

A 1192.5 63

PRZEGLĄD MECHANICZNY

MIESIĘCZNIK NAUKOWO-TECHNICZNY

II Kongres
Inżynierów i Techników Polskich
Wrzesień 1952 r. - Katowice
Inżynierowie i Technicy
w szeregach Narodowego Frontu walki
o Pokój i Socjalizm



Widok przyrządu do pomiaru „bicia” mikrozębień
z dokładnością do 1μ



ROK XI

LIPIEC - SIERPIEŃ 1952

ZESZYT 7 - 8

WYDAWNICTWO NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ

ARTYKUŁY GŁÓWNE

Rocznica Manifestu PKWN	265
Prof. dr inż. Wacław Moszyński — Stan napięcia a wyężenie materiału	267
Dr inż. Jan Obalski — Przegląd zastosowań technicznych rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej	275
Mgr inż. Władysław Czaplicki — Wpływ odkształceń cieplnych na dokładność obrabiarek do skrawania metali	280
Mgr inż. Roman Baranowicz — Modernizacja frezarek do szybkościowego skrawania metali (dokończ.)	284
Mgr inż. Jan Chodorowski — Metody określania wielkości ziarna w stali	288
Prof. dr inż. Aleksy Piątkiewicz — Uwagi o obliczaniu konstrukcji dwuszczkowych hamulców dźwigni	294
Inż. Jan Stefan Kowalski — Technika pomiarów mikrozążeń	298
Mgr inż. Tadeusz Sawicki — Przyrządy pneumatyczne do pomiarów liniowych (dokończenie)	300

TECHNIKA CIEPLNA

Stanisław Zapałowicz — O cyklonowych oczyszczaczach gazu i ich zastosowaniu w obiegu turbiny gazowej na paliwo węglowe	303
Mgr inż. Tadeusz Nikiel — Uwagi o doświadczeniach z turbinami na wysokie ciśnienia	313
Mgr inż. Władysław Hajkowicz — Wytyczne kryteria oceny kotłów ekranowych z naturalnym obiegiem wody	315
Mgr inż. Jerzy Łaszkiewicz — Zapobieganie przepalania węzownic przegrzewaczowych w kotłach parowych	318

PRZEGLĄD PRASY TECHNICZNEJ

Rezultaty eksploatacji podgrzewacza wody niskiego ciśnienia	320
Podwójny docisk mimośrodowy	320
Ulepszona przekładnia cierna bezstopniowa	322
Szywność obrabiarek	322
Przenośnik wałkowy z popychaczem	323
Węglik chromu	323
BIBLIOGRAFIA	324
WIADOMOŚCI SIMP	326
KRONIKA	328

СОДЕРЖАНИЕ

Режим напряжения и натяжения материалов.
Обзор технических применений исчислений по теории вероятности и математической статистики.
Влияние тепловых деформаций на точность металлорежущих станков.
Модернизация станков для скоростной обработки.
Методы определения величины зерен в стали.
Замечания относительно расчета и конструкции двубашмачных тормозов подъемных машин.
Техника измерений микрозацеплений.
Пневматические приспособления для линейных измерений (окончание).
ТЕПЛОВАЯ ТЕХНИКА.
Циклонные газоочистители и их применение в циркуляции газовой турбины.
Эксперименты с турбинами на высокое давление.
Директивы оценки паровых котлов с естественной циркуляцией воды.
Предупреждение перегрева перегревателей змеевиков в паровых котлах.
ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ.
БИБЛИОГРАФИЯ.
СООБЩЕНИЯ СИМП.
ХРОНИКА.

CONTENTS

GENERAL ARTICLES
State of tensions and exertion of material
Technical applications of probability calculus and mathematical statistics.
Thermal deformations and the accuracy of machine tools.
Modernization of machine-tools for high speed cutting (conclusion).
Methods of determining grain size of steel.
Remarks on calculation and design of double block brakes for hoisting machinery.
Methods of measuring small gears.
Pneumatic apparatus for length measurements (conclusion).
HEAT ENGINEERING
Gas separators of the cyclone type and their application with gas turbines.
Experiments with high pressure steam turbines.
Outlines for the evaluation of natural circulation boilers.
Prevention of burning superheater tubes in steam boilers.
TECHNICAL PRESS REVIEW
BIBLIOGRAPHY
SIMP BULLETIN
CRONICLE

SOMMAIRE

ARTICLES GENERAUX
L'état de tension et l'effort du matériel
Revue des applications techniques du calcul de probabilité et de la statistique mathématique.
L'influence des déformations thermiques sur l'exactitude des machines outils à travailler les métaux.
Modernisation des machines-outils à coupe rapide. (fin).
Méthodes de détermination des dimensions de la granulation dans l'acier.
Remarques concernant le calcul et la construction des frains à deux sabots des engins de levage.
Technique des mesures des microengrénages.
Appareils pneumatiques de mesures linéaires (fin).
LA THERMOTECNIQUE
Purificateurs cycloniques des gaz et leurs application dans la circulation d'une turbine à gaz.
Expériences avec des turbines de haute pression.
Indices à appréciation des chaudières à vapeur à circulation d'eau naturelle.
Prevention du surchauffage des serpentins des surchauffeurs des chaudières à vapeur.
REVUE DE LA PRESSE TECHNIQUE
BIBLIOGRAPHIE
BULETIN SIMP
CHRONIQUE

WYDAWCA: NACZELNA ORGANIZACJA TECHNICZNA, WARSZAWA, Czackiego 3/5

Komitet Redakcyjny: mgr inż. ZYGMUNT BOCHENEK, mgr inż. PAWEŁ KOSIERADZKI, JAN STEFAN KOWALSKI, mgr inż. STANISŁAW KULESZA, dr inż. JAN OBALSKI, prof. dr inż. ALEKSY PIĄTKIEWICZ, prof. inż. ZDZISŁAW RYTEL, prof. dr inż. ROBERT SZEWAŁSKI, mgr inż. LECH STRZELECKI, mgr inż. JÓZEF ZAGÓRSKI

Redaktor Naczelny: mgr inż. MARIAN WAKALSKI

Z-ca Redaktora Naczelnego: inż.-mech. WŁADYSŁAW KAWĘCKI

Sekretarz redakcji: ANNA WOCHOWSKA

Redaktor techniczny: CZESŁAW PIEKARSKI

PKO Nr konta I-19881/110.

Drukarnia im. Rewolucji Październikowej, Warszawa, ulica Mińska 65, Zam. 580/52. 3-B-22094.
Nakład 4500. Papier druk. sat. V kl. 60 g, form. A0. — Rękopis otrzym. 24.V.52. — Druk ukończ. 30.VIII.52

PRZEGŁĄD MECHANICZNY

MIESIĘCZNIK NAUKOWO-TECHNICZNY

STOWARZYSZENIA INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW MECHANIKÓW POLSKICH

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

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

Rocznica Manifestu PKWN-22 Lipca 1952

Po raz ósmy z radością i dumą obchodzimy rocznicę Manifestu PKWN. Rocznicą ta stała się dniem podsumowywania osiągnięć i zwycięstw mas pracujących Polski Ludowej. Manifest z dnia 22 lipca 1944 roku stanowił kamień węgielny wyzwolenia polskich chłopów, robotników i inteligencji pracującej z niewoli i wyzysku narzuconego przez rodzimych i obcych kapitalistów, otworzył on drogę do odbudowy ograbionego i wyniszczonego przez okupanta kraju, do dalszego rozwoju i przebudowy wszystkich gałęzi gospodarki narodowej, nauki i kultury.

Na przestrzeni setek lat toczyła się walka uciemiężonych mas pracujących o te wartości i ideały, które Manifest Lipcowy ustanowił jako najwyższe prawo ludu polskiego. Dało to początek wyzwoleniu najlepszych i najszlachetniejszych wartości tkwiących w naszym narodzie. Wyrazem tego są setki i tysiące nowych fabryk, kopalń i hut, szkół, przedszkoli, żłobków i szpitali, muzeów, teatrów, domów kultury i świetlic, nowych mostów i dróg, osiedli i domów mieszkalnych, to rozwój socjalistycznej nauki i sztuki, to wiele nowych, wyższych uczelni i masy uczącej się młodzieży wychowywanej i kształconej w duchu solidarności z pracującymi całego świata, w duchu przyjaźni z wszystkimi pragnącymi twórczej pracy i pokoju.

W atmosferze tych wielkich przemian kształtowała się na przestrzeni ubiegłych ośmiu lat, nasza inteligencja techniczna. Omawiając zagadnienie kierownictwa przemysłem na VII plenum KC PZPR przewodniczący KC PZPR i Prezydent Polski Ludowej Bolesław Bierut powiedział: „Dzięki wysiłkowi Państwa Ludowego możliwość otrzymania wykształcenia technicznego została szeroko otwarta dla ludzi z klasy robotniczej, pracującego chłopstwa i inteligencji pracującej. Dziesiątki tysięcy inżynierów i techników wychowanych w naszych uczelniach zasilają już nasze zakłady... Jest to niewątpliwie bardzo poważny zastrzyk nowych sił, który przy właściwym wykorzystaniu może dać bardzo poważne wyniki w pracy przemysłu. W tym celu należy rozłożyć opiekę nad wykorzystaniem nowych kadr inżynierów i techników, ułatwić i zorganizować im zdobywanie doświadczenia, wszechstronnie przyspieszyć ich proces dojrzewania jako techników, kierowników i organizatorów. Z drugiej strony jest rzeczą niewątpliwą, że w ciągu ubiegłego okresu na naszych zakładach przemysłowych wyrosła i zahartowała się w walce o plan nowa kadra, rekrutująca się z wykwalifikowanych robotników, przodowników, racjonalizatorów. Wielu z tych ludzi zdobyło nie tylko praktyczne doświadczenie, ale i teoretyczne wykształcenie. Wreszcie jest niewątpliwym faktem, że wśród starej inteligencji technicznej rozwija się nadal i pogłębia szereg pozytywnych procesów. Przeważająca większość tej inteligencji, która od początku zachowywała się lojalnie w stosunku do państwa ludowego, ale nie rozumiała jeszcze częstokroć nowej rzeczywistości, nowych problemów, nowych zadań, nowych metod pracy — teraz osiągnęła na tym polu wielkie postępy i sprzęgła się w większym stopniu i bardziej świadomie niż dotychczas z władzą ludową i socjalistycznym przemysłem. W ciągu ubiegłego okresu nastąpił pewien odsiew, pewien jakby naturalny dobór wśród całej inteligencji technicznej“.

Razem z nową Warszawą, z MDM, z Pałacem Kultury i Nauki, Nową Hutą, Żeraniem, Lublinem i licznymi budowlami planu 6-letniego, im ostrzejsza staje się walka o jego przedterminowe wykonanie, tym szybciej i świadomiej kształtuje się nowa inteligencja techniczna Polski Ludowej. Rocznicą Manifestu PKWN obchodzona w atmosferze radości i pewności zwycięstwa gruntuje świadomość, że jakość i skala

osiągnąć jest ściśle związana z procesem nieustannego, twórczego działania i szkolenia się, z coraz głębszym opanowywaniem nowej socjalistycznej techniki i nauki, stwarzających nieograniczone możliwości w służbie naszej ludowej Ojczyzny.

„Osiągnięcie tych wyników w okresie ubiegłym dokonywało się w walce z bardzo licznymi i poważnymi trudnościami. Inaczej zresztą być nie mogło, nie można bez trudności przeprowadzać tak głębokich i na tak wielką skalę zamierzonych przeobrażeń, jakie my dokonujemy. W roku 1952 trudności, na jakie napotyka rozwój przemysłu socjalistycznego w wykonaniu wielkich zadań, które stoją przed nim, są większe niż w latach ubiegłych. Wynika to z większych i trudniejszych zadań, które stoją przed nami w bieżącym roku, z zadań większych i trudniejszych niż te, z którymi mieliśmy do czynienia w całym okresie naszego poprzedniego rozwoju. Ale sprawa nie sprowadza się tylko do nowych, większych i trudniejszych zadań. Nie tu leży główna przyczyna pewnych niepomysłnych zjawisk, które obserwujemy w bieżącym roku, jak np. niewykonywanie planu przez niektóre gałęzie przemysłu...

Główna przyczyna trudności i przeszkód, które obecnie napotykamy, polega na tym, że warunki rozwoju przemysłu zmieniły się, że wytworzyła się nowa sytuacja, która wymaga zmiany metod pracy, wymaga nowych metod kierownictwa.“ (Z przemówienia Prezydenta RP na VII plenum KC PZPR).

Twórczej i owocnej pracy polskiej klasy robotniczej i inteligencji pracującej, wydajnej pracy polskiej wsi towarzyszy bratnia pomoc, uznanie i przyjaźń narodów Związku Radzieckiego oraz krajów demokracji ludowej.

„W przeciwieństwie do polityki imperialistów — powiedział Prezydent Bierut na VII plenum — polityka nasza, polityka państw obozu socjalizmu na każdym kroku broni pokoju, wolności i suwerenności narodów. Broni go wytrwale na forum międzynarodowym, na każdej konferencji międzynarodowej, demaskując plany imperialistów, wysuwając konstruktywne koncepcje pokojowej współpracy“...

W pokojowej pracy Polska Ludowa jednoczy wszystkie swe siły dla podniesienia bytu materialnego i sił twórczych społeczeństwa na najwyższym poziom, jakiego może osiągnąć wolny i wyzwolony naród. Umacniając front narodowy w walce o pokój i plan 6-letni przekształca swą gospodarkę z jednej z najstabszych w Europie w przodującą technicznie, z kraju rolniczego staje się krajem przemysłowym, należycie wykorzystującym własne bogactwa naturalne, krajem wysokich urodzajów i wysokiej kultury. Tegoroczna rocznica Manifestu Lipcowego stała się dniem uchwalenia Konstytucji Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej. Wyrostała ona z najszczytniejszych postępów i rewolucyjnych dążeń narodu polskiego. Opierając się na wynikach przemian społeczno-gospodarczych ubiegłego ośmiolecia i na procesie przekształcenia się narodu burżuazyjnego w naród socjalistyczny, uchwalona w dniu 22 lipca b.r. przez Sejm Ustawodawczy Konstytucja jest podsumowaniem zdobyczy polskiego ludu pracującego i fundamentem władzy ludowej oraz rozszerzeniem frontu narodowego w walce o siłę Polski, o jej rozkwit i świetność.

Na froncie przebudowy Polski Ludowej stoją szeregi polskiej młodzieży. Ósma rocznica Manifestu PKWN stała się świętem naszej młodzieży, reprezentowanej na Zlocie Młodych Przodowników w dniach 20—22 lipca br. Dumne, radosne i prężne szeregi najlepszych spośród młodzieży wypełniły stolicę, aby dać wyraz temu, że w walce moralno-politycznej z ukrytym wrogiem, młodzież polska jednoczy się dla przyspieszenia budownictwa Polski socjalistycznej. We wielkim ruchu przedzłotowym młodzież nasza wyruszyła do walki o utrwalenie i umocnienie ruchu społeczeństwa i przodownictwa, o wyparcie wrogich wpływów sięgających zamęt i zakażających faszystowskim jadem. Ustami Młodych Przodowników młodzież polska złożyła ślubowanie na wierność Konstytucji Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej. „...Rzeczypospolitej, walczącej w trudzie codziennym o zwycięstwo sprawy pokoju między narodami, o świętą sprawę rozkwitu naszego narodu i wszystkich wolnych narodów, o szczególnie wszystkich ludzi pracy, wszystkich ludzi dobrej woli“. (Z przemówienia Prezydenta RP, wygłoszonego w dniu Święta Odrodzenia.)

Złot dziś współbudowniczych, a jutro budowniczych szczęśliwej przyszłości naszej Ojczyzny uwydatnił, że nie jest to sprawa samej tylko młodzieży. Młodość łączy się z systematyczną koło niej pracą starszych, ze stałą opieką ze strony starszych nad młodzieżą zdobywającą wiedzę i doświadczenie. W budownictwie socjalizmu doświadczenie starszych i zapał młodzieży, stanowią wspólny nurt, w którym starsi będąc wychowawcami stają się młodszymi i skłonniejszymi do podążania nowymi drogami przemian i postępu. Akcja przedzłotowa i Złot Młodych Przodowników stawia wyraźne zadania inżynierom i technikom-mechanikom polskim w zakresie współdziałania z młodzieżą w zakresie opieki nad jej sprawami związanymi z wykształceniem, pracą zawodową i warunkami bytowymi.

Stan napięcia a wyężenie materiału

(Na marginesie pracy dr T. Pełczyńskiego o wpływie stanu napięcia na przejście materiału w stan plastyczny¹⁾)

PROF. DR INŻ. WACŁAW MOSZYŃSKI

PROF. DR INŻ. WŁODZIMIERZOWI
BURZYŃSKIEMU, twórcy wyężeniowej hipotezy
niezmienników, pracę tę poświęcam.

Doświadczalne stwierdzenie względności pojęć kruchości i plastyczności materiału, rzuciło nowe światło na zagadnienie jego wyężenia. Na tym tle powstała niedawno zjednoczona teoria wytrzymałości Dawidenkowa — Fridmana. Ostatnio sprawy te zostały ujęte przez Pełczyńskiego w szatę przejrzystych i nader wygodnych w użyciu wykresów, pozwalających na analizę różnych procesów obróbki plastycznej.

W artykule omówiono: względność pojęcia kruchości materiału; wykres Fridmana stanu mechanicznego, jego analiza i proponowana modyfikacja w postaci wykresu Hubera-de Saint-Venanta; współrzędne Burzyńskiego; wykresy Pełczyńskiego (gwiazdy odkształceń i naprężeń oraz wykres wyężeniowy) i ich wzajemne powiązanie; wyznaczanie współczynników bezpieczeństwa; zastosowanie wykresów wyężeniowych przy badaniu procesów obróbki plastycznej, oraz przeprowadzono, na tle jednego z wykresów Pełczyńskiego, analizę wyężeniowej hipotezy Burzyńskiego przy dwuosiowym stanie napięcia.

1. Względność pojęć kruchości i plastyczności materiałów

Wydaje się dziś już rzeczą pewną, że dotychczasowe rozbieżności między różnymi znanymi hipotezami wyężenia materiału zostały dostatecznie wyjaśnione, by wykazać niewłaściwość ich wzajemnego przeciwstawiania sobie i celowość powiązania ich w jedną harmonijną całość. Myśl o istnieniu takiej możliwości rozwijała się przez długie lata, stopniowo coraz wyraźniej zarysowując się w badaniach Th. v. Kármána nad plastycznym odkształcaniem materiałów kruchych, jak marmur i piaskowiec, w wyniku wszechstronnego ściskania (1912 r.), w pracach P. Ludwika (1929) i E. Siebela (1932) oraz badaczy radzieckich — N. N. Dawidenkowa (1936), J. B. Fridmanna (1946) i G. W. Użyka (1950), i wreszcie w wymienionej w tytule pracy T. Pełczyńskiego (1951)¹⁾. Już pierwsze z tych badań podważyły pojęcie kruchości i plastyczności materiału, jako jego przyrodzonej i niewzruszalnej cechy, wskazując, iż zależy ona od stanu napięcia, w jakim się on znajduje. Dzięki temu materiał ogólnie uważany za kruchy może wykazać własności plastyczne. Np. pełny żeliwny walec, wtłoczony w stalowy grubościenny pierścień wytwarzający w nim promieniowe ściskanie, daje się plastycznie odkształcać pod działaniem przeważającego ściskania wzdłużnego, jednocześnie odkształcającego opasujący pierścień. Znałe są też badania A. F. Joffego i innych nad kruchością metali plastycznych w niskich temperaturach. Od zarania naszej cywilizacji wykorzystujemy dla celów praktycznych znaczne zwiększenie łatwości odkształceń metali plastycznych w wysokich temperaturach. W paru ostatnich dziesiątkach lat szeroko rozpowszechniło się wypływowe tłoczenie metali plastycznych, znakomicie zwiększające ich zdolność odkształceń. Wszystko to sprawia, iż na kruchość i plastyczność (ciągliwość) materiału patrzeć musimy, jako na coś względnego, zależnego od jego stanu napięcia i jego temperatury. Zupełnie podobnie rzecz się ma ze stanem skupienia ciał, które przyjmują postać ciał stałych, ciekłych i gazowych zależnie od ich temperatury i ciśnienia, jakiemu są poddane.

2. Zagadnienie wyężenia materiału w ujęciu ważniejszych hipotez

Zgodnie z definicją prof. M. T. Hubera, pod wyężeniem materiału rozumiemy stosunek wartości określonej funkcji składowych stanu napięcia do jej wartości na granicy bezpieczeństwa, osiągniętej w drodze jednoczesnego proporcjonalnego ich zwiększenia. Gdy mówimy o kryteriach wyężenia, w grę wchodzi kilka hipotez wyężeniowych, jeżeli pominiemy przedawnione lub nie mające większego znaczenia. Każdej z tych hipotez odpowiada jakaś postać owej funkcji, tworzącej tzw. warunek wytrzymałościowy. Zgodnie z przyjętym zwyczajem oznaczymy je jako: II-gą hipotezę największego wydłużenia (B. de Saint-Venant, 1837) w myśl której powinno być

$$\sigma_v = \sigma_1 - \nu(\sigma_2 + \sigma_3) \leq k \quad [1]$$

(wskaźnik ν nawiązując do nazwiska de Saint-Venanta) III-cią hipotezę największych naprężeń ścinających (J. Guest, 1900), z którą związany jest warunek

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \leq \frac{k}{2} \quad [2]$$

i IV-tą hipotezą największej energii odkształcenia postaciowego (M. T. Huber, 1904), wg której

$$\sigma_H = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \leq k \quad [3]$$

σ_1 , σ_2 i σ_3 są tu składowymi głównymi stanu napięcia ν — jest liczbą Poissona, k — granicznym naprężeniem dopuszczalnym przy jednoosiowym (zwykłym) rozciąganiu.

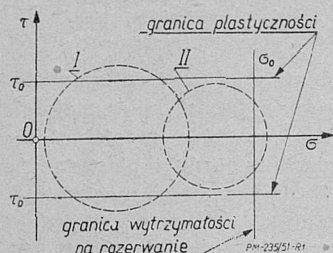
Ostatnia, V-ta hipoteza niezmienników (W. Burzyński, 1928); (patrz niżej), dla metali plastycznych sprowadza się do IV-ej hipotezy, dającej dla nich najlepszą doświadczalnie stwierdzoną zgodność wyników z rzeczywistością dla wszelkich możliwych stanów napięcia, jeżeli jako kryterium wyężenia przyjąć przekroczenie granicy plastyczności i zjawienie się odkształceń trwałych.

W odniesieniu do materiałów, które w zwykłych warunkach zachowują się jako kruche, jako kryterium wyężenia przyjmuje się najczęściej ich wytrzymałość rozdzielczą R_o , i tu na plan pierwszy wysuwa się hipoteza II. Wreszcie zniszczenie materiału z natury rzeczy plastycznego nastąpić może w drodze je-

¹⁾ Ogłoszona w skrócie na str. 175 i 204 „Przeglądu Mechanicznego” z 1951 r. Tam podana jest również literatura przedmiotu. Należy zaznaczyć, iż treść tej pracy jest częścią dysertacji doktorskiej przedłożonej na początku 1951 r. Wydziałowi Mechanicznemu Politechniki Warszawskiej.

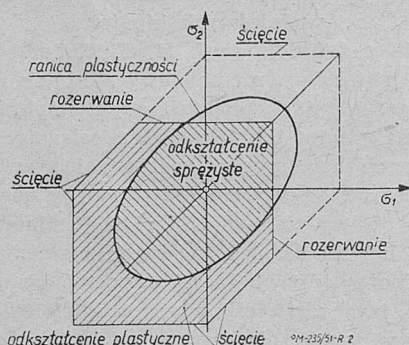
go ścicia; w tym więc przypadku oprzeć należałoby się na hipotezie III.

Dr T. Pelczyński w pracy swej przytacza wykres P. Ludwika $\tau(\sigma)$ (rys. 1), na którym przy pomocy kół Mohra wykazano (zdaje się po raz pierwszy) poglądowo wpływ stanu



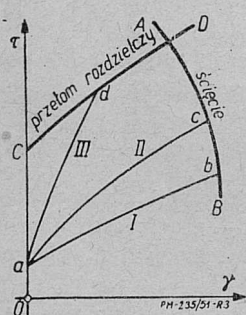
Rys. 1.

naprężenia na zachowanie się tego samego materiału, jako plastyczny lub jako kruchy. Podaje on też analogiczny wykres E. Siebela $\sigma_2(\sigma_1)$ (rys. 2), na którym uwzględniono granicę plastyczności wg Hubera, oraz granicę wytrzymałości rozdzielczej i na ścicie. Obydwa te wykresy dotyczą tylko płaskich stanów naprężenia.



Rys. 2.

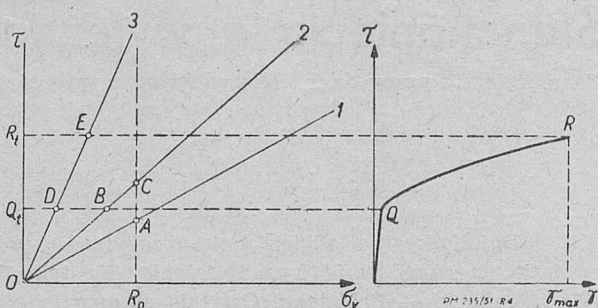
Znany jest też wykres $\tau(\gamma)$ N. N. Dawidenkowa (rys. 3), na którym linie ab , ac i ad odpowiadają stanowi rosnącego naprężenia (przy zachowaniu niezmiennego stosunku jego składowych) w przypadku materiałów: I — o dużej plastyczności (linia ab), II — o średniej (linia ac) — i III — o małej plastyczności (linia ad).



Rys. 3.

Łącząc graniczne punkty tych linii uzyskujemy dwie przecinające się krzywe AB i CD , odpowiadające wytrzymałości materiałów na ścicie (linia AB) i ich wytrzymałości rozdzielczej (linia CD). Materiały I i II uległyby na granicy wytrzymałości — ściciu, materiał III wykazałby przełom rozdzielczy.

J. B. Fridman podał tzw. wykres stanu mechanicznego (rys. 4), łącząc wykresy $\tau(\gamma)$ oraz $\tau(\sigma_V)$, przy czym τ odpowiada najwyższemu naprężeniu ścinającemu τ_{max} , a σ_V , jak wiemy, jest naprężeniem zastępczym obliczonym na podstawie II hipotezy de Saint-Venanta (por. wzór [1]). W polu tego wykresu widzimy trzy proste $\tau = Q_r$, $\tau = R_t$, $\sigma_V = R_o$, gdzie Q_r jest granicą plastyczności przy ścinaniu, R_t — wytrzymałością na ścicie i R_o — wytrzymałością rozdzielczą danego materiału. Każdemu określonemu rodzajowi naprężenia (o znanych stosunkach $\sigma_1 : \sigma_2 : \sigma_3$ jego składowych głównych) odpowiada jakaś prosta przechodząca przez początek O układu. Na rysunku



Rys. 4.

pokazano prostą 1 odpowiadającą jednoosiowemu rozciąganiu, 2 — czystemu ścinaniu (lub skręcaniu) i 3 — jednoosiowemu ściskaniu. Jak widzimy, w pierwszym przypadku — przy wciąż rosnącym naprężeniu — nastąpiłoby kruche pęknięcie materiału (w punkcie A), w drugim — najpierw plastyczne odkształcenie (na odcinku BC) i później pęknięcie o przełomie rozdzielczym (w punkcie C), w trzecim — najpierw odkształcenie plastyczne (na długim odcinku DE) i potem dopiero ścicie materiału (pęknięcie wiązki e — w punkcie E).

Fridman nie uwzględnia ujemnych wartości σ_V ograniczając wykres osią $\sigma_V = 0$; wszechstronnemu ściskaniu o składowych $\sigma_1 = \sigma_2 < 0,43 \sigma_3$, dla których $\sigma_V < 0$, odpowiada więc punkt O wykresu.

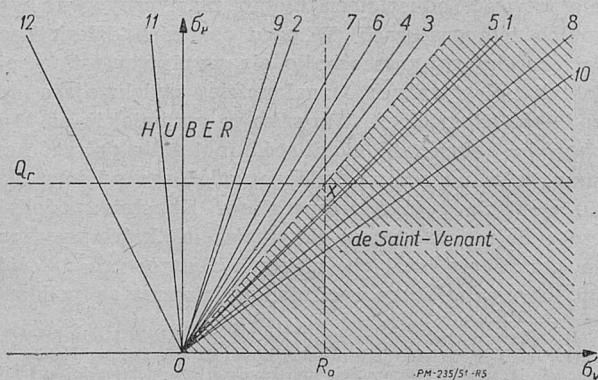
3. Przekształcenie wykresu Fridmana na wykres Hubera-de Saint-Venanta

Nie ma żadnej trudności przekształcić wykres Fridmana opierając się na II i na IV hipotezie, a więc budując wykres $\sigma_H(\sigma_V)$, gdzie σ_H (por. wzór [3]) jest Huberowską funkcją stanu naprężenia odtwarzającą energię właściwą odkształcenia postaciowego. Tworzy ona kryterium wytrzymałościowe

$$\sigma_H \leq Q_r \quad [3']$$

gdzie Q_r jest granicą plastyczności określoną w zwykłej próbie rozciągania. Poza tym nie ma żadnej racji ograniczać σ_V do wartości jedynie dodatnich, przez co uniemożliwia się w wykresie Fridmana rozróżnianie rozmaitych stanów naprężenia przy trójosiowym ściskaniu; powinno się rozciągnąć lewą stronę wykresu na obszar ujemnych wartości σ_V , pomijając jednocześnie zbędny oczywiście boczny wykres pomocniczy $\tau(\gamma)$.

