys. 12. Szklany sprawdzian szczękowy dla sprawdzania grubości blach.



Rys. 13. Szklany sprawdzian szczękowy dla dużych średnic, rzędu 75 mm.

rów. Na powierzchni płytki są trawione znaki charakteryzujące sprawdzian. Zewnętrzna powierzchnia sprawdzianu jest matowana, a krawędzie zukosowane pod kątem 50°. Na rys. 10 przedstawiony jest sprawdzian pierścieniowy dwugraniczny. Zewnętrzne krawędzie płytki są zukosowane, a powierzchnia matowana.

Rys. 11 przedstawia sprawdzian pierścieniowy i szczękowy, wykonany jako całość z jednej płytki szklanej. Rys. 12 — sprawdzian szczękowy dla sprawdzania grubości blach. Rys. 13 — sprawdzian szczękowy dla dużych średnic rzędu 75 mm.

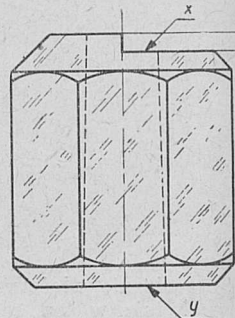


Rys. 14. Szklany sprawdzian kształtu.

Na rys. 14 podane są wymiary sprawdzianu kształtu. Celem ułatwienia uchwytowania sprawdzianu podczas dokonywania pomiarów, element szklany jest osadzony w oprawie z masy plastycznej.

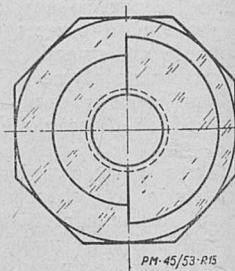
### Obróbka sprawdzianów szklanych

Obróbka sprawdzianów szklanych polega w zasadzie na obróbce mechanicznej szkła cięciem i szlifowaniem przy pomocy szlifierek precyzyjnych tarczami ściernymi o średnicy około 300 mm i szerokości 25 mm z węglika krzemu, ziarnistości 60–80 dla obróbki zgrubnej i 180 dla wykańczającej. Szybkość obrotową tarczy ścierniej przyjmuje się około 1800 metrów na minutę. Gładkość powierzchni roboczej sprawdzianu szklanego uzyskuje się podczas ostatnich pięciu do sześciu przejść tarczy ścierniej bez zmiany jej ustawienia, z jednoczesnym użyciem wody jako chłodziwa. W ten sposób powierzchnie robocze sprawdzianów mogą być szlifowane na wymiar z dokładnością do 1,25 µ.



### Wynik próby pracą sprawdzianów szklanych

W jednym z laboratoriów w Anglii, przed wprowadzeniem pewnego rodzaju sprawdzianów szklanych, przeprowadzono próbę pracą tymi sprawdzianami. W omawianym przypadku były to sprawdziany pierścieniowe (rys. 15), przeznaczone do sprawdzania stalowych elementów w kształcie stożka (rys. 16a). Użyte do próby pracą sprawdziany szklane posiadały zewnętrzny kształt ośmiokątny, co zapobiegało toczeniu się sprawdzianu po stole. Na jednej z bocznych zewnętrznych płaszczyzn były wytrawione dane dotyczące charakterystyki sprawdzianu. W górnej części sprawdzianu znajdował się stopień utworzony przez zeszlifowanie.



Rys. 15. Szklany sprawdzian pierścieniowy.

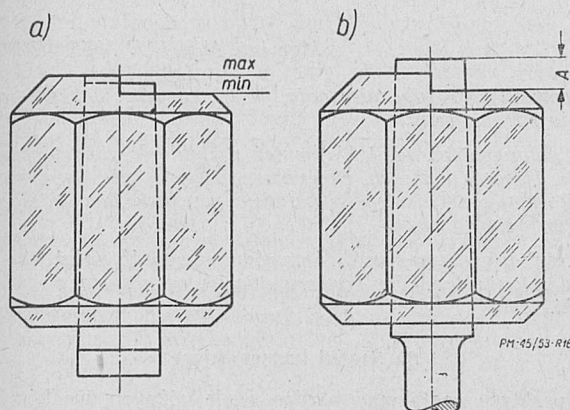
Sprawdzane sprawdzianem szklanym elementy stalowe winny być równe z górną płaszczyzną sprawdzianu, lub wystawać ponad niższą płaszczyznę stopnia utworzonego przez zeszlifowanie (rys. 16b).

Sprawdzanie stopnia zużycia sprawdzianu szklanego odbywało się przy pomocy przeciw sprawdzianu stalowego w kształcie stożka. Sprawdzanie wykonywano w ten sposób, że wkładano stalowy przeciw sprawdzian do otworu stożkowego w sprawdzianie szklanym i mierzono odległość A (rys. 16b).

Wyniki próby pracy sprawdzianu szklanego porównano z wynikami pomiarów przeprowadzonych sprawdzianem stalowym.



W czasie wykonywania pomiarów zarówno sprawdzianem szklanym, jak i stalowym zwrócono baczna uwagę na utrzymanie stałej temperatury w izbie pomiarowej, która to temperatura wynosiła  $19,0^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ .



Rys. 16. a) — sprawdzanie elementu stalowego sprawdzianem szklanym, b) — sprawdzanie sprawdzianu szklanego przeciw sprawdzianem stalowym.

Wyniki próby pracy sprawdzianu szklanego są podane w tablicy VI a sprawdzianu stalowego — w tablicy VII.

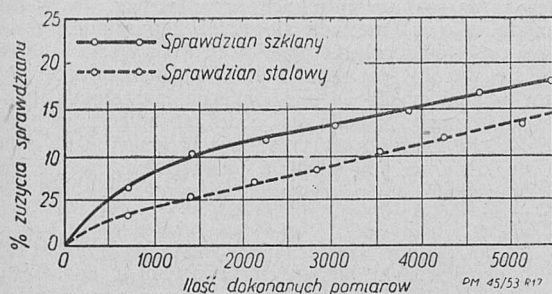
TABLICA VI.

| Ilość pomiarów | Wymiar $A$ mm | $\Delta A$ mm | % zużycia | Uwagi                                                                                                           |
|----------------|---------------|---------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0              | 0,036         | 0             | 0         |                                                                                                                 |
| 700            | 0,051         | 0,015         | 6,28      |                                                                                                                 |
| 1450           | 0,061         | 0,025         | 10,48     | Lekkie odlupanie krawędzi x, rys. 15. Lekkie odlupanie na krawędzi y. Otwór stożkowy lekko porysowany, rys. 15. |
| 2250           | 0,064         | 0,028         | 11,50     | Rysy i odlupania na krawędziach x i y zwiększone, rys. 15.                                                      |
| 3050           | 0,066         | 0,030         | 12,59     | Pierścieniowe rysy w odległości 6 mm od krawędzi y, rys. 15.                                                    |
| 3900           | 0,071         | 0,035         | 14,65     |                                                                                                                 |
| 4700           | 0,076         | 0,040         | 16,78     |                                                                                                                 |
| 5500           | 0,079         | 0,043         | 17,80     |                                                                                                                 |

TABLICA VII

| Ilość pomiarów | $A$ mm | $\Delta A$ mm | % zużycia | Uwagi                                                                                                  |
|----------------|--------|---------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0              | 0,104  | 0             | 0         |                                                                                                        |
| 710            | 0,112  | 0,008         | 3,14      |                                                                                                        |
| 1435           | 0,127  | 0,023         | 5,22      | Brak jakiegokolwiek rys i zadrapań na powierzchni roboczej sprawdzianu.                                |
| 2150           | 0,132  | 0,028         | 7,31      | Wewnętrzna część stożkowej powierzchni miejscami bardziej wypolerowana na skutek używania sprawdzianu. |
| 2900           | 0,134  | 0,030         | 8,39      |                                                                                                        |
| 3500           | 0,137  | 0,033         | 10,45     |                                                                                                        |
| 4250           | 0,142  | 0,038         | 11,52     |                                                                                                        |
| 5100           | 0,144  | 0,040         | 12,59     |                                                                                                        |

Porównanie danych liczbowych uzyskanych przy próbie pracą sprawdzianem szklanym i stalowym przedstawione jest na wykresie (rys. 17).



Rys. 17. Wykres zużycia sprawdzianu szklanego i stalowego.

Krzywa zużycia sprawdzianu szklanego wykazuje, że stałe co do wielkości zużycie sprawdzianu wystąpiło po dokonaniu 1500 pomiarów, co stanowi 10,25% jego trwałości, przyjmując, że dopuszczalne zwiększenie średnicy otworu mogło wynosić  $+ 0,0127$  mm. Natomiast stałe zużycie sprawdzianu stalowego wystąpiło po dokonaniu około 500 pomiarów, co stanowi 2,75% trwałości sprawdzianu.

Z nachylenia obu krzywych zużycia sprawdzianów można określić, że trwałość sprawdzianu szklanego umożliwia wykonanie 47 000 pomiarów, a sprawdzianem stalowym — 44 000 pomiarów.

### Wnioski

Na podstawie dotychczas przeprowadzonych badań i prób w Ameryce i w Angli w okresie od 1940 do 1946 roku, jako też i praktyki zastosowania, można stwierdzić, że wprowadzenie sprawdzianów stalowych wykonanych ze szkła pozwala zaoszczędzić:

- 1) stal używaną do wyrobu stalowych sprawdzianów stalowych;
- 2) stal narzędziową używaną do obróbki sprawdzianów stalowych;
- 3) maszyno-godziny zużyte na obróbkę sprawdzianów stalowych;
- 4) roboczo-godziny zużywane przy obróbce skrawaniem, cieplnej i wykańczającej sprawdzianów stalowych;
- 5) czas wykonania sprawdzianów szklanych jest o około 60% mniejszy aniżeli dla sprawdzianów stalowych;
- 6) koszt wykonania sprawdzianów szklanych jest o 50% mniejszy aniżeli dla sprawdzianów stalowych;
- 7) duże ilości smaru zużywanego dla konserwacji sprawdzianów stalowych, ponieważ sprawdziany szklane nie są narażone na działanie atmosferyczne, a więc czyszczenie ich i ponowne smarowanie po każdorazowym użyciu celem zakonserwowania jest zbędne.

Ponadto w porównaniu ze sprawdzianami stalowymi, sprawdziany szklane wykazują szereg następujących zalet:

- a) sam fakt, że sprawdziany są wykonane ze szkła, zmusza posługującego się do ostrożnego obchodzenia się z nimi;
- b) przewodnictwo cieplne szkła jest znacznie mniejsze aniżeli stali, dzięki czemu zmiana temperatury otoczenia, jak również ciepło osoby dokonywającej pomiaru nie jest szybko przewodzone przez szkło i nie wpływa na zmianę wymiarów sprawdzianu szklanego, a tym samym i na wynik dokonywanych pomiarów;
- c) przezroczystość szkła ułatwia dokonywanie pomiarów przy pomocy sprawdzianów szklanych;
- d) rysy na powierzchni sprawdzianu szklanego powstałe podczas posługiwania się sprawdzianem, nie wpływają i nie zmieniają własności pomiarowych sprawdzianu;
- e) sprawdziany szklane nie wykazują skłonności do zacinania się w sposób, jak to ma niejednokrotnie miejsce podczas dokonywania pomiarów sprawdzianami stalowymi;
- f) sprawdziany szklane są bardziej odporne na ścieralność aniżeli sprawdziany stalowe;
- g) sprawdziany szklane są prawie trzykrotnie lżejsze od sprawdzianów stalowych, dzięki czemu posługiwanie się sprawdzianami szklanymi o dużych wymiarach jest łatwiejsze aniżeli stalowymi;
- h) sprawdziany szklane są ekonomiczniejsze w porównaniu ze sprawdzianami stalowymi, zarówno przy zastosowaniu ich do sprawdzania elementów wytwarzanych seryjnie, jak i masowo.

Biorąc pod uwagę wymienione zalety szkła, jako materiału zastępczego dla wyrobu sprawdzianów stalowych, oraz istnienie rozbieżności w opinii co do ekonomiczności ich wyrobu, wydaje się celowe przystąpić do przeprowadzenia badań i prób mających na celu wybór odpowiedniego gatunku szkła produkowanego w kraju, nadającego się do wyrobu sprawdzianów szklanych, opanowanie metod wyrobu i uzyskanie wyników próby pracą sprawdzianami szklanymi. Otrzymane w ten sposób dane pozwolą na zaopiniowanie zarówno z punktu widzenia technicznego, jak i ekonomicznego, przydatności i celowości wprowadzenia sprawdzianów szklanych zamiast stalowych<sup>1)</sup>.

### Literatura

- Alford L. P., Production Handbook, Glass Precision Gages.  
Colvin and Stanley, American Machinists' Handbook, Glass Gages. Engineer 1943. No 14. Glass for Gauges.  
Judge A. W., Engineering Precision Measurement. Glass for Gauges. Machinery 1945. Transparent Glass Template Gauge.  
Machinery 1946. Glass for Routine Inspection.  
Phillips C. J., Glass the Miracle Maker.  
Szkolnikow J. A., Technologia Stieklanego Proizводства.  
Transactions, Instruments and Measurements Conference, Stockholm 1947. „Über Glasmesslehren“.

1) Przy tych próbach należałoby też zwrócić uwagę na niewątpliwą wadę sprawdzianów szklanych — współczynnik rozszerzalności cieplnej szkła odbiegający znacznie od współczynnika rozszerzalności cieplnej stali. Stąd konieczność zachowania jednolitej temperatury, jak najbardziej zbliżonej do temperatury odniesienia (przyp. red.).

# Czasowe zabezpieczenie maszyn i narzędzi stalowych przed korozją

621.191.2:669.14

Mgr inż. MARIAN MYRONOWICZ

*Czasowe środki konserwujące znalazły szerokie zastosowanie do zabezpieczania przed korozją maszyn, narzędzi i wielu przedmiotów ze stali w okresie magazynowania i transportu.*

*Różnorodność czynników korozyjnych oraz sposobów magazynowania, jak również rozmaitość zabezpieczanych wyrobów stwarza konieczność stosowania różnych środków konserwacyjnych. Dotychczas powszechnie stosuje się do tego celu różnego rodzaju smary, oleje mineralne z inhibitorami oraz lakiery. W ostatnich czasach zaczęto wprowadzać powłoki z mas plastycznych i inhibitory działające w fazie gazowej.*

*Na całokształt dobrej konserwacji wpływa nie tylko rodzaj użytego środka, lecz również sposób nałożenia, opakowania oraz magazynowania. Skuteczność ochronnego działania środków konserwujących ocenia się za pomocą metod laboratoryjnych dobranych do charakteru powłoki.*

## 1. Wstęp

Wiele maszyn, części zamiennych i innych precyzyjnych wyrobów stalowych ulega zniszczeniu wskutek korozji w okresie magazynowania i transportu. Część powierzchni tych wyrobów zabezpieczona jest przed korozją za pomocą trwałych powłok ochronnych, np. z farb i lakierów, elektrolitycznych, dyfuzyjnych, tlenkowych i innych. Część natomiast powierzchni, tzw. powierzchni robocze, zabezpieczone są jedynie za pomocą czasowych środków konserwujących, których ochronne działanie jest ograniczone. Zadaniem czasowych środków konserwujących jest zabezpieczenie powierzchni wyrobów stalowych przed korozją w okresie magazynowania, transportu, lub też w okresach międzyoperacyjnych tak, aby po ich usunięciu powierzchnia pozostała nieszkodzona w stanie pierwotnym.

Często jednak, wskutek zastosowania nieodpowiedniego środka konserwującego lub też wskutek nieumiejętnego magazynowania — wyroby ulegają zniszczeniu zanim dostaną się w ręce użytkowników. W praktyce niejednokrotnie powstaje konieczność przekonserwowywania wyrobów lub też odrdzewiania powierzchni. Jednakże odrdzewianie nie zawsze daje pożądane wyniki, a ponadto w przypadku powierzchni dopasowanych i wymiarowanych jest w ogóle niedopuszczalne. Staranne zakonserwowywanie i umiejętne magazynowanie zapobiega poważnym stratom spowodowanym korozją.

## 2. Czynniki powodujące korozję

Ochronne działanie środków konserwujących polega na tworzeniu szczelnej powłoki, która izoluje powierzchnię wyrobów od otaczającego środowiska. W wielu przypadkach na powierzchni metalu tworzy się adsorpcyjna warstwa powstrzymująca działanie korozji.

Korozyjne działanie atmosfery zależy od szeregu czynników jak: zawartość w powietrzu wilgoci, gazów agresywnych, pyłu i soli. Ujemny wpływ na środki konserwacyjne posiada również bezpośrednie działanie promieni słonecznych. W ośrodkach przemysłowych i w dużych miastach powietrze zawiera duże ilości gazów spalinowych, dwutlenku siarki, pyłu, sadzy itp. W strefach nadmorskich czynnikiem przyspieszającym korozję jest obecność w powietrzu chlorku sodowego. W otoczeniu niektórych zakładów chemicznych w powietrzu znajdują się różnego rodzaju związki chemiczne, które wpływają przyspieszają na korozję.

Wahania temperatur powodują skraplanie się pary wodnej na powierzchni wyrobów; para ta w postaci kropeł spływa po powierzchni, wypłukując i wymywając smary. Woda przenika przez powłokę, zwłaszcza w miejscach o cieńszej powłoce i ułatwia rdzewienie.

Aczkolwiek czasowe środki konserwujące przeznaczone są do zabezpieczania wyrobów w pomieszczeniach zakrytych często jednak zdarza się w czasie transportu, że wyroby narażone są na bezpośrednie działanie czynników atmosferycznych, jak: opady, mróz, promienie słoneczne i inne. Zwłaszcza w transportach morskich występują duże wahania temperatur, wilgotności, jak również silne działanie soli.

Różnorodność czynników agresywnych, jak również rozmaite sposoby magazynowania i transportowania oraz duża różnorodność zabezpieczanych wyrobów uniemożliwia dobranie uniwersalnego środka konserwującego. Z tej przyczyny istnieje bardzo wiele środków konserwujących przeznaczonych dla pewnych typów wyrobów i określonych warunków eksploatacyjnych.

## 3. Środki konserwujące

W praktyce spotykamy bardzo wiele różnych środków konserwujących do czasowego zabezpieczania przed korozją. Przeważnie są to mieszaniny substancji organicznych jak: oleje mineralne, petrolatum, parafina, cerezyna, lanolina z organicznymi rozpuszczalnikami i dodatkami inhibitorów. Niektóre z tych środków posiadają postać smarów, a więc są to mieszaniny olejów mineralnych z mydłami sodowymi, potasowymi lub wapniowymi kwasów tłuszczowych lub naftenowych. Skład chemiczny, sposób wyrobu oraz stosowane dodatki inhibitorów są z reguły zazdrośnie strzeżone przez producentów.

Środki konserwujące muszą spełniać szereg podstawowych wymagań, a mianowicie:

- umożliwiać łatwe nakładanie i usuwanie z zabezpieczonych powierzchni,
- posiadać dobrą przyczepność i pewną wytrzymałość na ścieranie,
- zachowywać wymagane własności fizyczne (mięknienie i łamliwość) w zakresie temperatur od  $-20$  do  $+40^{\circ}\text{C}$  (w przypadku transportu morskiego od  $-20$  do  $+70^{\circ}\text{C}$ ),
- nie wykazywać agresywnego działania na zabezpieczony metal,
- nie usunąć całkowicie z powierzchni wyrobów nie powinny powodować uszkodzeń względnie trudności w uruchomieniu maszyn,
- powinny być tanie i sporządzane z surowców łatwo dostępnych.

W zależności od charakteru wytworzonej powłoki na powierzchni metalu środki konserwujące można podzielić na następujące grupy: smary konserwacyjne, oleje przeciwrzdewne i środki tworzące twardą powłokę.

**Smary konserwacyjne** tworzą na powierzchni metalu miękką powłokę o konstytucji wazeliny. Nakładanie powłok przeprowadza się w różny sposób, np. za pomocą pędzla, przez zanurzanie wyrobów do podgrzanego smaru lub do rozpuszczonego smaru w rozpuszczalnikach.

Mieszaniny bazowane na lanolinie, petrolatum lub cerezynie, rozpuszczone w rozpuszczalnikach organicznych (solwent-nafta lub benzyna lakowa) nakłada się przez zanurzanie wyrobów w roztworach przy temperaturze pokojowej. Po wyjęciu z kąpeli pozostawia się wyroby do odparowania rozpuszczalnika. Powłoki otrzymane w ten sposób są równomierne lecz stosunkowo cienkie (około 0,02 mm). Stosuje się je do zabezpieczenia przedmiotów o małych wymiarach przy masowej produkcji. Mieszaniny te nakłada się także na powierzchnię przez natryskiwanie, co znalazło zastosowanie do pokrywania wewnętrznych powierzchni zbiorników.

Inną grupę środków konserwujących stanowią mieszaniny parafiny lub petrolatum z olejami mineralnymi z dodatkiem mydeł tłuszczowych. Nakłada się je zwykle przez zanurzenie przedmiotów do podgrzanej i roztopionej kąpeli ze smarów. Celem uzyskania grubszej powłoki zanurza się przedmioty kolejno do dwóch kąpeli, przy czym druga kąpiel jest podgrzana do temperatury niższej. Po każdorazowym wyjęciu przedmiotów z roztopionego smaru należy zacząć od smar obciekanie i zastygnięcie na powierzchni przedmiotów. Otrzymane w ten sposób powłoki są równomierne i o grubości około 0,5 mm.

Często stosuje się smary nakładane za pomocą pędzla. Do tego celu używa się rafinowaną wazelinę pochodzenia naftowego.



gc. Niekiedy stosuje się smary typu towotu lub wysokotopliwe smary na mydlach sodowych, potasowych lub wapniowych. Smarami tymi napelnia się łożyska maszyn przeznaczonych do pracy na tych smarach.

Oleje mineralne stosowane jako środki konserwujące są to przeważnie oleje o małej lub średniej lepkości z dodatkiem zagęstników i inhibitorów. Jako inhibitory do olejów stosuje się bardzo wiele rodzajów związków chemicznych o charakterze polarnym. Związki te tworzą adsorpcyjne warstwy na metalu, a od ich aktywności zależy skuteczność ochronnego działania.

Oleje mineralne wykazują słabsze działanie ochronne niż inne środki konserwujące, mają jednak określony zakres zastosowania. Używa się ich do zabezpieczenia wewnętrznych części maszyn, jak np. cylindrów silników, przewodów olejowych, wodnych, chłodniczych, zbiorników itp.

Środki konserwujące tworzące twardą powłokę. Są to zwykle roztwory cerezyny, bitumu lub żywic plastycznych rozpuszczonych w organicznych rozpuszczalnikach. Powłoki nakłada się za pomocą pędzla lub przez zanurzenie przedmiotów do roztworów.

Uzyskane powłoki powinny dobrze przylegać do powierzchni metalu, nie łepić się i nie kruszyć. Jedną z ich zalet jest nieprzylepianie się do powłoki pyłu i innych zanieczyszczeń.

Powierzchnie, które mają być pokrywane farbami, zabezpiecza się czasowo przed korozją pokostem. Często stosowane są również lakiery nitrocelulozowe.

Nowoczesne środki konserwujące. W ostatnich czasach zaczęto stosować powłoki z mas plastycznych nakładanych przez zanurzenie przedmiotów w podgrzanych kąpielach. Po ostygnięciu tworzą one twardą i mechanicznie odporną powłokę i nie wymagają dodatkowego opakowania. Bardzo obiecujące są również inhibitory działające w fazie gazowej (V.P.I.), które niedawno zostały zastosowane do zabezpieczania przed korozją. Sposób zabezpieczania za pomocą inhibitorów tego typu polega na owinięciu przedmiotów papierem lub innym opakowaniem, nasyceniem inhibitorami. Parując, inhibitory stwarzają atmosferę ochronną. Opakowanie nie musi być szczelne i może być nakładane w postaci pokrowców. Sposób ten zastosowano do zabezpieczenia przed korozją broni pokładowej okrętów wojennych. Posiada on jeszcze i tę zaletę, że broń jest w każdej chwili zdalna do użycia bez wykonywania dodatkowych czynności.

Do środków znanych dopiero od niedawna, a zabezpieczających przed korozją w ośrodkach wodnych, należą: benzoesan sodowy i azotyn sodowy. Środki te, rozpuszczone w wodzie, stosuje się w niektórych przypadkach podobnie jak oleje mineralne. Benzoesan sodowy używany bywa również do nasycania papieru przeznaczonego do owijania wyrobów stalowych.

#### 4. Czynniki wpływające na konserwację

Na całokształt skutecznego zabezpieczenia wyrobów stalowych przed korozją wpływa szereg czynników, a mianowicie:

- a) zastosowanie odpowiedniego środka konserwującego,
- b) umiejętne nałożenie powłoki ochronnej,
- c) staranne opakowanie wyrobów,
- d) odpowiedni sposób magazynowania i transportowania,
- e) okresowy przegląd wyrobów i ewentualne przekonserwowanie.

Należy dobrać środki konserwujące w zależności od rodzaju zabezpieczanych wyrobów, przewidywanego okresu magazynowania i sposobu transportowania. Środki te muszą odpowiadać podstawowym wymaganiom dobrego środka zabezpieczającego.

Powierzchnia wyrobów, która ma być pokryta powłoką ochronną, musi być starannie oczyszczona z zanieczyszczeń, pyłu, cząstek metalu, tłuszczu, śladów rdzy i zgorzeli oraz wilgoci.

Powierzchni nie należy dotykać bezpośrednio palcami. Na odpowiednio przygotowaną powierzchnię nakłada się powłokę sposobem przepisany dla danego środka konserwującego. Powłoka powinna być równomierna, szczelna i dostatecznie gruba.

Powierzchnie zabezpieczone środkami konserwującymi lub całe przedmioty powinny być szczelnie owinięte podwójnie parafinowanym papierem, następnie zaś ułożone w kartony lub skrzynie. Przedmioty w kartonach lub skrzyniach powinny być tak ułożone, aby nie mogły się przesuwać. Części delikatne powinny być dodatkowo zabezpieczone przed uszkodzeniem przez owinięcie wojłkiem. Opakowanie musi zabezpieczać przed przedostaniem się pyłu i innych zanieczyszczeń. W przypadku transportu morskiego należy je dodatkowo zabezpieczyć nieprzemakalnym pokryciem.

Pomieszczenia magazynowe powinny być zaopatrzone w wentylację i centralne ogrzewanie, aby utrzymać temperaturę po-

między 15 a 25°C, a wilgotność względną od 45 do 65%. Magazyn powinien być wolny od pyłu i innych zanieczyszczeń, zwłaszcza natury przemysłowej. Maszyny należy układać na drewnianych podkładkach i nakrywać pokrowcami, a drobne przedmioty na półkach.

Do transportu przedmioty powinny być mocno i szczelnie pakowane w skrzynie, a w celu zabezpieczenia przed bezpośrednim działaniem czynników atmosferycznych chronione nieprzemakalnym opakowaniem. Specjalne środki ostrożności należy zachować w transportach morskich.

W magazynach należy okresowo dokonywać przeglądu wyrobów, a zauważone uszkodzenia opakowań i powłok ochronnych od razu uzupełniać. W przypadku długiego okresu magazynowania, zależnie zresztą od jakości środka konserwującego, należy przeprowadzić przekonserwowanie. W tym celu należy usuwać za pomocą rozpuszczalników dawny środek konserwujący i nałożyć w przepisany sposób świeży.

#### 5. Metody badań

Czasowe środki konserwujące poddaje się badaniom w celu określenia własności fizycznych i chemicznych oraz zdolności zapobiegania korozji.

Z własności fizycznych określa się: ciężar właściwy\*), temperaturę kroplenia\*), lepkość\*), penetrację\*), temperaturę zapłonu\*). Z własności chemicznych określa się: liczbę kwasową\*), liczbę zmydlenia\*), odczyn wyciągu wodnego\*), zawartość wody\*), zawartość jonów chlorowych i odporność na utlenienie pod ciśnieniem w temperaturze 100°C (próba Hoffmana).