Rys. 5 przedstawia ów zmodyfikowany wykres wytrzymałościowy $\sigma_H(\sigma_V)$, który nazwiemy *wykresem Hubera de Saint-Venanta*, dla podkreślenia, iż w istocie swej jest on zgodnym powiązaniem obydwóch wygłoszo-



Rys. 5.

nych przez nich i tak długo rywalizujących ze sobą hipotez. Na rys. 5 pokazano pęk promieni oznaczonych liczbami 1 do 12, odpowiadającymi tym samym liczbom porządkowym różnych stanów napięcia zebranych w tablicy I. Jak widzimy, w przypadku materiału, któremu odpowiadają uwzględnione na wykresie wartości Q_r i R_o przełomu rozdzielczego ocze-kiwać należy jedynie przy jednoosiowym rozciąganiu 1, przy dwuosiowym nierównomiernym rozciąganiu 5 i przy trójosiowych rozciąganiach 8 i 10. We wszystkich innych przypadkach zajdą najpierw odkształcenia plastyczne.

Gdybyśmy mogli pominąć granicę plastyczności, jako kryterium wyteżenia, interesując się jedynie wytrzymałością na granicy pęknięcia rozdzielczego albo ścięcia, to wtedy niezawodnie wykres *Fridmana* $\tau(\sigma_V)$ rozszerzony na ujemny obszar σ_V , byłby właściwą postacią wykresu wyteżeniowego; linie graniczne $\sigma_V = R_o$ i $\tau = R_t$ obejmowałyby wraz z osią $O \sigma_V$ całość „bezpiecznego” obszaru wykresu. W istocie rzeczy nie ma jednak konstrukcji, w której można byłoby dopuścić znaczniejsze przekroczenie granicy plastyczności w gotowych już ich częściach składowych. Praktycznie rzecz ujmując, z obydwoch granic R_t i Q_r — jedynie ostatnia jest w tym przypadku ważną, podczas gdy R_t może mieć znaczenie tylko przy studiowaniu procesów plastycznej obróbki technologicznej — jako druga obok R_o z możliwych granic, których przekroczenie spowodowałoby niszczące pęknięcia. Należy poza tym zwrócić uwagę, iż na wykresie $\tau(\sigma_V)$ nie można przeprowadzić jedynej linii odpowiadającej wyteżeniu na granicy plastyczności, z czym wiąże się, jak wiemy, kryterium $\sigma_H \leq Q_r$. Jednej bowiem założonej wartości σ_V odpowiadać może dowolnie wielka ilość wartości τ (por. wzór [2]) spełniających owe kryterium²⁾; wyznaczają one więc nie linię, jak to *Fridman* pokazuje na swym wykresie, lecz pas ograniczony dwiema liniami, określającymi górne i dolne wartości σ_{max} i σ_{min} spełniające huberowskie kryterium [3']. Podobnie na wykresie *Hubera-de Saint-Venanta* nie można będzie odtworzyć granicy wyteżenia przy ściśnieniu przy pomocy jednej linii, gdyż σ_H przyjmować może różne wartości dla określonej wartości σ_V i dla

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = R_t$$

Nie można więc przy pomocy jednego wykresu wyteżeniowego uchwycić jednoznacznie trzech stanów granicznych $\sigma_V = R_o$, $\sigma_H = Q_r$ i $\tau = R_t$, lecz tylko dwa i to albo $\sigma_V = R_o$ i $\tau = R_t$, jak to czyni *Fridman*, albo $\sigma_V = R_o$ i $\sigma_H = Q_r$, jak to proponujemy obecnie. Wydaje się, iż wyższość tej drugiej alternatywy — dla wszelkich studiów nad wyteżeniem konstrukcyjnych elementów maszynowych — jest bezsporna. Jest ona również oczywista dla studiów nad przechodzeniem materiału w stan plastyczny, gdyż i tu zależy nam na ściśłym uchwyceniu warunku $\sigma_H > Q_r$. [3'']

4. Porównanie niektórych wykresów wyteżeniowych

Zauważmy mimochodem, iż wykres *Ludwika* (rys. 1) jest tylko wykresem poglądowym, gdyż granica wytrzymałości na rozerwanie określona jest w nim jed-

noznacznie przez σ_1 tylko przy jednoosiowym rozciąganiu. Przy wieloosiowych stanach napięcia mogłoby to być możliwe jedynie na gruncie dawno zarzuconej I hipotezy największych naprężeń rozciągających (*Galileusza*). Jest to więc właściwie wykres wiążący hipotezy wytrzymałościowe I-szą i III-cią. Podobnie rzecz się ma z wykresem *Siebela* (rys. 2), jeżeli chodzi o granicę wytrzymałości rozdzielczej, odcinającą niezakreskowane części wykresu — górną i prawą. Obydwa te wykresy, jak również i wykres *Dawidenkowa* (rys. 3), są jak gdyby przygotowaniem do wykresu *Fridmana*, który uważać możemy za pierwszy pełny wykres wyteżeniowy obejmujący dwa różne kryteria. Wykres *Hubera-de Saint-Venanta* jest jego udoskonaloną postacią. Oba te wykresy wyjaśniają w sposób niezwykle przejrzysty dwoistość natury przełomu (*Fridman*) lub przekroczenia granicy niebezpiecznej (trwałych odkształceń lub przełomu rozdzielczego — *Huber-de Saint-Venant*), wyznaczając dla każdego materiału obszary ważności wyjściowych hipotez wyteżeniowych. Czy jest jednak uzasadnione nazywanie związanych z tym założeń *zjednoczoną teorią wytrzymałości*, jak to czyni *Fridman*? Chyba nie. Jest to raczej zgodne powiązanie dwóch odmiennych hipotez wyteżeniowych przy jednoczesnym wskazaniu obszarów ich stosowności, przez co nie stwarza się jeszcze teorii. Mógłby więc *Fridman* założenie swe nazwać hipotezą *Guesta-de Saint-Venanta*, tak jak proponowane tu ujęcie możemy nazwać hipotezą *Hubera de Saint-Venanta*. Zauważmy, iż w związanym z nią wykresie $\sigma_H(\sigma_V)$ linią graniczną tych obszarów

jest promień $\sigma_H = \frac{Q_r}{R_o} \sigma_V$, oznaczony na rys. 5 grubą linią kreskową przechodzącą przez początek O układu osi i przez punkt $X(R_o, Q_r)$ przecięcia prostych granicznych $\sigma_V = R_o$ i $\sigma_H = Q_r$. Obszar stosowności hipotezy *de Saint-Venanta* (przełomu rozdzielczego) dla przejrzystości rysunku zakreskowano, obszar stosowności hipotezy *Hubera* pozostawiono niezakreskowany. Podobnie można wyznaczyć tę linię graniczną na wykresie $\tau(\sigma_V)$ *Fridmana*.

5. Współrzędne Burzyńskiego

Zanim przejdziemy do omówienia wykresu wyteżeniowego podanego przez dr *Pelczyńskiego*, zauważmy, iż przyjęte przez niego współrzędne

$$\sigma_m = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \text{ i } \sigma_H^{(3)} \quad [4]$$

zastosował już znacznie dawniej (1928 r.) prof. W. *Burzyński* w związku ze swą hipotezą niezmienników. Użyte przez niego współrzędne są $s = \sigma_m$ i $t = \sqrt{2/3} \sigma_H$. Celowość wprowadzenia tych współrzędnych polega na tym, iż obie one są niezmiennikami stanu napięcia. Mogą one równie dobrze być obliczone na podstawie głównych składowych napięcia σ_1 , σ_2 i σ_3 , jak też przy pomocy ogólnych składowych σ_x , σ_y , σ_z , τ_{xy} , τ_{yz} , τ_{zx} . Uwzględniając znaczenie tych współrzędnych s i t , należałoby nazwać je *współrzednymi Burzyńskiego*. Nad samym jego wykresem $t(s)$ na razie zatrzymywać się tu nie będziemy.

²⁾ Wynika to w sposób oczywisty stąd, iż założenie dowolnej wartości σ_V oraz $\sigma_H = Q_r$ nie pozwala wyznaczyć jednoznacznie τ , skoro σ_2 może zmieniać się w granicach od σ_2 do σ_1 .

³⁾ Stosuję tu symbole przyjęte w ostatecznej redakcji pracy dr *Pelczyńskiego*, zamiast poprzednich symboli σ_n i σ_i . Wskaźnik H przy σ_H nawiązuje do nazwiska *Hubera*.

6. Gwiazdy odkształceń i naprężeń Pelczyńskiego

Przystępując do omówienia wymienionej w tytule pracy *dr Pelczyńskiego*, zaznaczmy, iż w ostatecznej redakcji dysertacji usunięte zostało powołanie się na koła Mohra i na stosunek δ odległości środka wielkiego koła od punktu zetknięcia dwóch pozostałych kół — do promienia tegoż wielkiego koła, z czym związane było pojęcie schematu odkształceń lub naprężeń.

Przypomnijmy pokrótce myśli przewodnie *dr Pelczyńskiego*. Wychodząc ze znanego w teorii sprężystości równania jednorodnego odkształcenia⁴⁾

$$\varepsilon^3 - 3\varepsilon_m \cdot \varepsilon^2 + A \cdot \varepsilon - B = 0 \quad [5]$$

w którym

$$\varepsilon_m = \frac{1}{3}(\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z) = \frac{1}{3}(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3), \quad [6]$$

$$A = \varepsilon_x \varepsilon_y + \varepsilon_y \varepsilon_z + \varepsilon_z \varepsilon_x - \frac{1}{4}(\gamma_x^2 + \gamma_y^2 + \gamma_z^2) = \varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_2 \varepsilon_3 + \varepsilon_3 \varepsilon_1 \quad [7]$$

$$B = \varepsilon_x \varepsilon_y \varepsilon_z + \frac{1}{4}\gamma_x \gamma_y \gamma_z - \frac{1}{4}(\varepsilon_x \gamma_x^2 + \varepsilon_y \gamma_y^2 + \varepsilon_z \gamma_z^2) = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 \quad [8]$$

są niezmiennikami stanu odkształceń, *dr Pelczyński* przedstawia trzy zawsze rzeczywiste pierwiastki równania [5] w postaci wyrażeń określających główne składowe stanu odkształcenia.

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_m + \varepsilon_H \cos \varphi, \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_m + \varepsilon_H \cos(\varphi + 240^\circ) \\ \text{ i } \varepsilon_3 = \varepsilon_m + \varepsilon_H \cos(\varphi + 120^\circ), \quad [9]$$

gdzie

$$\varepsilon_H = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + (\varepsilon_y - \varepsilon_z)^2 + (\varepsilon_z - \varepsilon_x)^2 + \\ + \frac{3}{2}(\gamma_x^2 + \gamma_y^2 + \gamma_z^2)} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + \\ + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2} \quad [10]$$

jest inną formą *Huberowskiej funkcji energii właściwej odkształcenia postaciowego* (por. [11]), a kąt φ określony jest przez wyrażenie

$$\cos 3\varphi = 4 \frac{2\varepsilon_m^3 - A\varepsilon_m + B}{\varepsilon_H^3} = \\ = \frac{4(2\varepsilon_x - \varepsilon_y - \varepsilon_z)(2\varepsilon_y - \varepsilon_z - \varepsilon_x)(2\varepsilon_z - \varepsilon_x - \varepsilon_y) + \\ + 9(\gamma_x^2 + \gamma_y^2 + \gamma_z^2)(\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z) + 27(\gamma_x \gamma_y \gamma_z - \\ - \gamma_x^2 \varepsilon_x - \gamma_y^2 \varepsilon_y - \gamma_z^2 \varepsilon_z)}{27\varepsilon_H^3} \\ = \frac{4(2\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3)(2\varepsilon_2 - \varepsilon_3 - \varepsilon_1)(2\varepsilon_3 - \varepsilon_1 - \varepsilon_2)}{27\varepsilon_H^3} \quad [11]$$

Przechodząc do składowych stanu naprężenia *dr Pelczyński* wyprowadza zależności

$$\sigma_1 = \sigma_m + \frac{2}{3}\sigma_H \cos \varphi, \quad \sigma_2 = \sigma_m + \frac{2}{3}\sigma_H \cos(\varphi + 240^\circ) \\ \sigma_3 = \sigma_m + \frac{2}{3}\sigma_H \cos(\varphi + 120^\circ) \quad [12]$$

na składowe główne, przy czym

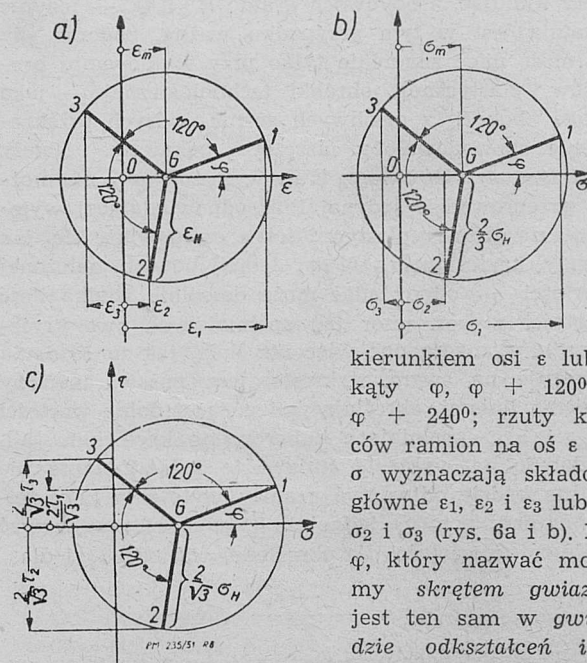
$$\sigma_m = \frac{1}{3}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3), \quad [13]$$

⁴⁾ M. T. Huber. Teoria sprężystości. t. I. (1948), wzór (24.9) i wyrażenia (26.1), str. 39 i 41.

$$\sigma_H = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + \\ + 6(\tau_x^2 + \tau_y^2 + \tau_z^2)} = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + \\ + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \quad [14]$$

$$\text{oraz } \cos 3\varphi = \frac{(2\sigma_x - \sigma_y - \sigma_z)(2\sigma_y - \sigma_x - \sigma_z)(2\sigma_z - \sigma_y - \sigma_x) - 9[(2\sigma_x - \sigma_y - \sigma_z)\tau_x^2 + (2\sigma_y - \sigma_z - \sigma_x)\tau_y^2 + (2\sigma_z - \sigma_x - \sigma_y)\tau_z^2 + 6\tau_x \tau_y \tau_z]}{2\sigma_H^3} = \frac{(2\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3)(2\sigma_2 - \sigma_3 - \sigma_1)(2\sigma_3 - \sigma_1 - \sigma_2)}{2\sigma_H^3} \quad [15]$$

Postać wyrażeń [9] i [12] nasunęła *dr Pelczyński* myśl wykreślnego wyznaczania składowych ε_1 , ε_2 i ε_3 odkształcenia oraz składowych σ_1 , σ_2 i σ_3 naprężenia przy pomocy wykresu gwiazdy trójrarmiennej, której środek leży na osi ε lub σ w punkcie G odległym o ε_m lub σ_m od początku O układu i której ramiona o długości ε_H lub $\frac{2}{3}\sigma_H$ tworzą z dodatnim



Rys. 6.

kierunkiem osi ε lub σ kąty φ , $\varphi + 120^\circ$ i $\varphi + 240^\circ$; rzuty końców ramion na oś ε lub σ wyznaczają składowe główne ε_1 , ε_2 i ε_3 lub σ_1 , σ_2 i σ_3 (rys. 6a i b). Kąt φ , który nazwać możemy *skrętem gwiazdy*, jest ten sam w *gwieździe odkształceń* i w *gwieździe naprężeń*, jeżeli stoimy na gruncie

materiałów izotropowych. Obok niezmienników ε_m lub σ_m i ε_H lub σ_H stanowi on trzecią ważną charakterystykę stanu odkształcenia lub naprężenia.

Zaznaczmy, iż znajomość składowych głównych ε_1 , ε_2 i ε_3 lub σ_1 , σ_2 i σ_3 pozwala bezpośrednio zbudować gwiazdę i wyznaczyć wykreślnie wartości ε_m lub σ_m , ε_H lub $\frac{2}{3}\sigma_H$ oraz skręt φ . Odnośną konstrukcję przedstawia rys. 7. Wyznaczamy środek E odcinka $\sigma_3 \sigma_1$. Przez punkt σ_1 prowadzimy prostą $\sigma_1 F$ tworzącą kąt 30° z kierunkiem $\sigma_1 \sigma_2$, do przecięcia w F z prostą EF prostopadłą do $\sigma_1 \sigma_2$; prowadząc prostopadłą do $\sigma_1 \sigma_2$ odcinek $\sigma_2 2 = \sigma_1 F$ oraz prostą $2F2'$, wyznaczamy środek G promień $G2$ i koło gwiazdy; przecinając je łukami o promieniu $G2$ zakreślonymi z $2'$ wyznaczamy końce 1 i 3 pozostałych ramion gwiazdy⁵⁾.

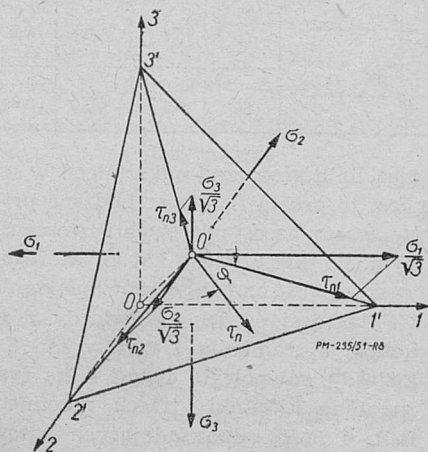
⁵⁾ Łatwego dowodu konstrukcji nie podajemy.

Jednocześnie dr Pełczyński wykazał, iż rzuty ramion gwiazdy naprężeń na oś τ prostopadłą do osi σ odzwierciedlają zwiększone $\frac{2}{\sqrt{3}}$ razy największe naprężenia styczne τ_1, τ_2 i τ_3 występujące w przekrojach przechodzących przez osie główne 1, 2 i 3 oraz tworzących kąty 45° z pozostałymi osiami (rys. 6c).

Wynika to stąd, iż

$$\begin{aligned}\tau_1 &= 0,5 (\sigma_2 - \sigma_3) = \frac{\sigma_H}{\sqrt{3}} \sin \varphi, \quad \tau_2 = 0,5 (\sigma_3 - \sigma_1) = \\ &= \frac{\sigma_H}{\sqrt{3}} \sin (\varphi + 240^\circ) \\ \tau_3 &= 0,5 (\sigma_1 - \sigma_2) = \frac{\sigma_H}{\sqrt{3}} \sin (\varphi + 120^\circ).\end{aligned}$$

Dla bezpośredniego odczytywania τ_1, τ_2 i τ_3 wystarczy zmniejszyć podziałkę τ (w porównaniu z podziałką σ) $\frac{2}{\sqrt{3}}$ razy.



Rys. 8.

Rozważmy zewnętrzną ścianę $1' 2' 3'$ jednej ósmej części $01'2'3'$ foremnego ośmiościanu (rys. 8) zbudowanego na osiach głównych $01, 02, 03$, jako jego przekątnych. Zaczepmy w środku O' tej ściany wektory

naprężeń $\frac{\sigma_1}{\sqrt{3}}, \frac{\sigma_2}{\sqrt{3}}$ i $\frac{\sigma_3}{\sqrt{3}}$ (równoważących naprężenia

główne σ_1, σ_2 i σ_3) i wyznaczmy rzuty ich $\tau_{n1} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sigma_1$,

$\tau_{n2} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sigma_2$ i $\tau_{n3} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sigma_3$ na płaszczyznę $1' 2' 3'$;

będą one skierowane wzdłuż rzutów $0'1', 0'2'$ i $0'3'$ osi głównych na płaszczyznę $1'2'3'$. Dr Pełczyński wykazał, iż kąty, jakie wypadkowa τ_n tych naprężeń ścinających tworzy z kierunkami rzutów $0'1', 0'2'$ i $0'3'$ osi głównych, wynoszą $\varphi, \varphi + 120^\circ$ i $\varphi + 240^\circ$. Kąt φ skrętu gwiazdy nie jest więc wielkością czysto umowną, lecz posiada określone znaczenie geo-

metryczne w rozkładzie naprężeń na ścianach oktaedru.

Te wielostronne możliwości interpretacyjne wykresu gwiazdy czynią z niej znakomite dopełnienie znanych *kół Mohra*, od których odróżnia się korzystnie swą prostotą i przejrzystością, jednakową w przypadku dwu- i trójosiowego stanu naprężenia, czego w żadnym razie nie można powiedzieć o *kółkach Mohra*. Oba te wykresy uzupełniają się dlatego, ponieważ gwiazda nie nadaje się do przejścia od składowych głównych stanu naprężenia do składowych ogólnych, co można (szczególnie łatwo w dwuosiowych stanach naprężenia) zrobić przy pomocy *kół Mohra*. Z drugiej strony gwiazda pozwala na b. łatwe przejście od składowych ogólnych do składowych głównych⁶⁾, co przy pomocy *kół Mohra* w trójosiowym stanie naprężenia jest niemożliwe.

Wszystko to usprawiedliwia, by tę nową zupełnie postać wykresu nazwać *gwiazdą (naprężeń wzgl. odkształceń) Pełczyńskiego*, wiążąc z nią trwale nazwisko jej twórcy. Przejrzystość tego wykresu jest tak wielka, iż bardzo często możemy go budować bez jakichkolwiek obliczeń, opierając się bezpośrednio na wartościach składowych σ_1, σ_2 i σ_3 , jak to wynika z tablicy I, obejmującej dwanaście typowych przypadków stanu naprężenia. Jak widzimy, ten sam skręt gwiazdy, równy $0^\circ, 30^\circ$ i 60° , powtarza się dla wielu zupełnie odmiennych stanów naprężenia. Ostatnie kolumny tablicy I obejmują parametry gwiazdy: skręt φ , naprężenie średnie σ_m (współrzędna środka G gwiazdy) i długości jej ramienia $\frac{2}{3}\sigma_H$, jak również $\text{ctg } \alpha' = \sigma_m / \frac{2}{3}\sigma_H$, wielkość, która będzie potrzebna do budowy dalszych wykresów. Jak niżej zobaczymy, skręt φ jest bardzo ważnym parametrem, gdyż, przy niezmiennych wartościach σ_m i σ_H sama zmiana kąta φ może przesądzić o przekroczeniu wytrzymałości rozdzielczej materiału.

7. Wytyczniowy wykres odkształceń Pełczyńskiego

Przejdźmy z kolei do *wytyczniowych wykresów odkształceń* oraz *naprężeń granicznych*, podanych przez dr Pełczyńskiego. Pierwszy z nich (rys. 9a) zbudowany jest we współrzędnych $\varepsilon_H (\varepsilon_m)$. Każdemu rodzajowi stanu naprężenia, którego składowe, zmieniając się od zera do jakichś założonych wartości, zachowują niezmienny stosunek, odpowiada prosta OH przechodząca przez początek O układu. Tworzy ona z osią $O\varepsilon_m$

kąt α , którego $\text{ctg } \alpha = \frac{\varepsilon_m}{\varepsilon_H}$; jest więc równoległa do

prostej OM łączącej początek O wykresu gwiazdy odkształceń z najwyższym punktem M jej koła (rys. 9b). Przy jednoosiowym rozciąganiu znajdujemy np. $\varepsilon_1 = \varepsilon, \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\nu\varepsilon$, więc zgodnie z [6] i [10] $\varepsilon_m = \frac{1-2\nu}{3}\varepsilon$ i $\varepsilon_H = \frac{2}{3}(1+\nu)\varepsilon$, skąd $\text{ctg } \alpha = \frac{1-2\nu}{2(1+\nu)} =$

0,154, jeżeli przyjmiemy dla stali i żeliwa $\nu = 0,3$. Dla jednoosiowego ściskania znajdujemy $\text{ctg } \alpha = -0,154$, a dla czystego ścinania $\text{ctg } \alpha = 0$. Odpowiadające tym stanom linie OH_1, OH_2 i OH_3 naniesione są na rys. 9a.

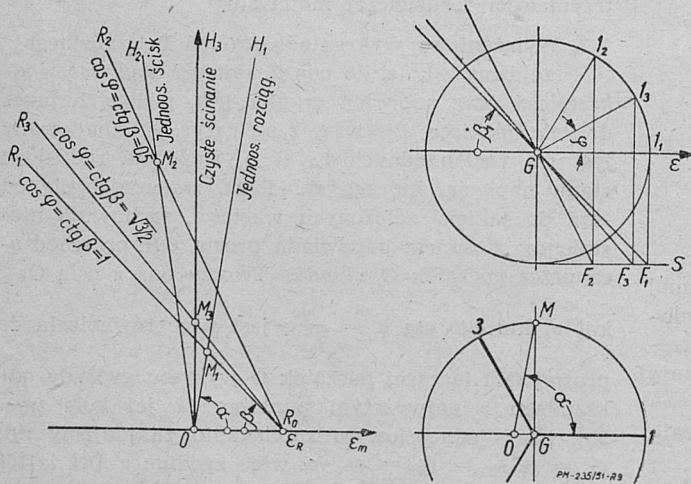
Mogłoby się zrazu wydawać dziwnym, iż — zamierzając oprzeć się na IV-ej i II-ej hipotezie wytycznio-

⁶⁾ Na podstawie wzorów [9] lub [12], w oparciu o wzory [6], [10] i [11] lub [13], [14] i [15].

TABLICA I
Gwiazda naprężeń Pelczyńskiego przy różnych stanach napięcia

Stan napięcia	L.p.	Przypadek	σ_1	σ_2	σ_3	Położenia i skręt gwiazdy naprężeń	φ	$\cos \varphi$ ($\text{ctg} \beta$)	σ_m	$2/3 \sigma_m$	($\text{ctg} \alpha'$)
jednoosiowe	1	Jednoosiowe rozciąganie	σ	0	0		0°	1	$\sigma/3$	$2/3 \sigma$	0,5
	2	Jednoosiowe ściskanie	0	0	$-\sigma$		60°	0,5	$-\sigma/3$	$2/3 \sigma$	-0,5
dwuosiowe	3	Czyste ścinanie lub skręcanie	σ	0	$-\sigma$		30°	0,866	0	$2/\sqrt{3} \sigma$	0
	4	Dwuosiowe nierównomierne rozciąganie	σ	σ	0		60°	0,5	$2/3 \sigma$	$2/3 \sigma$	1
	5	Dwuosiowe równomierne rozciąganie	σ	$\sigma/2$	0		30°	0,866	$\sigma/2$	$1/\sqrt{3} \sigma$	0,866
	6	Dwuosiowe równomierne ściskanie	0	$-\sigma$	$-\sigma$		0°	1	$-2/3 \sigma$	$2/3 \sigma$	-1
	7	Dwuosiowe nierównomierne ściskanie	0	$-\sigma/2$	$-\sigma$		30°	0,866	$-\sigma/2$	$1/\sqrt{3} \sigma$	-0,866
trójosiowe	8	Trójosiowe rozciąganie 3 : 2 : 1	σ	$2/3 \sigma$	$\sigma/3$		30°	0,866	$2/3 \sigma$	$2\sigma/3\sqrt{3}$	1,732
	9	Trójosiowe ściskanie 1 : 2 : 3	$-\sigma/3$	$-2/3 \sigma$	$-\sigma$		30°	0,866	$-2/3 \sigma$	$2\sigma/3\sqrt{3}$	-1,732
	10	Trójosiowe rozciąganie 2 : 1 : 1	σ	$\sigma/2$	$\sigma/2$		0°	0,866	$2/3 \sigma$	$\sigma/3$	2
	11	Trójosiowe ściskanie 1 : 1 : 2	$-\sigma/2$	$-\sigma/2$	$-\sigma$		60°	0,5	$-2/3 \sigma$	$\sigma/3$	-2
	12	Trójosiowe ściskanie 2 : 2 : 3	$-2/3 \sigma$	$-2/3 \sigma$	$-\sigma$		60°	0,5	$-7/9 \sigma$	$2/9 \sigma$	-3

wej — dr Pelczyński przyjął w swym wykresie współrzędne ε_H i ε_m , zamiast ε_H i $\varepsilon_V = \varepsilon_1 = \varepsilon_m + \varepsilon_H \cos \varphi$,



Rys. 9.