Najistotniejsze są badania zdolności zabezpieczania przed korozją.

Najpewniejszą oceną skuteczności działania środków konserwujących jest bezpośrednia obserwacja zabezpieczonych przedmiotów w okresie magazynowania. Wymaga to niestety długiego okresu czasu i dużego doświadczenia.

Długo w praktyce posługujemy się metodami laboratoryjnymi, które umożliwiają w stosunkowo krótkim czasie porównać własności poszczególnych środków konserwacyjnych. Badania laboratoryjne są z reguły próbami przyspieszonymi stąd też wynikają pewne ich wady. Aby przyspieszyć bowiem otrzymanie wyników stwarza się ostrzejsze warunki prób, które oczywiście nie mogą być identyczne z warunkami naturalnymi. Jako zasadę zachowuje się badania porównawcze. Wszystkie próbki w jednaki sposób przygotowuje się i oczyszcza powierzchnię przed nałożeniem powłoki ochronnej. Jako próbki służą przeważnie paski, wycięte z blachy, o wymiarach 100 × 50 × 0,5 mm.

Część próbek pokrywa się znanymi środkami konserwującymi, a część — środkami przeznaczonymi do zbadania. Następnie próbki umieszcza się w odpowiednim aparacie do badań. Ocenę przeprowadza się na podstawie czasu, w którym na powierzchni próbek pojawiają się punkty rdzy. Z prób laboratoryjnych najbardziej przydatną do oceny środków konserwujących, tworzących powłoki miękkie i twarde, okazały się badania w mgłę solnej i w komorze wilgotności. Powłoki z olejów mineralnych najlepiej badać sposobem polegającym na skrapianiu powierzchni rozpyloną wodą.

Badania w mgłę solnej polegają na umieszczeniu próbek z nałożoną powłoką w zamkniętej komorze, w której okresowo wytwarza się za pomocą rozpylacza określoną ilość delikatnej mgły. Ciecz do rozpylania składa się z 3% roztworu soli kuchennej w wodzie. W komorze utrzymuje się stałą temperaturę około 30°C.

Warunki istniejące w próbie z mgłą solną naśladują atmosferę morską. Wyniki otrzymuje się powtarzalne; są one dobrą oceną porównawczą powłok z różnych środków konserwacyjnych. Do oceny powłok cienkich i powłok z olejów mineralnych próba jest za ostra i dlatego niezbyt przydatna.

Badania w komorze wilgotności naśladują warunki magazynowania, w których wskutek wahań temperatury następuje skrapianie pary wodnej. Skroplona para wodna osadza się w postaci kropli, które spływają po powierzchni przedmiotów i wymywają smary.

W laboratoriach używa się do badań różne typy komór. Zasadniczo urządzenie składa się ze szczelnej komory, w której muszą być zachowane następujące warunki:

- a) wilgotność względną około 100% utrzymywana przez umieszczenie naczynia z wodą na dnie komory,
- b) ogrzewanie komory przeprowadza się pośrednio i tak jest regulowane, że temperatura zmienia się w mniej więcej równych czasach, około 45 do 75 minut, od 40 do 45°C,

\*) Badanie ujęte polskimi normami.

c) w komorze powinna być równomierna temperatura, co uzyskuje się przez poruszanie powietrza za pomocą wentylatora.

W okresie podgrzewania następuje obfite skraplanie się pary wodnej na powierzchni próbek tak, iż stale są wilgotne.

Komora wilgotności pozwala na dobrą ocenę porównawczą powłok twardych i ze smarów, o dostatecznej grubości. Jest natomiast próbą zbyt ostrą dla powłok z olejów mineralnych i smarów o niskim punkcie kroplenia. W warunkach bowiem badań (temperatura 45°C) wymienione oleje mineralne i smary miękną, co powoduje ściekanie ich i wyplukiwanie przez wodę.

#### Ocena powłok cienkich oraz powłok z olejów mineralnych

Najbardziej odpowiednią jest próba polegająca na skrapianiu powierzchni próbek delikatną mgłą wody za pomocą rozpylacza. Próbkę umieszcza się poziomo w pomieszczeniu wolnym od pyłu i gazów agresywnych aż do wyschnięcia kropelek. Po wyschnięciu kropelek wody, co zwykle trwa od 1 do 2 godzin, skrapia się powierzchnię próbek ponownie. Skrapianie i suszenie próbek powtarza się aż do pojawienia się punktów rdzy.

Pewna odmiana tej próby polega na umieszczeniu skropionych próbek w komorze z naczyniem z wodą. Z powodu dużej wilgotności krople na powierzchni próbek wysychają bardzo po-

woli i skrapiania przeprowadza się tylko raz dziennie. Próby te pozwalają na przeprowadzenie dokładnej oceny porównawczej różnych powłok cienkich i z olejów mineralnych. Wymienione próby mogą być przeprowadzone z różnymi odmianami zależnie od przeznaczenia środków konserwujących, jak również koncepcji przeprowadzającego badania.

Do badania czasowych powłok ochronnych stosowane są również inne urządzenia laboratoryjne i metody badań, jak np. koło Gartnera, badania w atmosferze  $SO_2$ , w zmiennym zanurzeniu i wynurzeniu itp.

Bardzo dobrym sprawdzeniem wyników laboratoryjnych jest przeprowadzenie prób w krytych stacjach terenowych. Próby te polegają na umieszczeniu próbek, pokrytych powłokami ochronnymi, na stojakach na wolnym powietrzu. Stojaki z próbkami nakryte są dachem tak, iż chronione są tylko od bezpośredniego działania promieni słonecznych i opadów atmosferycznych. Warunki przeprowadzania prób są nieco intensywniejsze niż naturalne warunki magazynowania.

#### Literatura

1. Journal of the Institute of Petroleum t. 36 (1950) s. 422–547.
2. „Metody ispytania ropy i produktów” Moskwa 1950 r.
3. „Instrukcja o czasowym zabezpieczeniu przed korozją maszyn i precyzyjnych wyrobów stalowych” — Biuletyn PKPG nr 7, 1953 r.

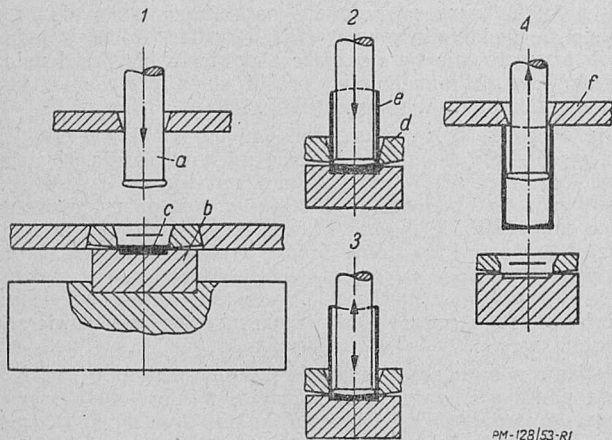
## Praca w procesach prasowania wypliwowego metali<sup>1)</sup>

*Znajomość i opracowanie procesów technologii i teorii przeróbki plastycznej metali robią ostatnio olbrzymie postępy. Ukazują się publikacje, które wnoszą porządek naukowego myślenia i kontroli zjawisk w dziedzinie, które niedawno jeszcze były domeną majsterskiego eksperymentowania i prób.*

*Prace takie stają się miłowymi słupami postępu, wytyczają nowe drogi i stwarzają nowe możliwości tam, gdzieśmy o zachodzących zjawiskach nie wiedzieli prawie nic.*

*Do takich właśnie należy praca H. J. Kühne<sup>1)</sup>, której obszernie streszczenie zamieszczone jest poniżej.*

Proces prasowania wypliwowego na zimno metali znajduje coraz większe praktyczne zastosowanie, głównie do otrzymywania różnego rodzaju tub, pudełek i opakowań — ostatnio zaś wkracza on śmiało w szereg innych nowych dziedzin.



Rys. 1.

Schematycznie przebiega on następująco (rys. 1): w położeniu 1 stempel *a* zbliża się do matrycy *b*, w której na dole spoczywa odpowiedniej wielkości krążek metalu *c*. W położeniu 2 stempel doszedł do krążka i odkształcił go z taką siłą, że zmusił metal do płynięcia.

Ponieważ metal posiada wolny wypływ tylko przez szczelinę na kształt dyszy pomiędzy pierścieniem matrycy *d*, wokół stempla, dlatego może on płynąć tylko w kierunku przeciwnym do ruchu stempla, tworząc cienkościenne miseczkę *e*. Na szkicu 3 stempel osiągnął dolne swe położenie i płynięcie metalu kończy się. Stąd stempel zaczyna ruch powrotny.

Miseczka przyczepiona do głowicy stempla zostaje wyciągnięta z matrycy. W położeniu 4 górna krawędź miseczki napotyka na opór *f* i spada ze stempla do samoczynnych urządzeń transportowych.

Pomiary zostały przeprowadzone przez autora na dwustojkowej prasie korbowej o największym nacisku 250 ton i skoku do

320 mm. Aparatura pomiarowa składa się z siłomierza pomiarowego piezokwarcowego z odpowiednimi aparatami dodatkowymi, których wskazania notowane były na filmie przy pomocy wzmacniaczy i oscylatora.

Urządzenia pomiarowe wmontowane były w spód matrycy i wskazywały każdorazową zmianę nacisku metalu, zależnie od położenia roboczego stempla. Dokładność pomiarów wynosiła  $\pm 3$  do  $\pm 4\%$ .

Ponieważ dziedzina ta była dotychczas zupełnie nieprzebadana, autor postawił sobie za cel ustalić wpływ zasadniczych czynników, które ulegają zmianie w czasie procesu technologicznego.

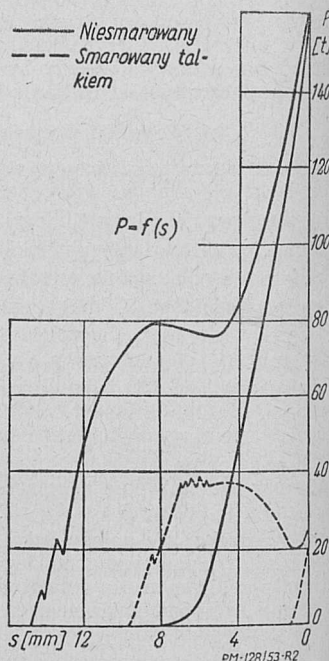
Na podstawie przeprowadzonych pomiarów autor stwierdził, że:

a) w zakresie badanym (od 2 m/min do 10 m/min) szybkość nie posiadała żadnego istotnego wpływu na największą siłę nacisku stempla. Jednak zdaniem jego należy zwiększyć zakres badań od 0,2 do 20 m/min, czego on nie mógł wykonać na swym urządzeniu.

b) Przebudowa stempla i matrycy oraz mała zmiana ich położenia nie wpływa na wyniki. Podobnie zakłócenie krawędzi głowicy stempla łukiem lub skosem pod zmiennymi kątami  $\alpha = 10^\circ$ ,  $20^\circ$  i  $30^\circ$  pozostaje bez wpływu na wyniki pomiarów.

c) Sposób położenia krążka metalu do matrycy oraz wahania jego wymiarów w granicach dopuszczalnych odchyłek, nie wpływają na wyniki.

d) Istnieje wielka różnica w wielkości oraz rozłożeniu nacisku przy pracy ze smarowanym krążkiem lub bez smarowania (rys. 2). Przy niesmarowanym krążku największa siła nacisku osiąga 4-krotną wartość w porównaniu do krążka smarowanego.



Rys. 2.

<sup>1)</sup> H. J. Kühne. Der Kraftbedarf beim Fliesenpressen zylindrischer Hohlteile. Halle (Salle) 1951 (NRD).



Natomiast wpływ różnego rodzaju smarów pozostaje bez wpływu na wyniki — i to przebiega właśnie odmiennie w stosunku do innych procesów przeróbki plastycznej. Najmniejsze zaś wartości osiąga się przy średnio-grubym smarowaniu.

Czynniki wpływające na rozkład siły nacisku stempła zależnie od fazy jego pracy są następujące: dla miseczek z grubymi ściankami otrzyma się typowy wykres oscylogramowy niezależnie od rodzaju metalu (rys. 3). Od chwili wywarcia nacisku przez

gdzie:  
 $\ln \varphi_{rs}$  — średni stopień odkształcenia w kierunku promieniowym,  
 $d$  — zewnętrzna średnica miseczki = średnicy wewnętrznej matrycy,  
 $d_1$  — wewnętrzna średnica miseczki = średnicy zewnętrznej krawędzi głowicy stempła.  
Dla otrzymania zależności na prace autor wyszedł ze znanego wzoru wyprowadzonego przez Finka:

$$A = V \cdot K_{fsr} \ln \left( \frac{h_0}{h_1} \right) \text{ kGm}; \tag{2}$$

gdzie:  
 $V$  — objętość krążka lub miseczki,  
 $K_{fsr}$  — średnia wytrzymałość plastyczna metalu z uwzględnieniem umocnienia na skutek zgniotu,  
 $h_0$  i  $h_1$  — wysokość początkowa i po odkształceniu.  
Podstawiając odpowiednie wartości dla procesów prasowania wpływowego otrzymał on zależność:

$$A = F \cdot l_0 \cdot K_{fsr} \cdot \ln \varphi_{rs} \text{ kGm}; \tag{3}$$

gdzie:  $F$  — powierzchnia dna miseczki =  $\frac{\pi d^2}{4}$ ,  
 $l_0$  — grubość początkowa krążka,  
 $\ln \varphi_{rs}$  — z wzoru [1],  
zaś na wielkość średniego nacisku stempła:

$$P_{sr} = F \cdot K_{fsr} \cdot \ln \varphi_{rs} \text{ kG}; \tag{4}$$

Brakujące do obliczeń wykresy  $K_f$  zostały wykonane przez autora na podstawie szeregu dodatkowych pomiarów i obliczone z wyprowadzonej przez niego zależności:

$$K_f = \frac{\sigma \cdot f}{F \cdot \ln \varphi_{rs} \cdot \delta^x} \text{ kG/mm}^2; \tag{5}$$

gdzie:  
 $\sigma = \frac{F}{f}$  — naprężenie w początkowej fazie odkształcenia,  
 $f$  — powierzchnia naciskająca stempła =  $\frac{d_1^2 \cdot \pi}{4}$ ,  
 $\delta^x$  — grubość ścianki miseczki.

Ponieważ w wyniku prób okazało się, że wykładnik  $x$  niezależnie od rodzaju metalu i grubości ścianki przyjmuje wartość średnią 0,21, dlatego wzór [5] przyjął postać ogólną:

$$K_f = \frac{\sigma \cdot f \cdot \delta^{0,21}}{F \cdot \ln \varphi_{rs}} \text{ kG/mm}^2; \tag{5a}$$

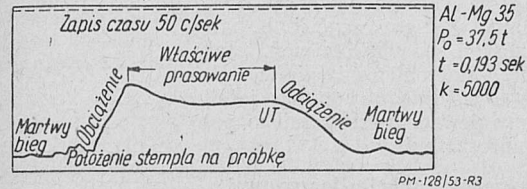
zaś wzór [4]:

$$P = \frac{K_f \cdot F \cdot \ln \varphi_{rs}}{\delta^{0,21}} \text{ kG}. \tag{6}$$

Ważność wyprowadzonych wzorów pozostaje w granicach dla grubości ścianki do 1,4  $d$ . Błąd pomiaru całkowity został określony przez autora na 7,5%. Wyprowadzone wzory są na ogół zgodne z pomiarami.

Jako zastrzeżenie, które nasuwa się w stosunku do tych prób, to przyjęcie wszędzie na wzorach  $K_f$  wytrzymałości plastycznej zamiast  $K_w$  — rzeczywistego oporu plastycznego metalu, który uwzględnia tarcie metalu o stempel i matrycę, a także wewnętrzne tarcie metalu przy jego płynięciu. Wartości takie byłyby bodaj najbardziej zbliżone do rzeczywistych.

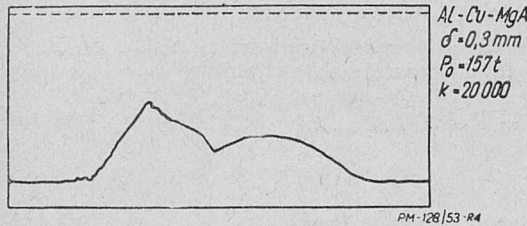
Dr inż. Zygmunt Wusatowski



Rys. 3.

stempel na krążek wzrastają gwałtownie naprężenia sprężyste, aż do rozpoczęcia płynięcia metalu — jest to miejsce szczytowe, od którego rozpoczyna się spadek naprężeń, aby następnie już przy stałej ich wartości płynąć aż do największego skoku stempła (na rys. UT). Od tego miejsca następuje już sprężyste cofnięcie się wszystkich naprężeń.

Przy cienkich ściankach miseczki zasadniczy typ wykresu pozostał taki sam (rys. 4) — z tą tylko różnicą, iż pomiędzy początkiem płynięcia a końcem następuje okres załamania się naprężeń. Przyczyna powstawania takich wykresów nie została przez autora wytłumaczona.



Rys. 4.

Im bardziej plastyczny jest dany metal, tym większy był obserwowany spadek tych naprężeń, natomiast przy trudnych odkształcalnych metalach — było widoczne tylko pewne niewielkie załamanie w przebiegu krzywej.

W dalszym etapie pracy autor przebadał wpływ grubości denka, średnicy, grubości ścianki miseczki na zapotrzebowanie energii do odkształcenia.

Dla sprawdzenia wyników swych prób w stosunku do wzorów matematycznych, autor wyszedł z wyprowadzeń Siebła i Fangmeiera dla wypadków dziurowania. Wzory ich zostały przez niego przekształcone z uwzględnieniem wielkości średniego największego odkształcenia w kierunku promieniowym, które — jak wiemy — wyznacza wielkość pracy odkształcenia.

Wówczas autor otrzymał wzór:

$$\ln \varphi_{rs} = \ln (d \cdot d_1) + \frac{d^2}{d^2 - d_1^2} \ln \left( \frac{d}{d_1} \right) - \ln (d^2 - d_1^2); \tag{1}$$

# Obliczanie zmęczenia części maszynowych w ujęciu rachunku prawdopodobieństwa

(dokończenie)

Prof. dr inż. WACŁAW MOSZYŃSKI

## 8. Podstawowe ujęcie zmęczeniowych obliczeń wytrzymałościowych

Obliczanie zmęczenia części maszynowych<sup>9)</sup> wykazuje wiele cech różniących je od obliczania wytrzymałościowego przy obciążeniach stałych. W grę bowiem wchodzi szereg nowych czynników, jak spiętrzenia naprężeń wywołane nieciągłościami prze-

krojów i niedoskonałym stanem powierzchni oraz wzmoczony wpływ wielkości przedmiotu. Poza tym zachodzi konieczność zróżnicowania obciążeń średnich  $P_m = 0,5 (P_{max} + P_{min})$  kG lub  $M_m = 0,5 (M_{max} + M_{min})$  kGcm, i odchyleniowych (amplitudy obciążeń)  $P_a = 0,5 (P_{max} - P_{min})$  kG lub  $M_a = 0,5 (M_{max} - M_{min})$  kGcm; wskaźnikami max i min oznaczyliśmy najwyższe i najniższe wartości obciążeń liczonych algebraicznie. Zależność [2] przyjmie tu inną postać:

$$xz = \frac{\sigma_a \cdot F}{P_a \cdot K_a} \text{ lub } xz = \frac{\sigma_a \cdot W}{M_a \cdot K_a}, \tag{16}$$

<sup>9)</sup> Zagadnienie to zostało omówione w sposób zwarty w artykule pt. „Wytrzymałość zmęczeniowo-kształtowa części maszynowych”, ogłoszonym w „Przeglądzie Mechanicznym” nr 7—8/1950, str. 230. Bardziej szczegółowe ujęcie — patrz „Wykład Elementów Maszyn”, autora, t. I. lub Prawdnik Techniczny „Mechanik” t. II/4, 1952 r.





Łatwo możemy stwierdzić, iż zależność ta sprawdza się w przypadku, gdy funkcje  $u_1, u_2, \dots$  mają postać [22], gdyż

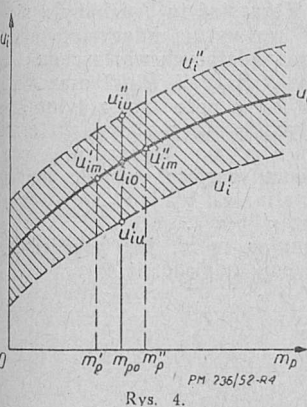
$$g_{u_p} = \left( \frac{m''_p}{m_{p0}} \right) (a_1 \cdot u_{p1} + \dots + a_n \cdot u_{pn}) = g_{mp} (a_1 \cdot u_{p1} + \dots + a_n \cdot u_{pn}), \text{ itd.}$$

Jednak i w ogólnym przypadku, gdy zmienne  $u_1, u_2, \dots, u_n$  są dowolnymi funkcjami zmiennych niezależnych  $m_p, m_q, \dots$ , spełniających wyżej podane warunki, wzór [26] daje wyniki wystarczająco dokładne dla praktycznych obliczeń wytrzymałościowych, zawsze opartych na dość grubych przybliżeniach.

Zalóżmy z kolei, iż wielkość  $u_i$  w zależności [8] jest związana z niezależną losową zmienną  $m_p$  przy pomocy określonej zależności losowej. Rozumiemy przez to, iż mediana  $u_{i0}$  rozrzutu zmiennej  $u_i$  jest zależna od rzeczywistej wartości zmiennej  $m_p$ . Obrazowo przedstawia to rys. 4, na którym linia ciągła  $u_{i0}$  przedstawia zależność medialnej wartości  $u_{i0}$  od zmiennej  $m_p$ , a linie przerywane  $u'_i$  oraz  $u''_i$  odpowiadają normalnym wartościom dolnym i górnym zmiennej  $u_i$  przy ustalonych wartościach zmiennej  $m_p$ . Medialną wartość  $u_{i0}$  zmiennej  $u_i$  wyznaczamy według linii  $u_{i0}$  przyjmując wartość medialną  $m_{p0}$  zmiennej  $m_p$ , a normalne odchylenie  $g_{ui}$  wynika z zależności

$$\lg g_{ui} \approx 0,5 \sqrt{\lg^2 \frac{u''_{iu}}{u'_{iu}} + \lg^2 \frac{u''_{im}}{u'_{im}}} \quad [27]$$

Znaczenie dolnych i górnych wartości  $u'_{iu}$  oraz  $u''_{iu}$  jak również  $u'_{im}$  oraz  $u''_{im}$  wyjaśnia rys. 4.



Rys. 4.

#### 10. Obliczanie zmęczenia prostej części maszynowej

Stańmy na gruncie wyrażenia [18], dotyczącego wzdłużnie rozciąganej płaskiej płytki z dwustronnym symetrycznym karbem (rys. 3). Przyjmijmy, iż niezależnymi zmiennymi są: wytrzymałość zmęzeniowa materiału  $Z$ , wymiary próbki: promień krzywizny zarysu dna karbu  $\varphi$ , półszerokości  $R$  i  $r$  oraz grubość  $c$  płytki, wreszcie składowe obciążenia  $P_m$  i  $P_a$  kG oraz odpowiadające im współczynniki przeciążenia  $K_m$  i  $K_a$ . Spośród nich dwie tylko zmienne, a mianowicie  $P_a$  i  $K_a$  wchodzi bezpo-

średnio do wyrażenia [18]. Wszystkie pozostałe wielkości, wchodzące do jego prawej strony, a więc  $\sigma_a, F, \beta$  i  $\gamma$ , są zmiennymi w bardziej lub mniej złożony sposób zależnymi od innych wielkości niezależnych:  $Z, \varphi, R, r, c, P_m$  i  $K_m$ , jak to poglądowo przedstawiono na rys. 5. Najwłaściwiej więc postąpimy, jeżeli wyrażenie [18] napiszemy w postaci

$$\delta = \frac{P}{P_a \cdot K_a}, \quad [27]$$

wprowadzając zastępcze obciążenie odchyleniowe

$$P = \frac{\sigma_a \cdot F}{\beta \cdot \gamma}, \quad [28]$$

zależne w sposób złożony od owych siedmiu niezależnych zmiennych. Wyznaczenie medialnych wartości  $\sigma_{a0}, F_0, \beta_0$  i  $\gamma_0$  nie przedstawia żadnej trudności. Wszystkim zmiennym niezależnym nadajemy wartości medialne:  $Z_0, \varphi_0, R_0, r_0, c_0, P_{m0}$  oraz  $K_{m0}$  i na ich podstawie obliczamy medialne wartości zmiennych zależnych:

$$F_0 = r_0 \cdot c_0, \quad \sigma_{m0} = \frac{P_{m0} \cdot K_{m0}}{F_0},$$

oraz (na podstawie wykresów roboczych)  $\sigma_{a0}, \epsilon_0, \gamma_0$  i  $\phi_0$ , skąd  $\rho_0 = \varphi_0 + \phi_0$  oraz parametry wymiarowe  $\rho_{0/r_0}$  i  $R_{0/r_0}$  pozwalające z odpowiedniego wykresu obliczyć  $\alpha_0$ , po czym  $\beta_0 = \eta \cdot (\alpha_0 - 1) + \epsilon_0$  i wreszcie z dalszego wykresu roboczego wyznaczamy  $\gamma_0$ .

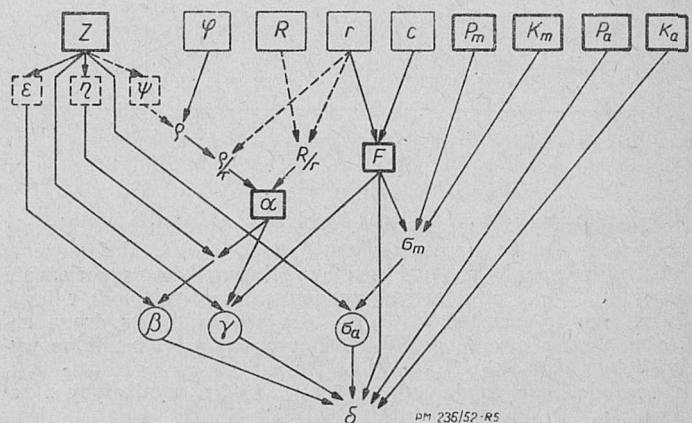
Nieco kłopotliwsze jest wyznaczenie dolnych i górnych wartości normalnych i odpowiadających im odchyleni względnych.

Musimy przede wszystkim wyznaczyć normalne wartości — dolne i górne wszystkich zmiennych niezależnych:

$$Z' \text{ i } Z'', \quad \varphi' \text{ i } \varphi'', \quad R' \text{ i } R'', \quad r' \text{ i } r'', \quad c' \text{ i } c'', \quad P'_m \text{ i } P''_m \text{ oraz } K'_m \text{ i } K''_m.$$

Potem musimy obliczyć (przy pomocy wzorów lub wykresów roboczych) kolejno: wartości  $P'_z$  i  $P''_z$ , jakie przyjmuje zmienna

$P = \frac{\sigma_a \cdot F}{\beta \cdot \gamma}$  dla  $Z'$  i  $Z''$  — przy pozostałych wartościach medialnych  $\varphi_0, R_0, r_0, c_0, P_{m0}$  oraz  $K_{m0}$  i stąd wyznaczyć normalne częściowe odchylenie względne  $g_{PZ} = \sqrt{P''_Z/P'_Z}$ , wartość  $P'_\varphi$  i  $P''_\varphi$  zmiennej  $P$  dla  $\varphi'$  i  $\varphi''$  — przy pozostałych wartościach medialnych  $Z_0, r_0, R_0, c_0, P_{m0}$  oraz  $K_{m0}$  i stąd wyznaczyć  $g_{P\varphi} = \sqrt{P''_\varphi/P'_\varphi}$  itd.