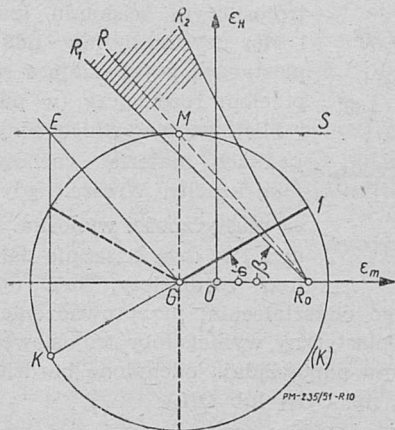
zakładając, iż powinno być ono mniejsze od $\varepsilon_R = \frac{R_0}{E}$ aby nie nastąpił przełom rozdzielczy materiału. Jak zaraz zobaczymy, wybór ten był prawdziwie szczęśliwym pomysłem, gdyż dał nowy zupełnie i niezwykle wartościowy wykres roboczy. Zakładając bowiem krańcową wartość $\varepsilon_V = \varepsilon_{R_1}$ znajdujemy zależność

$$\varepsilon_H = -\frac{1}{\cos \varphi} (\varepsilon_m - \varepsilon_R) \quad [17]$$

odtwarzającą linię graniczną odkształceń w myśl II-ej hipotezy. Jest to prosta R_0R przechodząca przez punkt

ε_R leżąca na osi odciętych i tworząca z ujemnym jej kierunkiem kąt β , którego $\text{ctg} \beta = \cos \varphi$. Jest ona zatem równoległa do prostej GF łączącej środek G gwiazdy z rzutem F końca jej ramienia 1 na styczną S do koła gwiazdy, równoległą do osi ε (na rys. 9c wyznaczono kierunki trzech promieni $(R_0R_1, R_0R_2$ i R_0R_3 odpowiadających kątowi $\varphi = 0^\circ, 60^\circ$ i 30°). Dla różnych stanów odkształcenia otrzymujemy więc dwa promienie OH i R_0R jednocześnie zmieniające kierunek wraz ze zmianą stanu napięcia, na podobieństwo dwóch krzyżujących się smug świetlnych wysyłanych przez dwa reflektory umieszczone w punktach O i R_0 . Ich punkt przecięcia M wyznacza stan napięcia przy którym osiągnięta zostaje wytrzymałość rozdzielcza materiału. Promienie OH mogą objąć cały wachlarz kąta α od 0° do 180° , promienie R_0R — tylko wąski stosunkowo wycinek $R_1R_0R_2$ wykresu, określony przez kąty β zmieniające się od 45° do $63,43^\circ$, co odpowiada wartościom $\text{ctg} \beta = \cos \varphi = 1$ i $\text{ctg} \beta = \cos \varphi = 0,5$. Każdy więc punkt M wykresu leżący w obszarze wachlarza $R_1R_0R_2$ określa całkowicie stan odkształcenia (a więc i gwiazdę odkształceń) na granicy wytrzymałości rozdzielczej. Bezpośrednio wyznacza on bowiem środek G gwiazdy i jej promień GM , a więc i koło (K) gwiazdy, pośrednio zaś φ , który łatwo możemy

wyznaczyć wykreślnie odwracając konstrukcję z rys. 9c (prowadząc na rys. 10 prostą GE równoległą względem MR_0 do przecięcia w punkcie E z poziomą prostą S przechodzącą przez punkt M , opuszczając pionową prostą EK do przecięcia z kołem (K) i prowadząc średnicę $KG1$, na której leży ramie 1 gwiazdy). Wyznaczona tym sposobem wartość kąta φ jest jego dolną granicą przy założonych wartościach ε_H i ε_m odpowiadających punktowi M . Zmniejszenie tego kąta (skrętu gwiazdy) spowodowałoby przełom rozdzielczy.

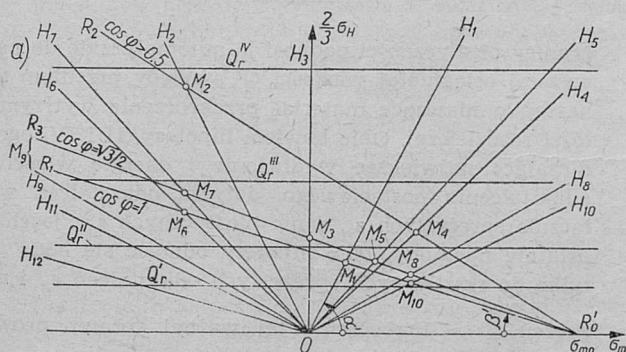


Rys. 10.

Punkty M leżące poniżej obszaru wachlarza $R_1R_0R_2$ określają tylko wartości ε_H i ε_m , nie określają zaś skrętu φ gwiazdy, który może przyjmować wszelkie wartości między 0° i 60° bez obawy spowodowania przekroczenia wytrzymałości rozdzielczej.

8. Wytyczeniowy wykres naprężeń granicznych Pelczyńskiego

Zupełnie podobnie rzecz się ma z wytyczeniowym wykresem naprężeń granicznych dr Pelczyńskiego. Wykres jego zmienimy jedynie o tyle, iż zamiast współrzędnych σ_H i σ_m przyjmujemy $\frac{2}{3}\sigma_H$ i σ_m . Posiłkując się podziałką, możemy zresztą przyjąć ją dla σ_H półtorakrotnie większą (a więc o półtorakrotnie gęściej skupionych kreskach), niż dla σ_m , aby móc odczytywać wprost σ_H w ich pełnych wartościach. Ta zmiana pozwoli na takie same bezpośrednie powiązanie wykresu wytyczeniowego z gwiazdą naprężeń, jak to poprzednio uczyniliśmy z gwiazdą odkształceń. W wykresie naprężeń granicznych (rys. 11a) mamy również dwa pęki przecinających się promieni wychodzących z początku O układu i z punktu R'_0 . Każdemu stanowi naprężenia, rosnącemu od zera do maksimum — przy nie-



Rys. 11.

zmennym stosunku składowych, odpowiada jakaś prosta OH tworząca z osią σ_m kąt α' , którego $\operatorname{ctg} \alpha' = \frac{\sigma_m}{\frac{2}{3}\sigma_H}$, a więc równoległa do prostej OM łączącej

początek O wykresu gwiazdy naprężeń z najwyższym punktem M jej koła (rys. 11b). Przekształćmy z kolei warunek [17] pisząc

$$\begin{aligned} \frac{2}{3}\sigma_H &= -\frac{1-2\nu}{1+\nu} \cdot \frac{1}{\cos\varphi} \left(\sigma_m - \frac{R_0}{1-2\nu} \right) = \\ &= -\frac{n'}{\cos\varphi} \cdot \left(\sigma_m - \frac{R_0}{1-2\nu} \right) \end{aligned} \quad [18]$$

gdzie $n' = \frac{1-2\nu}{1+\nu} = 0,308$ dla stali i żeliwa ($\nu = 0,3$).

Zależność [18] odtwarza prostą przecinającą oś σ_m w punkcie R'_0 dla którego $\sigma_m = \sigma_{m0} = \frac{R_0}{1-2\nu} = 2,5 R_0$

(przy $\nu = 0,3$), gdzie R_0 jest wytrzymałością rozdzielczą materiału. Jeżeli stan naprężenia ulega zmianie jakościowej, tzn. jeżeli zmieniają się stosunki jego składowych, promień OH , a często i promień R'_0R (jeżeli zmienia się skręt gwiazdy) zmieniają kierunek. Punkt M ich przecięcia wyznacza całkowicie stan naprężenia (oraz gwiazdę naprężeń) na granicy wytrzymałości rozdzielczej. Mamy i tu więc dwa pęki promieni: OH , obejmujących obszar kąta α' od 0° do 180° , oraz R'_0R , obejmujących obszar kąta β' , którego

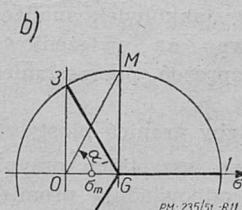
$$\operatorname{ctg} \beta' = \frac{1+\nu}{1-2\nu} \cos\varphi \text{ zmienia się od } \frac{1+\nu}{2(1-2\nu)} = 1,625$$

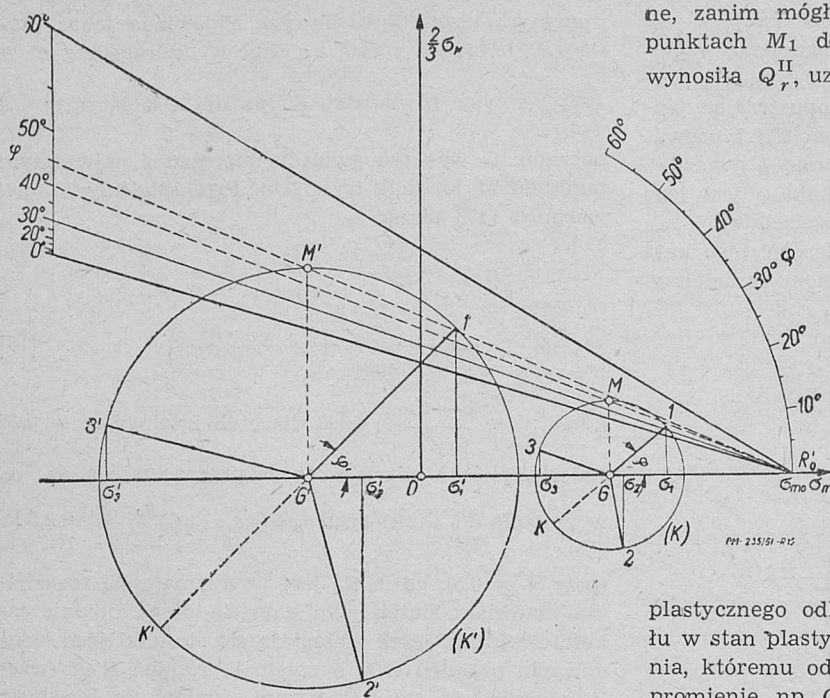
do $\frac{1+\nu}{1-2\nu} = 3,25$ — dla stali i żeliwa ($\nu = 0,3$). Wy-

kres naprężeń odpowiada zatem ściśle podobnemu wykresowi odkształceń, jest jednakże — w porównaniu z nim — wydatnie spłaszczony, tj. obniżony i rozszerzony. Na rys. 11a pokazano linie $OH_1 \div OH_{12}$ odpowiadające wszystkim stanom naprężenia podanym w tablicy I i zaznaczono ich punkty $M_1 \div M_{10}$ przecięcia z właściwymi promieniami R_0R ; punkty te określają więc stany naprężenia będące na granicy wytrzymałości rozdzielczej. Zauważmy, iż promienie OH_{11} i OH_{12} nie przecinają w ogóle odpowiadającego im promienia R'_0R_2 ; przy tych stanach naprężenia pęknięcie rozdzielcze materiału jest więc niemożliwe przy najwyższych nawet naciskach.

Zauważmy teraz, iż dowolny punkt M leżący w obszarze wachlarza skośnych promieni $R_1R'_0R_2$ określa jednoznacznie stan naprężenia na granicy wytrzymałości rozdzielczej (rys. 12). Możemy wg niego bezpośrednio wyznaczyć środek G gwiazdy i jej promień GM , a więc wykreślić koło (K) gwiazdy.

Kierunek jej ramienia 1 wyznaczymy prowadząc prostą R'_0MR i odczytując na lewej pionowej podziałce wartość kąta φ (posiłkujemy się przy tym przezroczystą kalką z narysowaną na niej linią prostą) oraz prowadząc przez punkt G średnicę $1GK$ koła gwiazdy, tworzącą z osią





Rys. 12.

σ_m kąt φ (pomocną tu może być łukowa podziałka kątowna φ zakresłona z początku O układu; wystarczy bowiem przeprowadzić 1 GK równoległe do odpowiedniego promienia 0φ), po czym z punktu K odcinamy na kole (K) promieniem koła GM końcowe punkty 2 i 3 pozostałych ramion gwiazdy. Na rys. 12 zbudowano drugą jeszcze gwiazdę odpowiadającą punktowi M'.

Milcząc założyliśmy tu, iż wykres budujemy w zawczasu przygotowanej siatce ($2/3\sigma_H, \sigma_m$), wyposażonej w obie podziałki φ — pionową i łukową.

Nie ulega wątpliwości, iż to powiązanie gwiazdy odkształceń lub naprężeń z odpowiadającymi im wykresami wytrzymałościowymi przyczyni się do zwiększenia wygody posługiwania się nimi w ich zastosowaniach praktycznych.

9. Obszar bezpieczny na wykresach wytrzymałościowych

Wróćmy jednak do przerwanego wątku i rozważmy łącznie obydwa wykresy wytrzymałościowe $\varepsilon_H(\varepsilon_m)$ i $\sigma_H(\sigma_m)$. Jeżeli na wykresach tych przeciągniemy linie poziome

$$\varepsilon_H = \varepsilon_{pl} = \frac{2(1+\nu)}{3} \cdot \frac{Q_r}{E} = \frac{1}{3} \cdot \frac{Q_r}{G} \text{ lub } \sigma_H =$$

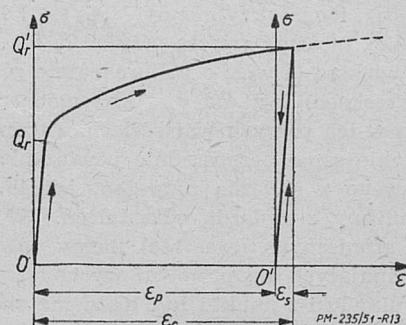
$= Q_r(2/3\sigma_H = 2/3 Q_r)$, ograniczymy od góry obszar stanów naprężenia bezpiecznych ze względu na obawę przekroczenia granicy plastyczności. Ostatecznie więc obszar bezpieczny będzie ograniczony tą prostą poziomą i skośnym promieniem R_0R lub R'_0R , właściwym danemu rodzajowi stanu naprężenia. Pozwoli to wyznaczyć warunki przejścia materiału w stan plastyczny, albo wykazać, iż przejście to jest niemożliwe, gdyż poprzedza je przełom rozdzielczy. Jakkolwiek analizę tę możemy przeprowadzić zarówno na wytrzymałościowym wykresie odkształceń, jak i naprężeń, poprzestaniemy tu jedynie na tym ostatnim.

Jak widzimy z rys. 11a, gdyby granica plastyczności materiału wynosiła Q_r^I , we wszystkich przypadkach stanu naprężenia, którym odpowiadają promienie $OH_1 \div OH_{10}$, uzyskalibyśmy odkształcenia plastyczne

ne, zanim mógłby nastąpić przełom rozdzielczy w punktach M_1 do M_{10} . Gdyby granica plastyczności wynosiła Q_r^{II} , uzyskalibyśmy przełom rozdzielczy bez odkształceń plastycznych w przypadku jednoosiowego rozciągania (punktu M_1), oraz dwuosiowego nierównomiernego i trójosiowego rozciągania (punkty M_5, M_8 i M_{10}). Gdyby granica plastyczności wynosiła Q_r^{III} , jedynie przy jednoosiowym i trójosiowym ściskaniu (punkty M_2 i M_9) uzyskalibyśmy odkształcenia plastyczne poprzedzające (wzdłużny) przełom rozdzielczy (w punkcie M_2 i M_9); we wszystkich innych przypadkach materiał zachowywałby się jako kruchy. Wreszcie gdyby granica plastyczności wynosiła Q_r^{IV} , również i te dwa ściskania dałyby przełom rozdzielczy, bez uprzedniego plastycznego odkształcenia; przeprowadzenie materiału w stan plastyczny wymagałoby trójosiowego ściskania, któremu odpowiadają odchylone bardziej w lewo promienie, np. OH_{11} lub OH_{12} .

10. Wykresy wytrzymałościowe w obszarze odkształceń plastycznych

Należy tu wyraźnie podkreślić, iż przekroczenie granicy plastyczności nie zmienia kierunku promieni OH i R_0R lub R'_0R na wytrzymałościowych wykresach odkształceń i naprężeń. Jakkolwiek bowiem odkształceniu rosnącemu poza granicą plastyczności Q_r odpowiada wartość liczby Poissona $\nu = 0,5$, to przy następującym potem zmniejszeniu się odkształcenia i naprężenia oraz przy ponownym ich wzroście do poprzednio osiągniętej wartości Q'_r , materiał zachowywać się będzie jako sprężysty, czemu w przypadku stali odpowie wartość $\nu = 0,3$ (rys. 13). Przekroczenie



Rys. 13.

granicy plastyczności podnosi ją automatycznie do najwyższej osiągniętej wartości Q'_r , byleby przedtem nie nastąpiło niszczące materiał przekroczenie wytrzymałości rozdzielczej. Obie bowiem hipotezy, II i IV, ograniczające największe wydłużenie i energię właściwą odkształcenia postaciowego, dotyczą odkształceń wyłącznie sprężystych ε_s , a nie plastycznych ε_p ; jeżeli te ostatnie nastąpiły, obie hipotezy odnosić się będą już tylko do reszkowych sprężystych odkształceń ε_s i naprężeń $\frac{\varepsilon_s}{E}$. Przeoczenie tej ważnej sprawy prowadzić może do wielu nieporozumień. (d.c.n.)

Przegląd zastosowań technicznych rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej

Dr inż. JAN OBALSKI

„Zbliżenie teorii z praktyką daje jak najlepsze wyniki i nie tylko praktyka na tym wygrywa; same nauki rozwijają się pod jej wpływem. Odkrywa im ona nowe przedmioty badań lub nowe dziedziny w przedmiotach dawniej znanych”

P. L. Czebyszew (1821—1894)

Artykuł rozpoczyna serię prac, omawiających szczegółowo zastosowania rachunku prawdopodobieństwa w zagadnieniach technicznych, które ukazywać się będą w następnych zeszytach „Przeglądu Mechanicznego”.

Podany niżej pobieżny przegląd zastosowań technicznych rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej nie ma na celu systematycznego wykładu ani też konkretnych wskazówek o stosowaniu poszczególnych metod. Cel tego artykułu zostanie osiągnięty, jeżeli poruszonymi problemami zainteresuje się większy krąg inżynierów i techników i będą się oni starać, opierając się już na szczegółowej literaturze oraz zamieszczanych w dalszych zeszytach pracach stosować te metody do zagadnień w obszarze swej działalności.

Dawno minęły już czasy, gdy rachunek prawdopodobieństwa był wyłącznie interesującą rozrywką umysłową albo służył potrzebom uprawiających gry hazardowe. Tak jak wiele innych gałęzi matematyki, rachunek ten ze sfer abstrakcji zaczął przenikać do różnych nauk i dziedzin życia, okazując się płodnym narzędziem w rękach badacza i praktyka.

Rachunek ten ma zastosowanie wszędzie tam, gdzie wchodzi w grę zdarzenia o charakterze przypadkowym lub losowym, tj. takie, których zajście jest możliwe, ale nie jest całkowicie pewne. Takim „zdarzeniem” jest np. wyrzucenie pewnej liczby oczek przy rzucie kostki sześcienną lub otrzymanie przy toczeniu wałka średnicy jego z odchyłką zawartą w określonych granicach. Szereg nieznaczących przyczyn, nieraz nieuchwytnych zwykłymi metodami obserwacji sumuje się w pewien sposób, powodując taki lub inny wynik.

To, że nie umiemy przewidzieć na pewno jaki będzie ten wynik, nie oznacza bynajmniej, że negujemy prawo przyczynowości, oznacza tylko, że nie panujemy nad owymi drobnymi przyczynami w każdym, indywidualnym zdarzeniu.

W życiu codziennym wciąż stykamy się z tą niepewnością przy rozwiązywaniu różnych zagadnień; na ogół oceniamy ją instynktownie lub za pomocą mniej lub więcej logicznych przesłanek i tym jesteśmy bliżej rzeczywistości im częstsze jest rozpatrywane zjawisko im większe przez to nasze doświadczenie.

Rachunek prawdopodobieństwa i związana z nim statystyka matematyczna pozwalają rozwiązywać tego rodzaju zagadnienia ściśle i podawać liczbowe wartości prawdopodobieństwa zdarzeń.

Praktyczna wartość tych dziedzin matematyki występuje szczególnie wtedy, gdy mamy do czynienia ze zdarzeniami masowymi, tj. wielokrotnie powtarzającymi się praktycznie w tych samych warunkach. Zbiór takich zdarzeń mimo przypadkowego ich charakteru podlega pewnym ogólnym prawom.

Ustalenie tych praw i przewidywanie na tej podstawie przebiegu zjawisk jest właśnie głównym zadaniem rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. Rachunek ten posługuje się w zasadzie

metodami rozumowymi bez uciekania się do doświadczenia, statystyka zaś opiera się głównie na doświadczeniu.

Zbiór zdarzeń, rozpatrywany w statystyce matematycznej, zwany *zbiorowością ogólną*, składa się z oddzielnych, przeważnie jednorodnych osobników, różniących się nieco między sobą pod względem interesującej nas cechy zbiorczej. Jeśli chodzi o zbiorowość wyników pomiarów, to cechą tą jest zwykle błąd pomiaru, jeżeli o zbiorowość wałków toczonych — to cechą zbiorczą może być średnica, długość, liczba określająca gładkość powierzchni itp. Zasadniczymi liczbowymi charakterystykami zbiorowości, którymi operuje statystyka matematyczna, jest *wartość średnia* cechy zbiorczej (zwykle średnia arytmetyczna) i *rozrzut* wartości tej cechy mierzony pewną funkcją odchyleni poszczególnych wartości od ich średniej arytmetycznej, zwaną *odchyleniem średnim*. Obie te zasadnicze charakterystyki (obok szeregu dalszych) pozwalają porównywać ze sobą jednorodne zbiorowości, kontrolować ich zmienność, ułatwiają doszukiwanie się przyczyn niejednorodności.

Wszystkie cechy charakterystyczne zbioru występują najlepiej w wykreślonym przedstawieniu *rozkładu licznosci* (względnie *częstości*) cechy zbiorczej. W wykresie tym odcięte stanowią wartości rozpatrywanej cechy, a rzędne — *licznosc* (ilość osobników w zbiorze o tej wartości cechy) lub *częstość* (stosunek licznosci danej wartości cechy do ogólnej licznosci zbioru). Dla cech ciągłych (tj. zmieniających się w sposób ciągły, np. wymiaru, wytrzymałości itd.) wykres stanowi linię ciągłą, pole tej linii odpowiadające pewnemu obszarowi zmiany wartości cechy jest proporcjonalne do licznosci lub częstości cechy w tym obszarze.

Jeżeli istnieje wiele drobnych wzajemnie niezależnych przyczyn mniej więcej równego rzędu, wywołujących zmienność badanej cechy, to rozkład częstości tej cechy przy badaniu wielkiej liczby osobników stanowi tzw. *normalny rozkład częstości* lub *rozkład Gaussa*, znany powszechnie z teorii błędów. Wyobraża go krzywa symetryczna o kształcie dzwona z wierzchołkiem odpowiadającym średniej wartości cechy. Tego rodzaju rozkład jest najczęściej spotykany w

praktyce, bowiem cechy zbiorcze zwykle rozpatrywane są na ogół wynikiem wielu czynników, z których każdy wywołuje jedynie wpływ niewielki.

Jeżeli poza przypadkowymi źródłami zmienności istnieją jeszcze źródła systematyczne zmienne, to regularny przebieg krzywej zostaje zniekształcony, może powstać np. krzywa o wielu wierzchołkach lub krzywa, niesymetryczna o różnych pochyleniach po każdej stronie średniej arytmetycznej itp. W wielu zastosowaniach rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej analiza zniekształceń krzywej rozkładu częstości pozwala mierząc bez żadnych obliczeń odnaleźć systematyczne przyczyny zakłóceń i usunąć je.

Do najdawniejszych zastosowań rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej (poza wspomnianym zastosowaniem do gier) należy teoria błędów przypadkowych, zagadnienia trafiania do celu, zagadnienia socjologiczne i biologiczne, zagadnienia ubezpieczeń. W rozwoju nauk fizycznych rachunek prawdopodobieństwa gra ogromną rolę. W szczególności opiera się na tym rachunku kinetyczna teoria gazów i teorie innych zjawisk związanych z molekularną budową materii i znanych w fizyce pod nazwą fluktuacji.

Wreszcie najnowszą dziedziną zastosowań tych nauk są zagadnienia techniki, które głównie będą przedmiotem niniejszego artykułu. Zwłaszcza produkcja masowa lub wielkoseryjna nastrocza szereg zagadnień, które mogą być rozwiązane metodami statystyki matematycznej. Pasowania, zagadnienia zmienności częstości, kontrola wrywkowa jakości produkcji w biegu, odbiór wrywkowy gotowych produktów, zagadnienia związane z badaniem wykorzystania sprzętu, doboru pracowników i badania jakości pracy ludzkiej, badania wpływu różnych czynników technologicznych na jakość produktu itd. są przykładami tych zastosowań, które w dalszym ciągu pokrótce omówimy.

Cechą wspólną przy rozwiązywaniu tych zagadnień metodami rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej jest świadome zrezygnowanie ze 100% pewności wyniku (której właściwie nie ma też przy zastosowaniu innych metod). Zadowolamy się rozwiązaniem przybliżonym, ale zdajemy sobie przy tym sprawę ze stopnia tego przybliżenia i ustalamy go zależnie od znaczenia danego zagadnienia w postaci np. dopuszczalnego procentu mylnych decyzji lub wniosków.

Zagadnienia teorii błędów przypadkowych

Przy powtarzaniu tego samego pomiaru w praktycznie jednakowych warunkach otrzymujemy za każdym razem nieco inny wynik, inną wartość błędu pomiaru. Jest to skutkiem wielu nieuchwytnych, drobnych czynników, charakterystycznych dla zdarzenia losowego.

Zasadniczym zadaniem teorii błędów przypadkowych jest obliczenie rzeczywistej wartości a mierzonoj wielkości na podstawie wyników wielokrotnych pomiarów $x_1, x_2, \dots, x_n$ i ocena dokładności pomiarów. Zgodnie z postulatem *Gaussa* jako wielkość najbardziej prawdopodobną wartości a przyjmuje się średnią arytmetyczną $\bar{x}$ wszystkich wyników, a za miarę dokładności serii pomiarów — odchylenie średnie s , o którym wspomniano wyżej.

Wartości x i s są jedynie wartościami przybliżonymi rzeczywistych wartości a i σ . Dalsze zadanie sprowadza się do oceny dokładności wyznaczenia tychże, a więc do określenia granic $a' < a < a''$ oraz $\sigma' < \sigma < \sigma''$, w których z założonym stopniem prawdopodobieństwa wartości a i σ są zawarte. W tej dziedzinie w ostatnich latach opracowano nowe metody, mające zastosowanie w przypadkach niewielkiej liczby powtórzeń pomiarów, jaką zwykle stosuje się w praktyce.

Bez zaopatrzenia wyniku pomiaru w uzyskane w ten sposób dane o jego dokładności pomiar jest właściwie bezwartościowy¹⁾.

Bardziej złożone zagadnienie powstaje, gdy wartość pewnej wielkości wyznaczamy na podstawie pomiarów innych wielkości (pomiar pośredni), związanych z nią daną zależnością. Powstaje przy tym dalsze zagadnienie doboru niezbędnej dokładności pomiaru poszczególnych wielkości, aby błąd przypadkowy wyniku nie przekroczył określonej wartości.

Dalszym rozwinięciem teorii błędów jest *metoda najmniejszych kwadratów* (ściślej „najmniejszej sumy kwadratów“). Istota tej metody jest następująca: niech wielkości x, y będą od siebie zależne i niech charakter tej zależności $y = f(x)$ będzie znany (np. liniowa, kwadratowa itp.), jednak współczynniki liczbowe w odpowiednim równaniu niech będą nieznanne. Wykonujemy serię doświadczeń, mierząc wielkość y dla ciągu $x_1, x_2, \dots, x_n$ wartości x ; otrzymujemy stąd dla y wartości $y_1, y_2, \dots, y_n$. Gdyby tych par wartości było tyle, ile nieznanych współczynników, to wyznaczylibyśmy je jednoznacznie. Zwykle jednak mamy więcej wyników obserwacji niż współczynników, mamy wtedy pewną dowolność w ich ustaleniu. Wyznaczamy je tak, aby suma kwadratów odchyleń doświadczalnych wartości y , od wartości wynikających z zależności $y = f(x)$ była jak najmniejsza. Metoda ta jest też pomocna przy ustalaniu charakteru zależności różnych wielkości.

Zwrócimy jeszcze uwagę na jedno zagadnienie, często zaniedbywane, a mające duże znaczenie praktyczne. Przy analizie błędów narzędzi mierniczych bądź pomiarów i ustalaniu na tej podstawie tolerancji operuje się zwykle cząstkowymi błędami m a k s y m a l n y m i, a za błąd sumaryczny dla ułatwienia pracy często uważa się sumę wartości bezwzględnych tych ostatnich. Przy nieznacznej liczbie źródeł błędów może to być tolerowane, ale przy większej liczbie prowadzi do nierealnych, nadmiernych wartości, niesłusznie zbyt nisko oceniających dokładność narzędzia lub pomiaru.

Uwzględnienie natomiast rozkładu prawdopodobieństwa błędów cząstkowych prowadzi do racjonalniejszego wykorzystania narzędzia mierniczego i realnej oceny dokładności.

Teoria błędów przypadkowych powstała na tle pomiarów astronomicznych i geodezyjnych na początku ubiegłego stulecia. Dziś znajduje zastosowanie we wszystkich dziedzinach pomiarów i każdy inżynier i technik obowiązany jest znać jej zasady.

¹⁾ Chodzi tu o rozkład częstości znany pod nazwą rozkładu Studenta (pseudonim ang. statystyka Gosseta). Ostatnio coraz częściej zwracana jest uwaga na niekonsekwencje (m. in. w normach) wynikające z niepodawania dokładności. W wyniku rachunku otrzymuje się często fikcyjną wysoką dokładność (jedynie wskutek pozostawienia nadmiernych znaków dziesiętnych), bądź zatracca się niepotrzebna istotna duża dokładność, jaką daje metoda pomiaru i aparatura.

Zagadnienia obróbki, tolerancji i pasowań

Dobór tolerancji i pasowań w związku z zagadnieniami ekonomicznej obróbki i zamienności części nasuwają znaczną ilość tematów, które wymagają zastosowania rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej.

Wymiary w każdej klasie dokładności mogą się wahać w określonych granicach. Rozkład częstości wymiarów może być przy tym rozmaity, zależnie od różnych źródeł błędów obróbkowych.

Najczęstszym typem krzywej rozkładu przy produkcji ustabilizowanej jest krzywa normalna (*Gaussa*) i na ogół obliczenia i badania przeprowadza się w założeniu, że jest ona właśnie taką. Jako źródła błędów przypadkowych występują zwykle zmienne sprężyste odkształcenia systemu; obrabiarka — przedmiot obrabiany — narzędzie, wahania temperatury, przypadkowe błędy pomiaru, lokalna niejednorodność materiału itd., wywołujące nieznaczne zmiany wymiaru raz w kierunku dodatnim, drugi raz — ujemnym. Im mniejszy jest wpływ tych czynników, tym dokładniejsza jest obróbka, tym smuklejsza krzywa rozkładu, co jest równoznaczne z mniejszym rozrzutem, dzięki temu tolerancje mogą być węższe.

Przy bliższej analizie nie można pomijać wpływu czynników systematycznych²⁾, zmieniających się w określony sposób, np. w funkcji czasu lub wymiaru. Powodują one odstępstwo od krzywej normalnej.

Rozważania nad rzeczywistym rozkładem częstości wymiarów (lub błędów) przy obróbce z uwzględnieniem różnych czynników systematycznych stanowi obecnie obszerny dział badań teoretycznych i praktycznych, prowadzonych szczególnie intensywnie w Związku Radzieckim przez prof. Borodaczewa.

Znajomość praktycznych krzywych rozkładu pozwala ustalać odpowiadające im typy krzywych teoretycznych, dla których są już wyznaczone (lub dają się wyznaczyć) parametry statystyczne, te zaś dają możliwość otrzymania charakterystyk dokładności procesu wytwórczego.

Krzywe rozkładu częstości wymiarów lub odchyłek, jak również te charakterystyki mogą być wykorzystane do różnych celów. Stanowią one obiektywną podstawę do ustalania najekonomiczniejszych tolerancji, a m. in. doboru tolerancji wymiarów składowych według danej tolerancji wymiaru wypadkowego (uwzględniając niezmiernie małe prawdopodobieństwo otrzymania wymiarów krańcowych), pozwalają ustalać charakter pasowań współpracujących części i stopień zamienności; ułatwiają wykrywanie i analizę przyczyn nadmiernych rozrzutów i zakłóceń w ustabilizowanym procesie wytwórczym. Pozwalają one też ustalać charakterystyki dokładności pracy maszyn, badać należyte ich wykorzystanie itd., o czym będzie jeszcze mowa w dalszym ciągu.

²⁾ Przykładem takich czynników może być systematyczne tępienie narzędzia, powodujące np. wzrost wymiarów przy toceniu wałków lub nacinaniu gwintów na automacie. Błąd, który stąd pochodzi, jest funkcją czasu, a krzywa rozkładu wymiarów ulega zniekształceniu zależnemu od „funkcji tępienia się ostrzy”. Podobny, lecz o odwrotnym kierunku, jest wpływ czynników cieplnych: wzrost temperatury narzędzia i przedmiotu obrabianego powoduje wzrost „wymiaru na gorąco”; po ochłodzeniu wymiar okaże się mniejszy w stosunku do tego, jaki powstałby przy pracy w normalnej temperaturze. Kształt krzywej rozkładu częstości zależy od tego, czy robotnik ma wpływ na otrzymanie danego wymiaru czy też nie (obróbka swobodna lub skreślowana), czy mierzy sprawdzianami granicznymi czy narzędziami uniwersalnymi itd. Gdy robotnik indywidualnie poprawia części o wymiarach przekraczających tolerancję, to również powoduje zniekształcenie normalnej krzywej rozkładu częstości.

Należy podkreślić pionierską pracę w Polsce prof. W. Moszyńskiego w dziedzinie zastosowań rachunku prawdopodobieństwa do zagadnień obróbki, tolerancji i pasowań. W książce jego pt. „Zasady pasowań na tle Międzynarodowego Układu Tolerancyjnego” (r. 1934) są gruntownie rozważone zasadnicze zagadnienia z tej dziedziny.

Zagadnienie statystycznej kontroli jakości produkcji podczas procesu wytwarzania

Masowość współczesnej produkcji w połączeniu z wymaganiem wysokiej jednorodności nasuwają duże trudności przy kontroli jej jakości. Pokonanie trudności przy sprawdzaniu przedmiotów w wielkich ilościach może być w zasadzie dokonane dwoma sposobami: albo przez *automatyzację kontroli 100%-owej* albo przez zastosowanie *kontroli wyrzykowej*. Pierwsza z tych dróg daje na ogół większą gwarancję poprawnej kontroli, lecz nie daje zupełnej pewności jak się często przypuszcza, a poza tym przyrządy miernicze automatyczne są bardzo kosztowne. Z tych względów przyrządy automatyczne są używane w dość ograniczonym zakresie, głównie tam, gdzie ze względu na charakter produkcji każda sztuka musi być sprawdzona.

W większości innych przypadków wystarczająca jest kontrola wyrzykowa, polegająca na sprawdzaniu jedynie niewielkiej części wykonanej partii i orzekaniu na podstawie wyników o jakości całej partii. Ten sposób kontroli nie jest zasadniczo nowy i stosowany był zarówno w dziedzinie produkcji, jak i w innych dziedzinach działalności ludzkiej od dawna. Nowość w zastosowaniu do produkcji polega jednak na tym, że gdy dawniej sposób ten opierano głównie na intuicji, a stopień pewności sądu był nieokreślony, to teraz stosuje się system oparty o zasady statystyki matematycznej, gwarantujący nieprzekroczenie z góry ustalonego ryzyka.

Statystyczne metody kontroli stosuje się zarówno do odbioru gotowych produktów, jak i do kontroli jakości w biegu produkcji. W każdym z tych przypadków podejście do zagadnienia jest inne.

Zatrzymajmy się na chwilę nad tym drugim zagadnieniem, jako chronologicznie pierwszym.

Celem kontroli jakości w biegu produkcji jest przede wszystkim usunięcie braków powstałych przy pewnej operacji, żeby uniknąć marnotrawstwa przy operacjach następnych. Dalszym celem jest uzyskiwanie informacji o powstawaniu braków w możliwie najkrótszym czasie, co osiąga się przez zastosowanie naukowych metod statystycznych. Na czas uzyskane informacje, przekazane wydziałowi produkcyjnemu zapobiegają grożącemu niebezpieczeństwu wyprodukowania całej serii braków. Nie spełniają tego zadania omówione poprzednio wykresy licznosci lub częstości, gdyż wymagają one znacznej liczby obserwacji i nie dają wskutek tego natychmiastowych wyników.

Natomiast okazała się bardziej celowa kontrola na podstawie próbek o niewielkiej licznosci, przeważnie 5 do 10 sztuk pobieranych w określonych odstępach czasu np. co godzinę, z bieżącej produkcji każdego kontrolowanego stanowiska. Kontroler, obchodząc te stanowiska, pobiera próbki, mierzy kontrolowane wymiary lub inne wielkości decydujące o jakości, wyznacza dwa parametry; średnią arytmetyczną oraz

jedną z miar rozrzutu i odpowiednie wartości nanosi na tzw. wykres punktowy, jako punkt w układzie współrzędnych, którego jedną osią jest czas, a drugą kontrolowany parametr.

System kontroli opiera się na założeniu, że jeśli w procesie produkcyjnym zmienność kontrolowanych wielkości jest powodowana jedynie czynnikami przypadkowymi, to wartości parametrów nie powinny różnić się od ich średnich arytmetycznych więcej niż o trzykrotną wartość odchylenia średniego każdego z nich. W przypadku gdy rozkład parametru jest normalny lub do niego zbliżony, to prawdopodobieństwo przekroczenia ustalonych na tej podstawie granic, wynosi zaledwie ok. 0,3%, a więc praktycznie jest to niemożliwe.

Jeżeli zatem okaże się, że średnia arytmetyczna dla próbki odbiega od średniej arytmetycznej zbiorowości ogólnej³⁾ więcej niż o 3σ , to oznaczać to będzie, że muszą istnieć jakieś przyczyny systematycznie zakłócające przebieg produkcji. Przyczynami tymi mogą być np. stopień nieobrażenia przy obróbce, odfaszerowanie pewnych elementów obrabiarki, zmiana własności materiału lub tp. Jeśli więc przebieg procesu produkcyjnego jest bez zarzutu, to punkty kontrolne powinny się znaleźć w obszarze pomiędzy dwiema równoległymi (liniami kontrolnymi) po obu stronach prostej odpowiadającej średniej arytmetycznej zbiorowości ogólnej, odległych od niej o $\pm 3\sigma$. Zresztą nawet nieprzekroczenie, ale systematyczne zbliżanie się kolejnych punktów do linii kontrolnych jest już sygnałem niepożądanych zmian⁴⁾.

System kontroli oparty na wykresach punktowych rozwinął się w czasie II wojny światowej w Zw. Radzieckim, St. Zjednoczonych A. P. i W. Brytanii, przyczyniając się w dużym stopniu do osiągnięcia wysokiego poziomu jakości. Po wojnie system ten rozpowszechnia się coraz szerzej i jest uznany za jeden z przodujących środków walki z brakami. U nas czyni się dopiero pierwsze kroki w kierunku jego wprowadzenia. Pomimo trudnej podbudowy teoretycznej system ten jest w zastosowaniu praktycznym bardzo prosty, a wprowadzenie go nie wymaga prawie żadnych inwestycji.

Zagadnienie odbioru wyrwykowego

Przy kontroli odbiorczej gotowych produktów mamy przed sobą partię produktów i na podstawie próbki wziętej na chybił-trafił chcemy ocenić prawdopodobny odsetek braków w całej partii. Nie chodzi nam przy tym o to, kiedy te czy inne braki powstały, ani o doszukiwanie się ich przyczyn.

Rozwiązuje się to zagadnienie m. in. w oparciu o dwa twierdzenia rachunku prawdopodobieństwa: zagadnienie *Bernoulliego* i wzór *Bayesa*.

³⁾ Ustalone na podstawie poprzednich doświadczeń produkcji ustalowanej.

⁴⁾ Wypada zauważyć, że opisany system kontroli statystycznej wymaga pomiarów narzędziami mierniczymi uniwersalnymi, a nie za pomocą sprawdzianów granicznych; wykorzystuje on do oceny jakości wartość odchylenia od wartości nominalnej, a więc informację daleko bardziej wyczerpującą niż to, że wartość ta przekracza lub nie przekracza tolerancji.

Można jednak stosować analogiczny system kontroli opierając się na tej ostatniej alternatywie, jednakże wtedy próbki muszą być znacznie większe, aby mieć te same prawdopodobieństwa nie popełnienia błędów. Ten sposób jest zresztą jedynie możliwy, gdy chodzi o cechę nie podlegającą pomiarowi, jak np. gdy chodzi o istnienie lub nieistnienie jakiegoś defektu.

Istota pierwszego z nich jest następująca: pewne zdarzenie ma prawdopodobieństwo w zajścia w jednej próbie (jeżeli np. w partii będzie w 100% braków, czyli wadliwość jej będzie w , to prawdopodobieństwo, że jeden przedmiot wzięty z partii na chybił-trafił będzie brakiem, jest właśnie w); zapytujemy jakie jest prawdopodobieństwo P , że przy powtórzeniu próby n razy (tzn. biorąc z partii próbkę z n sztuk), zdarzenie to zajdzie m razy (tzn. znajdziemy w próbce m braków)?

Proste rozmowanie prowadzi do wzoru na P . Przez sumowanie obliczonych w ten sposób wartości P możemy też odpowiedzieć na pytanie, jakie jest prawdopodobieństwo, że w próbce znajdziemy braków nie więcej niż m (tzn. 0 lub 1 lub 2... lub m), jeżeli wadliwość partii jest w .

Analiza zależności między wadliwością partii w a prawdopodobieństwem uznania jej za zgodną z wymaganiami, czyli niezalezienie w próbce z n sztuk więcej niż m sztuk niedobrych daje dostawcy wszelkie potrzebne mu informacje.

Z punktu widzenia odbiorcy zagadnienie jest odwrotne: mamy wynik próby np. m braków w próbce o liczności n i żądamy odpowiedzi na pytanie, w jakich granicach jest zawarta wadliwość w partii z prawdopodobieństwem P z góry określonym albo też jakie jest prawdopodobieństwo P , że wadliwość partii nie przekracza wartości w .

W tym przypadku mamy do czynienia z zagadnieniem prawdopodobieństwa przyczyn, którego rozwiązaniem jest wzór *Bayesa*: z pewnego faktu, który zaszedł (u nas wynik próby) pozwala on obliczyć prawdopodobieństwo, że fakt ten został spowodowany przez pewną przyczynę (u nas: wadliwość w w określonych granicach).

Na podstawie tego rodzaju rozumowań opracowano tzw. *plany badań*, które przedstawiają funkcję $P = f(w)$ dla różnych wartości m i n . Plany te w postaci wykresów lub tablic pozwalają ustalać warunki próby (m i n) zależnie od wymaganego stopnia pewności i dopuszczalnej wadliwości⁵⁾.

Zagadnienie odbioru wyrwykowego zostało gruntownie i oryginalnie opracowane przez PKN z udziałem prof. H. Steinhausa, prof. J. Oderfelda i mgr K. Wiśniewskiego i jest obecnie wprowadzane w życie na podstawie norm.

Zastępują one dotychczas stosowane przypadkowe, przeważnie gospodarczo nie uzasadnione, metody intuicyjne.

Zagadnienie analizy dokładności pracy maszyn i wykorzystania sprzętu

Wykres punktowy bieżącej kontroli i krzywe rozkładu częstości są pomocne również w wielu zagad-

⁵⁾ Możliwe są rozmaite odmiany rozwiązania zagadnienia odbioru wyrwykowego. Jedną z nich są tzw. plany wielostopniowe (w odróżnieniu od jednostopniowych jak wyżej). Przy planie takim próbę wykonuje się w kilku etapach, badając w każdym z nich tylko część ogólnej liczby sztuk, decyzyjną o przyjęciu bądź odrzuceniu partii może być powzięta na ogół już w jednym z tych etapów. W każdym razie próba jest dzięki temu oszczędniejsza pod względem nakładu pracy od próby według planu jednostopniowego.

Prócz tego możliwe są tzw. próby skrócone, pozwalające na ukończenie badania przed sprawdzeniem wszystkich sztuk próbki w planie jednostopniowym lub o pewnym etapie planu wielostopniowego.

Wreszcie możliwa jest ocena partii nie tylko na podstawie stwierdzonej w niej ilości braków, ale na podstawie ilościowego określenia wartości cechy ciąglej charakterystycznej dla danego produktu, np. wytrzymałości lub wymiaru. W tym przypadku metoda zbliża się do opisanego wyżej zagadnienia kontroli jakości w biegu produkcji na podstawie cechy ciąglej i pozwala na znaczne zredukowanie liczności próbek.

nieniach produkcyjnych. Zwrócimy uwagę na takie dwa ważne zagadnienia.

Znana jest powszechnie niedostateczność badania dokładności obrabiarek w spoczynku, dopiero bowiem przy pracy następuje kumulacja poszczególnych źródeł błędów, w wyniku czego powstaje rozbieżność otrzymanych wymiarów. Najwłaściwszą ocenę dokładności można uzyskać metodą statystyczną, obrabiając partię jednakowych części i obliczając odchylenie średnie otrzymanych wymiarów. Norma dokładności obrabiarek powinna zawierać odpowiednie wymagania. Jeżeli obróbka nie jest skrupowana, to dane te będą obciążone też „rozrzutem osobistym” związanym ze starannością pracy robotnika, wadami organicznymi itd., co można uwzględnić w obliczeniu, opierając się na wynikach robotnika „standardowego”.

Ważny jest również rozkład częstości otrzymanych wymiarów, świadczący najlepiej o tym, czy charakter elementarnych błędów jest istotnie przypadkowy.

Mając odchylenie średnie należy ustalić jeszcze dopuszczalny obszar zmienności położenia środków rozrzutu poszczególnych seryj produkcyjnych. Na podstawie powyższych danych można zdecydować czy obrabiarka jest właściwa do danego celu.

Zagadnienie dokładności pracy ludzkiej i przydatności do danej pracy

Badania statystyczne mogą być uważane za uzupełnienie metod psychotechnicznych, pozwalających ustalać odpowiedniość pracownika do danego rodzaju pracy. Wykres rozkładu częstości daje w tym przypadku sumaryczną ocenę przydatności, o znacznie większym stopniu pewności niż oddzielne testy, mające świadczyć o poszczególnych właściwościach psychicznych i fizycznych człowieka.

Porównanie dwóch rozkładów częstości odchyłek robotnika badanego i standardowego przy pracy na tej samej maszynie pozwala łatwo ocenić jego staranność, nawet sumiennność i umiejętność. Próbę można przeprowadzać bez wiedzy pracownika, opierając się na wynikach jego bieżącej pracy. Smukła krzywa rozkładu częstości, bez większych nieregularności świadczy o małym rozrzucie, a więc o dużej staranności. Położenie środka zgrupowania krzywej zbliżone do położenia założonego świadczy o braku błędów systematycznych, które mogłyby powstać np. w razie skłonności do odczytywania przy pomiarze z błędem stale w jednym kierunku⁶⁾.

Zagadnienie badania wpływu poszczególnych czynników na jakość produkcji

Przed statystyką matematyczną otwiera się szczególnie ważna dziedzina zastosowań technicznych podobnie jak to miało miejsce w zastosowaniu do agrotechniki, biologii lub medycyny.

⁶⁾ Szczególnie użyteczna jest ta metoda kontroli przy badaniu jakości pracy kontrolerów zwłaszcza, jeżeli kontrola polega nie na odbiorze za pomocą sprawdzianów granicznych, ale przez pomiary z wyznaczeniem błędów, których wielkości utrwała się w protokół. Zdarza się np., często, że kontroler w przypadkach błędów granicznych ma skłonność do zbyt łagodnej oceny. Uwydatnia to się natychmiast w krzywej rozkładu częstości w postaci nagromadzenia wartości pomiarów w pobliżu granic tolerancji. W pewnym przypadku można było stwierdzić w podobny sposób zły wpływ otoczenia. Nowy pracownik wykazywał początkowo przez pewien czas zupełnie prawidłową krzywą rozkładu częstości świadcząca o bezstronnym brakowaniu. Po pewnym czasie dostosował się on jednak do innych kontrolerów, których krzywe wykazywały anomalie, świadczące o braku sumienności.

Statystyka daje poważny oręż badaczowi przy ustalaniu wpływu poszczególnych czynników na przebieg obserwowanego zjawiska. Zjawiskiem, które nas przede wszystkim tu interesuje jest jakość produkcji.

Istnieją dwie metody tego rodzaju badań. Są to: *analiza wariancyj* i *analiza korelacyjna*.

Pierwsza z nich polega na porównaniu zmian wariancyj⁷⁾ (kwadratów odchyłek średnich) powstających przy zmianie różnych czynników, mogących mieć wpływ na jakość.

Podamy dwa typy zagadnień, w których ma zastosowanie analiza wariancyj. Przypuśćmy, że kontrola statystyczna za pomocą wykresów punktowych wykazała istnienie przyczyn systematycznie zakłócających bieg produkcji. Wydział produkcyjny powinien znaleźć te przyczyny i usunąć je. Jeżeli nie dają się one wykryć bezpośrednio, to zwykle wysuwa się szereg hipotez tych przyczyn i trzeba teraz zbadać czy są one prawdziwe. W tym celu trzeba wykonać zazwyczaj wiele serii doświadczeń i w tym właśnie jest pomocna analiza wariancyj, pozwalając ocenić wpływ każdego czynnika przy możliwie małej liczbie doświadczeń. Metody statystyczne spełniają więc przy kontroli jakości nie tylko bierną funkcję wskazywania, że istnieją pewne niedomagania procesu produkcyjnego, ale odgrywają też rolę twórczą przy ich usuwaniu.

Inny typ stanowią znów zagadnienia, w których chodzi o poprawę jakości produkcji przez wprowadzenie pewnych udoskonaleń lub zmian koniecznych, np. wskutek oszczędności pewnych surowców itd. Aby ustalić najwłaściwszy dobór badanych czynników (które mogą być zresztą od siebie zależne) należy porównać z sobą różne odmiany przy wszelkich możliwych kombinacjach tych czynników. Umożliwia to również analiza wariancyj.

Istota tej analizy w najprostszym przypadku polega na następującym: przeprowadzamy dwie serie doświadczeń, wyznaczamy wariancję wyników każdej z nich; w jednej serii wprowadzamy np. nowy czynnik, którego wpływ chcemy zbadać. Jeśli stosunek wariancji przewyższa pewną wartość odpowiadającą przyjętemu poziomowi prawdopodobieństwa, to możemy twierdzić, że zmiana wariancji, jaka zaszła po wprowadzeniu nowego czynnika nie jest przypadkowa, lecz że spowodował ją właśnie ten czynnik.

Analiza wariancyj pozwala ustalić jedynie czy te lub inne czynniki mają wpływ na rozpatrywaną cechę, wpływ ten pod względem ilościowym można stwierdzić dopiero posługując się analizą korelacyjną.

W najprostszym przypadku metoda ta przedstawia się jak następuje: Mamy dwie zmienne x , y . Chcemy zbadać, czy są one od siebie zależne i jaki jest stopień tej zależności, np. może chodzić o to, czy ilość pewnego składnika (x) w stopie ma wpływ na jego twardość (y). Wykonujemy serię części zmieniając wartość x i mierząc odpowiadające wartości y . Wyniki (po podziale danych na klasy) zestawiamy w postaci dwuwymiarowej tablicy korelacyjnej lub w postaci wykresu z osiami współrzędnych x , y . Dla każ-

⁷⁾ W literaturze radzieckiej spotyka się w tym samym znaczeniu termin „dyspersja”. Nieraz pod terminem „dyspersja” rozumie się samo odchylenie średnie, a nieraz jedynie zjawisko rozrzutu.

dej wartości x wyznaczamy średnią arytmetyczną odpowiednich wartości y czyli $\overline{y_x}$. Zadanie sprowadza się teraz do ustalania funkcji $y_x = f(x)$ i do oceny rozrzutu wielkości y . Funkcja ta, która w wielu przypadkach okazuje się liniowa lub zbliżona do niej, nazywa się *równaniem regresji y względem x* . Podobnie rozpatruje się równanie regresji x względem y czyli $x_y = \varphi(y)$.

W przypadku korelacji liniowej równania regresji przedstawiają dwie proste, których współczynniki kątowe nazywają się współczynnikami regresji. Pierwiastek kwadratowy z iloczynu tych współczynników oznaczany przez r , jest właśnie miarą zależności między wielkościami x , y i nazywa się *współczynnikiem korelacji*.

Gdy zależność ta jest jednoznaczna czyli każdej wartości x odpowiada określona wartość y , to zależności $\overline{y_x}$ i $\overline{x_y}$ i wyrażają tę samą prostą, współczynniki regresji są względem siebie odwrotnościami, a $r = \pm 1$. Gdy zależność nie jest jednoznaczna, to

proste tworzą kąt różny od 0 i im jest on większy, tym mniejsze r , tym słabsza zależność obu wielkości. Gdy wielkości są niezależne, proste regresji są prostopadłe, $r = 0$.

Bardziej złożone są przypadki korelacji nieliniowej oraz korelacji wielokrotnej, gdy chodzi o rozpatrzenie zależności kilku wielkości jednocześnie.

LITERATURA

- Aczerkan N. S. Statistischesjke metody kontroli. Maszgiz. 1946
 Becker R., Plaut H. u. Runge J. Anwendungen der mathematischen Statistik auf Probleme der Messenfabrikation. Berlin. 1930.
 Bojew G. P. Teoria wirojnostiej, Gos. Izd. Techn. Teor. Lit. 1950
 Borodaczew N. A. Osnownyje woprosy teorii tocznosti proizwodstwa ANSSSR, 1950.
 Dlin A. M. Matematicheskaja statistika w technike, „Sowietskaja Nauka” Moskwa 1951.
 Fisher R. A. Statistical Methods for Research Workers. 10 wydanie Oliver and Boyd, London, 1948.
 Fraj (Fry) T. Teoria wirojnostiej dla inżynierow. ONTI, 1934 (tłumaczenie z angielskiego).
 Grant E. L. Statistical Quality Control, Mc Graw-Hill, New-York London, 1946.
 Moszyński W. Zasady pasowań na tle międzynarodowego układu tolerancyjnego, W-wa. 1934.
 Romanowski W. I. Primenienija matematicheskoi statistiki w opytom diele, OGIZ, 1947. Ostatnio książka ta ukazała się w tłumaczeniu polskim (Wydawnictwo PWG).

Wpływ odkształceń cieplnych na dokładność obrabiarek do skrawania metali

Przy obróbce metali skrawaniem często powstają przypadki znacznych zmian wymiarów przedmiotów obrabianych, spowodowanych odkształceniami przedmiotu pod wpływem zjawisk cieplnych. Celem odpowiedniego naświetlenia tych zjawisk publikujemy poniżej streszczenie artykułu pt. „Wlianie tepłowych deformacij na toczność metalloreżuszczych stankow” z czasopisma Stanki i Instrument nr 1/52 str. 5.

W artykule podano: bilans cieplny skrawania, pole cieplne i odkształcenia przedmiotu okrągłego formy cylindrycznej, odkształcenia cieplne łoża (ramy). Omówione są podstawowe sposoby zmniejszenia wpływu odkształceń cieplnych na dokładność obróbki jak: zapewnienie stałości pola cieplnego w strefie ustawienia obrabiarki, zmniejszenie odkształceń cieplnych przedmiotu, zastosowanie środków konstrukcyjnych, celowe dobieranie materiałów, ustawianie obrabiarek na fundamentach oraz zabezpieczenia eksploatacyjne.

1. Bilans cieplny

Czynnikiem wyjściowym charakteryzującym wielkość odkształceń cieplnych jest ilość ciepła przekazanego przedmiotowi w procesie skrawania.

Do obliczeń cieplnych można założyć, że cała praca skrawania przekształca się w ciepło, przy czym podział efektów cieplnych między przedmiot i wiór można wyrazić następującym wzorem

$$Q_w = Q_{dp} \Phi \left[\sqrt{\frac{0,01 b^2 v}{a (1,25 b + \Delta)}} \right] + 0,5 Q_t$$

gdzie: Q_{dp} — ciepło odkształceń plastycznych, Q_t — ciepło powstałe na skutek tarcia płaszczyzny natarcia i płaszczyzny przyłożenia noża,

$$\Phi(\varphi) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\varphi e^{-\varphi^2} d\varphi \text{ — funkcja Krampa,}$$

b — grubość wióra w mm, v — szybkość skrawania w m/min, a — współczynnik przewodzenia temperatury w cm^2/sek , Δ — szerokość łysinki powstałej wskutek zużycia na płaszczyźnie przyłożenia noża w mm.

Wzór otrzymuje się drogą rozwiązania równań przewodnictwa cieplnego i podziału ciepła na przedmiot i wiór. W założeniu wyjściowym i przy rozwiązaniu równań przyjęto, że:

a) nóż nie odprowadza ciepła, a służy jedynie za przewodnik cieplny między przedmiotem i wiórem (odprowadzone przez nóż ciepło w ogólnym bilansie nie przekracza $3 \div 5\%$);

b) ciepło odkształceń plastycznych wydziela się równomiernie na płaszczyźnie skrawania i przepływa do przedmiotu przez powierzchnię skrawania;

c) ciepło tarcia przy skrawaniu sływa równomiernie do przedmiotu i do wióra.

Doświadczenia kalorymetryczne przeprowadzone na obrabianych wzorcach potwierdziły słuszność powyższego wzoru matematycznego.

Ze wzrostem szybkości skrawania ilość ciepła odprowadzanego przez sływający wiór wzrasta, dążąc do pewnej granicy tym wyższej, im większy będzie przekrój wióra. Ilość ciepła skrawania przenikająca do przedmiotu może osiągnąć $50 \div 60\%$ ogólnej ilości ciepła wydzielającego się przy skrawaniu, zwłaszcza

przy operacjach obróbki ostatecznej. Dotyczy to skrawania bez chłodzenia.

Przy zastosowaniu chłodzenia całe ciepło skrawania zostaje wchłonięte i odprowadzone przez płyn chłodzący i wówczas odpada całkowicie zagadnienie odkształceń cieplnych przedmiotu obrabianego.

Bardzo istotnym jest zagadnienie odkształceń cieplnych przy szlifowaniu. Obliczenia wykazują, że zeszlifowane wióry wskutek ich drobnych wymiarów odprowadzają znikome ilości ciepła, czyli może być rozpatrywany jedynie podział jego między tarczę szlifierską i przedmiot.

Założono, że ciepło wydzielą się równomiernie na całej powierzchni styku tarczy szlifierskiej z przedmiotem. Wymiary powierzchni styku zasadniczo określa szerokość i średnica tarczy, średnica przedmiotu oraz grubość naddatku do zeszlifowania, wówczas ilości ciepła wchłaniane przez przedmiot i tarczę

$$Q_{prz.} = \frac{1}{1+k}; \quad Q_{tar.} = \frac{k}{1+k}$$

współczynnik k określony jest przez następujący wzór

$$k = \sqrt{\frac{(\lambda C \gamma)_{tar.}}{(\lambda C \gamma)_{prz.}}} \cdot \sqrt{\frac{v_{tar.}}{v_{prz.}}}$$

gdzie: λ — współczynnik przewodnictwa cieplnego, C — pojemność cieplna materiału tarczy szlifierskiej względnie materiału przedmiotu, γ — ciężar właściwy tarczy względnie przedmiotu, v — szybkości obwodowe (tarczy względnie przedmiotu).

Wartość wyrażenia pod pierwszym pierwiastkiem będzie rzędu 0,03.

Uwaga zrobiona odnośnie roli płynu chłodzącego zachowuje swą moc i w tym przypadku również.