Rys. 5.

Uwzględniając ponadto zależność wielkości  $\psi, \eta$  i  $\epsilon$  od wytrzymałości  $Z$ , musimy wyznaczyć normalne wartości dolne i górne  $P'_\psi, P''_\psi, P'_\eta$  i  $P''_\eta, P'_\epsilon$  i  $P''_\epsilon$  oraz normalne odchylenia względne

$$g_{P\psi} = \sqrt{\frac{P''_\psi}{P'_\psi}}, \quad g_{P\eta} = \sqrt{\frac{P''_\eta}{P'_\eta}}, \quad \text{ i } \quad g_{P\epsilon} = \sqrt{\frac{P''_\epsilon}{P'_\epsilon}}$$

odpowiadające wartości  $Z_0$ . Ogółem powinniśmy powtórzyć to obliczenie normalnych wartości i odchyleni tyle razy, ile jest rozpatrywanych tu zmiennych niezależnych i losowo od nich zależnych, w danym więc przypadku dziesięć razy. Wreszcie uwzględniając dodatkowo  $g_{Pa} = \sqrt{P''_a/P'_a}$  i  $g_{Ka} = \sqrt{K''_a/K'_a}$  możemy obliczyć normalne odchylenie względne  $g_\delta$  współczynnika  $\delta$  na podstawie zależności  $\lg g_\delta = \sqrt{\lg^2 g_{PZ} + \lg^2 g_{P\varphi} + \lg^2 g_{Pr} + \lg^2 g_{PR} + \lg^2 g_{Pc} + \lg^2 g_{Pm} + \lg^2 g_{PKm} + \lg^2 g_{P\psi} + \lg^2 g_{P\eta} + \lg^2 g_{Pe} + \lg^2 g_{Pa} + \lg^2 g_{Ka}}^{12})$  [29]

Dalsze obliczenie nie różni się już od poprzednio omówionych. Obracamy klasę bezpieczeństwa określamy wg tablicy I odpowiadający jej wykładnik  $\lambda_j$  i wyznaczamy bezpieczne odchylenie względne

$$g_{\delta j} = g_{\delta}^{\lambda_j} = \delta_{j0}, \quad [30]$$

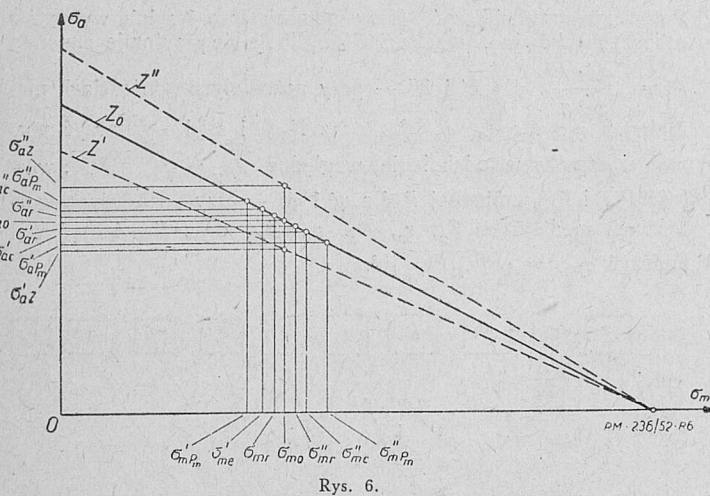
ponieważ  $g_{\delta j} = \delta_{j0}/\delta^{\lambda_j}$ , a dolna bezpieczna wartość  $\delta^{\lambda_j} = 1$ .

Sprawdzenie wytrzymałościowe rozpatrywanego przedmiotu polega na stwierdzeniu, iż medialna wartość  $\delta_0$  rzeczywistego współczynnika bezpieczeństwa, wyznaczona na podstawie wzoru [17], spełnia warunek

$$\delta_0 \geq \delta_{j0}. \quad [31]$$

12) Podstawiając  $\lg g_{PZ} = 0,5 \lg P''_Z/P'_Z, \lg g_{P\varphi} = 0,5 \lg P''_\varphi/P'_\varphi$  itd. uzyskujemy inną wygodną postać wzoru.

Rozpatrując zależność [18] przeszliśmy od razu do wartości medialnych wszystkich wchodzących do niej wartości, przyjmując je z góry jako ich wartości nominalne. Toteż nie rozpatrujemy tu różnych wartości współczynnika  $\delta$  (lub  $z$ ), jakie przyjmowałby on przy inaczej rozumianych nominalnych wartościach wielkości wchodzących do obliczeń, jak to uczyniliśmy w p. 7 w odniesieniu do  $\sigma_Q$ .



Rys. 6.

Zauważmy, iż rzeczywiste obliczenia praktyczne ulegają zawsze znacznym uproszczeniom. Przede wszystkim możemy nie wprowadzać do obliczeń współczynników przeciążenia  $K_m$  i  $K_a$ , jako niezależnych zmiennych losowych, lecz wliczyć je od razu do obciążeń  $P_m$  i  $P_a$ . Uzyskalibyśmy tą drogą obciążenia szczytowe  $P_{mK}$  i  $P_{aK}$ , których wartości medialne wynosiłyby  $P_{mK0} = P_{m0} \cdot K_{m0}$  oraz  $P_{aK0} = P_{a0} \cdot K_{a0}$ , a normalne odchylenia względne  $g_{PmK}$  i  $g_{PaK}$  wynikałyby z zależności

$$\lg g_{PmK} = \sqrt{\lg^2 g_{Pm} + \lg^2 g_{K_m}} = 0,5 \sqrt{\lg^2 \frac{P''_m}{P'_m} + \lg^2 \frac{K''_m}{K'_m}}$$

oraz

$$\lg g_{PaK} = \sqrt{\lg^2 g_{Pa} + \lg^2 g_{K_a}} = 0,5 \sqrt{\lg^2 \frac{P''_a}{P'_a} + \lg^2 \frac{K''_a}{K'_a}}, \quad [32]$$

normalne zaś wartości  $P'_{mK} = \frac{P_{mK0}}{g_{PmK}}$  i  $P''_{mK} = g_{PmK} \cdot P_{mK0}$

oraz  $P'_{aK} = \frac{P_{aK0}}{g_{PaK}}$  i  $P''_{aK} = g_{PaK} \cdot P_{aK0}$ .

Nadal jednak będziemy pomijali wskaźnik  $K$  dla prostoty pisowni.

Poza tym możemy wprowadzić do obliczeń szereg uproszczeń pomijając zmienność tych wielkości, których wahania są stosunkowo bardzo małe w porównaniu w wahaniami innych wielkości. Największe odchylenia wykazują niemal zawsze obciążenia, na drugim miejscu znajdują się najczęściej własności mechaniczne, na trzecim dopiero — wymiary. W przypadku dokładnej obróbki części maszynowych odchylenia wymiarowe są zazwyczaj tak małe, iż zmienność wymiarów niebezpiecznego i pełnego przekroju przedmiotu może być pominięta<sup>13)</sup>.

To samo dotyczy zmienności promienia  $\varphi$  zarysu dna karbu. Jeżeli promień ten, jak to najczęściej się zdarza, nie jest bardzo mały wobec promienia granicznego  $\psi$ , możemy przyjąć  $\varphi \approx \psi + \psi(Z = z)$ , pomijając wpływ odchylenia wytrzymałości  $Z$  na wartość  $\psi$ , a tym samym i na  $\alpha$ .

Pomijając całkowicie wahania wymiarów zmniejszamy ilość zmiennych niezależnych w poprzednio omawianym przykładzie do trzech zależnych:  $Z$ ,  $P_m$  i  $P_a$ , przy czym tylko dwie pierwsze w sposób uwikłany wchodzą do wzoru [18]. Obliczenie staje się wówczas niezwykle proste.

Nie upraszczajmy jednak tak dalece sprawy i uwzględnijmy zmienność wszystkich wymiarów. Zaczniemy od wyznaczenia normalnych wartości amplitudy naprężeń  $\sigma_a$  w zależności od

<sup>13)</sup> Przynajmniej w odniesieniu do współczynnika kształtu  $\alpha$  przy zachowaniu zmienności przekroju niebezpiecznego  $F$ , który w najczęściej stosowanych przedmiotach obrotowych zależy od jednego tylko parametru  $r$ , a nie od dwóch,  $r$  i  $c$ , jak w omówionym przypadku, co znów zmniejsza ilość parametrów niezależnych o jeden.

$Z$ ,  $P_m$ ,  $r$  i  $c$ . Rys. 6 przedstawia to obliczenie dokonane przy pomocy leżącego wykresu zmeczeniowego. Wyznaczamy trzy linie  $Z_0$  oraz  $Z'$  i  $Z''$  odpowiadające medialnej, dolnej i górnej wartości wytrzymałości zmeczeniowej  $Z$ , oraz siedem odciętych  $\sigma_m$ , równych:

$$\sigma_{m0} = \frac{P_{m0}}{2 r_0 \cdot c_0}, \quad \sigma'_{mPm} = \frac{P'_{m0}}{2 r_0 \cdot c_0} \quad \text{i} \quad \sigma''_{mPm} = \frac{P''_{m0}}{2 r_0 \cdot c_0}$$

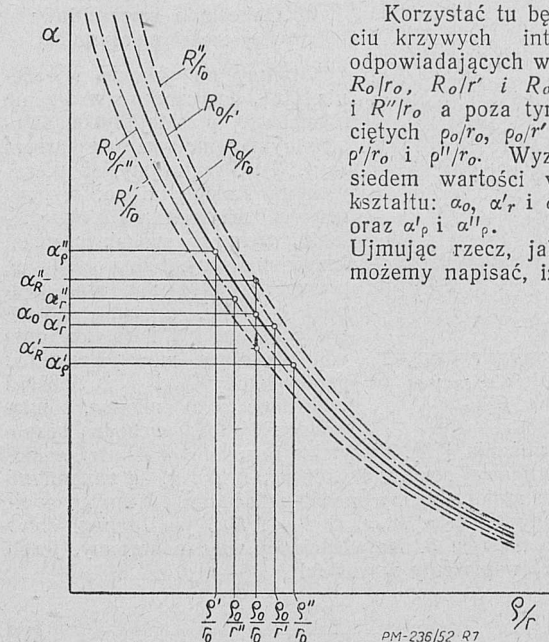
$$\sigma'_{mr} = \frac{P_{m0}}{2 r'_{00} \cdot c_0} \quad \text{i} \quad \sigma''_{mr} = \frac{P_{m0}}{2 r'_{00} \cdot c_0}, \quad \sigma'_{mc} = \frac{P_{m0}}{2 r_0 \cdot c'_{00}}$$

$$\text{i} \quad \sigma''_{mc} = \frac{P_{m0}}{2 r_0 \cdot c'_{00}}.$$

Pozwala to wyznaczyć medialną wartość  $\sigma_{a0}$  amplitudy naprężeń oraz trzy pary wartości:  $\sigma'_{aZ}$  i  $\sigma''_{aZ}$ ,  $\sigma'_{aPm}$  i  $\sigma''_{aPm}$ ,  $\sigma'_{ac}$  i  $\sigma''_{ac}$  oraz  $\sigma'_{ar}$  i  $\sigma''_{ar}$ .

Pozostawiając na razie tak te wartości cząstkowe  $\sigma_a$  przejdziemy do pola  $F$  przekroju, wyznaczając jego wartość medialną  $F_0 = 2r_0 \cdot c_0$  oraz normalne cząstkowe wartości dolne i górne  $F'_r = 2r'_{00} \cdot c_0$  i  $F''_r = 2r''_{00} \cdot c_0$  oraz  $F'_c = 2r_0 \cdot c'_{00}$  i  $F''_c = 2r_0 \cdot c'_{00}$ . Z kolei przejdźmy do obliczenia współczynnika kształtu  $\alpha$ . Rys. 7 przedstawia obliczanie go przy pomocy wykresu roboczego. Współczynnik ten zależy od trzech parametrów zmiennych  $\rho$ ,  $r$  i  $R$  występujących w postaci stosunków  $\rho/r$  i  $R/r$ , jeżeli przyjmiemy  $F_0 = \varphi_0 + \psi_0$ ,  $\rho' = \rho_0 - f_\rho$  i  $\rho'' = \rho_0 + f_\rho$ , przy czym  $f_\rho = 0,5 \cdot$

$\sqrt{(\varphi'' - \varphi')^2 + (\psi'' - \psi')^2}$ , jeżeli uwzględnimy zmienność  $\psi$  wraz z  $Z$ , oraz ujmijmy rozkłady  $\varphi$  i  $\psi$  jako normalne.



Rys. 7.

$$\lg g_\alpha = 0,5 \sqrt{\lg^2 \frac{\alpha''_r}{\alpha'_r} + \lg^2 \frac{\alpha''_R}{\alpha'_R} + \lg^2 \frac{\alpha''_\rho}{\alpha'_\rho}}, \quad [33]$$

skąd  $g_\alpha$  oraz  $\alpha' = \alpha_0/g_\alpha$  i  $\alpha'' = g_\alpha \cdot \alpha_0$ .

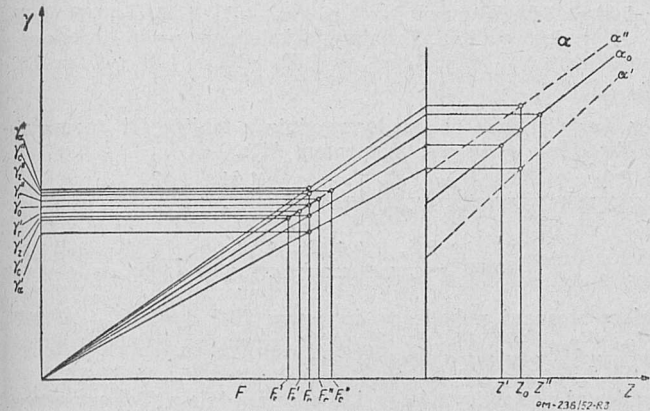
Zaznaczmy, iż pomijając zmienność dowolnego z trzech parametrów, np.  $r$ , dającą bardzo małe stosunkowo wahania współczynnika  $\alpha$ <sup>14)</sup> zmniejszamy ilość rozpatrywanych wartości normalnych o dwie, odpadają bowiem krzywe  $R_0/r'$  i  $R_0/r''$ , oraz dwie odcięte  $\rho_0/r'$  i  $\rho_0/r''$ . Pomijając nadto zmienność  $R$ , zmniejszamy ilość wartości normalnych o dwie dalsze, odpadają bowiem krzywe  $R'/r_0$  i  $R''/r_0$ . Pozostaje więc jedna tylko krzywa  $R_0/r_0$  i odcięte  $\rho_0/r_0$ ,  $\rho'/r_0$  i  $\rho''/r_0$  oraz trzy wartości współczynnika kształtu:  $\alpha_0$  oraz  $\alpha'_\rho = \alpha'$  i  $\alpha''_\rho = \alpha''$ .

<sup>14)</sup> Zauważmy, iż  $r$  jest jednym z trzech parametrów wpływających na wielkość  $\alpha$ , wchodzącym do pola  $F$  przekroju i pośrednio do  $\sigma_m$  i  $\sigma_a$ . Pominięcie zmienności  $r$  uniezależnia więc wzajemnie  $\alpha$  i  $F$  wchodzące do obliczenia współczynnika wielkości  $\gamma$ , oraz  $F$  i  $\sigma_a$ . Podobnie pominięcie zależności promienia granicznego  $\varphi$  od  $Z$  uniezależniło  $\alpha$  i  $Z$  wchodzące do tegoż samego obliczenia  $\gamma$ . Pozostaje wciąż jeszcze jednak powiązanie  $\beta$  i  $\gamma$  poprzez  $\alpha$  oraz  $Z$ .



Posiłkując się wzorem [20] możemy łatwo obliczyć medialną wartość współczynnika śpiętrzenia  $\beta_o = \eta_o \cdot (\alpha_o - 1) + \epsilon_o$  oraz jego cztery cząstkowe wartości normalne:  $\beta'_Z = \eta' \cdot (\alpha_o - 1) + \epsilon'$  i  $\beta''_Z = \eta'' \cdot (\alpha_o - 1) + \epsilon''$ ,  $\beta'_a = \eta_o (\alpha' - 1) + \epsilon_o$  i  $\beta''_a = \eta_o (\alpha'' - 1) + \epsilon_o$ . Wiążemy tu bezpośrednio  $\eta'$  i  $\epsilon'$  oraz  $\eta''$  i  $\epsilon''$ , ponieważ obie zmienne  $\eta$  i  $\epsilon$  zależą wyłącznie od  $Z$ .

Rys. 8 przedstawia obliczenie współczynnika wielkości  $\gamma$  przy pomocy złożonego wykresu roboczego o trzech parametrach:  $Z$ ,  $\alpha$  i  $F$ . Pozwala on wyznaczyć medialną jego wartość  $\gamma_o$  oraz osiem cząstkowych wartości normalnych:  $\gamma'_Z$  i  $\gamma''_Z$ ,  $\gamma'_a$  i  $\gamma''_a$ ,  $\gamma'_r$  i  $\gamma''_r$  oraz  $\gamma'_c$  i  $\gamma''_c$ . W przypadku przedmiotów obrotowych dwie ostatnie odpadają.



Rys. 8.

Mozemy teraz ułożyć tablicę cząstkowych wartości normalnych obciążenia zastępczego  $P = \frac{\sigma_a \cdot r \cdot c}{\beta \cdot \gamma}$ , jakie zachodzą przy normalnych — dolnych i górnych — wartościach zmiennych niezależnych:  $Z$ ,  $P_m$ ,  $\alpha$  i  $r$  i  $c$ , uwzględniając, iż (tablica III)

$\sigma_a$  zależy od  $Z$ ,  $P_m$ ,  $\alpha$ ,  $r$ ,  $c$ ,  
 $r$  „ „ — — — — —  $r$ , —  
 $c$  „ „ — — — — —  $c$ ,  
 $\beta$  „ „  $Z$ , — — — — —  $\alpha$ , — — —  
 $\gamma$  „ „  $Z$ , — — — — —  $\alpha$ ,  $r$ ,  $c$ ;  
 $\beta$  zależy ponadto od  $\eta$  i  $\epsilon$ .

Jedynie uproszczenia istotne, jakie wprowadziliśmy tu do obliczeń, są: uniezależnienie  $\alpha$  od  $Z$  przez przyjęcie niezmiennego  $\psi_o$ , oraz nieuwzględnienie powiązania  $\alpha$  i  $r$  przy określaniu  $\gamma$ . Są to pominięcia tak drobne, że możemy powiedzieć, iż ujęliśmy zagadnienie w całej jego, praktycznie najdalej posuniętej możliwej złożoności, która w rzeczywistości może ulegać już tylko różnym, nieraz znacznym uproszczeniom.

Uwzględniając dodatkowo normalne odchylenia względne

$g_{Pa} = \sqrt{\frac{P''_a}{P'_a}}$ , możemy ostatecznie napisać zgodnie ze wzorem [29] i odnośnikiem 12):

$$\lg g_{ij} = 0,5 \lambda_j \cdot \sqrt{\lg^2 \frac{P''_Z}{P'_Z} + \lg^2 \frac{P''_{\eta}}{P'_{\eta}} + \lg^2 \frac{P''_{\epsilon}}{P'_{\epsilon}} + \lg^2 \frac{P''_{P_m}}{P'_{P_m}} + \lg^2 \frac{P''_a}{P'_a} + \lg^2 \frac{P''_r}{P'_r} + \lg^2 \frac{P''_c}{P'_c} + \lg^2 \frac{P''_a}{P'_a}} \quad [34]$$

### 11. Obliczenia zmęczeniowe w przypadku obciążeń złożonych

Widzimy, że obliczenie zmęczeniowe w podanym tu jego ujęciu na gruncie rachunku prawdopodobieństwa — jest bardzo złożone w porównaniu z elementarnym obliczeniem wytrzymałościowym, w którym wszystkie rozpatrywane czynniki składowe są wzajemnie niezależne. A przecież rozpatrzyliśmy przypadek stosunkowo prosty — zwykłego rozciągania.

Jeszcze bardziej zawily byłby przypadek obciążeń złożonych, np. jednoczesnego zginania i skręcania. Należałoby wówczas inaczej ująć zależność [18], a mianowicie odwrócić ją, podsta-

wiając  $\frac{P_a \cdot K_a}{F} = \sigma_{na}$ , skąd  $\frac{1}{\delta} = \frac{\beta \cdot \gamma \cdot \sigma_{na}}{\sigma_a} \quad [35]$

Oznaczmy przez  $W_g$  i  $W_s$  cm<sup>3</sup> wskaźniki wytrzymałości przekroju niebezpiecznego przy zginaniu i przy skręcaniu przez  $M_{gm} \pm M_{ga}$  i  $M_{sm} \pm M_{sa}$  kGcm jednocześnie występujące w nim momenty zginające i skręcające, przez  $\beta_g$  i  $\gamma_g$  oraz  $\beta_s$  i  $\gamma_s$  współczynniki śpiętrzenia naprężeń i wielkości przedmiotu obliczone w przypadku zwykłego zginania i zwykłego skręcania, odnoszące się do danego przekroju. Wreszcie niech  $Z_g$  i  $Q_g$  oraz  $Z_s$  i  $Q_s$  kG/cm<sup>2</sup> będą wytrzymałościami zmęczeniową i granicą plastyczności materiału rozpatrywanego przedmiotu przy zginaniu i przy skręcaniu. Pozwoli to nam obliczyć średnie i odchyleniowe naprężenia nominalne

TABLICA III.

| Zmienna niezależna | Normalne wartości cząstkowe obciążenia zastępczego                                         |                                                                                              | Stosunek tych wartości                                                                                                                     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | dolna                                                                                      | górna                                                                                        |                                                                                                                                            |
| $Z$                | $P'_Z = \frac{2 \sigma'_a Z \cdot r_o \cdot c_o}{\beta'_Z \cdot \gamma'_Z}$                | $P''_Z = \frac{2 \sigma''_a Z \cdot r_o \cdot c_o}{\beta''_Z \cdot \gamma''_Z}$              | $\frac{P''_Z}{P'_Z} = \frac{\sigma''_a}{\sigma'_a} \cdot \frac{\beta'_Z}{\beta''_Z} \cdot \frac{\gamma'_Z}{\gamma''_Z} > 1$ <sup>15)</sup> |
| $\eta$ )           | $P'_\eta = \frac{2 \sigma_{ao} \cdot r_o \cdot c_o}{\beta'_\eta \cdot \gamma_o}$           | $P''_\eta = \frac{2 \sigma_{ao} \cdot r_o \cdot c_o}{\beta''_\eta \cdot \gamma_o}$           | $\frac{P''_\eta}{P'_\eta} = \frac{\beta''_\eta}{\beta'_\eta}$                                                                              |
| $\epsilon$ )       | $P'_\epsilon = \frac{2 \sigma_{ao} \cdot r_o \cdot c_o}{\beta'_\epsilon \cdot \gamma_o}$   | $P''_\epsilon = \frac{2 \sigma_{ao} \cdot r_o \cdot c_o}{\beta''_\epsilon \cdot \gamma_o}$   | $\frac{P''_\epsilon}{P'_\epsilon} = \frac{\beta''_\epsilon}{\beta'_\epsilon}$                                                              |
| $P_m$              | $P'_{P_m} = \frac{2 \sigma'_{aP_m} \cdot r_o \cdot c_o}{\beta_o \cdot \gamma_o}$           | $P''_{P_m} = \frac{2 \sigma''_{aP_m} \cdot r_o \cdot c_o}{\beta_o \cdot \gamma_o}$           | $\frac{P''_{P_m}}{P'_{P_m}} = \frac{\sigma''_{aP_m}}{\sigma'_{aP_m}}$                                                                      |
| $\alpha$           | $P'_\alpha = \frac{2 \sigma_{ao} \cdot r_o \cdot c_o}{\beta'_\alpha \cdot \gamma'_\alpha}$ | $P''_\alpha = \frac{2 \sigma_{ao} \cdot r_o \cdot c_o}{\beta''_\alpha \cdot \gamma'_\alpha}$ | $\frac{P''_\alpha}{P'_\alpha} = \frac{\beta''_\alpha}{\beta'_\alpha} \cdot \frac{\gamma'_\alpha}{\gamma''_\alpha}$                         |
| $r$                | $P'_r = \frac{2 \sigma'_{ar} \cdot r' \cdot c_o}{\beta_o \cdot \gamma''_r}$                | $P''_r = \frac{2 \sigma''_{ar} \cdot r'' \cdot c_o}{\beta_o \cdot \gamma''_r}$               | $\frac{P''_r}{P'_r} = \frac{\sigma''_{ar}}{\sigma'_{ar}} \cdot \frac{r''}{r'} \cdot \frac{\gamma''_r}{\gamma'_r}$                          |
| $c$                | $P'_c = \frac{2 \sigma'_{ac} \cdot r_o \cdot c'}{\beta_o \cdot \gamma''_c}$                | $P''_c = \frac{2 \sigma''_{ac} \cdot r_o \cdot c''}{\beta_o \cdot \gamma''_c}$               | $\frac{P''_c}{P'_c} = \frac{\sigma''_{ac}}{\sigma'_{ac}} \cdot \frac{c''}{c'} \cdot \frac{\gamma''_c}{\gamma'_c}$                          |

\*) Obie te zmienne są losowo zależne od  $Z$ .  
15) Gdyby wynik był mniejszy od jedności, należałoby w pierwszym wierszu tablicy zamienić górne wskaźniki przy  $\sigma_a Z$ ,  $\beta'_Z$  i  $\gamma'_Z$ .

$$\sigma_m = \frac{M_{gm}}{W_g}, \quad \tau_m = \frac{M_{sm}}{W_s} \quad \text{i} \quad \sigma_{na} = \frac{M_{ga}}{W_g},$$

$$\tau_{na} = \frac{M_{sa}}{W_s} \text{ kG/cm}^2, \text{ oraz średnie naprężenia zastępcze}$$

$$\sigma_{zm} = \sqrt{\sigma_m^2 + \left(\frac{Q_g}{Q_s} \cdot \tau_m\right)^2} \quad \text{i} \quad \tau_{zm} = \sqrt{\left(\frac{Q_s}{Q_g} \cdot \sigma_m\right)^2 + \tau_m^2} \text{ kG/cm}^2$$

Te ostatnie umożliwiają nam wyznaczenie (przy pomocy wykresów zmęzeniowych przy zginaniu i przy skręcaniu) dopuszczalnych amplitud naprężeń składowych  $\sigma_a$  i  $\tau_a$ . Rzeczywiste wartości obliczeniowe składowych naprężeń odchyleniowych są  $\beta_g \cdot \gamma_g \cdot \sigma_{na}$  i  $\beta_s \cdot \gamma_s \cdot \tau_{na}$ , a rzeczywiste zastępcze naprężenie odchyleniowe wynosi:

$$\sigma_{za} = \sqrt{(\beta_g \cdot \gamma_g \cdot \sigma_{na})^2 + \left(\frac{\sigma_a}{\tau_a} \cdot \beta_s \cdot \gamma_s \cdot \tau_{na}\right)^2} = \frac{\sigma_a}{\delta},$$

$$\text{skąd} \quad \frac{1}{\delta} = \sqrt{(\beta_g \cdot \gamma_g \cdot \frac{\sigma_{na}}{\sigma_a})^2 + (\beta_s \cdot \gamma_s \cdot \frac{\tau_{na}}{\tau_a})^2}, \quad [36]$$

Porównując to wyrażenie i [35] stwierdzamy, iż wchodzi doń dwukrotnie te same wielkości obliczone raz dla przypadku zginania, drugi raz — dla skręcania, przy czym są one zależne od tych samych parametrów wymiarowych i od analogicznych parametrów  $Z_g$  i  $Z_s$ ,  $M_{gm}$  i  $M_{sm}$ ,  $\alpha_g$  i  $\alpha_s$ , których wartości najwyższe oraz najniższe wypadają jednocześnie<sup>16)</sup>. Wyznaczenie  $\delta_o$  i  $g_{sj}$  w przypadku obciążeń złożonych nie wnosi więc nic nowego, oczywiście poza zwiększeniem ilości koniecznych obliczeń. Dla braku miejsca nad sprawą tą zatrzymywać się tu obecnie nie będziemy.