2. Pole cieplne i odkształcenia przedmiotu okrągłego formy cylindrycznej

Podczas obróbki wałka na tokarce wywiązują się pewne ilości ciepła, zależne od warunków skrawania i wymiarów wałka. Działanie tego ciepła podczas obróbki skrawaniem może spowodować odchylenia wymiarów otrzymanego po obróbce wyrobu, od wymiarów żądanych; zachodzić może również rozpieranie kłów oraz związane z tym zjawiska, które mogą być źródłem błędów, jak np. skoku nacinanego gwintu.

Rozwiązania teoretyczne i dane doświadczalne pozwalają twierdzić, że znaczny wzrost temperatury daje się zaobserwować jedynie w strefie bezpośredniego chwilowego stykania się przedmiotu ze źródłem ciepła. Ponieważ czas działania dla danego punktu jest rzędu dziesiątych lub nawet setnych ułamków sekundy, zatem wpływ działania ciepła jest tak znikomy, że nie może wpłynąć na odkształcenie całego przedmiotu. Zwykle droga śrubowa noża po powierzchni przedmiotu ma minimalny skok w porównaniu do szybkości skrawania, która znacznie przewyższa szybkość posuwu.

W tych warunkach określenie kształtu pola cieplnego sprowadza się do rozwiązania podstawowego równania różniczkowego przewodności cieplnej, którego ostateczne rozwiązanie można podać w formie

$$\Theta = \frac{Q}{C \gamma V} k_{\Theta},$$

gdzie: Θ — temperatura, liczona od zera warunkowego, za które przyjmuje się temperaturę środowiska, Q — cała ilość ciepła oddanego przedmiotowi, V — objętość przedmiotu, $C \gamma$ — objętościowa pojemność cieplna materiału, k_{Θ} — współczynnik, będący sumą członów podwójnego szeregu, które są złożonymi funkcjami parametrów zjawisk geometrycznych i cieplno-fizycznych.

W pewnej odległości od źródła ciepła ustala się w przekroju stała temperatura w przybliżeniu równa

$$\Theta \approx \frac{Q}{C \gamma V} \quad \text{tj. } k_{\Theta} = 1$$

Dla praktycznego sprawdzenia powyższych równań teoretycznych przeprowadzone zostały próby doświadczalne i wykonane wykresy. Do celów badawczych użyty został wałek o średnicy 50 mm i długości 250 mm. Zamiast skrawania zastosowany został do celów badawczych sztuczny sposób podnoszenia temperatury przedmiotu badanego. Mianowicie użyto do tego celu pierścienia nagrzewanego elektrycznie, umieszczonego na zewnątrz wałka, który przesuwiał się wzdłuż wałka nagrzewając materiał stopniowo na całej długości.

Pomiary temperatur w poszczególnych punktach przedmiotu i na różnych głębokościach dokonywane były za pomocą termopary żelazo-constantan i czułego galvanometru.

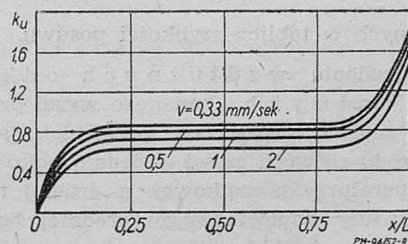
Wyniki pomiarów ujęte zostały w formie wykresów, które potwierdziły w całej rozciągłości uprzednie rozważania teoretyczne co do formy i zachowania się pól cieplnych.

Wielkość zmian cieplnych średnic można wyrazić za pomocą wzoru

$$U_{\alpha} = \alpha \frac{Q k_u}{C \gamma V}$$

Wzór ten jest zwykłym wyrażeniem określającym deformacje cieplne przy równomiernym nagrzaniu ciała, dodany jest jedynie współczynnik k_u uwzględniający rzeczywistą formę pola cieplnego.

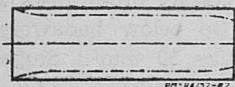
Wykres na rys. 1 podaje wielkości współczynnika k_u dla różnych pól cieplnych. Współczynniki te obliczone zostały dla wałka o średnicy 100 mm i długości 500 mm. Z wykresu widać, że przy dużych szybkościach, a zatem przy dużych spadkach temperatury,



Rys. 1. Współczynniki zmian średnicy przedmiotu w przekrojach, pokrywających się z położeniem źródła ciepła. (Cyfry podają szybkości przesuwania się źródła ciepła; x/L oznacza odległość względną badanego przekroju od lewego końca wałka).

otrzymuje się mniejsze deformacje w przekroju. Jak się tego należało spodziewać, w przekroju końcowym, posiadającym duży dodatkowy wzrost temperatury, zwiększenie średnicy pod działaniem ciepła wypada w przybliżeniu dwa razy większe niż w przekrojach środkowych.

Rys. 2 przedstawia wpływ odkształceń cieplnych na odchylenie wymiarów przedmiotu formy cylindrycznej. W początkowym stadium obróbki, kiedy nie ma jeszcze żadnych deformacji cieplnych, przedmiot osiągnie swą średnicę nominalną. Na całej długości przedmiotu za wyjątkiem końców otrzymamy jednolite zmniejszenie średnicy. Dla przedmiotu o średnicy 100 mm, w zależności od zastosowanych warunków skrawania, może ono wynieść $10 \div 25 \mu$ czyli nie przekracza wielkości dopuszczalnej tolerancji (odchylenia) dla drugiej klasy dokładności. Przy końcu przedmiotu odchylenia wzrastają w przybliżeniu dwukrotnie.



Rys. 2. Zniekształcenie formy przedmiotu w kształcie walca na skutek odkształceń cieplnych.

Wartości współczynników deformacji k_u dla środkowej części cylindra i k'_u dla jego końca podaje tablica I.

TABLICA I

Średnica d w mm	długość w mm	posuw V_n w mm/sek	k_u	k'_u
100	500	0,33	0,857	1,832
100	500	0,5	0,825	1,790
100	500	1,0	0,726	1,674
100	500	2,0	0,627	1,500
100	1250	1,0	0,607	1,163
100	500	1,0	0,726	1,674
500	250	1,0	0,790	1,900
100	500	0,33	0,857	1,832
50	250	0,33	0,752	1,819
25	125	0,33	0,676	1,647

Przy obliczaniu tego współczynnika przyjęto wielkość współczynnika przewodnictwa cieplnego $\lambda = 0,135 \text{ cal/cm sek}^\circ\text{C}$.

Dla innych wymiarów walca i współczynników przewodnictwa cieplnego wielkości podane w tablicy I zostaną zachowane przy zachowaniu następujących dwóch warunków

$$\frac{d}{\lambda} = \text{const}; \quad \frac{d}{l} = \text{const},$$

oraz podanych w tablicy szybkości posuwu.

Przy określeniu wzdłużnych odkształceń cieplnych, badanego wyżej przedmiotu okrągłego można rozpatrywać przedmiot, jak gdyby składał się on z dwóch części — jednej położonej przy swej temperaturze początkowej, a drugiej nagrzanej do temperatury odpowiadającej średniej temperaturze przy końcu obróbki

$$Q_{sr} = \frac{Q}{C \gamma V}$$

Dla określenia możliwego rozpierzania kłków wystarczy obliczyć największe cieplne zniekształcenia ciała pod koniec obróbki, zakładając, że ciepło rozkłada się równomiernie w całej objętości przedmiotu.

Najwięcej komplikacji występuje przy nacinaniu gwintu całkowicie jednym przejściem narzędzia. Badania teoretyczne wskazują, że przy obydwu

kłkach sztywnych oraz sztywnym w kierunku osiowym przedmiocie, odkształcenia cieplne, które pozostały w tyle za nożem, wywołują skurczenie sprężyste całego przedmiotu i w rezultacie błędy skoku nacinanego gwintu, tym większe im sztywniejsze będą kłły. Najlepiej zatem, w celu zmniejszenia błędów skoku gwintu, zastosować w koniku tokarki kiel sprężynujący. W ten sposób tylna, nagrzana część walca będzie mogła spokojnie się wydłużać, a wpływ jej odkształceń cieplnych na skok nacinanego gwintu spadnie do minimum.

Przy wieloprześciowym nacinaniu gwintu można uważać, że ciepło rozłoży się równomiernie w całej masie przedmiotu.

Przy długotrwałym nacinaniu należy brać pod uwagę ciepło promieniujące z powierzchni do środowiska otaczającego.

Przy m jednakowych przejściach ciepło oddawane przedmiotowi, za wyjątkiem ciepła wydzielanego do środowiska okalającego, można obliczać za pomocą wzoru

$$Q = \frac{m Q_1 k}{(1 + \beta)^2} \left(1 - \beta \frac{m}{2} \right)$$

gdzie: Q_1 — praca skrawania na jedno z m przejść wyrażone w jednostkach cieplnych, k — współczynnik, charakteryzujący część ciepła skrawania oddawaną przedmiotowi, $\beta = \frac{\alpha F t}{C \gamma V'}$ gdzie z kolei α —

współczynnik sprawności cieplnej, C — pojemność cieplna, V i F — objętość i powierzchnia zewnętrzna przedmiotu, γ — ciężar właściwy, t — czas trwania jednego obiegu (cyklu).

Przy małej sztywności osiowej kłków, dopuszczających swobodne odkształcenia cieplne, błąd skoku s będzie się wyrażać wzorem

$$\delta = \alpha_0 Q_{sr} s$$

gdzie: α_0 — współczynnik rozszerzalności cieplnej.

Jeżeli sztywność kłków j_k jest wymierna w stosunku do sztywności przedmiotu j_p , wówczas błąd skoku zmniejszy się według stosunku

$$\frac{j_p}{j_k + j_p} \text{ przy czym } j_p = \frac{Ef}{l}$$

gdzie: E — moduł sprężystości, f — średnia powierzchnia przekroju przedmiotu, l — długość przedmiotu.

$$j_k = \frac{j_{prz} \cdot j_t}{j_{prz} + j_t}$$

gdzie: j_{prz} — sztywność osiowa przedniego kłła, j_t — sztywność osiowa tylnego kłła.

Dla ścisłego określenia błędów nacinanego gwintu należy wziąć pod uwagę odkształcenia cieplne śruby pociągowej tokarki.

Wzrost skoku śruby pociągowej wskutek rozgrzania równoważy częściowo wpływ odkształceń cieplnych przedmiotu.

3. Odkształcenia cieplne podstawy (łoża)

Jednym z istotnych czynników wywierających duży wpływ na stopień dokładności obrabiarek do skrawania metali to wpływ odkształceń cieplnych łoża (podstawy) obrabiarki. Charakter i źródło tych odkształceń zależne są w dużym stopniu od budowy łoża

(podstawy), od fundamentu oraz szeregu czynników zewnętrznych.

Rozpatrzmy sprawę wygięć pionowych długich podstaw obrabiarek stojących na fundamentach.

Fundament zwykle wykonywany bywa w formie bloku betonowego lub płyty z betonu względnie mururowany z cegły i jego współczynnik rozszerzalności cieplnej jest bardzo zbliżony do współczynnika rozszerzalności żeliwa. Wielkość ta dla czystego cementu wynosi $(12,5 \div 13) \cdot 10^{-6}$ dla wapniaków $(7,5 \div 9) \cdot 10^{-6}$ i dla piaskowców $13 \cdot 10^{-6}$

Przewodnictwo cieplne betonu zbliżone jest do przewodnictwa okalającego go gruntu i jest kilkadziesiąt razy mniejsze od przewodnictwa łoża obrabiarki. Wskutek tego dobowe i zmianowe wahania temperatury powietrza w hali maszyn i podstawy obrabiarki nie mają praktycznie wpływu na temperaturę fundamentu. Odształceniom cieplnym ulega jedynie podstawa.

Roczne wahania temperatury powietrza w hali maszyn przenikają na dużą głębokość w fundament i okalający go grunt. Wywołują one jednakowe zmiany temperatur podstaw i fundamentu i dążą do pionowych wygięć, jeżeli współczynniki rozszerzalności cieplnej fundamentu i podstawy są różne.

Jeżeli fundamenty znajdują się w pobliżu zewnętrznych ścian budynku, duży wpływ może wywrzeć również wilgoć i zewnętrzna temperatura, zwłaszcza w zimie. W tym przypadku temperatura na głębokości obniża się znacznie więcej niż temperatura górnej warstwy fundamentu. Prowadzi to do wypaczenia fundamentu, przy czym łoża gra w tym przypadku rolę czynnika powstrzymującego.

W obliczeniach należy rozpatrywać zespół podstawa-fundament jako belkę o stałym przekroju, złożoną z dwóch części o różnych współczynnikach rozszerzalności liniowej. Moduł sprężystości całego przekroju można określić jako wielkość stałą, przyjmując szerokość jednej części przekroju, zmienioną proporcjonalnie do modułów sprężystości części składowych.

Przy równomiernej zmianie temperatury łoża i fundamentu, albo jednego z nich, różnicę wydłużeń cieplnych w stosunku do jednostki długości łoża wyrazić można w postaci wzoru

$$\Delta = \alpha_t (\Theta_t' - \Theta_t'') - \alpha_f (\Theta_f' - \Theta_f'')$$

gdzie: α_t , α_f — współczynniki wydłużenia liniowego materiałów łoża i fundamentu, Θ_t' , Θ_f' — temperatury obliczeniowe łoża i fundamentu, Θ_t'' , Θ_f'' — temperatury łoża i fundamentu w chwili ustawiania obrabiarki na fundamencie.

Odształcenia łoża można obliczyć za pomocą następujących równań:

Kąt skreślenia przekrojów końcowych

$$\Theta_p = L \frac{S_{20}}{J_o}$$

wygięcie w środku długości łoża

$$y = \frac{\Delta L^2}{8} \cdot \frac{S_{20}}{J_o}$$

gdzie: L — długość łoża, J_o — moment bezwładności całego przekroju w odniesieniu do ogólnego środka

ciężkości, S_{20} — moment statyczny dolnej części przekroju fundamentu w odniesieniu do ogólnego środka ciężkości.

Jeżeli zmiany temperatur są nierównomierne w całej grubości fundamentu, wzory te zmieniają się jak niżej

$$\Theta_p = L \cdot \alpha_f m \frac{J_{20} + S_{20} \cdot z_o}{J_o}; y = \frac{L^2 \alpha_f m}{8} \cdot \frac{J_{20} + S_{20} \cdot z_o}{J_o}$$

gdzie: J_{20} — moment bezwładności dolnej części przekroju (fundamentu) w odniesieniu do ogólnego środka ciężkości, z_o — odległość linii podziału od ogólnego środka ciężkości, m — zmiana temperatury na jednostkę wysokości fundamentu.

Przytoczone zależności podane zostały w założeniu, że deformacje są małe i bez uwzględnienia wzajemnego oddziaływania elastycznego fundamentu i gruntu.

Należy jeszcze pamiętać, że największe dopuszczalne wybrzuszanie łoża może wynosić $0,02 \div 0,03$ mm na 1000 mm długości łoża.

4. Podstawowe sposoby zmniejszania wpływu odkształceń cieplnych na dokładność obróbki

Podajemy tu tylko ogólne sposoby podwyższenia dokładności obrabiarek przez zmniejszenie odkształceń cieplnych.

A. Zabezpieczenie stałości pola cieplnego w strefie ustawienia obrabiarki

1) Zapewnienie w warsztacie normalnych stałych warunków cieplnych przez zastosowanie właściwego systemu ogrzewania, równomierne rozmieszczenie grzejników w potrzebnej ilości itd.

2) Ustawienie obrabiarek precyzyjnych w specjalnych pomieszczeniach, gdzie utrzymuje się stałą temperaturę o wahanach w granicach $\pm 1,5$ do 2° ; w specjalnie ważnych przypadkach należy je zaopatrzyć w automatyczne urządzenia termostacyjne, zapewniające powolne i łagodne zmiany temperatury.

3) Zabezpieczenie obrabiarek precyzyjnych od bezpośredniego nagrzewania promieniami słońca.

4) W miejscowościach o klimacie kontynentalnym, jeżeli obrabiarki ustawione są na fundamentach wpuszczonych głęboko i deformacje cieplne mają istotny wpływ na dokładność obróbki, nie ustawiać ich bliżej niż w odległości 6 m od ścian zewnętrznych budynku.

B. Zmniejszenie deformacji cieplnych przedmiotu

1) Zastosowanie chłodzenia; wydajność pompy chłodzącej w l/min. należy planować pięć- do dziesięciokrotnie większą od mocy głównego silnika napędzającego obrabiarkę wziętej w kW.

2) Podwyższenie szybkości skrawania, co powoduje odprowadzenie dużej ilości ciepła do wióra.

3) Szlifowanie tarczami szlifierskimi o możliwie dużych średnicach.

C. Zastosowanie środków konstrukcyjnych

1) Samoczynne kompensowanie deformacji cieplnych za pomocą sprężyn, urządzeń hydraulicznych lub pneumatycznych.

2) Stosowanie łożysk stożkowych z zachowaniem stałego luzu.

3) Opory należy tak rozlokować, aby zapewniały skrócenie długości części, których deformacja cieplna wywiera wpływ na dokładność obróbki, np. łożyska oporowe wrzecion budować z przodu.

4) Zredukować wydzielanie się ciepła przez podwyższenie współczynników sprawności silników i mechanizmów.

5) Usunąć źródła ciepłe z punktów węzłowych, których deformacje cieplne mają wpływ na dokładność obróbki, np. wbudowanych pomp, zbiorników z płynem chłodzącym itp.

6) Zastosować jak najlepsze chłodzenie wbudowanych silników elektrycznych, napędów, wszelkiego rodzaju zbiorników itd. Zapewnić dobre chłodzenie powietrzem, wodą chłodzącą, smarowaniem obiegowym itd.

D. Najbardziej celowe dobieranie materiałów

1) Dobierać materiały z możliwie najbardziej zbliżonymi współczynnikami rozszerzalności liniowej.

2) Dobierać materiały uwzględniając ich przewodność cieplną: części maszyn ułożone blisko miejsc wydzielających duże ilości ciepła nie powinny być wykonane z materiałów o słabym przewodnictwie ciepła, aby zapobiec powstawaniu wysokich temperatur

i odwrotnie — stosować materiały będące złymi przewodnikami ciepła dla ochrony przed nagrzaniem elementów, mających istotny wpływ na dokładność pracy.

E. Ustawianie obrabiarek na fundamentach

1) Obrabiarki precyzyjne o znacznej długości należy ustawiać na płozach regulowanych lub nawet na płozach zaopatrzonych w rolki.

2) Obrabiarki o znacznej długości, przeznaczone do prac ciężkich, ustawiać na płozach regulowanych, zalewanych, z dociąganymi śrubami na części długości (zwykle pod napędem).

3) Bardzo precyzyjne obrabiarki (typu koordynatowego) o sztywnej podstawie ustawiać na trzech rolkach (wałkach).

F. Zabezpieczenia eksploatacyjne

1) Dobór oleju o optymalnej lepkości; w zimie należy stosować oleje o mniejszej lepkości.

2) Ustalić optymalne luzy w połączeniach ruchomych.

3) Sposób uprzednie rozgrzanie obrabiarek przez wcześniejsze uruchomienie.

inż. Wł. Cz.

Modernizacja frezarek do szybkościowego skrawania

(dokończenie)

Mgr inż. ROMAN BARANOWICZ

4. PRZYKŁAD MODERNIZACJI FREZARKI PIONOWEJ

a. Dane charakterystyczne frezarki są następujące:

powierzchnia robocza stołu: 1250×300 mm
 moc silnika napędu głównego: 4,3 kW
 moc silnika napędu posuwów: 1,0 kW
 liczby obrotów wrzeciona: $20 \div 425$ obr/min
 posuwy minutowe stołu: $20 \div 770$ obr/min

Dla tej grupy wielkości frezarek, wg tablicy IV, należy przyjąć jako wartości „obliczeniowe” normalne:

- 1) największa średnica freza czołowego $D = 150$ mm
- 2) największa szerokość frezowania $B = 100$ mm
- 3) największa głębokość frezowania $g = 4$ mm
- 4) iloczyn szerokości i głębokości

frezowania $B \cdot g = 400$ mm²

Dla racjonalnej eksploatacji frezarki przy użyciu narzędzi ze spieków, wg danych powyższych i zgodnie z obliczeniami na str. 225 pkt. 3a oraz nomogramem parametrów skrawania (rys. 1)¹⁾:

1. moc silnika napędu głównego winna wynosić $N = 7,8$ kW
2. największa ilość obrotów wrzeciona winna wynosić $n = 1600$ obr/min
3. największa wartość posuwu minutowego dla stali $p_m = 640$ mm/min
 dla żeliwa $p_m = 1730$ mm/min.

b. Charakterystyka wydajności frezarki przed modernizacją

Rys. 2 podaje wykres charakterystyczny zbudowany dla warunków frezowania stali 45, 40X, 40XM itp.

1) Patrz PM nr 6/52.

frezami czołowymi z ostrzami ze spieków T15K6 o normalnej ilości zębów $z_n = \frac{D}{30}$ przy mocy silnika $N_s = 4,3$ kW. Z wykresu tego widać że przy czołowym frezowaniu tych stali, przy posuwie $p_s = 0,15$ mm/zęb; linie v_N i v_T przecinają się w punkcie odpowiadającym w przybliżeniu wartości $B \cdot g = 200$ mm².

Oznacza to, że przy normalnej, dla tej wielkości frezarki, głębokości frezowania $g = 4$ mm największa szerokość frezowania i największa średnica freza ze spieków, przy których moc istniejącego silnika pozwoli na całkowite wyzyskanie właściwości tnących narzędzia, wynoszą odpowiednio $B = 50$ mm i $D = 75$ mm.

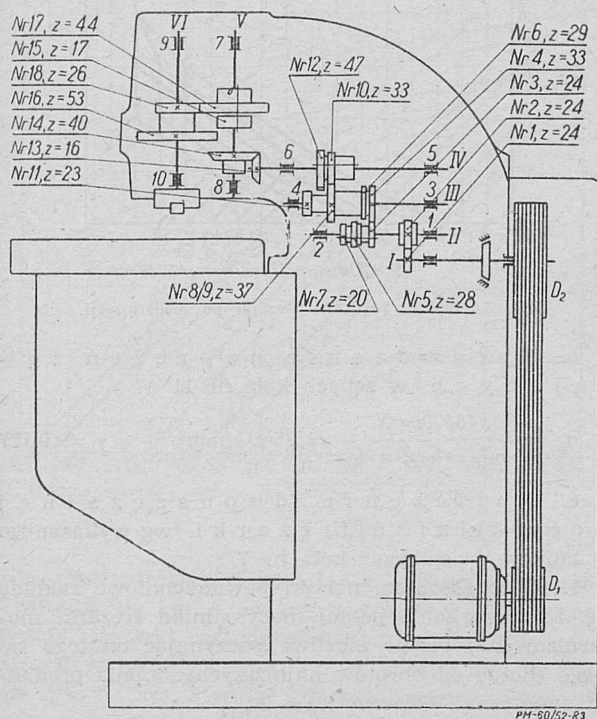
Z powyższego i z pktu 4a widać, że zarówno moc napędu głównego jak również liczba obrotów wrzeciona i wartość największego posuwu minutowego są niewystarczające i frezarka wymaga modernizacji.

Posługiwanie się wykresem charakterystycznym jest analogiczne jak w przykładach podanych przy opisie nomogramu parametrów skrawania pkt 2c.

c. Modernizacja napędu głównego frezarki

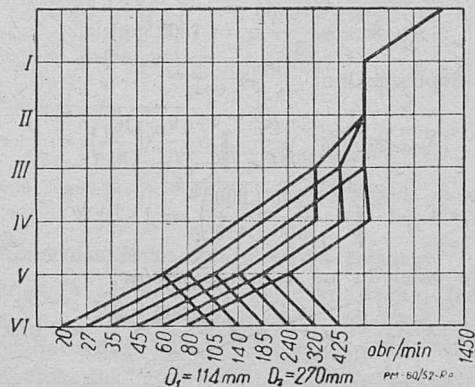
Rys. 3 przedstawia schemat kinematyczny napędu wrzeciona frezarki, rys. 4 — wykres prędkości przed modernizacją. Wyniki obliczeń kinematycznych i wytrzymałościowych elementów napędu głównego frezarki przed modernizacją podane są w tablicy V, przy czym zgodnie z pkt. 2b1 artykułu o modernizacji tokarek (Przegląd Mechaniczny nr 11 str. 317) obliczane są koła zębate nr 1, 7, 11, 13, 15, 18.

Tablica VI podaje wyniki obliczeń słabszych elementów napędu głównego frezarki po modernizacji, rys. 5 — wykres predkości po modernizacji.



Rys. 3. Schemat napędu głównego frezarki.

1. Podwyższenie liczby obrotów wrzeciona. Możliwość podwyższenia liczby obrotów wrzeciona zależy przede wszystkim od największych szybkości obwodowych kół zębatych i rolkowo-stożkowych łożysk wrzeciona. Szybkości te nie są w rozpatrywanej frezarce



Rys. 4. Wykres prędkości frezarki przed modernizacją.

duże — największą, 2,8 m/sec mają koła zębate nr 8/9 i 10 (z tablicy V).

Wszystkie koła napędu wrzeciona są nieszlifowane; przyjmując dla nich dopuszczalną szybkość obrotową $11 \div 12$ m/sek, można byłoby podnieść obroty wrzeciona do około 1600 obr/min. Ze względu jednak na niedostateczną sztywność frezarki i obawę drgań po doświadczalnym sprawdzeniu, ustalono najwyższe obroty wrzeciona na 800 obr/min, otrzymując nowy zakres obrotów: $37 \div 800$ obr/min. Osiągnięto to przez odpowiednią zmianę kół paskowych na wałku silnika i pierwszym wałku napędu głównego.

TABLICA V. Wyniki obliczeń elementów napędu głównego i mechanizmu posuwu frezarki przed modernizacją

Dane frezarki				Przekładnia pasowa			Koda zębate							Łożyiska							wałki				P x kg		
N Kw	$\eta_{min} \div \eta_{max}$ obr./min.	$\eta_{min} \div \eta_{max}$ obr./min	Rodzaj	v m/sek	N' Kw	Nr	Z	m mm	b mm	Materiał i twardość	η	$\eta_{min} \div \eta_{max}$ obr./min	Kv	$\frac{g}{mm^2}$	Pc kg/mm ²	T tys. g.	v m/sek	Nr	$\eta_{min} \div \eta_{max}$ obr./min	Q kg	T tys. g.	Nr	Φ mm	n obr./min		$\frac{g}{mm^2}$ kg/mm ²	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
4,3	20 ÷ 425	45 ÷ 425	Paski klinowe 4nt.	8,6	8,2	1	24	2,5	13	Stal 20 X HRc 56 ÷ 62 Stal 40 X H _{RC} 45 ÷ 50	0,94	600	0,92	22	118	8,3	27,0 80,0 40,0	8,9 i 10	1	600	335	16,0	II III IV V VI	32	600	5,1	1380
						7	20	2,5	13		0,91	600	0,95	26	120	7,5			2	600	223	63,0					
						11	23	2,5	16		0,86	324 ÷ 580	0,97	25	122	14,7			3	324 ÷ 580	235	>80,0					
						13	16	4,25	25		0,82	159 ÷ 650	0,99	26	124	27,0			4	324 ÷ 580	540	63,0					
						15	17	4,25	25		0,79	61 ÷ 251	0,99	21	107	> 80,0			5	159 ÷ 650	560	32,0					
18	26	4,25	13	0,75	105 ÷ 425	0,99	30	119	40,0	6	159 ÷ 650	1140	16,0	20,0	61	10,2	3,3	20	21	22	23	24	25	26	27		
TABLICA VI. Wyniki obliczeń elementów napędu głównego i mechanizmu posuwu frezarki po modernizacji																											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	29	
7,8	37 ÷ 800	85 ÷ 800	Paski klinowe 4 szt.	15,5	14,1	7	20	2,5	13	Stal 20X H _{RC} 56 ÷ 62	0,91	1130	0,90	26	121	4,4	5,3 kola Nr 8/9 i 10	4 6 7	610 ÷ 1090 300 ÷ 1230 113 ÷ 475	525 1110 1020	32,0 6,3 10,0	V	45	115	9,9	1380	

2. Podwyższenie mocy napędu głównego frezarki.

Z tablicy V widać, że wytrzymałość i trwałość wszystkich elementów w wykonaniu przed modernizacją tj. przy silniku o mocy 4,3 kW i obrotach wrzeciona $20 \div 425$ obr/min — jest zupełnie wystarczająca, przy czym najsłabszym okazuje się koło zębate nr 7, którego czas trwania wynosi 7500 godzin (przy pracy ciągłej).

Na podstawie obliczeń zmęzeniowych koła nr 7 ze względu na trwałość na naciski powierzchniowe i zginanie zębów — ustalono moc silnika modernizowanej frezarki na 7,8 kW, przy czym moc ta może być wyzyskana na wrzecionie, począwszy od czwartego stopnia szybkości tj. od 85 obr/min.