## 12. Przykład obliczeniowy

Rozważmy oś przedstawioną na rys. 9, wykonaną ze stali 035 w stanie surowym, szlifowaną na powierzchniach roboczych i obciążoną siłą niezmienną  $P$  kG, zakładając  $Z_g = 2400$  kG/cm<sup>2</sup> i  $g_Z = 1,25$ ,  $g_P = 1,3$ ,  $K_o = 1,1$  i  $g_K = 1,1$ , oraz wyznaczmy konieczną wartość rzeczywistego współczynnika bezpieczeństwa  $\delta_T$  (odpowiadającą siódmej klasie bezpieczeństwa).

Wymiary obliczeniowe przekroju niebezpiecznego I są  $\varnothing 80f8 = \varnothing 80 \begin{smallmatrix} -0,030 \\ +0,076 \end{smallmatrix}$  mm, a przyległej zgrubionej części osi  $\varnothing 100$

$p8 = \varnothing 100 \begin{smallmatrix} +0,091 \\ +0,037 \end{smallmatrix}$  mm. Widzimy, iż odchyłki wymiarów śred-

nic, które uważać będziemy za odpowiadające wartościom normalnym — dolnym i górnym, są tak małe, iż wahania ich możemy pominąć przyjmując ich wartości medialne, jako wielkości stałe  $d_o = 7,9947 \approx 8$  cm i  $D_o = 10,0064 \approx 10$  cm. Musimy natomiast uwzględnić zmienność promienia  $\varphi \approx 8_{-2}$  mm. Przyjmując wg właściwego wykresu roboczego<sup>17)</sup> nie-

zmienność promień graniczny  $\psi = \psi_o = 0,65$  mm, znajdujemy medialną wartość obliczeniową promienia  $\rho_o = 0,765$  cm oraz jego wartości normalne, dolną i górną,  $\rho' = 0,665$  cm i  $\rho'' = 0,865$  cm, skąd

$$\frac{\rho_o}{r_o} = \frac{2 \rho_o}{d_o} = \frac{2 \cdot 0,765}{8} = 0,191, \quad \frac{\rho'}{r_o} = \frac{2 \rho'}{d_o} = \frac{2 \cdot 0,665}{8} = 0,166$$

$$\text{i} \quad \frac{\rho''}{r_o} = \frac{2 \rho''}{d_o} = \frac{2 \cdot 0,865}{8} = 0,216, \text{ oraz } \frac{R_o}{r_o} = \frac{D_o}{d_o} = \frac{100}{80} = 1,25$$

Wg dalszego właściwego wykresu<sup>17)</sup> roboczego znajdujemy:

$$\alpha_o = 1,71, \alpha' = 1,66 \text{ i } \alpha'' = 1,79.$$

Naprężenia występujące w przekroju niebezpiecznym są czy-  
sto wahadłowe ( $P_m = 0$ ), wobec czego  $\sigma_{ao} = Z_{go} = 2400$  kG/cm<sup>2</sup>,

$$\sigma'_{aZ} = Z'_g = \frac{Z_{go}}{g_Z} = \frac{2400}{1,25} = 1920 \text{ kG/cm}^2 \text{ i } \sigma''_{aZ} = Z''_g = g_Z \cdot Z_{go} =$$

$= 1,25 \cdot 2400 = 3000 \text{ kG/cm}^2$ . Odpowiada temu wg wykresów roboczych:  $\eta_o = 0,68$ ,  $\eta' = 0,64$  i  $\eta'' = 0,72$  oraz  $\epsilon_o = 1,08$ ,  $\epsilon' = 1,06$  i  $\epsilon'' = 1,1$ . Uwzględniamy tu jedynie zmienność  $Z$  (lub odpowiadającą jej zmienność wytrzymałości doraźnej  $R_T$ ), pomijamy zaś naturalny rozrzut  $\eta$  i  $\epsilon$ , w braku koniecznych danych (wykresów z pasami rozrzutu). We wzorze [34] odpadają więc wyrazy drugi i trzeci w sumie podpierwiastkowej.

Znajdujemy więc  $\beta'_Z = \eta' (\alpha_o - 1) + \epsilon' = 0,64 (1,71 - 1) + 1,06 \approx 1,51$  i  $\beta''_Z = \eta'' (\alpha_o - 1) + \epsilon'' = 0,72 (1,71 - 1) + 1,1 \approx 1,61$ , oraz  $\beta'_a = \eta_o (\alpha' - 1) + \epsilon_o = 0,68 (1,66 - 1) + 1,08 \approx 1,53$  i  $\beta''_a = \eta_o (\alpha'' - 1) + \epsilon_o = 0,68 (1,79 - 1) + 1,08 \approx 1,62$ . Wreszcie  $\beta_o = \eta_o (\alpha_o - 1) + \epsilon_o = 0,68 (1,71 - 1) + 1,08 \approx 1,56$ . Z dalszego kolejnego wykresu roboczego znajdujemy  $\gamma_o = 1,54$ ,  $\gamma'_Z = 1,52$ ,  $\gamma''_Z = 1,57$ ,  $\gamma'_a = 1,52$  i  $\gamma''_a = 1,56$ .

Wg wartości tych obliczamy zgodnie z tablicą III (pamiętając, iż obciążenie  $P$  tu jest momentem  $M$ ):

$$\frac{P'_Z}{P'_Z} = \frac{Z'}{Z'} \cdot \frac{\beta'_Z}{\beta'_Z} \cdot \frac{\gamma'_Z}{\gamma'_Z} = 1,25 \cdot \frac{1,51}{1,61} \cdot \frac{1,52}{1,57} = 1,135^{18)},$$

$$\text{oraz } \frac{P''_a}{P'_a} = \frac{1,62}{1,53} \cdot \frac{1,56}{1,52} \approx 1,09;$$

dalsze stosunki wchodzące do wzoru [34],  $P''_{\eta}/P'_{\eta}$ ,  $P''_{\epsilon}/P'_{\epsilon}$ ,  $P''_{Pm}/P'_{Pm}$ ,  $P''_{r}/P'_{r}$  i  $P''_{c}/P'_{c}$ , równe są jedności; wreszcie  $P''_a/P'_a = 1,3^2$  i  $K'_a/K'_a = 1,1^2$ .

Ponieważ wg tablicy 1  $\lambda_T = 1,8$ , więc zgodnie z [34] możemy napisać:

$$\lg g_{sj} = 0,5 \lambda_T \sqrt{\lg^2 \frac{P''_Z}{P'_Z} + \lg^2 \frac{P''_a}{P'_a} + \lg^2 \frac{P''_a}{P'_a} + \lg^2 \frac{K''_a}{K'_a}} =$$

$$= 0,5 \cdot 1,8 \sqrt{\lg^2 1,135 + \lg^2 1,09 + 4 \lg^2 1,3 + 4 \lg^2 1,1} =$$

$$= 0,5 \cdot 1,8 \sqrt{0,05500^2 + 0,03743^2 + 4 \cdot 0,11394^2 + 4 \cdot 0,04139^2} =$$

$$= 0,2264, \text{ skąd } g_{sj} = \delta_{07} = 1,684 \approx 1,68.$$

Łączny współczynnik bezpieczeństwa  $x_{Z07} = \beta_o \cdot \gamma_o \cdot \delta_{07} = 1,56 \cdot 1,54 \cdot 1,68 = 4,04 \approx 4,0$ .

Jest to tylko pozornie duża wartość, gdyż odnosi się do średniej  $Z_{go}$ , a nie do normalnej dolnej wartości  $Z'_g$  wytrzymałości zmęzeniowej. Uwzględniając  $g_Z = 1,25$  znaleźlibyśmy odno-

szący się do niej współczynnik bezpieczeństwa  $x_{Z7} = \frac{x_{Z07}}{g_Z} =$

$$= \frac{4,04}{1,25} = 3,23 \approx 3,2, \text{ a więc wartość stosunkowo niską.}$$

Zauważmy też, iż wpływ innych czynników, poza zmiennością  $P_a$  i  $K_a$ , jest tu bardzo mały. Gdyby w powyższym obliczeniu w grę wchodziły te dwa tylko czynniki, znaleźlibyśmy  $\delta_{07} = 1,653 \approx 1,65$ , zamiast poprzedniej wartości  $\delta_{07} = 1,68$ . Gdyby natomiast było  $g_{Pa} = 1$  i  $g_{Ka} = 1$ , tzn. gdybyśmy wyłączyli zmienność wahadłowego obciążenia osi, znaleźlibyśmy  $\delta_{07} = 1,149 \approx 1,15$ , oraz  $x_{Z07} = 1,56 \cdot 1,54 \cdot 1,15 = 2,764 \approx 2,8$ , a odniesiony do  $Z'_g$  współczynnik bezpieczeństwa wyniósłby

$$x_{Z7} = \frac{2,764}{1,25} = 2,21 \approx 2,2.$$

Widzimy stąd, iż te same czynniki zmienności  $Z_g$  i  $\alpha$  wywierają tak mały wpływ na ostateczną wartość współczynników  $\delta$  oraz  $x_Z$  tylko wtedy, gdy jednocześnie zachodzi znaczna zmienność wahadłowego obciążenia. Jeżeli zmienności tej nie ma lub jest bardzo mała, ta sama zmienność  $Z_g$  i  $\alpha$  daje stosunkowo dość duże wartości  $\delta$  i  $x_Z$ . Możemy stąd wyciągnąć wniosek, że dość złożone obliczenia współczynników bezpieczeństwa przy obciążeniach zmęczeniowych, uwarunkowane uwzględnieniem wpływu zmienności tak wielu czynników, uzasadnione są jedynie wówczas, gdy żaden z tych czynników nie góruje nad innymi w sposób rozstrzygający. Jeżeli jeden lub dwa czynniki istotnie górują wyraźnie zmiennością swą nad pozostałymi, po-

<sup>16)</sup> Jedynie  $M_{gm}$  i  $M_{sm}$  mogą być w pewnych szczególnych przypadkach od siebie zupełnie niezależne.

<sup>17)</sup> Dla braku miejsca nie podajemy tu wykresów, podanych w Poradniku Technicznym „Mechanik” tom II/4, Wydanie III, 1952, str. 11 ÷ 19. Chodzi tu o wykresy: A19, A14, A20, A21, A22.

<sup>18)</sup> Widzimy, iż wahanie  $Z$  oraz  $\beta$  i  $\gamma$  częściowo znoszą się. Przyczyna tego leży w tym, iż im wyższa jest wytrzymałość zmęczeniowa stali, tym większa jest jej wrażliwość na działanie karbu i na niedoskonały stan powierzchni oraz na wielkość przedmiotu.



minięcie zmienności mniej ważnych czynników nie wywołuje znaczniejszych różnic w ostatecznych wynikach obliczeń. Upraszczając to nieraz znacznie obliczenia praktyczne.

Zbadajmy jeszcze na zakończenie, jak dalece zmieniłyby się wyniki naszych obliczeń, gdybyśmy całkowicie pominęli współzależność wielkości wchodzących do wzoru [18]. Znaleźlibyśmy wówczas:

$$\lg g_{\lambda_j} = \lambda_j \cdot \sqrt{\lg^2 g_{\alpha} + \lg^2 g_F + \lg^2 g_{\beta} + \lg^2 g_{\gamma} + \lg^2 g_{Pa} + \lg^2 g_{Ka}} \\ + \lg^2 g_{Ka} = 0,5 \lambda_j \cdot \sqrt{\lg^2 \frac{Z''}{Z'} + 0 + \lg^2 \frac{\beta''}{\beta' Z} + \lg^2 \frac{\beta''}{\beta' \alpha} + \lg^2 \frac{\gamma''}{\gamma' Z} + \lg^2 \frac{\gamma''}{\gamma' \alpha} + \lg^2 \frac{P''}{P' \alpha} + \lg^2 \frac{K''}{K' \alpha}} \\ = 0,5 \cdot 1,8 \cdot \sqrt{4 \cdot \lg^2 1,25 + 0 + \lg^2 \frac{1,61}{1,51} + \lg^2 \frac{1,62}{1,53} +$$

$$+ \lg^2 \frac{1,57}{1,52} + \lg^2 \frac{1,56}{1,52} + 4 \cdot \lg^2 1,3 + 4 \lg^2 1,1 =$$

$$= 0,5 \cdot 1,8 \cdot \sqrt{4 \cdot 0,09691^2 + 0 + 0,02776^2 + 0,02490^2 +$$

$+ 0,01410^2 + 0,01115^2 + 4 \cdot 0,11394^2 + 4 \cdot 0,04139^2 = 0,2820$ , skąd  $\delta_7 = 1,914 \approx 1,91$ , zamiast poprzednio znalezionej wartości  $\delta_7 = 1,68$ ; różnica jest więc istotna, gdyż wynosi 14%. Gdyby jednak obciążenie wahadłowe było niezmiennie, tzn. gdyby przyjąć  $g_{Pa} = g_{Ka} = 1$ , wówczas byłoby  $\delta_7 \approx 1,51$ , zamiast poprzednio znalezionej wartości  $\delta_{07} \approx 1,15$ ; w tym przypadku różnica byłaby znacznie większa i stanowiłaby  $\approx 32\%$ . Stąd wnioskujemy, iż pomijanie współzależności między poszczególnymi czynnikami powoduje nieraz duże błędy, oczywiście zawsze na korzyść pewności obliczeń. Ponieważ obliczenie ściśle nie jest bardziej złożone od obliczenia przybliżonego, jakie odpowiada pominięciu współzależności czynników, nie należy iść drogą tych pomijań.

## Pamięci Profesora Czesława Witoszyńskiego

13 września br. mija 5 lat od dnia, w którym nauka i technika polska poniosły dotkliwą stratę przez śmierć profesora Czesława Witoszyńskiego.

Studia wyższe odbywał Witoszyński w Rosji i Belgii: na Uniwersytecie Petersburskim ukończył Wydział Matematyczny, zaś na Fakultecie Technicznym Uniwersytetu w Leodium — Sekcję Mechaniczną.

Od chwili powrotu do kraju, czyli od r. 1899 rozpoczyna jako młody inżynier pracę zawodową w przemyśle, którą łączy następnie z pracą pedagogiczną w Szkole Budowy Maszyn im. Wawelberga i Rotwanda w Warszawie.

Od r. 1915 porzuca całkowicie pracę w przemyśle na rzecz pracy pedagogicznej i naukowej, należąc do grona pierwszych organizatorów Politechniki Warszawskiej z polskim językiem wykładowym. Położył On szczególne zasługi przy organizowaniu Wydziału Budowy Maszyn, piastując przez 5 lat godność dziekana tego Wydziału. Nie będzie przesadą twierdzenie, że profesor Witoszyński był w tym czasie nie tylko wychowawcą i nauczycielem młodzieży studenckiej, ale również twórcą pierwszych kadr profesorskich Wydziału Mechanicznego.

Prof. Witoszyński wykładał na Politechnice Warszawskiej następujące przedmioty: Części Maszyn, Hydraulikę, Silniki Wodne i Pompy oraz Aerodynamikę. Przekazując kolejno poszczególne wykłady innym profesorom, po złożeniu w r. 1921 dziekanatu w inne ręce poświęca się wyłącznie dziedzinie Aerodynamiki, zatrzymując poza tym do r. 1926 jedynie wykłady Hydrauliki.

We wczesnych latach dwudziestych buduje prof. Witoszyński w ciastnych umieszczeniach gmachu Mechaniki pierwsze w Polsce tunele aerodynamiczne, zaś w r. 1926, dzięki jego niezmordowanemu wysiłkowi powstaje tak doniosła placówka naukowo-badawcza, jaką stał się Instytut Aerodynamiczny przy Politechnice Warszawskiej, dorównujący pod względem wyposażenia i zakresu prac ówczesnym czołowym laboratoriom zagranicznym.

Charakteryzując prof. Witoszyńskiego, nie można pominąć jego talentu pedagogicznego oraz jego stosunku do młodzieży. Wykłady prof. Witoszyńskiego cechowały niezwykłą jasność, wyjątkowość i systematyczne uporządkowanie materiału. Wyjątkowa sugestia słowa mówionego stwarzała ścisłą łączność myślową między słuchaczami i wykładawcą. Również podczas egzaminów potrafił swą dobroniosnością wytworzyć atmosferę, w której znikła trema studenta.

Prof. Witoszyńskiego cechowało także duże zrzucenie dla naukowych i materialnych potrzeb zarówno organizacji studenckich jak i poszczególnych jej członków. Szczególną opieką otaczał Sekcję Lotniczą Koła Mechaników Studentów Politechniki Warszawskiej, z której grona wyszli jedni z najwybitniejszych polskich konstruktorów lotniczych.

Doceniając znaczenie zdolności indywidualnych, prof. Witoszyński był wielkim zwolennikiem pracy zespołowej. Taką doskonałą szkołą pracy zespołowej była właśnie Sekcja Lotnicza. Wypracowane tam zasady dały następnie rewelacyjne wyniki w postaci znanych szerokim masom słynnych konstrukcji samolotów „RWD”, które w latach 1932 i 1934 przyniosły Polsce dwa wspaniałe zwycięstwa w Międzynarodowych Konkursach Lotniczych

Było to zasłużonym tryumfem polskiego inżyniera, robotnika, pilota i uczonego.

Wychowawca licznych grona poważnych naukowców i całego pokolenia inżynierów lotniczych, mówił zawsze o sobie, że jest profesorem z przypadku, a nie z zawodu. Mając uniwersyteckie wykształcenie matematyczne, poprzedzające jego studia techniczne, był w równym stopniu przeciwny zasklepieniu się inżynierów w ich rutynie zawodowej, jak i traktowaniu prac naukowych jako „sztuki dla sztuki”. Dlatego też jedną z jego charakterystycznych cech było, jedyne w swoim rodzaju, połączenie inżynierskiego podejścia do teoretycznych zagadnień techniki z najgłębszym matematycznym ich ujęciem.

Nadzwyczajna żywotność i zainteresowanie przejawami codziennego życia łączyły się u prof. Witoszyńskiego z głęboko filozoficznym poglądem na świat i na człowieka. Tak samo jak przy zetknięciu się z przeciwnościami życiowymi, tak i w swej pracy naukowej nie szedł on nigdy po utartych drogach, szukając stale swym krytycznym umysłem badacza i matematyka nowych rozwiązań na gruncie nowych koncepcji. Z tych wszystkich względów należał Witoszyński niewątpliwie, na przestrzeni ostatniego trzydziestolecia, do najwybitniejszych profesorów Politechniki Warszawskiej.

Zmarły był członkiem rzeczywistym, bądź honorowym, licznych towarzystw naukowych zarówno w kraju jak i poza jego granicami, m. in. Akademii Nauk Technicznych, Polskiej Akademii Umiejętności, Towarzystwa Naukowego Warszawskiego, Society of Aeronautical Sciences (USA), Société de la Mécanique Appliquée (Francja).

Poza tym trzeba zaznaczyć, iż w dużej mierze właśnie prof. Witoszyński przyczynił się do wydania w czasie okupacji hitlerowskiej kilkudziesięciu tajnych dyplomów inżynierskich na Wydziale Mechanicznym Politechniki Warszawskiej.

Bezpośrednio po wyzwoleniu objął Witoszyński Katedrę Aerodynamiki w Politechnice Łódzkiej, skupiając jednocześnie dookoła siebie grupę młodych entuzjastów lotnictwa, którzy zorganizowali ośrodek wytwórczy pod nazwą Lotnicze Warsztaty Doświadczalne — pierwszą w kraju powojenną placówkę, która podjęła prace konstrukcyjne.

Równocześnie interesował się Profesor żywo rozpoczętą w r. 1946 odbudową spalonego przez hitlerowców Instytutu Aerodynamicznego w Warszawie.

Projektowanemu w r. 1948 powrotowi Witoszyńskiego na Politechnikę Warszawską stanęła na przeszkodzie ciężka choroba i śmierć.

Odszedł w wieku lat 73, zachowując do końca żywotność, lotność umysłu i pracowitość. Jego wiara w młode siły na polu pracy technicznej i naukowej, atmosfera lojalnego współdziałania, jaką stwarzał i wpał w swoje otoczenie oraz Jego osobista skromność będą zawsze godnie naśladowania. Uczony o wybitnych walorach umysłu, doskonały pedagog, inżynier o bogatej inwencji twórczej — był jedną z czołowych jednostek polskiego świata technicznego pierwszej połowy naszego stulecia.

W uznaniu szczególnej pozycji, jaką zajmował Zmarły w nauce polskiej, Polska Akademia Nauk postanowiła wydać zbiór prac wybranych profesora Czesława Witoszyńskiego.

Prof. Jerzy Bukowski

# Paleniska cyklonowe

621.181.7

Mgr inż. EDMUND ZIELENIEWSKI

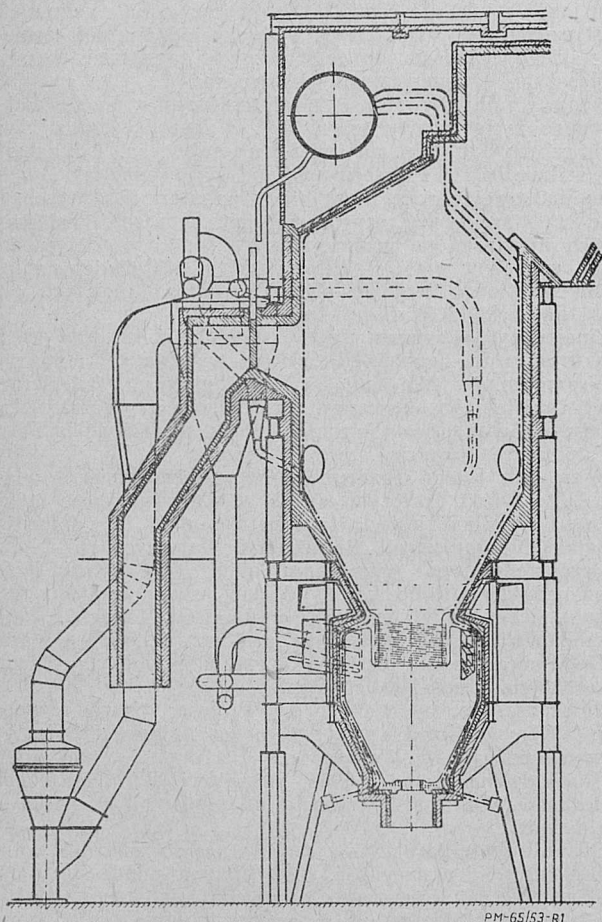
Artykuł omawia w sposób ogólny zasadę działania palenisk cyklonowych, ich zalety i wady oraz przebieg spalania. Celem artykułu jest pobudzenie czytelników do wypowiedzenia się na łamach czasopisma na temat palenisk cyklonowych, uzupełnienie i dalsze rozwinięcie tego tematu. Zapraszamy!

Redakcja

Zasada pracy paleniska cyklonowego pod względem aerodynamicznym, jak z samej nazwy paleniska wynika, ma pewne cechy wspólne z oddzielnikiem cyklonowym, jednak z uwagi na zagadnienia cieplne, jakim podlega palenisko cyklonowe, nie jest jednoznaczna i wykazuje poważne różnice.

W oddzielniku cyklonowym cząsteczka pyłu nie zmienia swojej wielkości, gdy tymczasem w palenisku cyklonowym cząsteczka pyłu, w miarę zbliżania się do ściany komory lub wylotu z komory, ulega — zależnie od wielkości cząsteczki i długości drogi — częściowemu lub pełnemu spalaniu. Temperatura powietrza w oddzielniku cyklonowym jest przez cały czas jednakoowa, zaś w palenisku cyklonowym temperatura powietrza rapidly podnosi się aż do temperatury spalania; powietrze zwiększa wskutek tego znacznie swoją objętość, o czym należy pamiętać przy ustaleniu przekroju paleniska cyklonowego, gdyż wpływa to hamująco na prędkość przepływu powietrza.

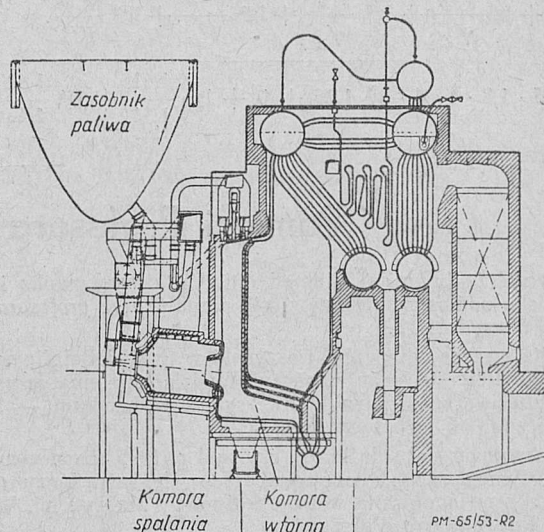
W oddzielniku cyklonowym cząsteczek pyłu, które dostały się do ściany oddzielnika, nie można uważać za ostatecznie oddzielone, ponieważ wiry panujące wewnątrz komory mogą je jeszcze porwać i z powrotem wsunąć w strumień powietrza. W palenisku cyklonowym ściany płaszcza pokryte są płynnym, lepkim żużlem, do którego przylepiają się częściowo nie spalone jeszcze cząsteczki pyłu oraz stopiony i nie stopiony popiół.



Rys. 1.

Paleniska cyklonowe dzielą się na pionowe (rys. 1) i poziome (rys. 2); przy paleniskach poziomych oś komory spalania jest lekko odchylona w dół w kierunku kotła. Poza tym można przeprowadzić dalszy podział w zależności od sposobu, kierunku i miejsca w doprowadzeniu pyłu, powietrza pierwotnego i powietrza wtórnego.

Paleniska cyklonowe są w pewnym znaczeniu dalszym rozwojem palenisk pyłowych z paleniskami w narożach. Mają one także właściwości zbliżone do palenisk pyłowych z wanną na płynny żużel.



Rys. 2.

Jakie są zalety palenisk cyklonowych?

1) Wysokie obciążenie cieplne komory spalania dochodzące do 5 500 000 kcal/m<sup>3</sup>h, a nawet i więcej. Wskutek tego prawie cały doprowadzony pył spala się w komorze, zaś niewielka ilość niezupełnie wypalonego pyłu spala się w części opromieniowej kotła, przed dojściem do powierzchni konwekcyjnych, a wytworzony w komorze popiół pozostaje w ok. 90% w samej komorze zatrzymany i stopiony. Zapewnia to czystość powierzchni konwekcyjnych, a więc dobry odbiór ciepła, który jest warunkiem niskiej temperatury gazów odlotowych, a więc wysokiej sprawności cieplnej instalacji kotłowej.

2) Wysoka sprawność cieplna samej komory spalania. W jednym z opisanych w literaturze technicznej przypadków sprawność ta wyniosła 99,35%; na stratę w ogólnej wysokości 0,65% złożyły się w tym przypadku straty w letnym koksiku 0,37%, niedopał w żużlu 0,01%, ciepło w żużlu 0,27%. Do powodów tak wysokiej sprawności należą m. in. prawie zupełne spalanie cząstek pyłu, które dostają się do płynnego żużla pokrywającego ściany komory, i niejako automatyczna regulacja odbioru ciepła ze ścian komory. Przy wysokim obciążeniu paleniska cyklonowego temperatura wzrasta, żużel staje się płynniejszy, a grubość warstwy płynnego żużla, która chroni ściany komory, maleje; wywołuje to intensywniejszy odbiór ciepła przez ściany komory (ściany są oczywiście chłodzone wodą), co przeciwdziała podnoszeniu się temperatury. Odwrotny przebieg ma wymiana ciepła przy niskim obciążeniu paleniska cyklonowego; warstwa płynnego żużla grubieje, a odbiór ciepła staje się mniejszy.