Dla przekładu podany będzie tok obliczeń koła zębatego nr 11 i nr 7.

a. Obliczenie trwałości koła nr 11 ze względu na naciski powierzchniowe:

$$v = \frac{\pi \cdot m \cdot z \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{\pi \cdot 2,5 \cdot 23 \cdot 324}{1000 \cdot 60} = 0,98 \text{ m/sek}$$

$$p = \frac{75 \cdot N}{v} = \frac{75 \cdot 5}{0,98} = 384 \text{ kG}$$

$$u = 0,025 \cdot v \sqrt{\frac{A \cdot \Delta}{i}} = 0,74 \text{ kG/mm}$$

$$k_v = \frac{P}{P + u \cdot b} = \frac{384}{384 + 0,74 \cdot 16} = 0,97$$

$$P_c = \frac{180000}{z \cdot m} \sqrt{\frac{i+1}{i \cdot b} \cdot \frac{5}{324 \cdot 0,97}} = 122 \text{ kG/mm}^2$$

Dane do obliczeń
 $N = 5 \text{ KM}$
 $n = 324 \text{ obr/min}$
 $z = 23$
 $m = 2,5 \text{ mm}$
 $b = 16 \text{ mm}$
 $i = 2,04$
 $A = 87,5 \text{ mm}$
 $\Delta = 21$

Określenie współczynnika K_n . Pełna rozpiętość liczb obrotów koła nr 11 — $D = 1,75$, rozpiętość zaś D' , przy której koło pracuje ze stałym momentem, będzie różna zależnie od sposobu włączenia:

Przy napędzie wrzeciona parą kół nr 15 i nr 16 — koło nr 11 pracuje przy wszystkich trzech stopniach ze stałym momentem (przyjęto, że moc silnika może być wyzyskana począwszy od $n = 45$ obr/min) wtedy $D'_1 = 1,75$ i $K_{n1} = 1,05$ (z wykresu rys. 2 str. 318 Przeglądu Mechanicznego nr 11). Przy napędzie wrzeciona parą kół nr 17 i nr 18 — koło nr 11 pracuje na wszystkich trzech stopniach ze stałą mocą. Wtedy $D'_2 = 1$ i $K_{n2} = 0,82$.

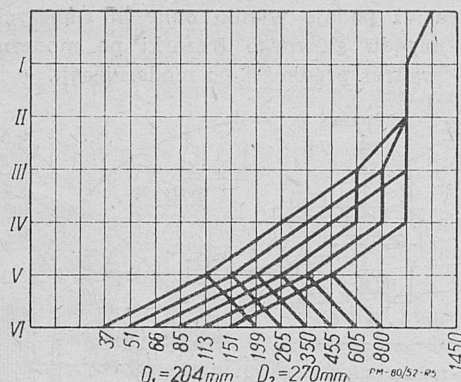
Ostatecznie

$$K_n = \sqrt[3]{\frac{1}{2}(K_{n1}^3 + K_{n2}^3)} = 0,95$$

Trwałość koła w godzinach przy założeniu pracy ciągłej:

$$T = \frac{1,67 \cdot 10^5}{n_{min}} \cdot \left(\frac{p_y}{P_c}\right)^6 \cdot \frac{1}{(K_N \cdot K_n)^3} = \frac{1,67 \cdot 10^5}{324} \cdot \left(\frac{165}{122}\right)^6 \cdot \frac{1}{(0,63 \cdot 0,95)^3} = 14700 \text{ godzin}$$

$K_N = 0,63$
 $n_{min} = 324$
 obr/min
 $p_y = 165$
 kG/mm^2



Rys. 5. Wykres prędkości frezarki po modernizacji.

b. Sprawdzenie naprężeń zginających w zębach koła nr 11

$$\sigma_g = \frac{455000 \cdot N}{m^2 \cdot z \cdot b \cdot y \cdot n \cdot k_v} = 25 \text{ kG/mm}^2 \quad y = 0,127$$

c. Obliczenie dopuszczalnej mocy silnika frezarki wg wykazanego w tablicy V „słabego” koła nr 7.

1. Ze względu na naciski powierzchniowe zakłada się, że wyzyskanie pełnej mocy silnika frezarki modernizowanej będzie możliwe począwszy od tego samego (licząc od obrotów najniższych) stopnia prędkości wrzeciona. Wówczas $K_n = K_{nm}$.

Koło Nr 7 pracuje w jednej z trzech przekładni między dwoma sąsiednimi wałkami, zatem najmniejszą dopuszczalną trwałość w godzinach pracy obrabiarki (przy pracy kolejnej a nie ciągłej) oblicza się ze wzoru:

$$T_m = (1,3 + 1,5) \frac{T'_m}{x}; \text{ przyjmując } T'_m = 3000 \text{ godzin}$$

$$T_m = \frac{1,5 \cdot 3000}{3} = 1500 \text{ godzin}$$

Moc dopuszczalna:

$$N_{max} = N_0 \cdot \frac{K_n}{K_{nm}} \sqrt[3]{\frac{T_0}{T_m} \left(\frac{n_m}{n_0}\right)^2} = 4,3 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{\frac{7500}{1500} \left(\frac{800}{425}\right)^2} = 11,2 \text{ kW}$$

2. Ze względu na zginanie zębów:

$$N_{max} = N_0 \cdot \frac{n_m}{n_0} \cdot \frac{k_g}{\sigma_g} = 4,3 \cdot \frac{800}{425} \cdot \frac{32}{26} = 10 \text{ kW}$$

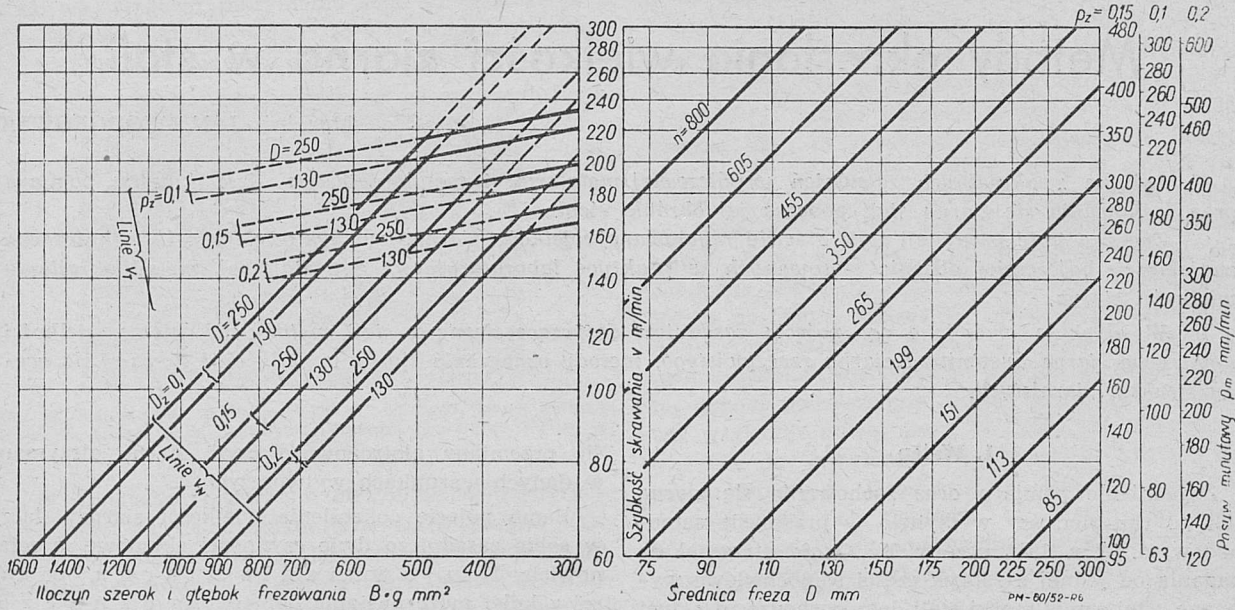
Przyjęto katalogową moc silnika frezarki modernizowanej $N = 7,8 \text{ kW}$.

d. Sprawdzenie trwałości koła nr 7 przy przyjętej mocy silnika $N = 7,8 \text{ kW}$ i $n_{max} = 800$ obr/min wrzeciona frezarki:

$$T_m = T_0 \left(\frac{n_m}{n_0}\right)^2 \cdot \left(\frac{K_n}{K_{nm}} \cdot \frac{N_0}{N_m}\right)^3 = 7500 \left(\frac{800}{425}\right)^2 \left(\frac{4,3}{1,8}\right)^3 = 4400 \text{ godzin}$$

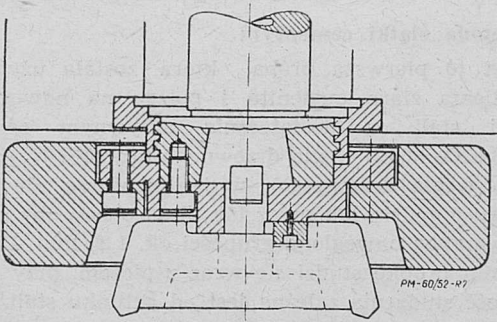
przy uwzględnieniu kolejnej pracy koła Nr 7, jego czas trwania w godzinach pracy obrabiarki wyniesie:

$$T'_m = T_m \cdot \frac{3}{1,5} = 8800 \text{ godzin}$$



Rys. 6. Wykres charakterystyczny frezarki po modernizacji;
 $N = 7,8 \text{ kW}$, $n = 800 \text{ obr/min}$.

3. Charakterystyka wydajności frezarki po modernizacji. Na rys. 6 podany jest wykres charakterystyczny frezarki zmodernizowanej zbudowany dla warunków podanych w p. 4b. Z porównania wykresów rys. 2 i rys. 3 widać znaczne rozszerzenie możliwości wykorzystania frezów z ostrzami ze spieków dla frezarki modernizowanej.



Rys. 7. Koło zamachowe osadzone na wrzecionie frezarki po modernizacji.

d. Modernizacja napędu posuwu frezarki

Największa szybkość posuwu omawianej frezarki, jak wynika z jej charakterystyki wynosi 770 mm/min . Próby wykazały, że szybkości tej nie można podwyższyć wskutek niedostatecznej sztywności zespołu konsoli i związanego z tym niebezpieczeństwa powstania silnych drgań. Dla podwyższenia tej sztywności wskazane jest zastosowanie podtrzymującej konstrukcji związującej konsolę z podstawą frezarki. Należy również wprowadzić dodatkową nakrętkę dla śruby pociągowej stołu frezarki w celu kasowania luzu.

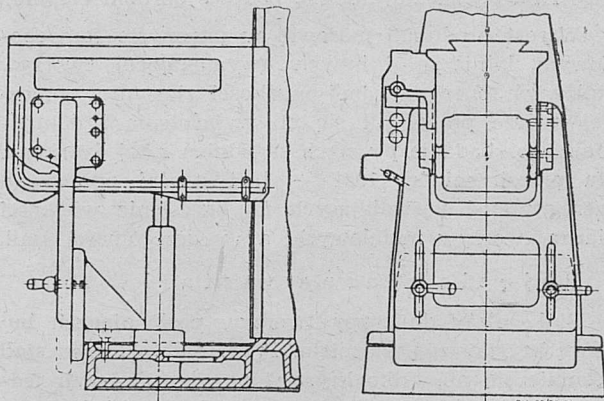
Eksploatacja frezarki pokazała, iż silnik szybkiego przesuwu pionowego konsoli jest przeciążony w czasie ruchu. Poleca się więc zastąpić go nowym o większej mocy.

e. Ostatecznie w modernizowanej frezarce wprowadzono następujące zmiany:

1. Napęd główny

Silnik o mocy $4,3 \text{ kW}$ zastąpiono nowym o mocy $7,8 \text{ kW}$,

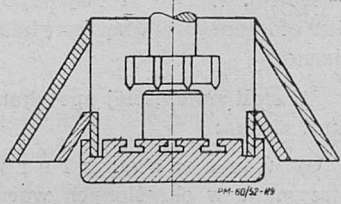
wymieniono na nowe koła paskowe silnika i pierwszego wałka mechanizmu napędu głównego, wymieniono przednie łożysko wrzeciona na nowe o podwyższonej dokładności, na wrzecionie osadzono koło zamachowe (rys. 7), wzmocniono stożkowy hamulec.



Rys. 8. Konstrukcja podtrzymująca konsolę frezarki.

2. Napęd posuwu

Wprowadzono dodatkową nakrętkę śruby pociągowej posuwu podłużnego stołu, dla kasowania luzu, wprowadzono konstrukcję podtrzymującą konsolę frezarki, związującą ją z podstawą maszyny (rys. 8),



Rys. 9. Osłona przed wiórami.

wymieniono silnik mechanizmu posuwu nowym, o większej mocy, ze względu na szybki przesuw pionowy.

3. Wprowadzono osłonę ochroniającą i odprowadzającą wióry (rys. 9).

ŹRÓDŁA

ENIMS: Modernizacji i racjonalnego ispolzowanie stankow dla raboty twirdymi splawami. Maszgiz 1950
D. N. Reszetow: Raschet dietalej stankow. Maszgiz 1945
P. P. Grudow i S. J. Wolkow: Stanki i instrument nr 7.1948

Metody określania wielkości ziarna w stali

Mgr inż. JAN CHODOROWSKI

Jednym z aktualnych zagadnień współczesnej metalurgii i metaloznawstwa jest kwestia pomiaru oraz zachowania się ziarna stali podczas jej obróbki cieplnej.

Znaczna ilość produkcji stali o ściśle regulowanej wielkości ziarna, wymaga od personelu technicznego znajomości, najczęściej obecnie stosowanych w praktyce laboratoryjnej i warsztatowej, metod określania wielkości ziarna.

W artykule omówione są: pojęcia zasadnicze dotyczące ziarna w stali, metody ujawniania wielkości umownego ziarna austenitu i ziarna rzeczywistego, metody oznaczania ziarna w stali, oraz nowa skala ocen strukturalnych.

1. Wstęp

Zagadnienie pomiaru oraz zachowania się ziarna stali po raz pierwszy wypłynęło w przemyśle samochodowym. W r. 1921 uczony *Mc Quaid* otrzymał do zbadania od jednej z fabryk części samochodowe wykonane z tej samej marki stali, lecz pochodzącej z dwu różnych wytopów. Stal jednego z tych wytopów po nawęglaniu ulegała dobremu zahartowaniu, podczas gdy z drugiego dawała w produkcji duże braki.

W poszukiwaniu przyczyn, które powodowały te różnice stwierdzono, że wielkość ziarna była decydującym czynnikiem wpływającym nie tylko na pewne właściwości mechaniczne stali, lecz również i na jej zachowanie się podczas obróbki cieplnej.

Wzrost produkcji masowej w przemyśle samochodowym, lotniczym i innych (wymagającej tworzyw stalowych o regulowanej wielkości ziarna) w znacznej mierze przyczynił się do wyjaśnienia i dokładniejszego zbadania pewnych zagadnień z tej dziedziny. Na przestrzeni lat 1921 ÷ 1951 uczeni opracowali szereg metod pozwalających na określenie wielkości ziarna tworzyw metalowych, a w szczególności stali.

Pojęcie ziarna w stali

Stal należy do grupy tworzyw posiadających budowę krystaliczną, ziarnistą. Przez nazwę *ziarno stali* rozumie się nie tylko kryształ pojedynczy, czyli jednorodną część składu strukturalnego, jednofazowego, jak ferryt, cementyt, austenit — zamkniętą granicznymi powierzchniami, lecz również kompleks danych jednostek strukturalnych niejednofazowych, np. perlit, ledeburyt, które wzajemnym ułożeniem i wyglądem robią wrażenie pewnej zamkniętej jednostki — ziarna. W tym szerszym pojęciu ugrupowanie perlitu otoczonego siatką ferrytu należy uważać także za ziarno.

W stali najczęściej spotykamy się z dwoma rodzajami ziarna:

a) **umowne ziarno austenitu**, otrzymane w określonych warunkach obróbki cieplnej (pomijając technologię wytwarzania stali), a istniejące przed przemianą alotropową w danej temperaturze wygrzewania, zależnej od gatunku badanej stali. Wielkość jego charakteryzuje indywidualna dla każdej stali skłonność ziarna austenitu, do rozrastania się pod wpływem temperatury,

b) **ziarno rzeczywiste**, przez które należy rozumieć budowę wytworzoną po dokonaniu

się przemiany alotropowej, czyli ziarno otrzymane w danych warunkach wytwórczych.

Samo pojęcie „określenie wielkości ziarna“ łączy w sobie zasadniczo dwie czynności składowe, a mianowicie: 1) **ujawnienie ziarna**, po której z kolei może nastąpić dopiero 2) **oznaczenie wielkości**.

2. Metody ujawniania umownego ziarna austenitu w stali

Umowne ziarno austenitu może być ujawnione:

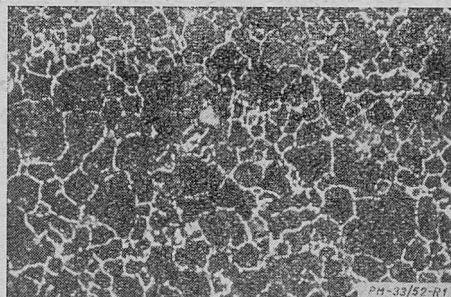
- a) za pomocą siatki cementytu (węglików),
- b) „ „ „ ferrytu,
- c) „ „ „ tlenków,
- d) „ „ „ trawienia martenzytu,
- e) „ „ „ trawienia na gorąco.

a. Metoda siatki cementytu

Jest to pierwsza próba, która została użyta do ujawnienia ziarna austenitu i polega na nawęglaniu próbki stali w dostatecznie aktywnym ośrodku ($40\% \text{BaCO}_3 + 60\% \text{węglu drzewnego}$ lub $30\% \text{Na}_2\text{CO}_3 + 70\% \text{węglu drzewnego}$), w temperaturze $930 \pm 15^\circ\text{C}$ w ciągu 8 godzin lub przez tak długi okres, aby otrzymać warstwę nawęgloną grubości ok. 1,25 mm. Po nawęgleniu próbkę studzi się wraz z piecem, przy czym szybkość studzenia zależna jest od gatunku stali. Próbę nawęglania należy przeprowadzać ściśle w warunkach podanych w normie PN/H-04512. Metoda ta jest znana w zagranicznej literaturze technicznej pod nazwą próby *Mc Quaid-Ehna*.

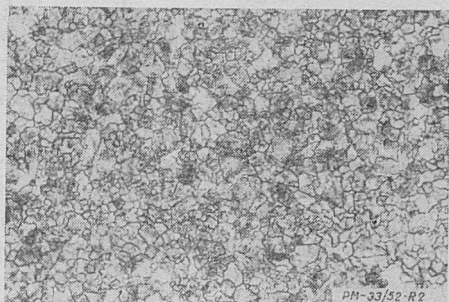
Nawęgloną próbkę należy przeciąć lub z jednej jej powierzchni czołowej zebrać warstwę grubości co najmniej 3 mm, następnie po wykonaniu szlifowania:

- 1) w 4% roztworze alkoholowym kwasu azotowego (rys. 1),



Rys. 1. Stal 0,32% C, 1,25% Cr, 3,60% Ni, 0,3% Mo — ziarno austenitu ujawnione metodą siatki cementytu. Trawienie w 4% roztworze alkoh. HNO_3 (pow. $\times 100$).

- 2) we wrzącym pikrynianie sodu (o składzie: 2 g kwasu pikrynowego + 25 g wodorotlenku sodu i 100 cm³ wody), w ciągu 10 ÷ 20 minut (rys. 2).



Rys. 2. Stal 0,35%C, 0,85%Cr, 1,50%Ni, 0,20%Mo, ziarno austenitu ujawnione metodą siatki cementytu. Trawienie we wrzącym pikrynianie (pow. $\times 100$).

W przypadku pierwszym otrzymuje się jasne granice ziarn na tle ciemnym (rys. 1), w drugim natomiast na odwrót tzw. siatka cementytu ciemno wytrawiona odpowiada granicom ziarn austenitu. Należy zaznaczyć, że trawienie przy pomocy pikrynianu sodu daje zazwyczaj lepszą wyrazistość obrazu, szczególnie w przypadku stali drobnoziarnistych. Metoda ta jest stosowana przeważnie dla stali do nawęglania oraz dla niektórych stali konstrukcyjnych o średniej zawartości węgla (do 0,4% C). Jest ona prosta, znalazła szerokie zastosowanie w praktyce, budzi jednak pewne zastrzeżenia z tego powodu, że na skutek długiego wygrzania próbki w temperaturze 930°C, może nastąpić w wielu przypadkach dalszy rozrost austenitu.

b. Metoda siatki ferrytu

Próbkę stali wygrzewa się w ciągu jednej godziny przy temperaturze o 30°C powyżej A_{c1} , a następnie wolno ochładza się. Podczas tego zabiegu na gra-



Rys. 3. Stal ok. 0,4% C i 1,5% Mn — ziarno austenitu ujawnione metodą siatki ferrytu. Trawienie w 2% roztworze alkoh. kwasu azotowego (pow. $\times 100$).

nicy ziarn austenitu wydziela się siatka ferrytu. Z tak obrobionej próbki należy zebrać warstwę materiału grubości 2 ÷ 3 mm, następnie wykonać zgląd i trawić w 2% roztworze alkoholowym kwasu azotowego, lub 5% roztworem alkoholowym kwasu pikrynowego. Metodę tę stosuje się dla stali podoitektoidalnych o zawartości 0,3 ÷ 0,5% C. Ziarno austenitu ujawnione przy pomocy siatki ferrytu pokazane jest na rys. 3.

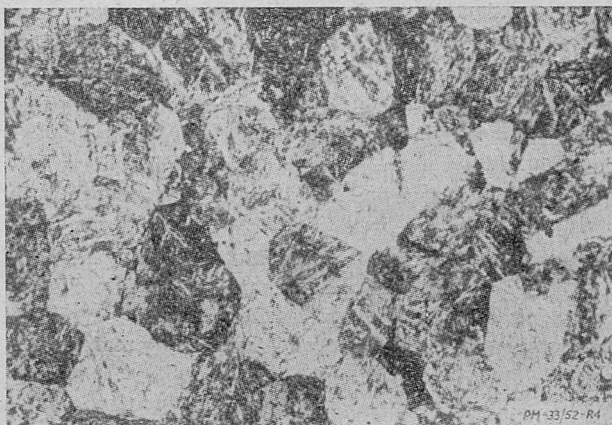
c. Metoda siatki tlenków

Na jednej z powierzchni próbki należy wykonać szlif kończąc jego przygotowanie na papierze ściernym nr 000. Tak przygotowaną próbkę wygrzewa się przez okres jednej godziny w temperaturze o 30°C powyżej A_{c3} , w atmosferze utleniającej (w dostępie powietrza), a następnie oziębia się ją w wodzie (10 ÷ -20°C) lub w 10% roztworze wodnym soli kuchennej. Utworzoną w ten sposób na powierzchni szlifowanej ciągłą warstwę tlenków należy usunąć przez powtórne lekkie przeszlirowanie jej na papierze nr 000, a następnie wykończyć zgląd. Trawienie powinno przeprowadzać się przez 2 do 10 minut w 15% roztworze alkoholowym kwasu solnego do tego momentu, dopóki powierzchnia zglądu nie stanie się matowa, względnie nawet szara. Możliwe jest również stosowanie do trawienia 4% roztworu alkoholowego kwasu azotowego. Granice ziarn austenitu zaznaczone są zebranymi łam tlenkami, lub siatką ferrytyczną, powstałą na skutek odwęglania. Metoda ta może być stosowana dla wszystkich gatunków stali.

d. Metoda trawienia martenzytu

1) Trawienie martenzytu otrzymanego przez hartowanie

W metodzie tej próbka zostaje nagrzana do temperatury hartowania, właściwej dla danego gatunku stali. Hartowanie należy przeprowadzać w takich ośrodkach, ażeby otrzymać pełną strukturę martenzytyczną. Ziarno austenitu ujawnia się przez niejed-



Rys. 4. Stal ok. 0,5% C — ziarno austenitu ujawnione metodą trawienia martenzytu. Trawienie w odczynniku Vilella (pow. $\times 100$).

nakowe zabarwienie pól na zglądzie wytrawionym odczynnikiem Vilella (1g kwasu pikrynowego, 5 cm³ kwasu solnego, 95 cm³ alkoholu etylowego). Celem otrzymania lepszej wyrazistości obrazu zabieg polerowania i trawienia należy powtórzyć dwu — lub kilkakrotnie (rys. 4).

2) Trawienie martenzytu otrzymanego przez hartowanie i odpuszczenie w niskiej temperaturze.

Metoda jest odmianą próby podanej pkt. 1). Odpuszczanie zwiększa kontrastowość pomiędzy ziarnami. Próbkę przygotowaną w sposób podany powyżej odpuszcza się przez wygrzanie jej w temperaturze ok. 230°C przez 15 minut. Dalszy tok postępowania jak w pkt. 1). Obie te metody mogą być stosowane do stali węglowych i stopowych o zawartości węgla większej od 0,30%.

e. Metoda trawienia na gorąco

Na jednej z powierzchni próbki wykonuje się zgląd polerowany, po czym próbkę nagrzewa się w próżni (dla ochrony przed utlenieniem), lub w kąpeli solnej złożonej z węglanów, do temperatury $40 \div 50^\circ\text{C}$ powyżej A_{c3} . Nagrzaną w ten sposób próbkę przenosi się szybko do kąpeli trawiącej o temperaturze $A_{c3} + 30^\circ\text{C}$, przetrzymując ją $2 \div 10$ minut, po czym ochładza się w nafcie, w której całkowicie zmywa się sól. Skład kąpeli solnej do trawienia: $1/3 \text{ BaCl}_2 + 1/3 \text{ CaCl}_2 + 1/3 \text{ NaCl}$. Po zupełnym ochłodzeniu próbki, zgląd należy przemyć wodą i osuszyć. Ziarna zaznaczają się ciemną siatką na jasnym tle struktury podstawowej. Metoda ta jest ogólna, stosowana dla wszystkich gatunków stali.

Z przytoczonych metod ujawniania umownego ziarna austenitu najszerze zastosowanie w dotychczasowej praktyce przemysłowej otrzymała metoda siatki cementytu oraz metoda trawienia martenzytu. Obie one odznaczają się znaczną prostotą i nie wymagają specjalnych urządzeń do ich realizowania, dzięki czemu mogą być stosowane prawie na każdym zakładzie.

Istnieje jeszcze wiele innych metod (trawienie gazem w wysokich temperaturach, nagrzewanie w próżni lub w atmosferze gazu obojętnego itp.), które jednak nie znalazły szerokiego rozpowszechnienia w praktyce bądź z powodu skomplikowanego procesu, bądź drogiego urządzeń, potrzebnych do ich wykonania.

3. Ujawnianie ziarna rzeczywistego stali

Ujawnianie ziarna rzeczywistego stali w porównaniu z ziarnem austenitu nie nastręcza tyle trudności i odbywa się w większości przypadków na drodze trawienia chemicznego lub elektrolitycznego. Cała trudność polega wyłącznie na właściwym doborze odczynnika i parametrów trawienia dla poszczególnych gatunków stali.

Jak już zaznaczono uprzednio, następną czynnością po ujawnieniu jest oznaczenie wielkości ziarna, tzn. wykonanie pomiarów i ocena wyników. Ponieważ w większości przypadków ujawnione ziar-

no jest niewidoczne gołym okiem, przeprowadza się jego oznaczanie pod mikroskopem przy większych powiększeniach.

Najbardziej prostym lecz zarazem i niedokładnym pomiarem (tylko w dużym przybliżeniu) wielkości ziarna, jest pomiar liniowy, tzn. oznaczenie wielkości ziarna za pomocą określenia jednego wymiaru (średnicy).

Praktyka laboratoryjna i warsztatowa posiada lepsze metody oznaczania ziarna, przy czym największe rozpowszechnienie z nich uzyskała metoda posługująca się skalą ASTM¹⁾ oraz próba hartowanych przełomów.

4. Oznaczanie wielkości ziarna przy pomocy skali ASTM

Przygotowany zgląd, z ujawnionym ziarnem za pomocą jednej z opisanych metod, ogląda się pod mikroskopem przy powiększeniu 100-krotnym. Wielkość ziarna oznacza się albo przez obliczanie ilości ziarn przypadającej na 1 cal kwadratowy na matówce mikroskopu lub na mikrofotografii przy powiększeniu 100-krotnym, albo przez porównanie tych obrazów z wzorcami skali ASTM. Wzorcami tymi mogą być naturalne mikrofotografie lub schematyczne siatki, obejmujące 8 zasadniczych numerów wielkości ziarna przy 100-krotnym powiększeniu (rys. 5).

Cała skala wielkości ziarn ASTM obejmuje 16 numerów, z czego numery od 1 do 8 stanowią skalę zasadniczą, zaś pozostałe (—3, —2, —1, 0, 9, 10, 11, 12) skalę dodatkową. Ostatnia wzorcowa skala wielkości ziarna (tablica I) zatwierdzona w r. 1939, opiera się na następujących zależnościach:

$$f = 500 \cdot 2^{N-1}$$

gdzie: f — rzeczywista wielkość ziarna w μ^2 (mikrony kw.); N — numer wielkości ziarna wg skali ASTM.

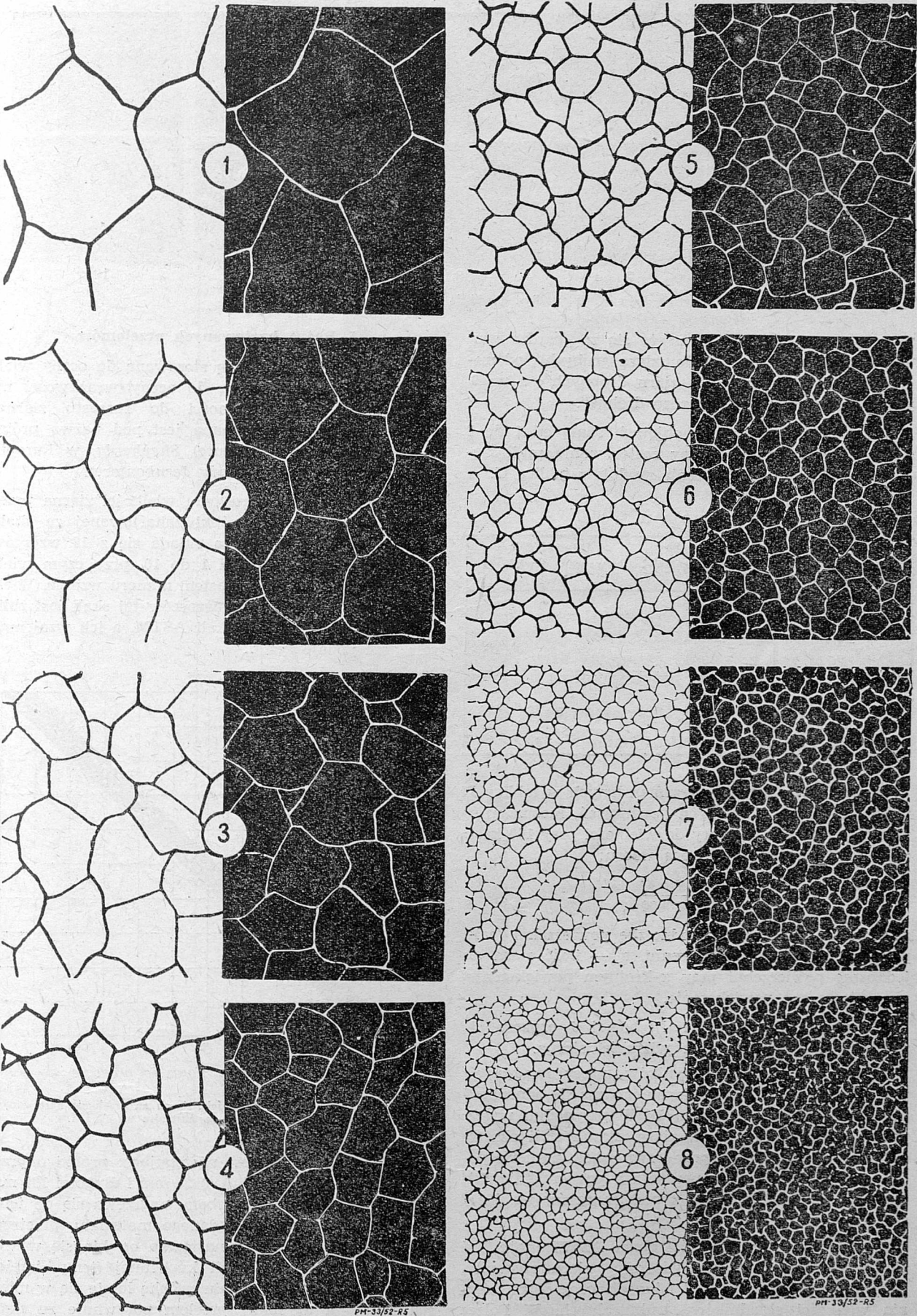
Wychodząc zaś z ilości ziarn n przypadającej na 1 cal kwadratowy przy 100-krotnym powiększeniu, to numer wielkości ziarna wg skali ASTM może być wyliczony z zależności:

$$n = 2^{N-1}$$

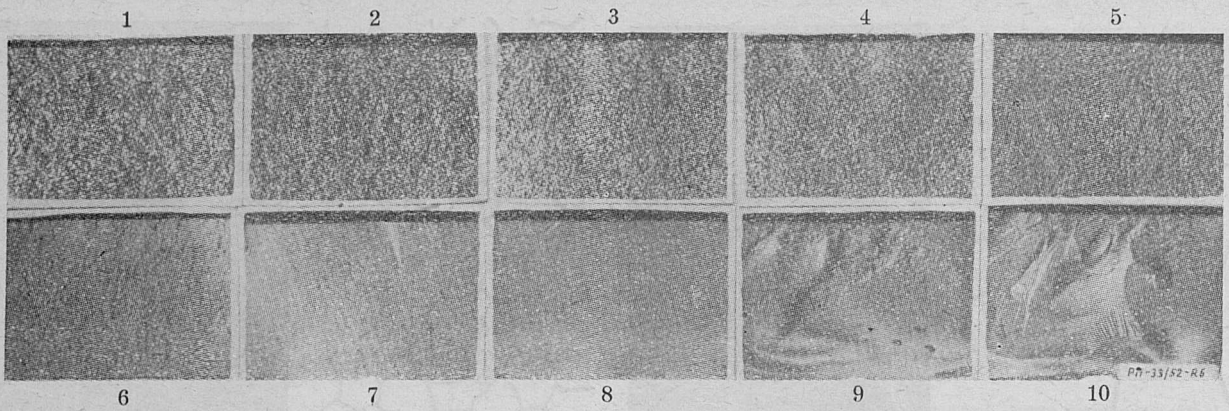
TABLICA I. Skala wielkości ziarn

Numer ziarna	Ilość ziarn na 1 cal kw. (odpowiada 6.45 cm^2) przy 100-krotnym pow. n			Wielkość powierzchni przekroju ziarna (w przybliżeniu) μ^2			Ilość ziarn na pow. 1 mm^2	Przybliżona ilość ziarn w obj. 1 mm^3	Powierzchnia granic ziarn w 1 mm^2 mm^2/mm^2
	średnia	największa	najmniejsza	średnia	największa	najmniejsza			
—3	0,06	0,09	0,05	1024000	1280000	640000	1	0,7	2,4
—2	0,12	0,19	0,09	512000	640000	320000	2	2	3,3
—1	0,25	0,37	0,19	256000	320000	160000	4	5,6	4,7
0	0,5	0,75	0,37	128000	160000	80000	8	16	6,7
1	1	1,5	0,75	64000	80000	40000	16	45	9,5
2	2	3	1,5	32000	40000	20000	32	128	13,4
3	4	6	3	16000	20000	10000	64	360	19
4	8	12	6	8000	10000	5000	128	1020	27
5	16	24	12	4000	5000	2500	256	2900	38
6	32	48	24	2000	2500	1200	512	8200	54
7	64	96	48	1000	1200	600	1024	23000	76
8	128	192	96	500	600	300	2048	65000	107
9	256	384	192	250	300	150	4096	185000	150
10	512	768	384	125	150	75	8200	520000	215
11	1024	1536	768	63	75	37	16400	1500000	300
12	2048	3072	1536	31	37	19	32800	4200000	430

¹⁾ American Society Testing Materials



Rys. 5. Schematyczna siatka określająca wielkość ziarn.



Rys. 6. Skala przełomów.

Ziarna nr —3, —2, —1, 0 uważa się za „bardzo grube“, od 1 do 4 zalicza się do „ziarn grubych“, od numeru 5 do 8 włącznie do „ziarn drobnych“, a nr 9, 10, 11, 12 uważa się za „bardzo drobne“.

Dla numerów ziarn nie objętych skalą od 1 do 8 przeprowadza się ocenę przy zastosowaniu mniejszego lub większego powiększenia zgodnie z tablicą II.

TABLICA II

Numer obserwowanego ziarna	Stosowane powiększenia przy obserwacji	Odpowiadający wzorzec o wielkości ziarna Nr
—3	25	1
—2	25	2
—1	50	1
0	50	2
9	200	7
10	200	8
11	400	7
12	400	8

Przy stosowaniu powiększeń podanych w tablicy II względnie nawet dowolnych powiększeń, można sprowadzić otrzymane pomiary do wielkości przy 100-krotnym powiększeniu za pomocą wzoru:

$$J = \frac{a \cdot x^2}{10000}$$

gdzie: J — ilość ziarn na jednostkę powierzchni (cm^2) przy 100-krotnym powiększeniu, a — ilość ziarn na jednostkę powierzchni przy x -krotnym powiększeniu, x — stosowane powiększenie.

Na podstawie wartości liczbowej J oznacza się z tablicy I odpowiadający numer wielkości ziarna.

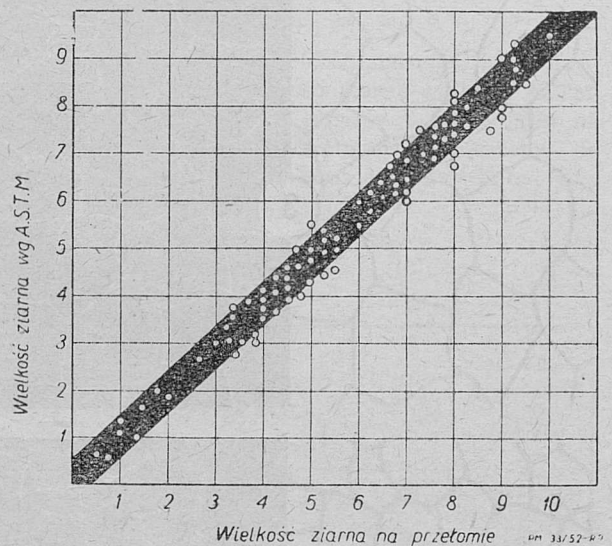
Ocenę otrzymanych wyników przeprowadza się w ten sposób, że wielkość ziarna oznacza się odpowiednim numerem skali (tablica I). W przypadku występowania dwóch rozmiarów ziarn, ziarna stali określa się dwoma numerami, przy czym obok numeru podaje się orientacyjnie w procentach powierzchnię zajmowaną ziarnami każdego z tych numerów np. Nr 2 (20), Nr 7 (80).

Skala numerów wielkości ziarn ASTM może być stosowana do oznaczania wielkości ziarn austenitu, ziarn rzeczywistych w stali i innych oraz do określania wielkości składników strukturalnych. W Polsce próba ta została ujęta w projekcie normy PN/H-04507.

5. Próba hartowanych przełomów

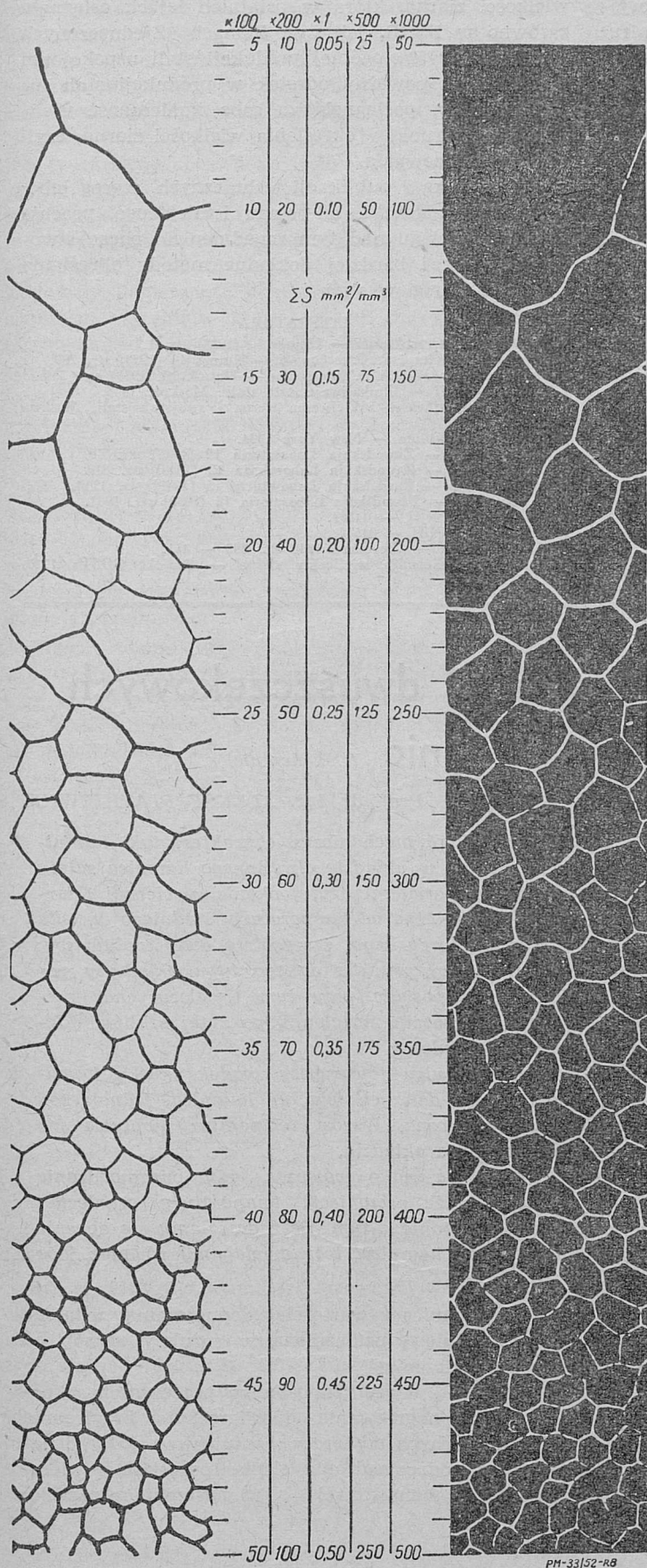
Próba ta jest najstarszą stosowaną do oceny wielkości ziarn austenitu oraz do oceny wrażliwości na przegrzanie, czyli skłonności do rozrostu ziarna. W Ameryce Północnej znana jest pod nazwą próby $P - F$ (penetration-fracture) *Shepherd*, w Europie natomiast pod nazwą metody *Jernkontoret*.

Próba polega na określeniu wielkości ziarna przez porównanie przełomu próbki zahartowanej ze skalą wzorców (rys. 6). Skala ta składa się z 10 wzorców oznaczonych numerami od 1 do 10, przy czym wielkość ziarna maleje ze wzrostem numeru wzorca. Wielkość ziarn poszczególnych wzorców tej skali jest zbliżona do wielkości ziarn skali ASTM, a ich wzajemną zależność podaje rys. 7.



Rys. 7. Zależność pomiędzy wielkością ziarna na przełomie hartowanych prób, a wielkością ziarna austenitu wg ASTM.

Wykonanie próby jest następujące: próbki o przekroju ok. 20×20 mm lub $\phi 20$ mm i długości 100 mm z naciętym po środku karbem, nagrzewa się do temperatury hartowania dla danego materiału, przetrzymuje się ok. 10 min., a następnie oziębia się w wodzie z dodatkiem 5% soli kuchennej (temp. kąpieli pokojowa). Po zahartowaniu próbkę łamie się w miejscu karbu, a uzyskany przełom porównuje ze skalą wzorców. Wielkość ziarna próbki określa się nume-



Rys. 8. Skala oceny struktur ziarnistych wg A. S. Saltykowa.

rem tego wzorca, do którego najbardziej zbliżony jest przełom badanej próbki. Przy ziarnie pośrednim znajdującym się pomiędzy wzorcami, określa się go numerem niższym z dodaniem ułamka 1/2.

Skalę hartowanych przełomów (Jernkontoret) można stosować również do określania wielkości rzeczywistego ziarna w stali. W tym ostatnim przypadku po nacięciu karbu w próbce, łamie się ją nie przeprowadzając uprzednio żadnej obróbki cieplnej lub innych zabiegów. Dalszy tok postępowania identyczny z opisanym uprzednio.

Próbę hartowanych przełomów (oznaczania wielkości umownego ziarna austenitu na przełomie) stosuje się do stali węglowych i niskostopowych o zawartości węgla co najmniej 0,5%.

Zaletą tej metody jest jej szybkość, prostota wykonania oraz duża dokładność w ocenie wielkości ziarna. W Polsce próba ta ujęta została w normie PN/H-04514.

Prócz wyżej wymienionych metod oznaczania wielkości ziarna w stali, istnieją jeszcze inne jak np. metoda siecznych, metody na drodze radiograficznej i magnetycznej. Wszystkie one jednak nie znalazły szerszego zastosowania w praktyce, ponieważ niektóre z nich wymagają drogich urządzeń, inne natomiast jak np. metoda siecznych mimo, że daje dobre i dokładne rezultaty nie jest jednak tak prosta i dogodna jak skala ASTM lub hartowanych przełomów.

6. Nowa skala oceny struktur ziarnistych

W ostatnich latach dokładną analizę skali ASTM przeprowadził radziecki uczonec S. A. Saltykow, znajdując w niej szereg wad i niedokładności, z których najważniejsze wg niego są:

- 1) Brak stałej zależności pomiędzy wielkością ziarna będącego usytuowaniem przestrzennym, a jego średnią wielkością oznaczaną (wg ASTM) z ilości ziarn widocznych w pewnej określonej płaszczyźnie obserwacji, będącej zarazem płaszczyzną przekroju tych ziarn.
- 2) Oznaczenie wielkości ziarna przeprowadza się zasadniczo oderwanym numerem skali.
- 3) Stopniowy charakter skali ASTM pozwala tylko na przybliżone oznaczenie wielkości ziarna.
- 4) Sama skala w odniesieniu do formuły, na której jest oparta wykazuje niedokładności, które nie powinny mieć miejsca w skali wzorcowej.

S. A. Saltykow opracował nową skalę oznaczania struktur ziarnistych, w której za podstawę oceny wielkości ziarna przyjął jednostkową (właściwą) powierzchnię ziarn, będącą sumą wszystkich powierzchni ziarn znajdujących się w 1 mm³ danego tworzywa metalicznego.

Skala ta pokazana na rys. 8 służy do szybkiego oznaczania wielkości ziarna w praktyce laboratoryjnej, z wystarczającą dokładnością dla zagadnień ruchowych.

W odróżnieniu od skali ASTM posiadającej osiem oddzielnych rysuneków, w której wielkość ziarna zmienia się skokowo, przytoczona skala podaje wielkość ziarna, w której przechodzi się stopniowo od ziarn największych (w górnej części rysunku) do najmniejszych (w części dolnej). Poza tym skala podaje bezpośrednio wielkość ziarn przy pomiarze dla powiększeń 100, 200, 500 i 1000-krotnym. Przeprowadzając pomiar przy dowolnym powiększeniu (z założeniem, że badane ziarno nie wykracza poza skalę wzorcową), wielkość oznacza się w rubryce dla powiększeń $\times 1$, a otrzymany wynik należy mnożyć przez dane powiększenie mikroskopu (np. $\Sigma S = 0,35 \times 130 = 45,5 \text{ mm}^2/\text{mm}^3$).

Należy nadmienić, że wszystkie opisane metody zarówno ujawniania, jak i oznaczania wielkości ziarna nie są w zasadzie metodami doskonałymi, odtwarzającymi jednoznacznie istotną wielkość ziarna w stali, będącego w zasadzie wielkością trójwymiarową.

Ciągle wzrastająca produkcja stali o regulowanej wielkości ziarna, która w ostatnich latach osiągnęła zarówno w ZSRR, jak i w Stanach Zjednoczonych A. P. około 75% ogólnej produkcji stali uspokojonej i stanowiąca poważny odsetek w produkcji stali innych państw, pociągnęła za sobą konieczność ujednolicenia warunków określania wielkości ziarna, czyli ich znormalizowania.

Jak wynika z publikacji technicznych, szereg laboratoriów niezależnie od stanu istniejącego, pracuje w dalszym ciągu nad tym zagadnieniem chcąc stworzyć szybsze i bardziej dokładne metody określania wielkości ziarna w stali.

LITERATURA

- A. Skąpski i S. Orzechowski — Hutnik 10 (1938) str. 1.
 A. Skąpski, W. Kita i S. Orzechowski — Hutnik 10 (1938) str. 209.
 I. Feszczenko-Czopiński i B. Stengenda — Hutnik 10 (1938) str. 559.
 L. S. Kozłowski — Prokaliwajemost' stali, Moskwa 1945.
 I. F. Bolchowitnikow — Wieliczina ziarna i swojstwa stali, Moskwa 1945.
 Grain Size Symposium — New York 1934.
 S. A. Saltykow — Zawodskaja Laboratoria 12 (1946) str. 79.
 S. A. Saltykow — Zawodskaja Laboratoria 12 (1946) str. 816.
 S. A. Saltykow — Zawodskaja Laboratoria 15 (1949) str. 1114.
 S. A. Saltykow — Zawodskaja Laboratoria 16 (1950) str. 1084.
 Projekt normy PN/H — 04507.
 Projekt normy PN/H — 04514.
 Metals Handbook — Cleveland 1948 str. 399 — 411.
 Metodika opriedielenija wielicziny ziarna — Projekt GOSTa 1946.

Uwagi o obliczaniu konstrukcji dwuszcękowych hamulców dźwignic (Dokończenie)

Prof. dr inż. ALEKSY PIĄTKIEWICZ

W numerze 4/52 „Przeglądu Mechanicznego“ zostały omówione mechaniczne charakterystyki hamulców dwuszcękowych. Przewidywany skutek hamowania wywołany w układzie określonego hamulca zależy od wartości współczynnika tarcia μ_0 występującego pomiędzy materiałami użytej okładziny cierniej i tarczy hamulcowej. Liczne badania¹⁾ wykazały, że wartość μ_0 jest zależna od temperatury, średniego docisku oraz względnej szybkości współpracujących ze sobą powierzchni, przy czym szczególnie duży wpływ wywiera wzrost temperatury. Przekroczenie pewnej granicznej temperatury dla danego typu okładziny powoduje szybki spadek wartości μ_0 . Utrata właściwości ciernych posiada przy tym trwalszy charakter, gdyż przywrócenie pierwotnej wielkości μ_0 następuje dopiero po zdarciu zwęglonej, pokrytej szklawem lepiszcza warstwy okładziny, utworzonej w okresie przegrzania hamulca.

Przekroczeniu zatem temperatury granicznej w każdym hamulcu towarzyszy spadek skutku hamowania, osiągającego swoją pierwotną wielkość stopniowo, podczas dalszych włączeń hamulca, jednak pod warunkiem, że nie zostanie wówczas osiągnięta temperatura graniczna. Wzrost temperatury wpływa nie tylko na spadek wartości μ_0 , lecz powoduje również wzrost zużycia okładzin.

Niezawodna i ekonomiczna praca hamulca jest więc możliwa tylko wówczas, gdy odprowadzanie ciepła wywiązującego się przy hamowaniu będzie tak intensywne, że osiągnięcie temperatury granicznej w zadanych warunkach użytkowania zostanie uniemożliwione. Zgodnie z tym nie zadawaliśmy się obecnie obliczeniami, dotyczącymi wyłącznie mechanicznej charakterystyki hamulca, lecz wymagamy również jego sprawdzenia cieplnego.

II. Ciepłota charakterystyka hamulca.

Praca hamulca jako zespołu służącego do przetwarzania energii mechanicznej w ciepłą oddawana była przedmiotem badań, mających na celu ujęcie w możliwie proste reguły postępowania przy sprawdzaniu cieplnym.

Najprostsza z tych reguł²⁾ polega, jak wiadomo, na porównaniu jednostkowej pracy tarcia $\mu p v$ obli-

czanego hamulca z wartością dopuszczalną, ustaloną doświadczalnie i uzależnioną w zgrubny sposób od jego przeznaczenia.

Kutzbach¹⁾ wiąże jednostkową pracę tarcia z powierzchnią nagrzewania (powierzchnia przylegania okładzin ciernych do tarczy hamulcowej — F_n) i powierzchnią odprowadzania ciepła (pozostała powierzchnia tarczy hamulcowej — F_{ch}) następującą zależnością

$$\mu p v \leq k \frac{F_{ch}}{F_n}$$

²⁾ Krell R. „Entwerfen im Kranbau“.

¹⁾ Kutzbach K. „Prüfung von mechanischen Bremsen und Bremsbelägen“, VDI 1933 r.

Bellmann H. „Beitrag zur Prüfung von Bremsbelägen usw.“ Diss Niemann G. „Bremsbeläge und Bremstrommeln, Stand der Forschung“, VDI 1942.

gdzie k jest współczynnikiem doświadczalnym, przyjmowanym zależnie od sposobu pracy hamulca (hamulce wstrzymujące $k = 0,4$, zatrzymujące $k = 0,8$).

Inne metody robocze cechuje dążenie do dokładniejszego ujęcia wpływu warunków pracy na wielkość cieplnego obciążenia hamulca.

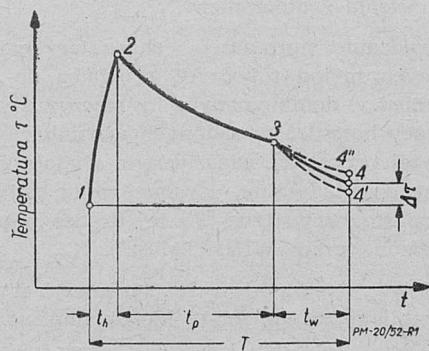
Takie postępowanie stało się nieodzowne na skutek zwiększenia sprawności i szybkości ruchów roboczych współczesnych dźwignic. Wywołane tym zwiększenie mechanicznych obciążeń układów hamulcowych przy występującej równocześnie znacznej różnorodności natężenia ruchu i ilości włączeń na godzinę spowodowały konieczność dokładniejszego zróżnicowania cieplnych warunków pracy układu, dla zapewnienia niezawodnego i ekonomicznego działania hamulca w zadanych warunkach użytkowania.

Aby to wyjaśnić bliżej, rozpatrzmy warunki nagrzewania i stygnięcia hamulca dwuszczkowego przy pracy przerywanej.

W okresie hamowania całe ciepło równoważne pracy hamowania rozdziela się na 3 strumienie: podwyższający temperaturę tarczy hamulcowej, podwyższający temperaturę dalszych części układu hamulca oraz oddany otoczeniu przez promieniowanie i przewodzenie.

Wzrost temperatury w okresie hamowania będzie więc tym większy im większa jest praca hamowania i im mniejsza jest pojemność cieplna tarczy hamulcowej, gorsza przewodność cieplna okładzin oraz mniejsza powierzchnia układu.

Na wykresie rys. 1 krzywa 1 — 2 przedstawia wzrost temperatury tarczy hamulcowej. W okresie



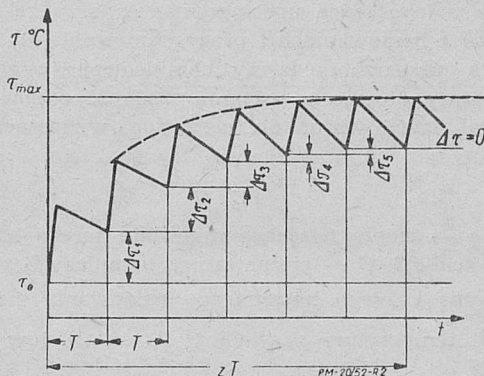
Rys. 1. Ciepłota charakterystyka hamulca.

postoiu (t_p) stygnięcie tarczy hamulcowej i okładzin przebiega wg wspólnej krzywej 2 — 3. W czasie włączenia mechanizmu (hamulec zluźniany) wobec wzrostu współczynnika przejmowania ciepła przebieg stygnięcia będzie intensywniejszy niż zachodziłoby to przy tych samych różnicach temperatur w okresie postoiu tarczy hamulcowej. Okładziny cierne wobec ruchu powietrza, wywołanego obrotem tarczy, będą również stygać szybciej, jednak nie tak intensywnie jak tarcza hamulcowa. Dlatego krzywe stygnięcia w czasie włączenia mechanizmu będą różne: dla tarczy hamulcowej 3 — 4', dla okładzin 3 — 4''.

Wobec małości różnicy temperatur odpowiadających punktom 4' i 4'' można przyjąć dla tarczy hamulcowej i okładzin ciernych pewną średnią

temperaturę, odpowiadającą zakończeniu okresu stygnięcia. Krzywa 3 — 4 odpowiada takiemu założeniu.

Ogólnie więc, przebieg zmian temperatury dla tarczy hamulcowej można zobrazować łamaną, przedstawioną na wykresie rys. 2, odpowiadającą przerywanej pracy hamulca przy cyklu $T = t_h + t_p + t_w$. Ponieważ poszczególne części tej łamanej są funkcjami wykładniczymi, przyrosty temperatury $\Delta\tau$, odpowiadające kolejno po sobie następującym hamowaniom maleją, i po n hamowaniach następuje zrównanie początkowych temperatur dla wszystkich dalszych włączeń hamulca, czyli $\Delta\tau = 0$.



Rys. 2. Przebieg nagrzewania się tarczy hamulcowej przy z w/h.

Maksymalna temperatura, osiągnięta przez tarczę hamulcową, nie ulega od tej chwili dalszemu podwyższaniu i całe ciepło, równoważne pracy jednego hamowania, zostaje oddane otoczeniu w czasie T . Następuje więc stabilizacja cieplnych warunków pracy hamulca, odpowiadająca jednak ściśle określonej charakterystyce użytkowej.

Wpływa stąd wniosek, że z każdą charakterystyką użytkową jednego i tego samego hamulca jest związana określona temperatura maksymalna, odpowiadająca stabilizacji cieplnych warunków pracy układu.

Badania przeprowadzone przez WNIPTMasz³⁾ wykazały, że temperatura obwodu tarczy hamulcowej odpowiada w okresie nagrzewania hamulca temperaturze okładzin ciernych. Zgodnie z tym, cieplne sprawdzenie hamulca powinno być oparte na przeprowadzeniu dowodu, że maksymalna temperatura osiągnięta przez tarczę hamulcową w zadanych warunkach użytkowania nie przekracza granicznej, ustalonej doświadczalnie dla przyjętej okładziny cierniej. Dokładne ustalenie zależności obliczeniowych oparte na omówionych krzywych, prowadzi do związków o skomplikowanej postaci, utrudniającej zastosowania praktyczne.

Z tej przyczyny powstały metody przybliżone, oparte na różnych założeniach upraszczających, takich jak:

a) przyjęcie, wobec małości okresu t_h w stosunku do $t_p + t_w$ oraz małej przewodności cieplnej okładzin ciernych, że całe ciepło wywiązane podczas hamowania powoduje nagrzewanie tarczy hamulcowej;

³⁾ Aleksandrow M. „Kranowye tormozy s elektricheskim i gidrawliczeskim uprawleniem“ WNIPTMasz, zeszyt 6, Maszgit 1950.

b) nieuwzględnianie różnic temperatur punktów tarczy hamulcowej, wynikających z jej określonej przewodności cieplnej;

c) założenie zgodnie z punktem a), że wymiana ciepła jest dokonywana wyłącznie za pośrednictwem tarczy hamulcowej;

d) założenie, że po stabilizacji cieplnych warunków pracy hamulca wymiana ciepła z otoczeniem zachodzi przy stałej różnicy temperatur.