3) Mniejsza zależność od jakości przemiału i od miakkości pyłu. W paleniskach pyłowych miakkość pyłu mierzy się w dziesiątkach mikronów; przy paleniskach cyklonowych wielkość cząstek węgla dochodzi nawet do 5 mm. Powoduje to znaczne oszczędności na koszcie przemiału; zapotrzebowanie energii na przemiał węgla na pył miaki wynosi około 15 ÷ 20 kWh/t, a na pył gruby — około 2 kWh/t. Należy jednak przeciwstawić temu zapotrzebowanie energii na wdmuch, pochłaniające przy miakim pyłe około 2,5 kWh/t, przy grubym pyłe mogące dojść nawet do 40 kWh/t. Ciśnienie powietrza w paleniskach cyklonowych waha się od około 120 mm sł. wody — w paleniskach pionowych — do około 1400 mm sł. wody — w paleniskach poziomych.

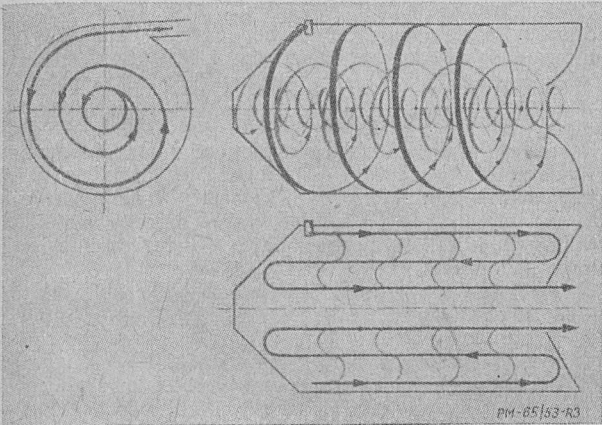
Zaznaczyć należy, że w paleniskach cyklonowych pionowych miakkość pyłu musi być większa (a więc dmuch mniejszy) jak



w paleniskach cyklonowych poziomych; powodem tego jest siła ciężkości, której wpływ na ruch cząstek pyłu w paleniskach cyklonowych jest większy.

Przebieg spalania w paleniskach cyklonowych zależy od sposobu doprowadzenia pyłu i powietrza, nie jest jednak jeszcze dostatecznie zbadany; toteż zapatrywania na tę sprawę są różne. Doświadczenia wykonywane na modelach nie są przekonywujące, bo zastąpiono w nich pył dymem (różnica ciężaru gątkowego), a doprowadzane powietrze nie ulegało gwałtownemu podgrzaniu.

Przy jednostronnym doprowadzeniu pyłu i powietrza (rys. 3) strumień mieszanki porusza się śrubowo najpierw w stronę



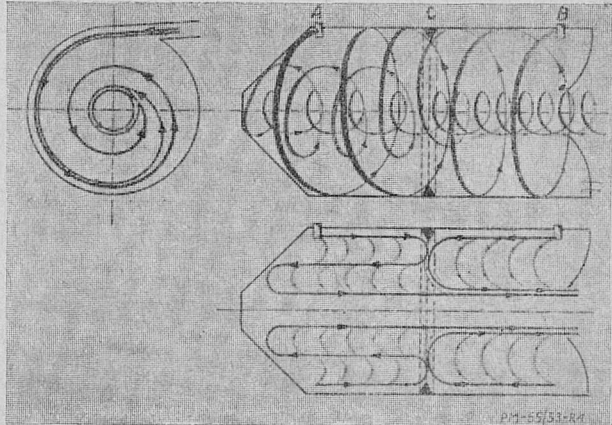
Rys. 3.

zamkniętego dna komory (na rys. w lewo), potem zmniejszając średnicę w stronę wylotu, żeby po zetknięciu się z kołnierzem znowu zawrócić przy dalszym zmniejszeniu średnicy itd.; po dojściu do średnicy otworu wylotowego z komory, strumień gorących gazów spalinowych opuszcza palenisko cyklonowe i wchodzi do części opromieniowej kotła. Podczas tej drogi większe cząstki pyłu przedostają się w stronę płaszcza komory, a mniejsze — porwane wirami — mają raczej tendencję przesuwania się ku osi paleniska cyklonowego; równocześnie następuje spalanie pyłu.

Na rys. 3 pokazano doprowadzenie mieszanki pyło-powietrznej od strony zewnętrznej (odkottowej) paleniska. W razie doprowadzenia mieszanki od strony wylotu paleniska, droga strumienia jest podobna, tylko ilość „zwojów” jest przypuszczalnie mniejsza.

Inaczej ma się przedstawiać przebieg spalania przy równoczesnym dwustronnym doprowadzeniu mieszanki (rys. 4). Strumienie wprowadzone w miejscach A i B spotykają się w środku komory wydzielając pierścien pyłu C; strumień powietrza z drobniejszymi cząsteczkami pyłu porusza się potem podobnie jak w przypadku poprzednio opisanym, a pierścien z większych cząsteczek (C) jest stale omywany powietrzem, otrzymując w ten sposób dostateczną ilość tlenu do spalania. Taki sam przebieg ma spalanie przy doprowadzeniu mieszanki nie w dwu, ale większej ilości miejsc; powstanie wtedy jednak odpowiednio większa liczba pierścieni pyłu.

Tak w jednym jak i w drugim przypadku, pył nie spala się w wolnym zawieszeniu w powietrzu, jak to ma miejsce w zwy-



Rys. 4.

łych paleniskach pyłowych, tylko przy relatywnie znacznie mniejszej prędkości; przy jednostronnym doprowadzeniu mieszanki, opóźnienie ruchu cząsteczki pyłu w stosunku do nosącego ją powietrza wywołane jest przede wszystkim siłą odśrodkową; przy dwustronnym doprowadzeniu mieszanki — poza działaniem siły odśrodkowej — tworzenie się pierścieni powoduje pozostawanie pyłu w palenisku. Kilkakrotna droga w obrębie paleniska po liniach śrubowych o zmniejszających się średnicach przedłuża również czas przebywania pyłu w palenisku.

Wszystkie te zjawiska mogą wytłumaczyć, dlaczego w palenisku cyklonowym, mimo jego stosunkowo małych wymiarów, następuje prawie zupełne wypalenie pyłu przy dużym natężeniu przestrzeni spalania i dobrej sprawności.

Wyjaśnień tych nie można jednak uważać za ostateczne i należy czekać na wyniki dalszych badań.

## Przegląd prasy technicznej

### CYJANOWANIE GAZOWE W PIECU KOMOROWYM O DZIAŁANIU CIĄGŁYM

Cyjanowanie gazowe jest zabiegiem mało zbadanym i z tego powodu stosowanym stosunkowo rzadko. Tymczasem zabieg ten ma szerokie perspektywy rozwojowe ze względu na zalety jakimi się odznacza w porównaniu do cyjanowania kąpielowego i nawęglania gazowego.

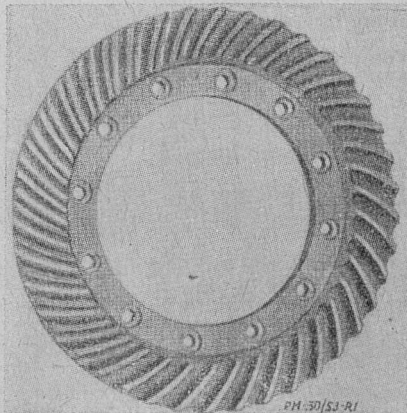
Zaletami tymi są:

- a) mniejszy koszt obróbki, ponieważ unika się stosowania drogich soli cyjanowych,
- b) krótszy czas trwania procesu na skutek mniejszej głębokości warstwy nacyjanowanej,
- c) nieszkodliwość procesu pod względem zdrowotnym,
- d) powierzchnie cyjanowane posiadają większą twardość i odporność na ścieranie niż nawęglane,
- e) w pewnych przypadkach istnieje możliwość zamiany kosztownych stali wysokostopowych tańszymi stalami niskostopowymi.

Wprowadzenie cyjanowania gazowego do produkcji ma duże znaczenie dla zakładów przemysłu samochodowego, w którym dotychczas stosowane jest szeroko cyjanowanie kąpielowe.

W Górkowskich Zakładach Samochodowych zostały przeprowadzone badania możliwości zastosowania cyjanowania gazowego do obróbki szeregu odpowiednich części samochodowych, między innymi do kół talerzowych tylnego mostu (rys. 1).

W pierwszym rzędzie badania miały na celu stwierdzenie możliwości zastąpienia dotychczas stosowanej stali do nawę-



Rys. 1. Koło talerzowe tylnego mostu samochodu GAZ-51

glania chromowoniklowej 20XHMA przez niskostopową stal chromową 38X (0,38% C, 0,63% Mn, 0,25% Si, 0,98% Cr, 0,017% P i 0,013% S).

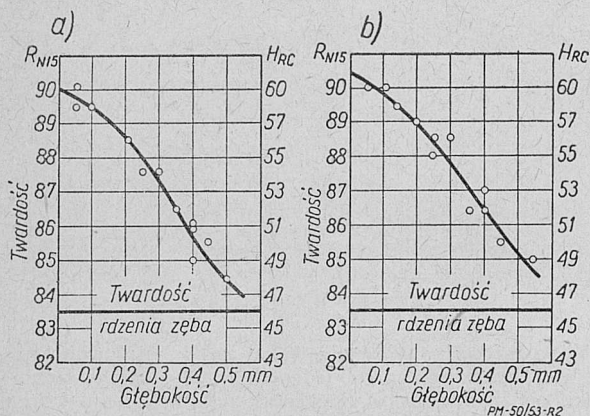
Próbnę cyjanowanie przeprowadzone było w piecu komorowym ( $600 \times 800 \times 400$  mm) o ruchu ciągłym, posiadającym komorę załadowniczą, 3 strefy grzejne i komorę studzącą.

Jako gaz cyjanujący była stosowana mieszanina rozpylonego pirobenzolu i amoniaku. Pirobenzol był wtryskiwany do pieca od strony załadowniczej za pomocą pompki paliwowej i rozpylacza pod ciśnieniem  $120 \text{ kg/cm}^2$ . Amoniak z balonów, uprzednio osuszony, doprowadzany był do pieca oddzielnie w punkcie odległym o 2,2 m od pierwszej strefy grzejnej pieca. Zużyte gazy były odprowadzane z pieca rurką i spalane (świeca gazowa).

Cyjanowanie było prowadzone z założeniem uzyskania warstwy grubości  $0,3 \div 0,5$  mm. Temperatura cyjanowania  $840 \div 860^\circ\text{C}$ . Były stosowane dwie odmiany gazu cyjanującego, uzyskiwane przez doprowadzanie:

- 2 l/godz pirobenzolu i 9 l/min amoniaku,
- 2 l/godz pirobenzolu i 25 l/min amoniaku.

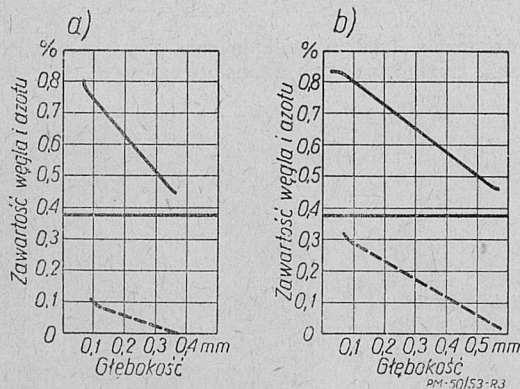
Bezpośrednio po cyjanowaniu koła zębate były hartowane w oleju pod prasą i następnie odpuszczane w temperaturze  $200^\circ\text{C}$  w ciągu 1,5 godz.



Rys. 2. Zależność twardości od głębokości warstwy cyjanowanej przy doprowadzeniu amoniaku w ilości: a) — 9 l/min, b) — 25 l/min.

Uzyskane wyniki przedstawione są na rys. 2 i 3. Twardość była badana na skośnym przekroju przez warstwę nacyjanowaną. Na powierzchni zębów  $HRC$  wynosi ok. 60 i stopniowo spada w głąb. Lepsze wyniki (cokolwiek większą twardość i większą grubość warstwy) uzyskuje się przy większej ilości doprowadzanego amoniaku (25 l/min). W przypadku większej zawartości w gazie amoniaku nasycenie powierzchni azotem jest prawie trzykrotnie większe.

Struktura zahartowanej warstwy cyjanowanej gazowo składa się w przypadku doprowadzenia 9 l/min amoniaku z drobnoiglastego martenzytu z nieznaczną ilością austenitu szczątkowego. Rdzeń zębów posiada strukturę troostyticzno-martenzytyczną. Przejście między warstwą nacyjanowaną i rdzeniem jest stopniowe.



Rys. 3. Zawartość węgla i azotu na różnych głębokościach warstwy cyjanowanej przy doprowadzeniu amoniaku w ilości: a) — 9 l/min, b) — 25 l/min. 1 — węgiel, 2 — azot.

Badania na ścieralność wykazały, że warstwy cyjanowane w gazie otrzymywanym przy doprowadzeniu 9 l/min amoniaku są cokolwiek mniej odporne niż warstwy nawęglane gazowo na stali 20XHMA, natomiast cyjanowane przy doprowadzaniu 25 l/min amoniaku posiadają odporność na ścieranie znacznie lepszą.

Badania wytrzymałości zębów na zginanie wykazały, że koła ze stali 38X cyjanowane gazowo nie ustępują kołom ze stali 20XHMA nawęglanym gazowo.

Na podstawie tych badań w Gorkowskich Zakładach Samochodowych wprowadzone zostało cyjanowanie gazowe omawianych kół zębatych. Grubość warstwy ustalono na  $0,3 \div 0,6$  mm i doprowadzenie amoniaku  $25 \div 30$  l/min.

Przez zastosowanie cyjanowania gazowego uzyskano więc zwiększenie wydajności pieca o  $40 \div 50\%$  i zastąpiono wysokostopową stal 20XHMA przez niskostopową 38X.

(Więcej Maszynostrojenia, nr 12/52, str. 39)

K. R.

## OBCIĄGANIE TARCZ ŚCIERNYCH BEZ UŻYCIA DIAMENTÓW

Sposoby obciążania ściernic bez użycia diamentów zostały gruntownie sprawdzone w fabrykach i instytutach badawczych Związku Radzieckiego. Wszelkie doświadczenia wykazały, iż zastosowanie tych sposobów jest celowe i gospodarczo uzasadnione.

Zakres doświadczeń objął następujące narzędzia obciążające:

1) narzędzia metalowe — żeliwne frezy, gwiazdki stalowe hartowane z tępymi lub ostrymi zębami, krążki stalowe hartowane wytłaczane lub gładkie, rolki do obciążania ściernic kształtowych i wielozwojowych tarcz do szlifowania gwintów, stalowe hartowane stożki;

2) narzędzia z węglików spiekanych — krążki małe o średnicy do 24 mm, krążki średnie o średnicy  $25 \div 49$  mm i krążki duże o średnicy  $50 \div 75$  mm; krążki z węglików spiekanych kruszonych i spojonych mosiądzem, krążki z węglików spiekanych kruszonych i sprasowanych w karbolicie; stożki;

3) narzędzia z materiałów ściernych różnego kształtu — pilniki (oselki), krążki i tarcze z węglików krzemu (zielonego i czarnego), elektrokorundu, elektrokorundu z węglikiem boru, z termokorundu i węgla boru.

### 1. Obciążacze metalowe

stosowane są do obciążania ściernic używanych do wstępnego szlifowania. Zapewniają one dokładność przedmiotów szlifowanych do 3 klasy i gładkość powierzchni do 7 klasy (wg GOST 2789-51).

### 2. Zastosowanie tarcz z węglików spiekanych

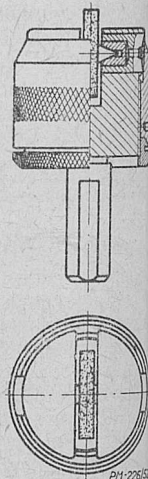
Jak wykazała praktyka, najodpowiedniejszym i najtrwalszym z posiadanych w ZSRR okazał się stop W K 6 A ( $HRA = 91$ ). Narzędzie obciążające z węglików spiekanych, wykonane w formie tarczy, zamocowane jest w specjalnej oprawce. W zależności od wielkości ściernic tarcze do ich obciążania dzielą się na małe, średnie i duże.

Po licznych doświadczeniach ustalono, że do obciążania małych ściernic najlepszą konstrukcyjnie jest oprawka Orgawtoproma (rys. 1) z tarczą obciążającą  $\phi 25$  mm. Do ściernic średniej i dużej wielkości stosuje się dwuwarstwowe tarcze obciążające. Warstwa obwodowa tych tarcz wykonana jest z węgla spiekane, warstwa wewnętrzna i tuleja — ze stali węglowej. Jako przykład innej konstrukcji oprawki może służyć oprawka ATP-35 (rys. 2).

Obciążanie ściernic tarczami z węglików spiekanych zapewnia dokładność szlifowania (na szlifierkach wszelkich rodzajów) w granicach 2 klasy dokładności i gładkości powierzchni w granicach 8 klasy (wg GOST 2789-51).

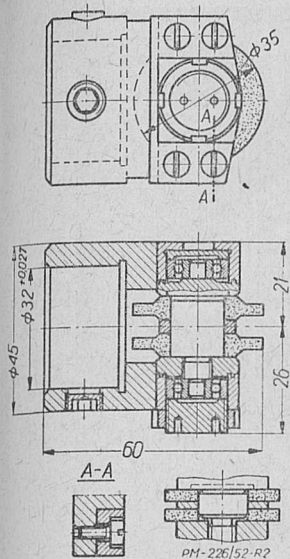
Do obciążania ściernic zastosowano również z bardzo dobrymi wynikami tarcze obciążające z kruszywa węglików spiekanych (odpadków). Największą trudność stanowi rozdrobnienie kruszywa, gdyż dalszy proces stapienia ich z mosiądzem jest prosty. Obciążanie ściernic tarczami z kruszywa węglików spiekanych zapewnia szlifowanie z dokładnością I klasy i gładkością 9 klasy (prócz szlifierek do wewnętrznego szlifowania gdzie otrzymuje się dokładność wg 2 klasy, a gładkość wg 8 klasy).

Badania wykazały, że ważną rolę odgrywa kąt pomiędzy osiami tarczy obciążającej i obciążanej. Przy kącie  $10 \div 15^\circ$  można obciążać nawet najtwardsze tarcze, np. tarcze prowadzące szlifierki bezkłowych. Poza tym wielkość kąta  $\omega$  ma



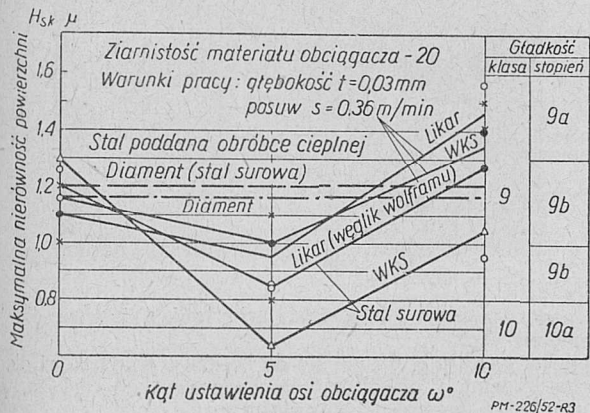
Rys. 1. Oprawka konstrukcji Orgawtopromu z węglów spiekanych w kształcie tarczy o  $\phi 25$  mm.





Rys. 2. Oprawka ATP-35.

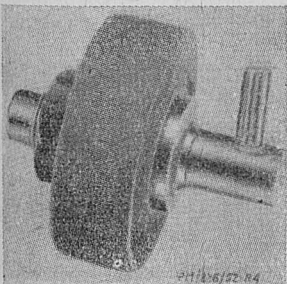
wydajność obciągacza z WK3 na mosiądzu < 235%  
" " " relitu na mosiądzu < 122%  
" " " relitu połączonego z WK15 < 825%  
Jak widać z tego porównania, obciągacze z relitu połączonego z WK15 są najwydajniejsze.



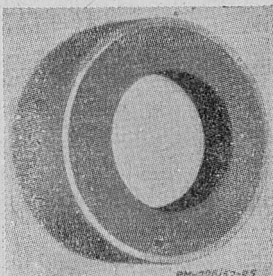
Rys. 3. Zależność gładkości powierzchni od kąta ustawienia osi obciągacza. Ziarnistość materiału obciągacza — 20. Warunki pracy: głębokość t = 0,03 mm, posuw s = 0,36 m/min. Stal poddana obróbce cieplnej. Kąt ustawienia osi obciągacza.

### 3. Zastosowanie obciągaczy z materiałów ściernych

Próby przeprowadzone przez E. W. Bołonowa wykazały, że twardość tarczy obciągającej powinna być o 4 ÷ 5 stopni wyższa, a ziarno o 2 ÷ 3 numery mniejsze niż twardość i wiel-



Rys. 4. Oprawka z tarczą do obciągania, przeznaczona do ustawienia w kłach szlifierki.



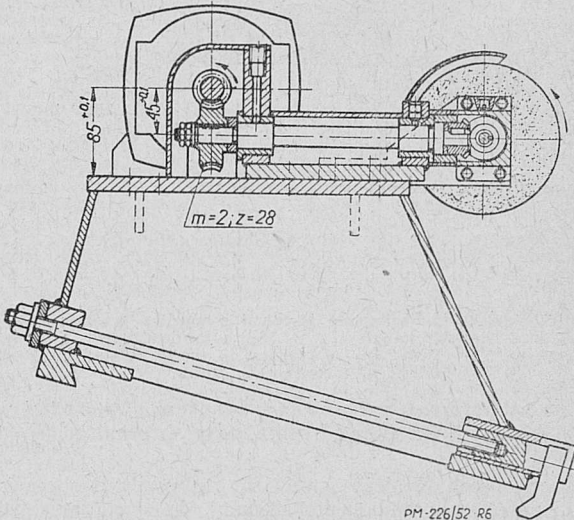
Rys. 5. Urządzenie do obciągania na szlifierce do wewnętrznego szlifowania.

kość ziarn tarczy obciąganej. Tarcze karborundowe o spoiwie ceramicznym uznano za najlepsze tworzywa dla tarcz obciągacza.

Na rys. 4 pokazana jest przykładowo oprawka do obciągania tarcz na szlifierkach do wałków, a na rys. 5 — oprawka stosowana przy obciąganiu tarcz na szlifierkach do szlifowania

otworów. Stosując podane wyżej oprawki osiągnano dokładność szlifowania do 10 ÷ 15 μ i gładkość powierzchni 9 klasy.

Rys. 6 przedstawia obciągacz z napędem bezpośrednim, używany do obciągania tarcz na szlifierkach do wałów wykorbio-

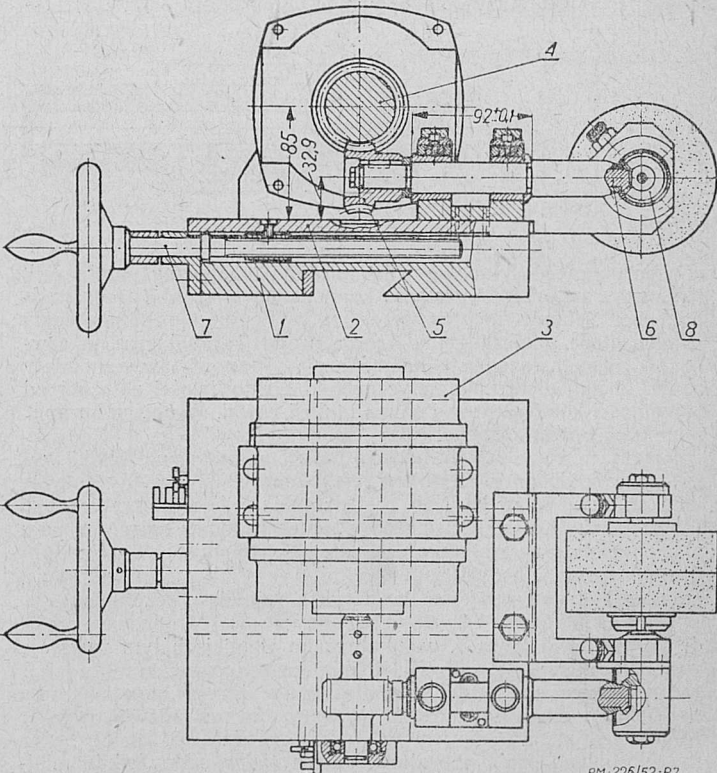


Rys. 6. Przyrząd do obciągania ściernic na szlifierkach do szlifowania okrągłego sztyjek wału wykorbnego.

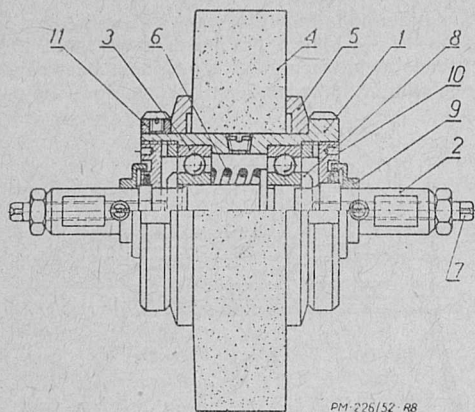
nych. Przy zastosowaniu tego obciągacza osiągnano na sztykach wałów o średnicy 95 mm dokładność kształtu przekroju i zbieżności (stożkowatość) do 10 μ. Na szlifierkach bezkłowych zastosowano obciągacze podane na rys. 7. Czopy łukowe szlifowane na tych maszynach miały dokładność kształtu przekroju i zbieżności (stożkowatości) do 6 μ.

Na rys. 8 pokazany jest obciągacz stosowany na szlifierkach do okrągłego i płaskiego szlifowania z tarczą z węglika krzemu, używany w Zakładach ZIS. Przy użyciu ściernic obciąganych za pomocą tego przyrządu uzyskiwano dokładność szlifowania 1 i 2 klasy i gładkość powierzchni 8 klasy.

Na specjalną uwagę zasługuje zastosowanie pneumatycznych turbin do napędu obciągaczy. Stosując turbinkę pneumatyczną (15 000 obr/min) do napędu pilnika (osełki) o przekroju kołowym na szlifierce do wewnętrznego szlifowania osi-



Rys. 7. Przyrząd do obciągania ściernic szlifierki bezkłowej: 1 — sanie dolne, 2 — sanie górne, 3 — silnik elektryczny, 4 — 5 przekładnia ślimakowa, 6' — 8 — koła zębate stożkowe, 7' — śruba pociągowa.



Rys. 8. Obciążacz do obciągania tarczami z węgla krzemu: 1 — tuleja, 2 — oś, 3 — łożyska kulkowe, 4 — tarcza karborundowa, 5 — kołnierz, 6 — sprężyna, 7 — gwint, 8 — szczeka, 9 — tuleja kołnierza, 10 — wkret, 11 — nakrętka zaciskowa.

gano na szlifowanych przedmiotach gładkość powierzchni w granicach 8 klasy i dokładność szlifowania w granicach  $\pm 2,5 \mu$ .

Na zakończenie należy stwierdzić, że w chwili obecnej przemysł ZSRR rozporządza przyrządami do obciągania ściernic (bez użycia diamentów) do wszystkich podstawowych operacji szlifowania, zapewniającymi dokładność szlifowania przedmiotów ściernicami nimi obciążonymi w 1—2 klasie dokładności oraz 8—9 klasie gładkości powierzchni oszlifowanej.

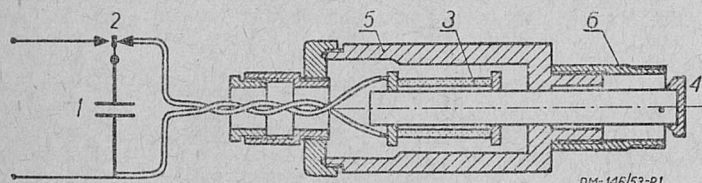
(Wiernik Maszynostrojenia, nr 6/52, str. 82).

W. L.

#### USUWANIE KAMienia KOTŁOWEGO ZA POMOCĄ ULTRADŹWIEKÓW

Zasada działania aparatu do usuwania kamienia kotłowego za pomocą ultradźwięków polega na tym, że fale ultradźwiękowe wytworzone na zewnątrz kotła przechodząc przez wodę zasilającą i ścianki kotła pobudzają je wraz z osadzonym na niej kamieniem kotłowym do drgań. Znaczna różnica między modułem sprężystości metalu ścianki kotła i kamienia kotłowego powoduje pękanie, a następnie odpadanie kamienia.

Aparat składa się z generatora i wibratora. Generator składa się z transformatora i lampy prostowniczej, która zamienia prąd zmienny płynący z transformatora na prąd jednokierunkowy pulsujący. Prąd ten służy do ładowania kondensatora 1 (rys. 1) sta-



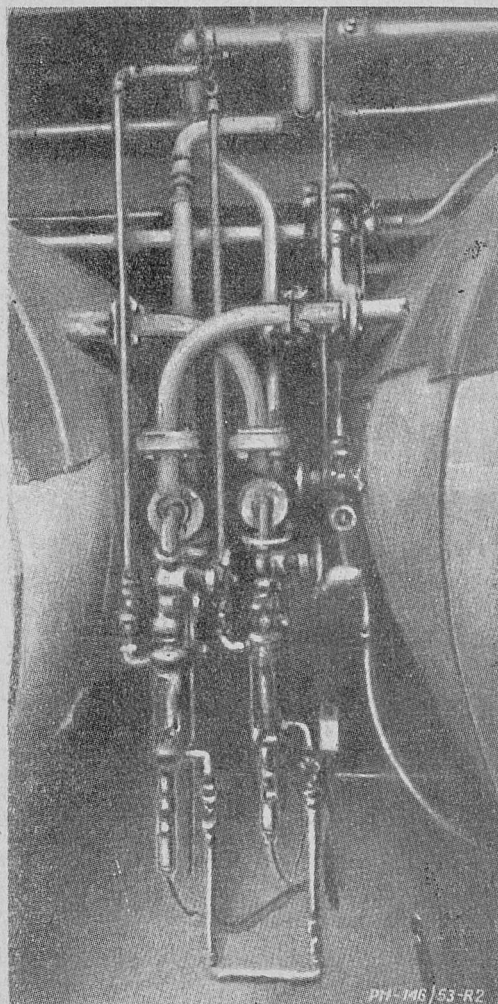
Rys. 1. Schemat działania wibratora.

nowiącego część składową wibratora. Automatyczny przełącznik ręczny 2 na przemian włącza kondensator w obwód prądu zasilającego (lampy prostowniczej), a następnie po naładowaniu kondensatora odłącza go od źródła prądu i przełącza na cewkę 3. Cewka ta razem z kondensatorem 1 stanowi tzw. zamknięty obwód drgań elektromagnetycznych o częstotliwości zależnej od pojemności kondensatora i samoindukcji cewki. W opisanym aparacie zastosowano częstotliwość 28 000 herców.

Drgające z tą częstotliwością pole magnetyczne cewki wywołuje w niklowej rurce 4 tzw. efekt magnetostrykcyjny polegający na tym, że rurka (lub pręt) z metalu ferromagnetycznego (żelazo, kobalt, nikiel i ich stopy) umieszczona w opisanym polu ulega rytmicznym zmianom swej długości i grubości. Gdy częstotliwość drgań własnych jest zgodna z częstotliwością wibratora, amplituda drgań rurki jest największa (zjawisko rezonansu).

Rurka niklowa jest przylutowana w swej środkowej części do korpusu wibratora 5, wskutek czego w miejscu tym powstaje węzeł fal ultradźwiękowych (tj. miejsce o zerowej amplitudzie), wolny koniec zaś rurki, zaopatrzony w tarczę metalową, ma największą amplitudę drgań (brzusiec fal ultradźwiękowych). Koniec ten zanurzony jest w wodzie zasilającej kocioł, gdyż nagwintowaną część wibratora wkłada się w odpowiednie miejsce w ścianie kotła lub w rurze zasilającej.

Na rys. 2 pokazano sposób włączenia dwóch wibratorów do rur zasilających dwa kotły o wydajności 1400 kg pary na go-



Rys. 2. Sposób zainstalowania dwóch wibratorów.

dzinę pod ciśnieniem 7 atn. Instalacja ta jest typowa dla kotłów opłomkowych.

Opisaną aparaturę stosuje się do kotłów o wydajności ok. 4 t pary na godzinę i do ciśnień dochodzących do 30 atn, przy użyciu wody o przeciętnej twardości.

Włączony aparat działa nieprzerwanie krusząc powstały kamień, którego grubość nie przekracza w tych warunkach grubości cienkiej skorupki. Skorupka grubsza ulega rozkruszeniu i opada na dno kotła. Jeżeli opisany aparat jest wmontowany do kotła, w którym kamień kotłowy stanowi grubą skorupę, to w ciągu paru tygodni nieprzerwanej pracy następuje całkowite oczyszczenie ścian kotła z kamienia, przy czym grubość poszczególnych okruchów może dochodzić do dwudziestu kilku mm.

Bardzo cenną zaletą opisanego aparatu jest fakt, że usuwa on kamień nawet z najbardziej niedostępnych miejsc na ściankach kotła. Drugą cenną zaletą jest bardzo małe zużycie mocy elektrycznej zasilającej generator, gdyż wynosi ona zaledwie około 20 watów. Energia ta czerpana jest z sieci oświetleniowej (220 V, 50 okr./sek). Generator o mocy 20 watów może obsłużyć 4 wibratory.

Jedyną częścią ruchomą aparatu jest przełącznik ręczny zasilający obwód drgań elektromagnetycznych. Składa się on z rurki kwarcowej w kształcie litery U zawierającej rtęć. Ponad rtęcią w każdym ramieniu rurki tworzącym zamkniętą komorę znajduje się wodór. W każdej z rurek znajduje się elektroda, której dolny koniec znajduje się tuż nad poziomem rtęci w stanie równowagi. Ponadto jedna z komór ma wtopiony drucik wolframowy, zanurzony w rtęci i wyprowadzony na zewnątrz. Drucik ten wystaje z rtęci i znajduje się w atmosferze wodoru wypełniającego tę komorę. Włączenie prądu powoduje rozgrzanie drucika wolframowego włączonego w obwód, a następnie rozgrzanie wodoru, który rozprężając się obniża poziom rtęci w jednym ramieniu rurki, a podwyższa w drugim powodując styk rtęci z elektrodą i przepływ prądu w tym ramieniu. Przez cały więc czas działania aparatu poziom rtęci w rurce oscyluje przełączając prąd jak wyżej opisano.

(The Engineer, May 1, 1953).

M. Ch.



# Bibliografia

Prof. mgr inż. Włodzimierz Mermon — Zasady konstrukcji przyrządów uchwytów i sprawdzianów specjalnych. Tom II. Format B5, stron 186, rysunków 167. PWT, Warszawa, 1952 r.

## Rozdział I. Uchwyty i przyrządy frezarskie.

Po omówieniu warunków, jakie musi spełniać uchwyt frezarki ze względu na siłę skrawania, zapoznano czytelnika z konstrukcjami uchwytów frezarskich, dzieląc je na uchwyty do pierwszej operacji — imadłowe z hydraulicznym przekazywaniem nacisków, na uchwyty i przyrządy do frezowania ciągłego i jednopłaszczyznowego, przyrządy frezarskie podziałowe do frezowania kopiowego oraz na uchwyty frezarskie różne. Stosunkowo najwięcej miejsca poświęcono uchwytom imadłowym, jako najbardziej rozpowszechnionym, oraz przyrządom do frezowania kopiowego, jako mającym szczególne znaczenie w produkcji wielkoseryjnej i masowej.

Rozdział II omawia uchwyty do szlifowania płaszczyzn. Uchwyty te dzielą się na: 1) uchwyty do szlifowania na stołach elektromagnetycznych, 2) uchwyty do szlifowania płaszczyzn na szlifierniach z wrzecionem przedmiotowym i obrotowym oraz 3) uchwyty do szlifowania symetrycznego.

Rozdział III obejmuje uchwyty do robót na strugarkach wzdłużnych i poprzecznych oraz na dłutownicach. Uchwyty i przyrządy do narzędzi strugarskich zostały omówione połączając z pominięciem najbardziej charakterystycznych, stosowanych do mocowania narzędzi na suwaku dłutownicy.

Rozdział IV zawiera wskazówki dotyczące budowy uchwytów do przeciągania otworów w przedmiotach z płaszczyznami czołowymi, obrobionymi i surowymi. Ponadto omówiono tu przyrządy do przeciągania wielokrotnego.

Rozdział V poświęcony jest omówieniu podstawowych warunków, które musi spełniać przedmiot, obrabiarka, uchwyt i narzędzie przy nacinananiu zębów w kołach zębatych. Następnie przedstawiono różne uchwyty do kół zębatych, walcowych i stożkowych. W części poświęconej sprawdzianom do kół zębatych omówiono urządzenia do sprawdzania cichobieżności zabiegni.

Rozdział VI omawia przyrządy, uchwyty i narzędzia do obciążania i docierania. Opisany w tym rozdziale proces „obciążania” (honowania) jest znany w przemysle metalowym raczej pod nazwą „polerowania”.

Przyrządy i uchwyty do robót różnych, jak np. uchwyt do trasowania, do robót ślusarskich, do obróbki cieplnej, do odśrodkowego wylewania panewek, do czyszczenia powierzchni odlewów, jak również urządzenia do prób na ciśnienie zostały omówione w rozdziale VII. Rozdział ten omawia najbardziej typowe przyrządy i urządzenia zapewniające należyłą jakość wyrobu z zastosowaniem różnych procesów technologicznych. Rozdział ten zaprezentowano w szeregu przykładów, które wskażą kierunki i zasady, jakie należy brać pod uwagę przy projektowaniu pomocy warsztatowych, stosowanych w rozmaitych warunkach.

Rozdział VIII omawia uchwyty, przyrządy i narzędzia montażowe. Autor podaje przykłady często stosowanych przyrządów do wtłaczania tulejek, uchwytów do podwieszania i podnoszenia montowanych przedmiotów i uchwytów do zakładania sprężyn. Spośród bardzo różnorodnych przyrządów montażowych podano przykłady przyrządu do rozwalcowywania pierścieni ściągaczy oraz przyrządu do docierania współpracujących części mechanizmów po ich zmontowaniu. Jako przykłady narzędzi specjalnych do montażu omówiono w odpowiednim punkcie wkrętaki i klucze specjalne, uchwyty do wkręcania śrub dwustronnych, kleszcze do odkręcania śrub bez łbów i wykrętaki do śrub złamanych.

Spośród różnorodnych sprawdzianów, stosowanych w montażu, Autor wybrał przykłady sprawdzianów do pomiaru luzu międzyzębnego w przekładniach zębatych, urządzenia do współosiowego ustawiania wałów oraz przyrząd do badania równoległości otworów korbowodu.

Rozdział IX poświęcony jest omówieniu ogólnych zasad i techniki konstruowania przyrządów i uchwytów oraz gospodarki rysunkami przyrządów i uchwytów. Autor wyraża tu pogląd, iż konstruktor winien ustawicznie gromadzić doświadczenie i szkolić się przez obserwację procesu wykonywania zaprojektowanego przyrządu lub uchwytu, jak również przez zapoznanie się ze zdaniem użytkownika odnośnie wykonanego wg projektu przyrządu bądź tu uchwytu. Niezmiernie ważnym momentem jest zapewnienie ścisłego związku między uchwytami wzgl. przyrządem a narzędziem specjalnym, co daje się osiągnąć, jeżeli całość zadania zostanie powierzona jednemu konstruktorowi lub ściśle współpracującej ze sobą grupie konstruktorów. Przygotowanie zadania polega: 1) na zapoznaniu się z rodzajem urządzenia i ścisłym określeniu tematu, 2) na ustaleniu danych dotyczących materiału przedmiotu, rodzaju obrabiarci i narzędzia, 3) na ustaleniu wielkości produkcji, 4) na zapoznaniu się z planem obróbki, 5) na ustaleniu sposobu ustawienia i zdejmowania przedmiotu i czasu przeznaczanego na wykonanie tych czynności. Na przykładzie przyrządu wiertarskiego zilustrowano technikę konstruowania przyrządów i uchwytów. Dalszy ciąg rozdziału poświęcony jest omówieniu zasad gospodarki rysunkami przyrządów i uchwytów.

Rozdział X zawiera porównanie wykonywania uchwytów sposobami stosowanymi w produkcji jednostkowej (pociągającymi za sobą znaczny koszt własny) z nowoczesnym, ekonomicznym budowaniem przyrządów i uchwytów, składających się z części znormalizowanych, przy zastosowaniu nieznacznej tylko ilości części specjalnych. Metoda ta pozwala na posiadanie części znormalizowanych w zapasie magazynowym; z części tych w krótkim czasie można złożyć uchwyty po wykonaniu niezbędnych części specjalnych i po obróbce niektórych powierzchni półwyrobów znormalizowanych.

Rozdział XI omawia zagadnienie technologiczności konstrukcji obrabianego przedmiotu i jej wpływ na budowę przyrządów i uchwytów.

W końcowym rozdziale XII czytelnik zapoznaje się dość ogólnikowo z niezmiernie ważnym odcinkiem zagadnienia, a mianowicie z naprawą i przechowywaniem przyrządów i uchwytów. Nieliczne uwagi związane z tym tematem oczywiście nie wyczerpują zagadnienia, a mają na celu jedynie zwrócenie uwagi czytelnika na istnienie tego problemu.

Książka jest bogato ilustrowana rysunkami trafnie i starannie dobranymi przyrządów i uchwytów najbardziej typowych lub charakterystycznych. Wiele spośród nich daje wyraźne wskazania odnośnie konstrukcji i właściwego kierunku pracy koncepcyjnej konstruktora. Dzięki podaniu szeregu wiadomości z dziedziny technologii budowy przyrządów, dzięki znacznej

ilości konkretnych wskazań odnośnie opanowania różnych zjawisk występujących podczas wykonywania przyrządów i uchwytów książka ta stanie się cenną pomocą w codziennej pracy technologa w biurze opracowań technologicznych, w narzędziowni, w wydziałach produkcyjnych i w gospodarce pomocami warsztatowymi. Praca jest napisana jasno i przejrzysto, przy czym niezmiernie zyskuje na wartości dzięki załączonemu wykazowi części znormalizowanych, stosowanych w budowie przyrządów i uchwytów. Wykaz ten odsyła konstruktora do odpowiednich Polskich Norm. Dokonywanie doboru najważniejszego materiału na poszczególne części ułatwiono przez podanie wykazu materiałów najczęściej stosowanych w budowie przyrządów i uchwytów.

Zarówno tom I, jak i tom II „Zasad konstrukcji przyrządów, uchwytów i sprawdzianów specjalnych” (stanowiące zwartą całość) wysuwa się na czoło prac z zakresu technologii budowy maszyn, wydanych w ostatnich latach. Oba tomy omawianego dzieła wzbogaciły środki i możliwości pokonywania wielu trudności w rozwoju naszego przemysłu maszynowego, w walce o najwyższą jakość i o postęp techniczny we wszystkich gałęziach krajowej produkcji maszyn.

Mgr inż. Marian Wakalski

Dr inż. Bolesław Tolłoczko, Profesor Politechniki Warszawskiej — Kotły parowe. Tom pierwszy. Zeszyt 3. Format B5, stron 223, rysunków 67. PWT, Warszawa, 1953. Cena zł 6.40.

Wyszedł z druku 3 zeszyt tomu I książki prof. B. Tolłoczki pt. „Kotły parowe”.

Zeszyt I obejmuje teorię spalania i obliczenia cieplne, 2 — paleniska ręczne, a 3 zeszyt omawia paleniska mechaniczne rusztowe.

Treść zeszytu 3 obejmuje paleniska rusztowe samozapalające, taśmowe, podsuwowe, ruszt schodkowy, ruszt nawrotny i palenisko Makarewca z rusztem taśmowym dla spalania toru. Tak jak i w zeszytach 2 opisy są wyczerpujące, tekst zaopatrzone w liczne rysunki zestawieniowe i ciekawych detali. Poza opisem konstrukcji i działania sporo miejsca poświęcono opisowi obsługi oraz analizie zalet i wad poszczególnych rozwiązań konstrukcyjnych.

Recenzja z zeszytu 1 była zamieszczona w „Przeglądzie Mechanicznym” nr 12/51, zaś recenzja z zeszytu 2 w tymże czasopiśmie nr 4/53.

Książka jest przeznaczona dla inżynierów i studentów wyższych szkół technicznych. Zeszyt I wymagał przygotowania teoretycznego i jako odrębne opracowanie przedstawiał sobą dużą wartość dla wielu inżynierów przy pracach związanych z obliczeniami cieplnymi. Zeszyt 2, poświęcony paleniskom ręcznym, stanowił również zwartą odrębną całość, napisany był jednak tak przystępnie, a jednocześnie wyczerpująco, że zakres czytelników w tym przypadku mógł być rozszerzony na techników ze średnim wykształceniem. W zeszytach 3 omówione są paleniska mechaniczne najbardziej typowe. W całości książki zeszyt 3 będzie niewątpliwie wartościowym rozdziałem, natomiast jako opracowanie oddzielne, samo w sobie, nie będzie miało tak szerokiego zastosowania w życiu praktycznym, jak zeszyty 1 i 2. Technicy ze średnim wykształceniem, pracujący w ruchu, i mający do czynienia z paleniskami mechanicznymi, mogą wynieść sporo korzyści z lektury zeszytu 3 pod warunkiem, iż będą czytali niezmiernie uważnie, aby móc wyluskać cenne wskazówki dla siebie, np. odnośnie prowadzenia spalania, wyszukiwania nieszczelności międzystrefowych itp.

Jakkolwiek istnieje wiele rozwiązań konstrukcyjnych dla palenisk mechanicznych, to w zeszytach 3 podane są tylko paleniska typowe, z tym, iż wśród nich brakuje opisu paleniska z rusztem taśmowym o ruchu wstecznym (sprawder stocker) i palenisk kombinowanych. Być może, iż paleniska te zostaną opisane w zeszytach 4 omawianej pracy.

Zdarza się u nas często, iż książka ukazuje się w kilka lat po jej napisaniu i w związku z tym niejednokrotnie Autor nie ponosi winy za to, iż w książce odczuwa się brak opisów nowszych osiągnięć techniki.

O ile zeszyty ukażą się w wydaniu książkowym, trzeba będzie uwiódzić w przedmowie lata względnie rok opracowania książki oraz datę oddania jej do druku. Ponadto Autor winien podać w przedmowie wykaz nowości technicznych ze wskazaniem źródeł, na podstawie których czytelnik mógłby uzupełnić swoje wiadomości z tej dziedziny. PWT podaje, iż rękopis zeszytu 3 oddano do składania 3 stycznia 1953 r., lecz czytelnikowi nie wiadomo, kiedy rękopis został napisany. Czytelnik nie wie, czy książka wydana w 1953 r. podaje wiadomości o najnowszych zdobyczach techniki, czy też uwzględniła stan techniki sprzed kilku, lub nawet kilkunastu lat.

Mgr inż. Piotr Orlowski

Inż. Marian Zdunkiewicz — Walcowanie metali na zimno. Format B5, stron 251, rysunków 221, tablic 61. PWT, Katowice, 1952. Cena zł 29.—

Należy stwierdzić, iż rok 1952 był okresem wyjątkowo pomyślnym jeśli chodzi o wydawnictwa z dziedziny walcownictwa. Na półkach księgarskich ukazały się niemal równocześnie obszerne wydania książkowe: „Plastyczna przeróbka stali przez walcowanie” mgr inż. Wacława Leśkiewicza (nakładem PWN), „Walcownictwo” mgr inż. Romana Wusałowskiego (nakładem PWSZ), „Walcowanie stali” M. Ł. Zaroszczyńskiego (przekład z języka rosyjskiego mgr inż. Bogdana Marzęckiego), „Podstawy procesu walcowania” dr inż. Zygmunta Wusałowskiego i wreszcie — „Walcowanie stali na zimno” inż. M. Zdunkiewicza. Trzy ostatnie książki wydane zostały przez PWT.

Wszystkie wymienione tu wydawnictwa, oczekiwane przez zwiększające się z każdym rokiem rzesze walcowników, niewątpliwie dobrze się przysłużą dalszemu wzrostowi osiągnięć produkcyjnych, zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym.

Omawiana w niniejszej recenzji książka „Walcowanie stali na zimno” traktuje o niezwykle ważnych wytworach walcowniczych, jakim są dla gospodarki narodowej taśmy stalowe, walcowane na zimno. Praca jest przeznaczona dla mistrzów, techników i inżynierów walcowników oraz może służyć pomocą słuchaczom średnich i wyższych szkół technicznych.

Książka podzielona jest na trzy części i zawiera dziewiętnaście rozdziałów.

W części pierwszej omówiono rodzaje materiałów wsadowych, metody przygotowania ich do walcowania, klasyfikację wyrobów gotowych otrzymywanych drogą zimnego walcowania, a więc taśm ze stali węglowych i stopowych, oraz zmiany własności mechanicznych taśm, jakie zachodzą na skutek procesu walcowania. W tej części znajdują się również dwa krótkie rozdziały poświęcone teorii walcowania, zawierające wyjaśnienia zasadniczych pojęć procesu walcowania. Przytoczone wzory oparte są na najprostszych założeniach.

Szczegółowo opracowany został rozdział omawiający warunki dobrego walcowania na zimno; w rozdziale tym przeanalizowano wpływ różnych czynników na jakość gotowego wytworu, tj. taśm.

Część druga obejmuje: typy walcarek, począwszy od najprostszych, ręcznie sterowanych, aż do nowoczesnych wielowalcarkowych zespołów; urządzenia pomocnicze, do których Autor niesłusznie zaliczył walce i łożyska, gdyż wg *Celikowa* są one częściami składowymi walcarki; zagadnienia obróbki cieplnej taśm walcowanych na zimno oraz wykańczanie taśm i ich kontrolę. W ostatnim rozdziale tej części Autor opisuje wady taśm walcowanych na zimno.

W części trzeciej zebrane są praktyczne wiadomości dotyczące wykonywania taśm o różnych wymiarach. Autor omawia tutaj: warunki dobrego sprecyzowania zamówień na taśmy; najczęściej używane gatunki stali do wyrobu taśm (ze szczególnym uwzględnieniem stali nierdzewnych), wielkości odpadów i strat powstających przy produkcji taśm. W tej części znajdują się również karty technologiczne dla kilkunastu konkretnych wymiarów taśm. Karty te zawierają spis operacji produkcyjnych oraz procentowe gnioły.

Książka wydana jest dość starannie, posiada jednak szereg usterek. Np. Autor określa zgorzelinę jako „mieszanie” tlenków żelaza  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  i  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Odróżniamy w zgorzelinie trzy charakterystyczne warstwy tlenków:  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  i  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , które aczkolwiek nie są jednorodne, gdyż zawierają pewne ilości drugiego składnika, to jednak mają dość regularną budowę warstwową. Poza tym Autor w poprzednich rozdziałach mówi o produkcji taśm nie tylko ze stali węglowych, ale i ze stali stopowych, których zgorzelina zawiera także tlenki niklu, chromu i innych metali.

Widniejący na stronie 40 tytuł „Sposób wyznaczania kolejności przepustów” nie jest zgodny z treścią artykułu, który podaje metody określania grubości materiału wsadowego dla taśm, oraz grubości taśm przed ostatnim przepustem.

W rozdziale V przy analizie wyprzedzania i szybkości walcowania użyto określenia „Strefa spiętrzania wstecznego”, zamiast „opóźnienie” metalu w wlotu do walców.

W części trzeciej Autor podaje programy walcowania taśm z uwzględnieniem metody ciągnięcia na zimno, nie omawiając tego zagadnienia w poprzednich rozdziałach dotyczących technologii i urządzeń.

Tekst książki zawiera szereg błędów nie podanych w erracie, jak np.: „nastawianie” zamiast „nastawianie” (str. 116); na str. 185 wymieniono w tekście rys. 236, podczas gdy ostatni rysunek w książce nosi numer 221; na str. 209 zamiast wymiarów  $22,3 \times 0,10$  mm podano wymiary  $22,3 \times 0, \times 0,10$  mm itp.

Mimo wyszczególnionych tu usterek książka inż. Zdunkiewicza jest cennym nabytkiem polskiej literatury technicznej, wypełniającym istniejącą dotychczas lukę w zakresie walcowania na zimno.

Inż. Zygmunt Korek

Mgr inż. Andrzej Sadowski — **Wzorce gładkości powierzchni**. Format A5, stron 56, rysunków 41, tablic 5. PWT, Warszawa, 1952. Cena zł 5.—

W związku z rozwojem przemysłu polskiego wzrasta zasadnicze znaczenie zagadnienia klasyfikacji i kontroli gładkości powierzchni części maszynowych w skali produkcyjnej. Dlatego też zagadnienie to winno znaleźć racjonalne i szybkie rozwiązanie w naszym przemyśle. Uniwersalne przyrządy miernicze do pomiarów chropowatości powierzchni są trudnodostępne i kosztowne, toteż znajdują zastosowanie raczej w laboratoriach specjalnych i w instytutach naukowo-badawczych, niż w szerokiej skali przemysłowej dla celów kontroli produkcji. Wydaje się, iż obecnie jedynym realnym sposobem kontroli gładkości powierzchni części maszynowych w skali przemysłowej jest ocena gładkości powierzchni na podstawie porównania z wzorcami gładkości. Sposób ten jest o tyle praktyczny, że w większości przypadków ocena taka jest najzupełniej wystarczająca. Na tle tego wyjaśnienia staje się jasne, że książka mgr inż. A. Sadowskiego, przeznaczona dla wykwalifikowanych robotników, mistrzów i techników warsztatowych, jest pracą bardzo pożyteczną i aktualną.

Książka zawiera sześć rozdziałów. Rozdział pierwszy uzasadnia potrzebę wyrażnej klasyfikacji i kontroli gładkości powierzchni części maszynowych.

Rozdział drugi wyjaśnia pojęcie gładkości powierzchni, podaje sposoby oceny i pomiarów chropowatości powierzchni za pomocą metod przekrojów rzeczywistych, przekrojów świetlnych, profilografu i odwzorowania cieniem oraz określa parametry chropowatości powierzchni, jak: największą wysokość chropowatości, przeciętną wysokość chropowatości i średnią kwadratową wysokość chropowatości. Ponadto rozdział ten podaje ogólną klasyfikację gładkości powierzchni i oznaczenia kierunkowości struktury powierzchni wg projektu Polskich Norm.

W rozdziale trzecim objaśniono zastosowanie wzorców gładkości powierzchni w produkcji oraz podano niektóre przykłady stosowania wzorców gładkości powierzchni w przemyśle polskim oraz w przemysłach obcych. Wymieniono również zadania, jakie powinny spełniać wzorce gładkości powierzchni, oraz metody ich stosowania.

Rozdział czwarty omawia wzorce gładkości powierzchni z przedmiotów produkcji oraz dane, jakie powinna zawierać charakterystyka tych wzorców.

Rozdział piąty omawia uniwersalne komplety wzorców gładkości powierzchni wykonywane w Instytucie Obrabiarek i Narzędzi w Krakowie, jak również komplety stosowane w produkcji angielskiej i amerykańskiej.

Rozdział szósty podaje sposoby oceny gładkości powierzchni za pomocą wzorców gładkości metodami: dotykowo-przesuwną, wzrokową bezpośrednią i za pomocą komparatorów optycznych.

Książka jest napisana jasno i z dużą znajomością tematu. Można by tylko postawić zarzut, że nie dość wyraźnie rozgraniczono pomiary i ocenę chropowatości powierzchni. Zdaniem recenzenta, książka zyskałaby na przejrzystości, gdyby opuszczono w niej zagadnienia związane wyłącznie z pomiarami chropowatości powierzchni, a natomiast rozszerzono omówienie zagadnień dotyczących oceny gładkości powierzchni w skali produkcyjnej.

Byłoby rzeczą pożądaną, aby następne wydanie tej niezmiernie ciekawej i aktualnej książki obejmowało również osiągnięcia w dziedzinie wzorców gładkości powierzchni na terenie Czechosłowacji.

A. T.

## Nagrody Państwowych Wydawnictw Technicznych

za najlepiej opracowane książki oryginalne i tłumaczone w 1952 r.

W dniu 20 lipca br. w gmachu Państwowych Wydawnictw Technicznych w Warszawie odbyła się uroczystość wręczenia nagród PWT za najlepsze dzieła wydane w 1952 roku.

Wśród nagrodzonych autorów, obok profesorów, inżynierów, techników, znaleźli się po raz pierwszy również i robotnicy (*J. Szmirek* i *J. Łukaszek*).

Nagrody zostały przyznane za następujące prace:

### PRACE ORYGINALNE

#### Nagroda honorowa

„Architektura polska do połowy XIX wieku” oprac. w Zakładzie Architektury Polskiej Politechniki Warszawskiej pod kierownictwem J. Zachwatowicza przy współpracy Z. Swiechowskiego i J. Miłobędzkiego.

Kuczewski W.: *Metalurgia żelaza*. T. I—III.

I nagroda — Ciborowski J.: „Inżynieria chemiczna” cz. I—III.

II nagroda — Namysłowski S.: „Technologia tłuszczów roślinnych”.

— Sledziwski E.: „Projektowanie konstrukcji spawanych”.

— Wusatowski Z.: „Podstawy procesu walcowania”.

III nagroda — Assbury E. i Czarnecka J.: „Jak prowadzić bibliotekę fachową w zakładzie produkcyjnym”.

— Kawecki J.: „Blacharstwo”.

— Piętkowski R.: „Mechanika gruntów”.

— Szmirek J.: „Powietrzne wiertarki obrotowe”.

— Wójnarowski Z. i Zmigrodzki W.: „Niskonapięciowe wyłączniki przemysłowe”.

### Dyplomy uznania

— „Kataliza i katalizatory” — oprac. E. Błasiak, S. Bretsznajder, J. Ciborowski, A. Krause, Z. Sokalski, E. Treszczanowicz, J. Zawadzki.

— „Mechanik”, T. IV, cz. III — oprac. I. Brach, Z. Grunwald, S. Król, A. Piątkiewicz, A. Rachalski.

— Jellonek A.: „Miernictwo radiotechniczne”. Wyd. 2.

— Łukaszek J.: „Poradnik tokarza-metalowca”.

— Malisz B.: „Lokalizacja przemysłu”.

— Piotrowski E.: „Montaż szyn elektroenergetycznych”.

— Sochor B.: „Termometry elektryczne”.

— Wasilewski Z.: „Winiarz”.

### TŁUMACZENIA.

II nagroda — B. Beuth — za tłumaczenia pracy „Przędzalnictwo lnu”, G. Pikowskiego.

— W. Połaczkowa — za tłumaczenia pracy „Chemia organiczna”, A. Hollemana i F. Richtera. T. I, II.

— M. Skarbiński — za tłumaczenie pracy „Normowanie techniczne w odlewnictwie” S. Rusjana.

— K. Smolaga — za tłumaczenie pracy „Remont turbin parowych” W. Mołoczka.



### Qsrodek Dokumentacji Konstrukcji Urzadzzeń Mechanicznych

- 79\* 621.873-182.3:658.28 16  
Żurawie samojedne ułatwiają transport wewnętrzny. „Floor cranes make for great flexibility”. Flow, t. 8, Nr 2, list. 52, s. 74; A4, 6 str., 16 fot. — Omówiono przykłady zastosowania samojednych żurawi wózkowych, żurawi umieszczonych na samochodach i lekkich, ręcznych żurawi przewoźnych (o napędzie hydraulicznym). Różne typy konstrukcyjne wyżej wymienionych żurawi. Wszelstronność ich zastosowania.
- 80\* 629.114-445.7 16  
Widły stalowe (wózków widlowych). „Steel fabricated forks (for fork-trucks)”. Mechan. Handl., t. 40, Nr 1, stycz. 53, s. 3; A4, 0,5 str., 2 fot. — W odróżnieniu od zwykle stosowanych widel wózków widlowych wykonanych jako odlewy stalowe ze staliw wysokowęglowych podano opis widel odkuwanych dwu wielkości. Niektóre szczegóły technologii wykonania i dane odnośnie materiału.
- 81 629.114-445.7:621-835:621-144 16  
DETJEN W.: Wózki widłowe z napędem elektrycznym, czy spalinowym? „Elektro-Stapler oder Benzin-Stapler”. Fördern u. Heben, t. 3, Nr 1, stycz. 53, s. 28; A4, 3,5 str., 2 wyk., 2 tabl. — Przeprowadzono porównanie nakładu kosztów inwestycyjnych i kosztów eksploatacji wózków widlowych o napędzie spalinowym i elektrycznym. Porównanie na gruncie warunków ekonomicznych w USA i w Niemczech Zachodnich.
- 82 621.86.078.64:629.114-445.7 16  
WENDT H.: Podchwyty wózków widlowych. „Lasthalter für Fahrbare Stapler”. Fördern u. Heben, t. 3, Nr 2, luty 53, s. 43; A4, 3 str., 11 fot. — Oprócz zwykle używanych widel, jako podchwyty przedmiotów przewożonych przy użyciu wózka widłowego istnieją konstrukcje specjalnych chwytaków i podchwytów, przy użyciu których znacznie ułatwia się pracę wózka. Omówiono różne typy takich chwytaków specjalnych i przedstawiono ich zalety przy przenoszeniu towarów o specjalnych kształtach.
- 83\* 621.788:629.1-445 16  
Dwupedałowy hamulec do wózków platformowych. „Two-pedal truck-lock”. Flow, t. 8, Nr 2, list. 52, s. 11; A4, 0,5 str., 3 fot. — W celu unieruchomienia wózka platformowego w czasie załadunku lub rozładunku zastosowano hamulec specjalnego typu. Przez przeciśnięcie pedału za pośrednictwem dźwigni wssuwa się w pobliżu kółka biegowego stopka podnosząca wózek. W ten sposób kółka odrywają się od podłogi i wózek zostaje unieruchomiony. Działając drugim pedałem na przeciwny koniec dźwigni powracamy do pozycji wyjściowej.
- 84\* 658.28:629.1-445 16  
Transport wewnętrzny bel materiału. „In-plant flow of rolls”. Flow, t. 8, Nr 4, stycz. 53, s. 66; A4, 2 str., 7 fot. — Przykłady metod transportu towarów o dużych i nieporęcznych kształtach, takich jak bele materiału. Układy specjalnych przenośników, zastosowanie wózków ręcznych platformowych i jednoosobowych
- 85 621.867.6 16  
BEUMER B.: Przenośniki rolkowe... „Rollenbahnen”. Fördern u. Heben, t. 3, Nr 2, luty 53, s. 50; A4, 4 str., 22 fot. — Podano przykłady konstrukcji i zastosowania przenośników rolkowych grawitacyjnych. Zalety: wszelstronność, taniość i prostota działania i konstrukcji.
- 86 621.867-184 16  
POKORNY R.: Zespoły przenośników do transportu drobnicy. „Zusammensetzbare Bandförderer für Stückgut”. Fördern u. Heben, t. 3, Nr 2, luty 53, s. 58; A4, 2,5 str., 8 rys. — Omówiono konstrukcje przenośników nadających się do łączenia w zespoły. Schematy układów przenośników. Najważniejszy typ przenośnika nadającego się do łączenia w zespoły: przenośnik liny, tj. taki, w którym gumową taśmę zastępuje odpowiednio ilość lin bez końca. Przenośniki tego typu łatwo dają się łączyć metodą grzebieniową.
- 87\* 656:629.113.62 16  
FIDIELEW A. S., MOGILEWSKIJ S. M.: Trolejbusowy transport na pracach odkrywkowych. „Trolleybusnyj transport na otkrytych rabotach”. Mechaniz. trudoj. Rabot., t. 7, Nr 1, stycz. 53, s. 19; A4, 6 str., 4 fot., 4 rys., 5 tabl. — W artykule przeanalizowano zalety, jakie przedstawia sobą zastosowanie transportu trolejbusowego przy wykonywaniu znacznych przela-
- dunków na otwartych placach zakładów przemysłowych. Podano rezultaty badań Instytutu Górniczego Ukraińskiej Akademii Nauk dotyczących wyżej wymienionego sposobu transportu w kamieniołomach wapienia. W porównaniu z transportem szynowym znacznie zwiększa ruchliwość, zwrotność, łatwość obsługi, zdolność pokonywania wzniesień, wysoką sprawność itd. Szereg zalet w porównaniu z transportem samochodowym. Szczegółowe charakterystyki wyrotek tego typu o nośności 5 i 10 t oraz ich silników. Interesujące rozwiązanie przenośnego słupa podtrzymującego linię trolejbusową a umożliwiającego montaż linii z ziemi bez stosowania rusztowań. Szczegółowy opis organizacji pracy i przesuwania linii we wzmiankowanych kamieniołomach oraz dane odnośnie ilości przewoźów i wzrostu produkcji.
- 88\* 621.86 16  
Urzędnienie zapobiegające zbaczaniu z toru siatkowej metalowej taśmy transportowej. „Mécanisme empêchant la déviation d'une courroie de transport en treillage métallique”. Mach. mod., t. 46, Nr 517, sier. 52, s. 31; A4, 1 str., 2 rys. — Autor opisuje urządzenie do naprowadzania na właściwy tor taśmy transportowej siatkowej metalowej, używanej w transporterach fabrycznych, przeznaczonych do przeprowadzania przez suszarnie części lakierowanych lub emaliowanych. Wskutek nierównomiernego rozszerzania się poszczególnych strun siatki taśmy, ma ona tendencję do zbaczania z toru bądź w jedną, bądź w drugą stronę. Naprowadza ją na właściwe położenie specjalna rolka naprężająca oscylująca, sterowana za pomocą mechanizmu zapadkowego.
- 89\* 621.86-182.2:658.28 16  
Nieprzewoźne podnośniki pomostowe. „Stationary platform lifts”. Flow, t. 8, Nr 6, marz. 53, s. 63; A4, 5,5 str., 15 fot. — Podano przykłady zastosowania różnych typów podnośników pomostowych nieprzewoźnych. Znaczenie przenośników tego typu w transporcie wewnętrznym. Zapotrzebowanie mocy. Współpraca z przenośnikami.
- 90\* 629.114.4:621.869.58 16  
Ciężarówka do węgla z urządzeniem wyładunkowym. „Lorry for bulk delivery of coal”. Engineering, t. 173, Nr 4503, maj 52, s. 616; 36×27 cm, 0,5 str., 2 fot. — Samochód ciężarowy do przewozu węgla posiada urządzenie do rozładowywania za pośrednictwem dającego się szybko montować przenośnika taśmowego, napędzanego silnikiem hydraulicznym. W ten sposób z poziomu dna skrzyni samochodu przez specjalny otwór węgiel wypada na taśmę przenośnika, która go podaje na wysokość hałdy węglowej.
- 91 625.24:629.114.2 16  
Lekkie urządzenia ciągnikowe do przetaczania wagonów. „Leichte Verschiebe-Geräte für Waggonen”. Fördern u. Heben, t. 3, Nr 1, stycz. 53, s. 17; A4, 1 str., 3 fot. — Opisano lekkie, jedno-kołowe ciągniki do przetaczania wagonów towarowych. Ciągnik taki jedzie bezpośrednio po szynie i przytrzymywany jest jedynie przez obsługującego odpowiednią kierownicą. Napęd ciągnika — spalinowy.
- 92\* 621.87:625.143:625.62 16  
Hydrauliczny podnośnik do szyn tramwajowych. „Hydraulic lifter for tramway track”. Engineering, t. 173, Nr 4498, kw. 52, s. 479; 36×27 cm, 0,5 str., 1 fot. — W czasie wymiany szyn tramwajowych użyto specjalnego podnośnika hydraulicznego. Napędzany jest on ręcznymi pompkami. Specjalnymi uchwytami odrywa szynę od podkładów, a następnie ją podnosi. Dzięki lekkiemu ogumionemu podwoziu podnośnika szynę bez trudu można przewieźć na miejsce montażu.
- 93 621.879.22:621.572 16  
RATHSMANN E.: Uniwersalna koparka chwytakowa ze sprzęgłem hydraulicznym. „Universal-Rapenbandbagger mit Flüssigkeitskupplung”. Bautechn., t. 29, Nr 2, luty 52, s. 54; A4, 1 str., 3 fot., 1 tabl. — Cztery wielkości koparek o pojemności łyżki od 0,35 do 1,5 m<sup>3</sup> budowane przez firmy Orenstein-Koppel i Luebecher Maschinenbau A. G. posiadają napęd za pośrednictwem sprzęgła hydraulicznego. Omówiono zalety zastosowania sprzęgła hydraulicznego w tym przypadku oraz podano tablice przenoszonych przez sprzęgło hydrauliczne mocy.
- 94\* 621.879.22 16  
Koparka przewoźna. „Portable excavator”. Mechan. Handl., t. 39, Nr 12, grud. 52, s. 594; A4, 1,5 str., 2 fot. — Podano krót-

ki opis i dokładną charakterystykę techniczną lekkiej koparki podsiębiernej jednoznaczyniowej o napędzie spalinowo-hydraulicznym. Koparka ta nie posiada własnego napędu jazdy, ale przetaczana jest za pomocą zwykłego ciągnika. Napęd jej ruchów roboczych pochodzi również od silnika ciągnika.

95 621.879.2:626.13 16  
RIEDIG: **Koparki wielonaczyniowe do budowy kanałów.** „Eimerkettenbagger zum Herstellen von Kanälen“. Bauing, t. 27, Nr 5, maj 52, s. 167; A4, 2,5 str., 1 fot., 5 rys. 2 tabl., 1 poz. bibl. — Podano opisy konstrukcji i dane techniczne szeregu koparek wielonaczyniowych do budowy kanałów wodnych: melioracyjnych i żeglugowych. Schematy pracy i współpracy koparek tego typu.

96 625.084-629.11.012.55 16  
BRODACZOW I. P., CHARCHUTA J. Ja.: **Walec drogowy na ogumionych kołach typ D-263.** „Katok na rieżinowych szynach D-263“. Mechaniz. Stroit., t. 9, list. 52, Nr 11, s. 15; A4, 3 str., 1 rys., 3 tabl. — Walec na 6 ogumionych kołach typ D-263 dostosowany do współpracy z ciągnikiem lub samochodem. Szczegółowy opis konstrukcji, charakterystyka techniczna. Badania walca przeprowadzono przy całkowitym obciążeniu 25 t i ciśnieniu w oponach 6 atm. Badania wykazały całkowitą przydatność i wysoką wydajność walca w zastosowaniu do prac drogowych, kolejowych, hydrotechnicznych i innych. Braki konstrukcyjne dadzą się usunąć w produkcji seryjnej.

97\* 625.7.002.5 16  
DIENISOW W. N.: **Walce na oponach D-219 i D-242.** „Pniewmoriezinowyje katki D-219 i D-242“. Mechaniz. Stroit., t. 8, Nr 12, grud. 51, s. 29; A4, 1,5 str., 1 fot., 1 rys., 1 tabl. — Walce przyczepne na oponach do ugniatania gruntu ze skrzynią do balastowania. Prostota i skuteczność urządzenia. Konstrukcja i wymiary. Charakterystyka techniczna. Wskaźniki wydajności.

98\* 625.084/5:534.232 16  
Wibrowalec dla dróg i ścieżek. „Compacting machine for roads and footpaths“. Engineering, t. 173, Nr 4498, kw. 52, s. 476; 36 × 27 cm, 0,5 str., 1 fot. — Do wibrowania nawierzchni asfaltobetonowych ścieżek i do napraw dróg skonstruowano wibrowalec o napędzie spalinowym (3 KM). Kierowany jest on ręcznie i posiada samoczynny posuw ku przodowi. Siła zagęszczająca nawierzchnię daje się regulować od 180 do 250 kG przez wymianę obciążników wibratora.

99 625.768.5 16  
DIENISOW W. N.: **Ślimakowo-obrotowy plug odśnieżny typu D-262.** „Szneko-rotornyj sniegocistitel D-262“. Mechaniz. Stroit., t. 9, list. 52, Nr 11, s. 18; A4, 4 str., 1 fot., 6 rys. — Zakłady Ministerstwa Budowy Maszyn Budowlanych i Drogowych w Szczerbakowie skonstruowały samochodowy plug odśnieżny typu D-262 przeznaczony dla dróg bitych. Grubość warstwy zdejmowanej od 0,2 do 1,2 m. Schemat kinematyczny napędu ślimaka. Charakterystyka techniczna, schematy konstrukcyjne. Badania wykazały wysokie zalety urządzenia. Proste i ciekawe rozwiązanie konstrukcyjne, nadaje się do wprowadzenia w naszych warunkach.

100\* 621-758 16  
Jaki kontener wybrać? „What kind of shipping container?“ Flow, t. 7, Nr 6, marz. 52, s. 110; A4, 10 str., 19 fot., 57 rys. — Omówiono przeszło 50 kontenerów lepszych typów takich jak: skrzynki, klatki, pudelka, worki, beczki, kubły itp. wraz z podaniem ich najważniejszych zastosowań.

101\* 621.833-539.4 16  
HEUMANN H.: **Przyczynę do obliczania korygowanych ząbów ewolwentowych.** „Zur Festigkeitsberechnung korrigierter Evolventenverzahnungen“, Maschbautechn., t. 2, Nr 3, marz. 53, s. 101; A4, 7 str., 3 rys., 4 wyk., 6 poz. bibl. — W związku z coraz szerszym zastosowaniem korekcy w przekładniach zębatach i w związku z brakami odnośnie metod ich obliczania po-

dano metodę i przebieg obliczenia korygowanej przekładni zębataj (o ząbieniu ewolwentowym). Zamieszczono wykresy i nomogramy ułatwiające obliczenia.

102\* 389.6:621-23 16  
DIKIER Ja. I.: **Przyczynę do zagadnienia normalizacji przekładni globoidalnych.** „K woprosu standartizacji globoidalnych pieriadacz“. Wiestn. Maszinostr., t. 33, Nr 2, s. 27; A4, 8 str., 13 rys., 4 poz. bibl. — Po podaniu zalet przekładni globoidalnych, które są wykonywane w wielu zakładach ZSRR autor dochodzi do wniosku, że nadszedł najwyższy czas aby znormalizować te przekładnie i stara się ustalić parametry wyjściowe dla tego zagadnienia. Podano wzory matematyczne dla obliczania zasadniczych wymiarów przekładni. Wykres dla wyznaczania modułu w zależności od ilości zębów ślimaczniczy i odległości między osiami, 4 zasadnicze schematy współpracy ślimaka ze ślimacznicą. Porównanie pracy zębów globoidalnych z normalnymi ślimakowymi pod względem możliwości tworzenia się filmu smaru. Przykład obliczeń.

103\* 621.833.38 16  
NIEMANN G., HEYER E.: **Badania przekładni ślimakowych.** „Untersuchungen an Schneckengetrieben“. Z. VDI, t. 95, Nr 6, luty 53, s. 147; A4, 11 str., 28 rys., 7 tabl., 15 poz. bibl. — Na podstawie doświadczeń wyprowadzono i ustalono na wykresach wpływ kształtu i modułu zęba, średnicy ślimaka, liczby jego obrotów i rodzaju smarowania na sprawność przekładni i na poszczególne straty mocy.

104\* 621.26 16  
WROBLE W. L.: **Projektowanie cylindrów hydraulicznych wysokiego ciśnienia.** „Designing hydraulic cylinders for high pressures“. Machinery (Lond.), t. 78, Nr 2001, marz. 51, s. 427; B5, 2,5 str., 2 rys. — Przykłady konstrukcji cylindrów pras hydraulicznych ze specjalnym uwzględnieniem sposobów uszczelniania. Obliczenia wytrzymałościowe cylindrów dla wysokich ciśnień. Charakterystyczne uszczelnienie przy pomocy tulei rozprężnych stanowiących jedną całość z tłokiem lub pokrywą.

105\* 621-272.3 16  
BLAISE H.: **Sprężyna taśmowa — nowoczesny element konstrukcyjny.** „Die Balfeder — ein neuartiges Maschinenelement“. Z. VDI, t. 94, Nr 9, marz. 52, s. 253; A4, 5,5 str., 17 rys., 11 wyk. — Obliczenia sprężyn taśmowych różnych typów. Na ich podstawie podano wykresy charakterystyk sprężyn taśmowych. Kilka przykładów zastosowania powyższych sprężyn.

106\* 677.72 16  
Metoda zakańczania lin stalowych. „Wire-rope clamping system“. Engineering, t. 173, Nr 4506, czerw. 52, s. 723; 37 × 27 cm, 0,5 str., 3 fot. — Szwedzka fabryka „Talurit“ przy użyciu specjalnej prasy zakańcza linę stalową zagniatając na jej końcach specjalne kształtki. Podano przykłady typowych zakończeń lin przy użyciu tej metody oraz zakres nośności tych lin.

107 621.896:621-231.3 16  
Urządzenie smarujące do łańcuchów. „Lubricator for chains“. Engineering, t. 174, Nr 4525, paźdz. 52, s. 518; 36 × 27 cm, 0,5 str., 1 fot., 1 rys. — Podano opis konstrukcji i zasadę działania automatycznej smarownicy do łańcuchów wykonanej przez firmę Snowdon & Co. Londyn. Urządzenie to może być napędzane przez smarowany łańcuch. Zapewnia ono dobre warunki pracy łańcucha.

108\* 621.67-226.3.001 16  
KRISAM F.: **Wpływ urządzeń kierowniczych na linie charakterystyk pomp odśrodkowych.** „Der Einfluss der Leitvorrichtung auf die Kennlinien von Kreiselpumpen“. Z. VDI, 94, Nr 11/12, kw. 52, s. 319; A4, 3,5 str., 2 rys., 11 wyk., 2 tabl. — Do do-tychczasowych obliczeń charakterystyk pomp odśrodkowych wprowadza autor wpływ urządzenia kierowniczego (łopatek kierowniczych lub tp.). Opierając się na tym rozszerzonym założeniu buduje charakterystyki pomp i ich wykresy.

## Ośrodek Dokumentacji Obrabiarek i Obróbki Skrawaniem

### S. OBRÓBKA SKRAWANIEM

113\* UK:NH:SL:SU 621.9.02:669.018.25:621.941.1: 18  
:621.9.014.5

BARANOW W. D.: **Szybkościowe skrawanie na strugarce poprzecznej.** „Skorostnoje rieżanie na popierecznostrogałnom stankie“. Stanki i Instr., t. 24, Nr 3, marz. 53, s. 53; A4, 1 str., 3 rys. — Opisano geometrię ostrza noża i rysunek specjalnej oprawki nożowej, zabezpieczającej spiek przed wykruszeniem przy skrawaniu powierzchni o długości ponad 100 mm. Zastosowanie tej geometrii ostrza oraz oprawki zwiększyło wydajność 50 — 100%.

114\* SS 621.923.71 18  
BRIEJEW B. T.: **Rozwój obróbki szlifowaniem w okresie powojennym (zakończenie).** „Razwitiye obrabotki abraziwnym instrumentom w poslewojennij pieriod (okoneczanie)“. Stanki i instr., t. 24, Nr 3, marz. 53, s. 5; A4, 5 str., 4 fot., 3 rys., 1 poz. bibl. — Przedstawiono rozwój szlifowania w okresie powojennym podając dane charakterystyczne jak stopień automatyzacji, kontrola dokładności podczas szlifowania, sterowanie oraz podano jakie napędy stosuje się do wrzeciona, przedmiotu obrabianego i stołu. W ostatnich modelach stosuje się bezstopniową regulację obrotów wrzeciona i przedmiotu obrabianego, przy czym regulacja może być mech.-elektr. i elektronowa; ta ostat-



nia ze względu na znaczne koszty nie znalazła zbyt dużego rozpowszechnienia. Do napędu stołu stosuje się znormalizowane układy hydrauliczne odizolowane od obrabiarki, zwłaszcza w obrabiarkach o wysokiej dokładności. Podano zalecenia, które należy uwzględnić przy konstrukcji nowych modeli.

115\* SF:NK 621.914:621.834 18  
GUDKOW W. A., CUISS, Ju. W.: Szybkościowe frezowanie kół zębatych. „Skorostnoje zubofrezierowanie”. Stanki i Instr., t. 24, Nr 1, styc. 53, s. 24; A4, 3 str., 6 rys., 1 tabl. — Opis konstrukcji frezów ślimakowych do frezowania kół zębatych, geometria ostrzy oraz zalety frezów ślimakowych składanych, z mechanicznym mocowaniem ostrzy, w porównaniu z dotychczas stosowanymi frezami oraz w porównaniu z frezami z przylutowanymi ostrzami ze spieków. Frezy z mechanicznym mocowaniem ostrzy umożliwiają wymianę wykruszonych względnie stępionych ostrzy bez zdejmowania freza z wrzeciona. Podano ekonomiczne warunki skrawania i sposób ostrzenia; wydajność tych frezów 3-4 razy wyższa w porównaniu z dotychczas stosowanymi.

116\* ST:SO 620.179.52:669.14.018.252 18  
FIELDSZTIEJN E. I.: Obrabialność stali szybko tnących. „Obraboty wajemost bystrorieczeszczich stali”. Stanki i Instr., t. 24, Nr 1, styc. 53, s. 29; A4, 1 str., 1 poz. bibl. — Wyniki doświadczeń przeprowadzonych przy badaniu obrabialności stali szybko tnącej R18 i R9 (SW18 i SW9) w zależności od struktury — czyli od obróbki termicznej. Próby przeprowadzono badając szybkość przy okresie trwałości narzędzia 60 min. metodą promieniowego toczenia. Podano najlepszy sposób obróbki termicznej, zapewniający najwyższą  $V_{60}$ . Podano współczynniki przeliczeniowe dla kilku gatunków stali przyjmując dla szybko tnącej równy 1.

117\* ST 621.9.01 18  
LEWIS K. S., MILNE W.: Obróbka skrawaniem — teoria i praktyka. „Machining — theory and practice”. Machinery (London), t. 81, Nr 2087, list. 52, s. 1050; 24 × 18,5 cm, 7 str., 5 rys., 8 wykr., 4 poz. bibl. — Teoria obróbki skrawaniem w kompilacyjnym ujęciu przez Merchanta, Trenta, Gottweina, Szmida, Triggera i innych. Wpływ geometrii narzędzi na przebieg skrawania. Siła skrawania, zużycie narzędzia. Przepływ ciepła w zależności od wzrostu szybkości skrawania, rozkład temperatur, tarcie przy skrawaniu. Kolorymetryczna metoda pomiaru ciepła określającego moc potrzebną do skrawania. Zakres stosowania. Metoda termopary, narzędzie — przedmiot do pomiaru temperatury krawędzi tnącej. Zalety i wady tej metody.

118\* SF:SW:SS:SQ 621.91.07:621.253.6 18  
NIXON H. J.: Obróbka części śmigieł lotniczych. „Machining airscrew components”. Aircr. Prod., t. 14, Nr 169, list. 52, s. 392; A4, 4,5 str., 11 fot., 4 rys. — Przebieg operacji obróbkowych: frezowania, wiercenia, szlifowania i wytaczania dwóch elementów śmigła lotniczego na specjalnych obrabiarkach. Konstrukcja przyrządu do wiercenia szablonowego. Naddatki na obróbkę i dokładność wykonania. Utwardzanie powierzchni przez bombardowanie strumieniem. Kontrola stopnia utwardzenia. Zdjęcia specjalnego uprzykrzadowania.

119\* UK:SS 621.924.24:621.892.42 18  
OLTON D.: Szlifowanie prętów na taśmie ściernej. „Wet belt grinding speeds production of extruded cylindrical stock”. Machinist (London), t. 98, Nr 10, marz. 53, s. 382; A4, 2 str., 3 fot., 1 rys. — Opis i schemat szlifowania na taśmie ściernej zmywanej emulsją olejową. Taśma pokryta materiałem ściernym prowadzona jest na trzech rolkach. Szlifowany pręt lub rura spoczywa na podpórcie, tak jak przy szlifowaniu bezkółowym. Obrabiany przedmiot wykonuje ruch obrotowy biorąc napęd od drugiej taśmy ściernej prowadzonej na dwóch rolkach.

120\* ST:NM3:SF:NE 620.119.54:669.018.25:621.914.2 18  
OPITZ H., KOB J.: Siły i temperatury skrawania podczas frezowania frezami ze spieków. „Cutting forces and temperatures when milling with carbide cutters”. Engrs Dig., t. 13, Nr 12, grud. 52, s. 421; A4, 4 str., 2 fot., 4 oscylogr., 6 wykr., 6 poz. bibl. — Własności ujemne spieków: kruchość, wrażliwość na wstrząsy i drgania. Rozważanie nad wpływem różnych czynników na trwałość ostrza ze spieków jak: 1) sposób wejścia ostrza w materiał obrabiany, 2) czas nieprzerwanej pracy ostrza, 3) obróbka przerywana, 4) drgania narzędzia, 5) wzrost temperatury i jej stosunek do szybkości skrawania, zwłaszcza przy frezowaniu. Pomiar zmian sił skrawania przy tworzeniu się wiórów wstępnych i schodkowych przedstawione w oscylogramach oraz pomiaru temperatur. Wpływ właściwej geometrii narzędzia na zużycie ostrza. Wartość optymalnych szybkości skrawania i posuwów dla różnych stali węglowych. Wartość uzyskiwanych gładkości powierzchni.

121\* SP:SK 621.9919.3:484 18  
PSENKA J.: Przeciąganie kół zębatych. „Broaching of internal gears”. Engrs Dig., t. 13, Nr 11, list. 52, s. 384; A4, 3 str., 3 rys. — Zastosowanie przeciągaczy do wyrobu kół zębatych zwiększa znacznie wydajność przy zachowaniu niezwykle ciasnej tolerancji wykonania i uzyskania dobrej gładkości powierzchni. Dzięki tej metodzie uzyskuje się oszczędności na robociznie, kosztach nabycia narzędzi i obrabiarek oraz powierzchni warsztatowej. Opisano również sposób wykonywania przeciągaczy z projektowaną z góry dokładnością za pomocą wzorcowych ewolwent, na specjalnych maszynach.

122\* OM 621.9.011:669.14.018.821:669.15-194.56 18  
ROBERT J. J.: Jak obrabiać stal nierdzewną za pomocą węglików. „How to machine stainless steel with carbides”. Machinist, t. 96, Nr 52, grud. 52, s. 2097; A4, 4 str., 1 fot., 2 rys. — Zasadnicze trudności przy obrabianiu stali austenitycznych, a nierdzewnych w szczególności. Podano rozwiązanie problemu trudnoobrabialności tych stali w postaci wziętych z praktyki danych odnośnie warunków obróbki, rodzaju narzędzia, jego kształtu i geometrii oraz gatunku spiekowanego węgla. Szczegółowo omówiono dobór chłodziwa oraz warunki dla toczenia zgrubnego, wykańczającego i szybkościowego wiercenia, rozwiercania i przecinania, przy czym przy każdym rodzaju obróbki zostały także omówione wyczerpujące narzędzia.

123\* ST:NB 620.179.52/54:621.9.01 18  
SHAW M. C., SMITH P. A.: Metalurgiczne rozważania w obróbce (część 5). Jak wpływa struktura obrabianego materiału na trwałość ostrza. „Metallurgical considerations in machining (5). How workpiece structure affect tool life”. Machinist, t. 95, Nr 51, grud. 51, s. 1942; A4, 4 str., 1 mikrogr., 3 wykr., 3 tabl. — Rozważania nad wpływem budowy oraz składu chemicznego obrabianego materiału na trwałość ostrza. Omówiono obrabialność czystych metali, stali węglowych, stali austenitycznych, nierdzewnych i żeliwa. Pojęcie optymalnej dla skrawania struktury, zagadnienie uzyskiwanych gładkości, dobór odpowiednich zabiegów cieplnych. Porównanie spieków i stali szybko tnących przy różnych szybkościach skrawania. Rola składników stopowych i ich znaczenie z punktu widzenia trwałości ostrza. Obróbka na gorąco.

124\* SU:OB 621.9.014.5 18  
SOŁODOW I. P., WOLSKIJ W. S.: Próby masowego wprowadzania szybkościowego toczenia w produkcji seryjnej. „Opyt masowego razprostranienija skorostnoj tokarnoj obrabotki w serijnom maszynostrojenii”. Wiestn. Maszynostr., t. 32, Nr 2, luty 52, s. 18; A4, 5 str., 8 rys. — Przykłady rozwiązań technologii obróbki części maszyn z punktu widzenia zwiększenia wydajności produkcji. Warunki skrawania stosowane przy obróbce wałków, kół zębatych, tulei itp. Krótkie opisy stosowanych narzędzi i oprzyrządowania obrabiarki. Przeprowadzenie małej modernizacji oraz zastosowanie szeregu prostych urządzeń umożliwia wprowadzenie szybkościowej obróbki całego szeregu części.

125\* ST:NK:MH 621.91.07:669.14.018.8:621.9.013: 18  
621.923:621.922:621.9-719

STEVENS G. I., BANKOSKI V.: W jaki sposób należy obrabiać i poddawać obróbce wykańczającej stal nierdzewną. „How to machine and finish stainless steel”. Machinist, t. 96, Nr 42, paźdz. 52, s. 1693; A4, 16 str., 6 fot., 6 rys., 10 tabl. — Charakterystyka stali nierdzewnych z podziałem na 4 główne grupy oraz z podaniem szybkości skrawania dla poszczególnych operacji obróbki mechanicznej. Zalecenie z jakich materiałów mają być wykonane narzędzia skrawające, problem doboru płynów chłodzących. Geometrie ostrza z optymalnymi kątami. Obróbka wykańczająca: dobór tarcz szlifierskich, obróbka na sucho wzgl. na mokro, optymalne szybkości. Wspomniano również o specjalnych rodzajach polerowania, tzw. satynowego i „finishu Butlera”.

126\* SU:SW 621.9.014.5:621.951.1 18  
STRIELEC A. A.: O szybkościowym wierceniu. „O skorostnom swierlenii”. Stanki i Instr., Nr 4, kw. 53, s. 11; A4, 3,5 str., 6 profilogr., 5 rys., 2 tabl. — Wpływ drgań szkodliwych powodujących przy szybkościowym wierceniu wykruszanie węglików spiekanych wskutek niesymetrycznego zaszlifowania ostrza i pogarszających dokładność wierzonego otworu. Dokładność zaszlifowania głównych krawędzi skrawających musi wynosić poniżej 0,02 mm, na łyskach zaś do 0,03 mm. Dla łamania wiórów można zaszlifować na powierzchni natarcia łamacz o szerokości 1,8 mm, głębokości 0,6 mm (dla stali  $R_r = 40-65$  kG/mm<sup>2</sup>,  $p = 0,05-0,2$  mm/obr). Zaleca się stosowanie chłodzenia wiertła emulsją pod ciśnieniem 3-4 at.

127\* ST:SK 621.9-484:621.912 18  
SYKES A.: Podstawowa teoria i praktyka wiórkowania zębów. „The basic theory and praxis of gear shaving”. Machinery

(London), t. 82, Nr 2097, styc. 53, s. 162; A4, 3,5 str., 7 rys. — Podstawowe zasady wiórkowania kół zębatych. Opis procesu wiórkowania tzw. metodą skrzyżowanych osi nadającą się także do ząbów wewnętrznych. Schemat działania noża wiórkującego w zależności od obciążenia promieniowego wzgl. stycznego. Drobne błędy ruchu nawet w precyzyjnych frezarkach powodują przy obróbce ząbów falistą powierzchnię; falistość można znacznie zmniejszyć przez wiórkowanie. Opis metody wiórkowania przekątnego. Opisy objaśnione rysunkami schematycznymi.

128\* ST:SS:NS 621.923.1:621.9.01 18  
WOLFRAM W.: O próbach dotyczących zagadnienia szlifowania okrągłego. „Über Versuche zum Problem Rundschleifen“. Werkstattst. u. Maschb., t. 42, Nr 3, marz. 52, s. 77; A4, 8,5 str., 2 fot., 8 mikrogr., 4 rys., 9 wyk., 1 tabl., 30 poz. bibl. — Pojęcia podstawowe i teoria obróbki bezwiorowej. Stosunek siły docisku tarczy przy szlifowaniu na okrągło do zużycia tarczy jako wielkość podstawowa i wyprowadzenie jej zależności od teoretycznej grubości wióra. Wielkość ta pozwala na ustalenie ekonomicznych warunków szlifowania. Najniższe koszty narzędziowe osiąga się przy warunkach dających samoostrezenie się tarczy oraz dużą teoretyczną grubość wióra. Analiza spoiwa tarcz szlifierskich i zachowanie się ziarn przy różnych warunkach pracy. Badania dotyczące dalszego ustalenia ekonomicznych warunków pracy tarczy szlifierskiej.

129\* SQ:UK 621.992.6:621.9-229.323.2 18  
ZASŁAWSKIJ M. A.: Nacinanie gwintu na szczękach uchwytów samocentrujących. „Nariezanie riejek tiechkulaczkowych patronow“. Stanki i Instr., t. 24, Nr 2, luty 53, s. 35; A4, 0,5 str., 3 rys. — Szczęki nacinają się za pomocą freza — ślimaka, nacinaną szczękę umieszcza się w imaku nożowym suportu po-przecznego tokarki, anarzędzie na wrzecionie obrabiarki. Podano rysunki i geometrię ostrza narzędzia. Sposób zwiększa dokładność i znacznie upraszcza proces nacinania szczęk.

130\* SW:SU 621.951.1:621.9.014.5 18  
ZIROW W. I.: Szerzej stosować szybkościowe wiercenie. „Szirowiedriat skorostnoje swierlenie“. Wiestn. Maszinostr., t. 32, Nr 3, marz. 52, s. 42; A4, 3 str., 1 rys., 3 tabl. 1 poz. bibl. — Szybkościowe wiercenia oparte na naukowych podstawach pozwala na znaczne przyspieszenie produkcji. Doświadczenia przeprowadzone z użyciem wiertel jedno- i dwustożkowych ze stali szybko tnącej i z płytkami ze spiekane go węgla. Próby stosowania wiertel ze specjalnym ścinem. Wyniki pomiaru siły osiowej i momentu obrotowego przy różnych warunkach wiercenia. Uwagi o racjonalnej organizacji pracy wiertacza, pozwalającej na znaczne zwiększenie wydajności.

131\* SO 621.9.011.669.295 18  
Jak wierceć stopy tytanu. „How to drill titanium alloys“. Machinist, t. 96, Nr 14, kw. 52, s. 519; A4, 1 str. — Trudność obróbki przy wierceniu, rozwieraniu i gwintowaniu stopów tytanu na skutek skłonności utwardzania materiału, tworzenia wstęgowych wiórów oraz wskutek małej przewodności ciepła. Kilka większych zakładów przemysłowych uprzyśtępniło wyniki swoich doświadczeń w obróbce stopów tytanu odnośnie sposobu pracy, rodzaju wiertel, materiału do chłodzenia, kształtu rozwieraków i narzynek oraz szybkości obróbki.

132\* SV:PD 621.923 18  
Klasy dokładności i klasy gładkości powierzchni. „Klass tocznosti i klass czistoty“. Stanki i Instr., t. 24, Nr 1, styc. 53, s. 34; A4, 1 str., 1 rys., 1 tabl. — W wyniku wieloletniej praktyki Zakładów Samochodowych im. J. Stalina stwierdzono, że nie można ustalić ścisłej zależności między klasami dokładności i klasami gładkości powierzchni. Podano uzyskiwane klasy gładkości powierzchni w zależności od sposobu obróbki. Przedstawiono orientacyjną tablicę, w której ujęte niektóre klasy pasowań i odpowiadające im klasy gładkości powierzchni.

133\* ST:NE:QH 621.9.014:621.794.6:620.179.84 18  
Nowy proces przy skrawaniu metali. „Metal cutting process“. Engrs Dig., r. 13, Nr 5, maj 52, s. 140; A4, 0,5 str. — Wzmianka o próbach z nowym środkiem chemicznym (bez podania jego składu), który przy obróbce metali skrawaniem działa hamująco na ruchy atomów w krystalicznej siatce metali. Badania wykazały, że nowa metoda może być z korzyścią zastosowana do trudnych operacji obróbki, dając wybitną poprawę trwałości narzędzia. Przy nacinaniu gwintów stwierdzono wzrost

trwałości narzędzia o 900%, w innych wypadkach wzrost szybkości i posuwu o 25—35%. Działanie tego środka może być przyrównane do zmian fizykalnych zachodzących w stali azotowanej lub nawęglanej, lecz głębokość warstwy aktywnej jest ograniczona tylko do jednej warstwy molekularnej, co tłumaczy się bardzo krótkim czasem działania podczas skrawania. Zmniejszenie plastycznej deformacji powoduje słabsze wytwarzanie się ciepła na ostrzu.

134\* SS:MH 621.923:621.9-719 18  
Szlifowanie z chłodzeniem wewnętrznym obniża koszty szlifowania. „Von innen gekühlte Schleifscheiben verringern die Schleifkosten“. Werkstattst. u. Maschbau, t. 42, Nr 11, paźdz. 52, s. 484; A4, 1 str., 1 wyk. — Recenzja artykułu. „Internally cooled wheels cut surface grinding costs“. Machinery New York, May 1951, s. 151 — 153. (La rectification avec arrosage interne de la meule). La Machine Moderne, Decembre 1951, s. 17. — Ciecz doprowadzana jest przez zawór regulacyjny do przestrzeni między tarczami mocującymi ściernicę, skąd pod wpływem siły odśrodkowej przedostaje się przez pory w tarczy na zewnątrz tarczy, tworząc osłonę chłodząco-smarującą. Chłodzenie wewnętrzne nie nadaje się do tarcz o spoiwie organicznym oraz dla ściernic diamentowych. Podano zalety. Osiągnięcia w tej dziedzinie przez Instytut Narzędzi w „Brunszwiku“.

135\* SS:NS:SC 621.923.96:621.9-44 18  
Szlifowanie kształtowe. „Crush — grinding“. Aircraft Prod., t. 14, Nr 169, list. 52, s. 366; A4, 8,5 str., 5 fot., 2 mikrogr., 8 rys. — Nowa technika szlifowania polegająca na formowaniu tarczy szlifierskiej rolką wzorcową o odpowiednim kształcie. Znaczny nacisk około 125 kg/cm szerokości tarczy powoduje wytłaczanie profilu z dużą dokładnością. Zastosowanie do masowej produkcji narzędzi i drobnych części. Porównanie z metodą normalnego formowania tarczy diamentem. Zmniejszenie czasu trwania na operacje ręczne. Tolerancje dokładności wykonania części. Przebieg operacji szlifowania wraz z przygotowaniem tarczy. Przykłady praktyczne.

136\* NS:SS:UK 621.922.3:621.9.719 18  
Wewnętrzne chłodzenie tarcz szlifierskich. „Internal cooling of grinding wheels“. Machinery (London), t. 74, Nr 1902, kw. 49, s. 439; A4, 0,5 str., 1 rys. — Nowa metoda wewnętrzne go chłodzenia tarczy szlifierskiej, dostatecznie porowatej, zdolnej do zaabsorbowania i wchłonięcia w siebie znacznej ilości chłodziwa. Ze zbiornika znajdującego się nad tarczą spływa chłodziwo do 2 wentyli regulujących dopływ do obu stron tarczy; na skutek działania siły odśrodkowej płyn chłodzący dostaje się na roboczą powierzchnię, zwilżając ją w dostateczny sposób.

137\* UK 621.9-229.39 18  
KOPANIEWICZ R. G.: Przyrządy hydrauliczne do mocowania kilku przedmiotów. „Gidroplastnyje razimye mnogomiestnyh prispособlenij“. Stanki i Instr., t. 23, Nr 4, kw. 52, s. 15; A4, 3 str., 10 rys., 2 tabl., 2 poz. bibl. — Podano konstrukcję i opisano zasadę działania przyrządów hydraulicznych do mocowania kilku przedmiotów. Elementy mocujące są sterowane tłoczkami a ciśnienie cieczy regulowane przez dokręcanie śruby. Sposób ochrony przed zanieczyszczeniem wórami. Sposób zapewnienia szczelności przez częściowe wydrążenie tłoka a tym samym rozkład ciśnienia cieczy prostopadle do ścianek tłoka.

138\* UK 621-229.323.8 18  
SUSLOV D. N., VOLSKIJ S. A.: Urządzenie mocujące do dokładnego wiercenia. „Upinaci pripravek pro jemne vyvrtávani“. Techn. Pr., t. 8, Nr 12, grud. 52, s. 275; A4, 1,5 str., 4 rys., 1 tabl. — Opis działania i konstrukcja urządzenia mocującego montowanego na tokarce, ułatwiającego dokładne wiercenie otworów łozkowych przy kołach zębatych mających pracować w jednym układzie. Urządzenie to umożliwia równocześnie przeprowadzenie kontroli mimośrodowości kół i to zarówno przy użyciu zewnętrznym jak i wewnętrznym.

139\* UK 621.9-229.32 18  
E. W.: Szybkie mocowanie przedmiotu obrabianego. „Schnell spannen“. Techn. Rdsch., t. 44, Nr 49, grud. 52, s. 11; 48 X 32 cm, 5,5 str., 4 fot., 17 rys. — Zestawienie i opis szybko mocujących uchwytów wiertarskich od najprostszych do bardziej skomplikowanych. Rysunki konstrukcyjne uchwytów i przykłady zastosowania poszczególnych elementów mocujących w konstrukcji uchwytów.

Niniejszy Przegląd Dokumentacyjny 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, Al. Niepodległości 188). CIDNT przyjmuje prenumeratę kart dokumentacyjnych, która może obejmować zarówno całą dokumentację nauowo-techniczną, jak i oddzielnie jej działy lub poszczególne zagadnienia i tematy techniczne. CIDNT wykonuje (za zwrotem kosztów) fotokopie i mikrofilmy publikacji objętych zarówno przeglądem dokumentacyjnym jak i kartami dokumentacyjnymi. Gwiazdkami, obok porządkowych liczb artykułów, oznaczone są publikacje znajdujące się w bibliotekach poszczególnych ośrodków.



# U W A G A

## INŻYNIEROWIE I TECHNICY

Na podstawie ustawy z dnia 18 lipca 1950 r. w sprawie rejestru inżynierów i techników (Dz. U.R.P. Nr. 36 poz. 329) wszyscy absolwenci wyższych i średnich szkół technicznych obowiązani są przed upływem 30 dni od chwili uzyskania tytułu inżyniera lub technika rejestrować się w Naczelnej Organizacji Technicznej prowadzącej rejestr.

Obowiązek ten dotyczy również osób wykonujących czynności powierzane zwykle inżynierom lub technikom, bądź też zajmujących stanowiska powierzane zwykle inżynierom lub technikom.

Osoby, które już rejestrowały się bądź w ogólnej rejestracji (w 1950 r.), bądź po dniu zakończenia spisu, obowiązane są zgłaszać zmiany: stopnia zawodowego lub naukowego, miejsca pracy, stanowiska i miejsca zamieszkania przed upływem 30 dni od chwili nastąpienia zmiany.

Kto świadomie lub przez niedbalstwo uchylił się od obowiązków przewidzianych ustawą, podlega karze aresztu i grzywny albo jednej z tych kar, zgodnie z art. 9 ustawy z dnia 18 lipca 1950 r.

Obowiązkowi rejestracji należy dopełnić w Biurze Rejestru Inżynierów i Techników w Warszawie, ul. Czackiego 3/5 lub w wojewódzkich oddziałach NOT.

Zmiany, poparte dokumentami, należy zgłaszać osobiście lub drogą korespondencji w Biurze Rejestru Inżynierów i Techników w Warszawie, ul. Czackiego 3/5.

NACZELNA ORGANIZACJA TECHNICZNA

## WARUNKI PRENUMERATY NA ROK 1954

### Komunikat Państwowego Przedsiębiorstwa Kolportażu „RUCH”

Zgodnie z § 2 Zarządzenia Ministra Finansów z dnia 6. IX 1952 („Monitor Polski” Nr A 88 poz. 1374) „w sprawie ewidencji towarowej i zasad fakturowania w Państwowym Przedsiębiorstwie Kolportażu „Ruch” sprzedaż towarów prenumeratorom winna się odbywać po cenie detalicznej na zasadzie pełnych przedpłat”.

W związku z powyższym zawiadamiamy, że zamówienia na prenumeratę dzienników i czasopism na rok 1954 dla potrzeb urzędów, instytucji i przedsiębiorstw uspołecznionych, będą realizowane jedynie na warunkach pełnych przedpłat.

Przy składaniu zamówień ustala się następujące zasady:

Wszystkie zamówienia i przedpłaty na rok 1954 należy kierować do urzędów pocztowych w nieprzekraczalnym terminie do dnia 10 grudnia 1953 r.

Instytucje, urzędy i przedsiębiorstwa zamawiające prenumeratę dla podległych jednostek wg rozdzielnika i opłacające ją z kredytów centralnych mogą zamówienia kierować bezpośrednio do PPK „Ruch” nie później jednak niż do dnia 1 listopada 1953 r.

Zamówienia należy w tym wypadku sporządzić w dwóch egzemplarzach i wycenić, podając tytuły zamawianych czasopism, ilość egzemplarzy, cenę i wartość oraz ogólną sumę wartości całego zamówienia.

Zamówienia należy składać w oddziałach wojewódzkich PPK „Ruch” zamawiając dokładnie tylko te tytuły, które są w administracji danego oddziału wojewódzkiego.

PPK „Ruch” po sprawdzeniu zamówienia potwierdzi na kopii do dnia 20 listopada 1953 r. przyjęcie prenumeraty do realizacji podając ostateczną sumę należności, którą należy uregulować do dnia 10 grudnia 1953 r.

Ze względu na to, że PPK „Ruch” nie będzie wystawiało faktury, potwierdzenie zamówienia posłuży za podstawę do uregulowania należności.

Zaznacza się, że PPK „Ruch” będzie mogło realizować tylko te zamówienia, które zostaną złożone w ustalonym terminie, tj. do dnia 1 listopada br. i będą poparte przedpłatą do dnia 10 grudnia br.

W związku z powyższym prosimy o uwzględnienie w preliminarzu budżetowym na IV kwartał 1953 r. odpowiednich sum potrzebnych na opłacenie prenumeraty czasopism na rok 1954.

Aktualny cennik dzienników i czasopism znajduje się w każdym urzędzie pocztowym oraz w delegaturach i oddziałach PPK „Ruch”, które udzielą wszelkich informacji o warunkach prenumeraty

GENERALNY DYREKTOR

(E. HERBST)

# PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

## Nowości wydawnicze

- Borman H., Majchert-Planeta N., Perec M.: **Pokrycia galwaniczne.** 1953, s. 171, zł 11.70.
- Bosakirski M.: **Roboty szklarskie.** 1953, s. 84, zł 5.—.
- Chemiczna obróbka włókien.** Tom I — Surowce, pranie, klejenie i bielenie. Praca zbiorowa. 1953, s. 204, zł 25.— (w oprawie).
- Dobrzański T.: **Rysunek techniczny.** Wydanie czwarte uzupełnione. 1953, s. 168, zł 9.—.
- Hobler T.: **Ruch ciepła i wymienniki.** 1953, s. 536, zł 57.— (w oprawie).
- Hupert S.: **Połączenia spawane konstrukcji stalowych w budownictwie.** 1953, s. 175, zł 17.—.
- Jabłoński S.: **Mały poradnik hartownika.** 1953, s. 259, zł 17,20. (w oprawie)
- Karlic S.: **Maszyny i urządzenia wyciągowe w kopalnictwie naftowym.** 1953, s. 272, zł 28.10 (w oprawie).
- Klimezyk W.: **Odlewanie wlewków stalowych.** 1953, s. 214, zł 22.50 (w oprawie).
- Kowalczyk S.: **Tolerancje i pasowania w budowie maszyn.** 1953, s. 128, zł 12.50 (w oprawie).
- Krzywicki E.: **Technologia garbarstwa.** Część 1 — Skóry surowe, warsztat mokry, garbowanie roślinne. 1953, s. 372, zł 18.30 (w oprawie).
- Lewicki M.: **Zagadnienia chemii w pożarnictwie.** 1953, s. 95, zł 6.60.
- Mackiewicz S.: **Narzynki.** Konstrukcja. 1953, s. 68, zł 5.—.
- Mazanek T.: **Obsługa pieca martenowskiego.** 1953, s. 104, zł 6.70.
- Moszyński W.: **Wytrzymałość zmęczeniowa części maszynowych.** 1953, s. 279, zł 24.60 (w oprawie).
- Panfilow M. I.: **Szybkościowe wytapianie stali w piecach martenowskich.** Tłum. z ros. K. Radzicki. 1953, s. 168, zł 10.60.
- Piwoński T.: **O czym powinien wiedzieć formierz przy ręcznym formowaniu.** 1953, s. 128, zł 7.—.
- Poradnik techniczny „Mechanik”. Tom II. Część 2 — Metaloznawstwo. Praca zbiorowa. Wyd. 3 całkowicie przerobione. 1953, s. 752, zł 65.40 (w oprawie).
- Prowans S.: **Pomiary temperatur.** 1953, s. 212, zł 22.20 (w oprawie)
- Rokotian E. S.: **Współczesne walcownictwo w Związku Radzieckim.** Tłum. z ros. J. Warzański. 1953, s. 47, zł 3.50.
- Różycki J.: **Krótki zarys odwzorowań kartograficznych.** Część 2. 1953, s. 200, zł 22.20 (w oprawie).
- Schwartz T.: **Elektrotermia.** Tom II. 1953, s. 272, zł 16.40.
- Tyszowiecki J., Bychawski Z.: **Belki strunobetonowe.** Projektowanie i obliczanie. 1953, s. 104, zł 6.60.
- Waliduda A.: **Ogólne wiadomości o nafcie.** 1953, s. 88, zł 5.50.
- Woodroffe D.: **Podstawy nauki o skórze.** Tłum. z ang. B. Galicki. 1953, s. 148, zł 13.70.
- Wskazówki dla nowoprzyjętych do pracy w kopalniach węgla.** Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Górnictwa. Związek Zawodowy Górników w Polsce. 1953, s. 64, zł 4.50.
- Zagajewski T., Malzacher S., Kuliszkievicz W.: **Elektronika przemysłowa.** 1953, s. 387, zł 33.— (w oprawie).

Do nabycia w księgarniach technicznych „DOMU KSIĄŻKI” i u kolporterów zakładowych