Dla wyjaśnienia sposobu postępowania przy cieplnym sprawdzaniu hamulca metodami uproszczonymi mogą posłużyć zależności proponowane przez Kifera i Abramowicza⁴⁾ oraz przez Ernsta⁵⁾.

Metoda proponowana przez Kifera i Abramowicza zawiera daleko idące uproszczenia. Autorzy zakładają, że po z hamowaniach i pracy hamowania A_h temperatura przegrzania tarczy hamulcowej (względem temperatury otoczenia) osiągnie wielkość odpowiadającą stabilizacji warunków cieplnych, wynoszącą

$$\tau = \frac{z \cdot A_h}{427 c G}$$

gdzie: c — ciepło właściwe materiału tarczy hamulcowej, kcal/kg, G — ciężar tarczy hamulcowej w kg.

Podczas każdego następnego hamowania nastąpi przyrost temperatury o wielkość $\Delta\tau = \frac{\tau}{z}$, i w konsekwencji temperatura maksymalna

$$\tau_{max} = \tau + \frac{\tau}{z} + \tau_0$$

zaś temperatura średnia

$$\tau_{sr} = \tau + \frac{\tau}{2z} + \tau_0$$

gdzie τ_0 — temperatura otoczenia.

Ponieważ po stabilizacji cieplnych warunków pracy hamulca całe ciepło wywiązane przy hamowaniu musi być oddane otoczeniu w czasie $T = t_p + t_w$, przeto

$$\frac{A_h}{427} = \alpha F (\tau_{sr} - \tau_0) (t_p + t_w)$$

gdzie: α — współczynnik przejmowania ciepła, obliczony dla średniej szybkości tarczy hamulcowej (w okresie T) w kcal/m² °C sek, F — czynna powierzchnia tarczy hamulcowej w m².

Podane wyżej zależności umożliwiają obliczenie τ_{sr} oraz τ_{max} względnie wyznaczenie ilości włączeń z , po których zostanie osiągnięta określona temperatura maksymalna. Wobec przyjęcia przez autorów, że przyrosty temperatury, odpowiadające kolejno po sobie następującym hamowaniom, są związane zależnością liniową (równanie wyjściowe), co odpowiada nagrzewaniu tarczy hamulcowej do temperatury $\tau + \tau_0$, bez wymiany ciepła z otoczeniem, wyniki uzyskane tą metodą są przesadnie niekorzystne w stosunku do rzeczywistości występujących.

Ernst proponuje odmienny sposób sprawdzania, polegający na porównaniu ilości ciepła Q_{dop} , jaką tarcza hamulcowa może oddać otoczeniu po osiągnię-

ciu temperatury dopuszczalnej dla przyjętej okładziny czarnej z ciepłem równoważnym pracy jednego hamowania. Zapewnienie właściwej pracy obliczanego hamulca w zadanych warunkach użytkowania sprowadza się więc do spełnienia nierówności

$$Q_{dop} \geq \frac{A_h}{427}$$

Jeżeli oznaczyć przez: z — ilość hamowań/godz, A_h — praca jednego hamowania w kGm, F — czynna powierzchnia tarczy hamulcowej, α — współczynnik przejmowania ciepła tarczy hamulcowej, znajdującej się w spoczynku w kcal/m² °C sek, β — współczynnik przejmowania przy tarczy hamulcowej, znajdującej się w ruchu w kcal/m² °C sek, k — stała promieniowania dla powierzchni tarczy hamulcowej, τ_{dop} — dopuszczalna temperatura dla przyjętej okładziny czarnej w °C, τ_0 — temperatura otoczenia,

$$P = \frac{t_w}{t_w + t_p} \text{ — względny czas włączenia mecha-}$$

nizmu — to warunek proponowany przez Ernsta można napisać w postaci rozwiniętej jako

$$\frac{A_h \cdot z}{427} \leq (1 - P) (\tau_{dop} - \tau_0) \alpha F + P (\tau_{dop} - \tau_0) \sum \beta_i F_i + \left[\left(\frac{273 + \tau_{dop}}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + \tau_0}{100} \right)^4 \right] \sum k_i F_i$$

Metoda proponowana przez Ernsta nie uwzględnia więc szczytów temperatury, występujących w końcowym okresie każdego hamowania oraz posiada usterki wszystkich sposobów postępowania, opartych na przyjęciu niezmienniej różnicy temperatur przy wymianie ciepła z otoczeniem.

Wprowadzanie uproszczeń, charakterystyczne dla analitycznych metod roboczych prowadzi do rozbieżności pomiędzy domniemanym a rzeczywistym sposobem pracy hamulca w zadanych warunkach użytkowania. Z tej przyczyny właściwszym wydaje się oparcie o dane doświadczalne, uzyskane przy badaniu hamulców znormalizowanych. Po tej drodze poszły prace prowadzone przez WNIPTMasz³⁾.

Wyjściowe równanie różniczkowe stanowiące chwilowy bilans cieplny ciała można napisać jako

$$Q dt = c G d\tau + \alpha F \tau dt$$

skąd

$$\tau = \frac{Q}{\alpha F} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \tau_0 e^{-\frac{t}{T}}$$

gdzie $T = \frac{cG}{\alpha F}$ stanowi tzw. stałą czasu nagrzewania

i określa czas, w którym ciało osiąga temperaturę odpowiadającą stabilizacji warunków cieplnych w założeniu, że nagrzewanie zachodzi bez wymiany ciepła z otoczeniem.

Z uwagi, że przy $t \rightarrow \infty$; $\tau \rightarrow \tau_{max} = \frac{Q}{\alpha F}$ otrzymuje-

my równanie zasadnicze krzywej nagrzewania hamulca przy stałym doprowadzaniu ciepła

$$\tau = \tau_{max} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \tau_0 e^{-\frac{t}{T}}$$

⁴⁾ Kifer i Abramowicz „Gruzopodjomnyje maszyny“ t. I Maszgis, 1948

⁵⁾ Ernst H. „Die Hebezeuge“ Braunschweig 1950.

W przebiegu rzeczywistym krzywa nagrzewania jest inna, co wynika ze zmienności współczynnika przejmowania ciepła (funkcja szybkości), oraz F (inna powierzchnia czynna przy hamulcu zluźowanym), jak również i dlatego, że temperatura poszczególnych punktów powierzchni czynnej jest różna i uzależniona od przewodności cieplnej elementów hamulca.

W wyniku, stosowanie omawianej zależności staje się możliwe jedynie w oparciu o uzyskane na drodze doświadczalnej wielkości τ_{max} i T_{sr} , odpowiadające różnym cieplnym warunkom pracy hamulca, określonym daną charakterystyką użytkową.

Wykres na rys. 3 przedstawia przebiegi krzywej teoretycznej oraz rzeczywistych krzywych dla hamulca dwuszczkowego o średnicy tarczy $D_h = 200$ mm, przy okładzinie typu B, uzyskanych przy prawie stałej pracy hamowania A_h i różnych średnich dociskach (badania WNIPTMasz).

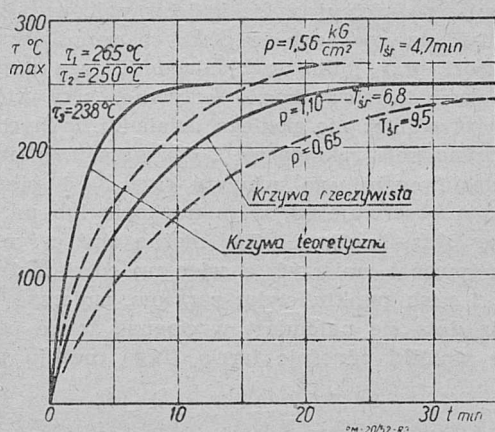
Ustalenie wielkości τ_{max} i T_{sr} (dla eksperymentalnej krzywej nagrzewania hamulca w zadanych warunkach użytkowania) zezwala na stosowanie zależności roboczych w następującej postaci: temperatura osiągnięta przez hamulec po z włączeniach i pracy przy względnym obciążeniu γ oraz czasie cyklu, wynoszącym t

$$\tau = \gamma \tau_{max} \left(1 - e^{-\frac{zt}{T_{sr}}} \right),$$

względnie ilość włączeń hamulca, powodująca osiągnięcie określonej temperatury τ_1 przez okładziny ciernie

$$z = \frac{T_{sr}}{t} \ln \frac{\gamma \tau_{max}}{\gamma \tau_{max} - \tau_1}$$

Przykład cieplnej charakterystyki hamulca znormalizowanego, przeliczonej przez WNIPTMasz na podstawie doświadczeń przedstawia wykres na rys. 4.



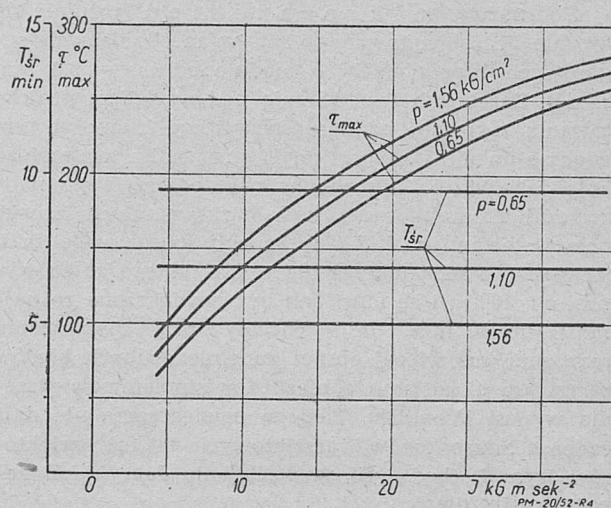
Rys. 3. Przebieg krzywych nagrzewania się tarczy hamulcowej, teoretyczny i rzeczywisty.

Wpływ poszczególnych parametrów na charakterystykę cieplną hamulca wg badań WNIPTMasz jest następujący;

a) wzrost docisku średniego powoduje zmniejszenie T_{sr} i zwiększenie τ_{max} (rys. 3), co jest wywołane skróceniem czasu hamowania przy wzroście p_{sr} i niewielkim wzrostem pracy hamowania z powodu zmniej-

szczenia energii kinetycznej, zużytej na pokonanie oporów tarcia w mechanizmie;

b) zmiany wielkości momentu bezwładności hamowanych mas przy stałej ilości włączeń/godz., niezmiennym docisku średnim i obrotach nominalnych prawie nie zmieniają wartości średniej stałej nagrzewania



Rys. 4. Charakterystyka cieplna hamulca ($D_h = 200$ mm) przy okładzinie typu B; 280 w/h $n_{max} = 900$ obr/min (badania WNIPTMasz).

T_{sr} i wpływają w stosunku bliskim prostej proporcjonalności na wielkość temperatury maksymalnej τ_{max} , osiąganej przez hamulec;

c) zwiększanie ilości włączeń/godz. w dużym stopniu wpływa na zmniejszenie T_{sr} i wzrost τ_{max} ;

d) stosowanie żeber chłodzących na tarczy hamulcowej znacznie zwiększa T_{sr} i umożliwia zmniejszenie maksymalnej temperatury, osiąganej przez układ z tarczą nieuźebrowaną o 25 ÷ 30%;

e) przy zachowaniu stałego momentu hamującego zmniejszenie kąta opasania tarczy przez klocek hamulcowy z 90° do 60° powoduje wzrost temperatury o ok. 8,5%;

f) zmniejszenie szerokości klocka przy stałym momencie hamującym i kącie opasania prowadzi do polepszenia warunków chłodzenia (brak ściślejszych danych).

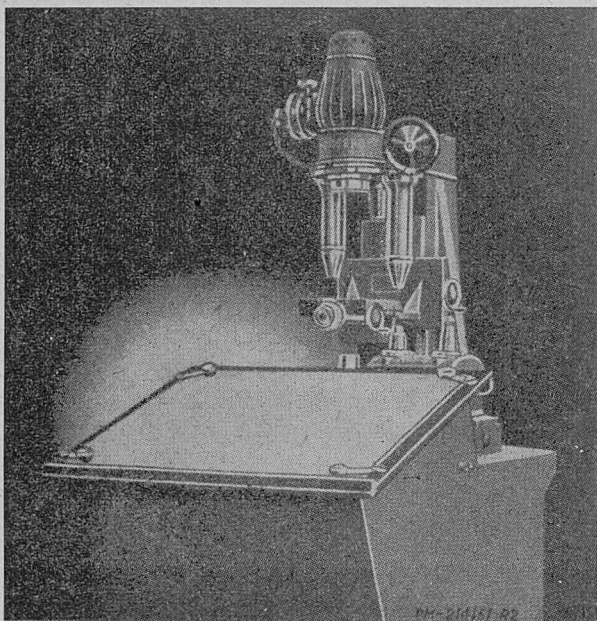
Oparcie roboczej metody sprawdzania hamulca na cieplnej charakterystyce określonej doświadczalnie bezsprzecznie zezwala na osiągnięcie największej pewności uzyskania właściwej pracy hamulca, szczególnie, w cięższych warunkach użytkowania. Dlatego koniecznym się staje zainicjowanie badań, dotyczących hamulców znormalizowanych i okładzin ciernych produkowanych w kraju, co umożliwi racjonalny wybór typu hamulca dla każdego warunków pracy i pozwoli ustrzec się przed zdarzającymi się przypadkami zawodnej lub nieekonomicznej w sensie zużycia pracy układu.

Należy przy tym zwrócić uwagę na opracowanie instrukcji obliczeniowych i instrukcji dotyczących materiałów i sposobów wykonywania elementów hamulca, a w szczególności tarcz hamulcowych, sprężyn zaciskających i przegubów układu dźwigniowego.

Technika pomiarów mikrozazębień

Szczególne trudności przy pomiarze mikrozazębień. Pomiary kształtu zarysu zębów. Badania zazębienia w ruchu. Pomiar bicia promieniowego. Pomiar błędu podziałki. Próba współpracy kół. Pomiar gładkości powierzchni nośnych zębów. Uwagi o badaniu strat wskutek tarcia.

Pod nazwą **m i k r o z a z ę b i ę n** rozumie się zwykle zazębienia stosowane w mechanizmach zegarowych i podobnych, o module od $m = 0,3$ mm w dół. Zazębienia te stwarzają pod względem projektowania, wyrobu i pomiaru specyficzne trudności, tym większe im mniejsze jest m . W przypadku tak małego koła zębatego interesuje nas przede wszystkim nadzwyczaj skomplikowany kształt zarysu zewnętrznego i jego geometria. Jeżeli weźmiemy pod uwagę fakt, iż wysokość zęba takiego niezwykle małego kółka wynosi ok. 100μ , i że musi ona być powiększona co najmniej do 50 mm, jeśli chcemy przy sprawdzaniu rozpoznać coś więcej oprócz zupełnie grubych błędów zarysu, to okaże się, że niezbędny stopień powiększenia wynosi $V = 500$. Takiego powiększenia nie daje żaden z mikroskopów warsztatowych ani też projektorów (rys. 1), będących w posiadaniu fabryk kół zębatych i frezów.



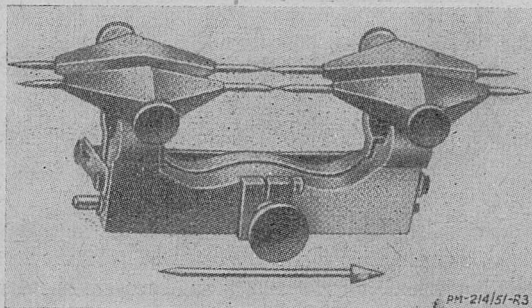
Rys. 1. Projektor mierniczy. Powiększenia 10/20/50/100 $\times$. Średnica pola widzenia: 50/25/10/5 mm. Noniusz mikrometru: 1μ . Płaszczyzna rzutów: 460×560 mm.

W medycynie i bakteriologii stosowane są mikroskopy (nie miernicze) z powiększeniem 500-krotnym, jednakże w obserwacjach dokonuje się tylko przybliżonego ustalania kształtów, podczas gdy przy badaniu mikrozazębień pomiar krzywych zarysów musi być przeprowadzony z dokładnością do dziesiątych części mikrona. W mikroskopach mierniczych o takim powiększeniu powstaje bardzo wiele praktycznych trudności realizacji. Mikroskopy warsztatowe i projektory miernicze o zwykłym powiększeniu do 50x lub do 100x (rys. 1) mają jednak zastosowanie w związku z wykonywaniem mikrozazębienia mimo stosunkowo małych powiększeń. Przede wszystkim służą one do

badania zarysów frezów. Należy tu wziąć pod uwagę, że nawet w przypadku najmniejszych frezów kształtowych o średnicy zewnętrznej 8 mm nie można uzyskać powiększenia większego od 100x, gdyż odległość pomiędzy obserwowaną płaszczyzną przekroju osiowego freza i przednią soczewką musi wynosić ponad 4,5 mm. W przypadku freza o średnicy 24 mm możliwe jest już tylko powiększanie 50-krotne. Jak wiadać, przy zastosowaniu optycznego sprzętu powiększającego stopień powiększenia jest bardzo ograniczony, o ile nie zdecydujemy się na rozcięcie, a więc zniszczenie freza.

Ważną dziedziną techniki pomiarowej w zakresie mikrozazębienia jest **b a d a n i e z a z ę b i e n i a w r u c h u**. Zegarmistrze od dawna sprawdzali jakość zazębienia przez badanie współpracy kół zębatych w ruchu, używając do tego ustawiarń zazębienia (cyrkla zegarmistrzowskiego rys. 2). Narzędzie to pozwala na wykrycie grubszych błędów wykonania, spotykanych przy większych kołach zębatych zegarowych, przede wszystkim zaś przy kołach wytwarzanych prostszymi metodami, a więc np. przez samodzielnych zegarmistrzów.

Jednakże powstaje tu pytanie, w jaki sposób można napędzać końcem palca koło średnicy paru milimetrów (lub nawet paru dziesiątych milimetra), nie powodując przy tym zgięcia czopów wałeczka o średnicy 0,08 mm, tj. zniszczenia całej przekładni? Praktykowane przy mocniejszych kółkach przekraczanie ich w cyrku zegarmistrzowskim z hamowaniem na drugim wałku nie może być uważane za pomiar obiektywny. Przy wprawie, wycucie końców palców pozwala wprowadzić na wyciągnięcie pewnych wniosków, lecz to zawodzi przy mikrozazębiach. Z tego względu zastosowano tu sprawdzanie optyczne, przy którym badany przedmiot nie podlega działaniu żadnych sił. Sprawdzane koło zakłada się do przyrządu, mającego charakter precyzyjnego uchwytu (rys. 3) i przebieg zazębiania obserwuje się w mikroskopie lub na projektorze warsztatowym. Tu można już coś niecoś zaobserwować i zmierzyć, a więc np. stwierdzić położenie i ruch punktu styku zarysów, zmierzyć bicia itd., nie dają się natomiast wyciągnąć żadne bezpośrednie wnioski odnośnie tarcia. Tego rodzaju przy-



Rys. 2. Ustawiarńka zazębienia (cyrkiel zegarmistrzowski).

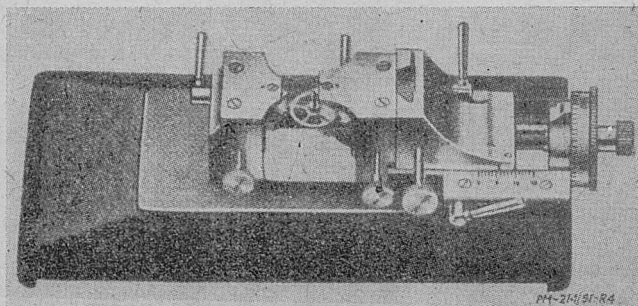
rzędy wytwarza dziś większość fabryk optycznych, dostarczających poza tym warsztatowe narzędzia miernicze i kontrolne. Jako wadę wszystkich tych urządzeń trzeba uznać prymitywny sposób obracania kół zębatych za pomocą ryśnika lub szczypczyków, co w skali mikroskopowej jest równoznaczne z popychaniem przez brutalne uderzenia.

Nie należy zapominać, iż przy mikroząsebeniach może to łatwo spowodować zgięcie czopów łożyskowych i uszkodzenie delikatnych zębów. Pożądane byłoby więc, aby przyrządy te zostały jeszcze nieco ulepszone.

Oprócz kształtu zarysu zęba ważną rolę gra bicia kół zębatych, ze względu na dużą czułość zarysów cykloidalnych na zmiany odległości osi kół. Bicie można zmierzyć przy pomocy optycznych przyrządów mierniczych, zaopatrzonych w odpowiednie siatki lub choćby w okulary mikrometryczne.

Po błędzie kształtu zarysu najważniejszym, obok bicia promieniowego, jest błąd podziałki. Może on być utrzymany w takich czy innych granicach, lecz nie daje się go uniknąć całkowicie, nawet przy zastosowaniu obróbki obwiedniowej. Błąd podziałki można określić na mikroskopie warsztatowym przy pomocy stołu obrotowego z podziałką kątową, lub też podzielnicy o dostatecznej dokładności.

Inne przyrządy o układzie mechanicznym, stosowane do pomiaru bicia promieniowego, nie zawsze dają



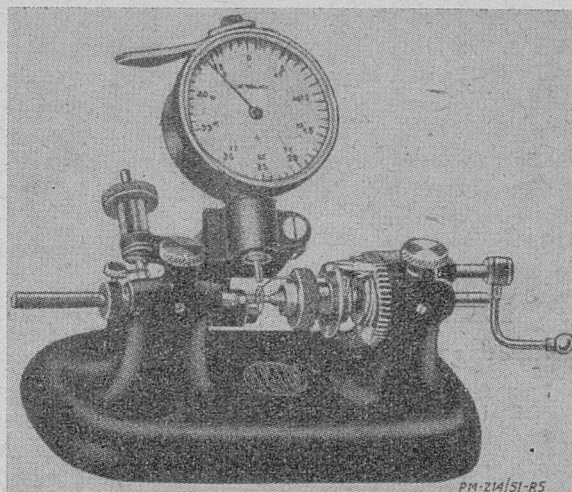
Rys. 3. Urządzenie do badania ząsebenia w ruchu.

się użyć w dziedzinie mikroząseben. Wymienimy tu przyrząd *Bergeona*, który daje dokładność do 0,01 mm. (rys. 4).

Przyrząd do badania bicia, produkcji *Zeissa* (patrz 1 str. okładki), pozwala na pomiary z dokładnością do 1 μ , a więc 10 razy większą od poprzedniej i jest znacznie mocniejszej konstrukcji. Słaby punkt jego stanowi fakt, iż nacisk mierniczy trzpienia czujnika jest rzędu 200 G. W specjalnych wykonaniach jest on zmniejszony do 70 G, lecz i ta liczba jest jeszcze nie dopuszczalnie duża dla słabych czopów.

W budowie maszyn wprowadzano w ostatnich latach powszechnie próby współpracy kół zębatych dla badania zachowania się przekładni zębatych w ruchu. Cały szereg firm produkuje dziś przeznaczone do tego celu urządzenia, lecz dla omawianych tu mikroząseben nie istnieje jeszcze żaden odpowiedni przyrząd.

Najbardziej zbliżony jest przyrząd firmy *Schoppe & Faeser*, którego zasada działania, znana z dziedziny budowy maszyn, jest następująca: oś jednego z ba-



Rys. 4. Przyrząd *Bergeona* do pomiaru bicia.

danych kół zębatych jest ustalona co do położenia, drugiego zaś zamocowana na sankach, przesuwanych w kierunku promieniowym. W przypadku kół ewolwentowych sanki te dociskane są siłą sprężyny, powodującą ząsebenie się kół bez luzów. Podczas obracania kół sanki wraz z kołem przesuwным wykonują ruchy, powodowane błędami wykonania zębów. Przesunięcia te odczytywane są bądź na czujniku, bądź też rejestrowane przez przyrząd piszący. Urządzenie to znalazło już zastosowanie dla małych modułów, a mianowicie dla kół ewolwentowych, stosowanych w mechanizmach cieplnych przyrządów mierniczych i regulatorów.

Otrzymana na wykresie błędów krzywa sinusoidalna odpowiada biciu okresowemu, drobne zaś odchylenia spowodowane są błędami wykonania kół zębatych w skrzynce biegów frezarki, na której obrabiano dane koła. Odchylenia te wynikają ponadto z luzu między ślimakiem i ślimacznica, zbicia freza oraz z błędów wykonania narzędzia.

Błąd bicia freza jest błędem najczęściej spotykanym, można go jednak w znacznym stopniu zmniejszyć, np. przez zastosowanie trzpieni rozprężnych do mocowania narzędzi i przedmiotów obrabianych.

Opisana metoda badania współpracy kół zębatych nadaje się w zasadzie również dla kół pseudocykloidalnych, z tym jednak, że tu oba koła nie mogą być sprawdzane jednocześnie w przyrządzie, ze względu na obecność znacznego luzu międzyzębnego. Każde z kół sprawdza się zatem oddzielnie w ząsebeniu ze specjalnym kołem wzorcowym. Sposób ten jest nowy, gdyż był już zastosowany w przyrządach *Mahra* z wzorcowym ślimakiem, przeznaczonych do badania kół zębatych aż do modułu 0,3 mm. Pozwala on wprowadzić tylko na pomiar sumy błędów obu kół, ale i to daje już pewne pojęcie o jakości i jednostajności produkcji.

Wyżej wspomniana metoda badania współpracy kół zębatych (*Schoppe & Faeser*) sięga tylko do granicy mikroząseben, ponieważ małych kółek nie można poddawać działaniu nacisku mierniczego rzędu 200 G. Niektórzy fachowcy odrzucają jednak w ogóle tę metodę ze względu na to, iż nie daje ona jednoznaczne-

go obrazu. Stwierdzono mianowicie, iż dla jednego i tego samego koła otrzymuje się różne wyniki, zależnie od ciężaru i warunków tarcia przesuwnych sańek przyrządu, oraz od czułości urządzenia piszącego. Niewątpliwie sposób sprawdzania tylko jednego zarysu na raz (przy użyciu koła wzorcowego) jest lepszy, lecz zarazem bardziej złożony. Również i tu otwiera się pole do badań.

Dla współpracy pary kół zębatach oprócz rodzaju użytego materiału (stal czy mosiądz), ma znaczenie gładkość powierzchni nośnych zębów, wiążąca się z wysokością nierówności powstałych w wyniku obróbki przez frezowanie i polerowanie. Technika ma dziś do dyspozycji rozmaite przyrządy do badania gładkości powierzchni, pozwalające na określanie tej wysokości. Do najbardziej znanych należą: mikroskop oparty na zasadzie przekroju świetlnego Zeissa (wg Schmaltza) oraz przyrząd igiełkowy Leitza (wg Forstera).

Przy zastosowaniu do naszego zagadnienia wspomnianego mikroskopu, poza koniecznością rozcinania kół zębatach na połowy dla udostępnienia zębów, powstaje ta trudność, iż chropowatość zakrzywionej powierzchni nośnej zęba jest zmienna i wielkość jej nie daje się dokładnie skojarzyć z poszczególnymi punktami pomiarów.

W przyrządzie Forstera ostrze z szafiru, o promieniu równym kilku mikrom, dotyka różnych punktów badanej powierzchni, ruchy ostrza powiększane są na drodze optycznej i rejestrowane na taśmie światłoczułej. Metoda ta posługująca się naciskiem mierniczym o wielkości zaledwie 1 G i charakteryzująca się przełożeniem mechanicznym (pionowym) 200 x, dokładnością 0,1 μ i maksymalną wielkością przesuwu 100 mm, pozwala nie tylko na badanie mikrogeometrii, tj. gładkości powierzchni nośnej zęba, lecz jednocześnie na odrysowanie kształtu zarysu zęba w skali makroskopowej. Ta metoda mechaniczna zdaje się zatem nadawać do udoskonalenia i zastosowania w dziedzinie omawianych zagadnień.

Technika pomiarowa mikrozazębien jest zupełnie bezradna jeśli chodzi o pomiary strat tarcia przekładni zębatach. W przeciwieństwie do dotychczasowych rozważań o charakterze czysto geometrycznym lub geometryczno-kinematycznym, pomiary strat tarcia różnego rodzaju zaze-

bień mogłyby w znacznym stopniu wpłynąć na opracowanie najkorzystniejszej postaci zarysu dla mikrozazębien. Próby ze znacznie powiększonymi tekturowymi modelami kół zębatach pozwalają niewątpliwie na uzyskanie pewnych danych odnośnie poślizgów oraz — przy ustaleniu chwilowych kierunków i wielkości sił nacisków międzyzębnych — teoretycznych strat tarcia. Przy próbach tych powstają jednakże liczne, zupełnie nie dające się ująć, czynniki zmienne, jak np. wspomniany już wpływ gładkości powierzchni nośnej zębów oraz tarcie w łożyskach i wywołane nim przemieszczenia środków kół o wielkość luzów łożyskowych.

Poza tym praktyk, który ma ostatecznie zdecydować się na wybór tego czy innego kształtu zarysu zęba, wprowadzie bezwątpienia zainteresuje się metodą badania modeli i uzna ją za ciekawą z punktu widzenia teoretycznego, ale jako rzeczywisty i przekonujący dowód przyjmie tylko wyniki liczbowe, dostarczone przez aparaturę mierniczą przy sprawdzaniu rzeczywistych kół zębatach, wykonanych na warsztacie.

Większość zasad, stosowanych przy pomiarach strat w przekładniach zębatach większych rozmiarów, nie daje się użyć w tym przypadku, po pierwsze — wobec małych wartości sił, po wtóre — z uwagi na niezwykle małe wymiary. Przyjmując dla zilustrowania, że czynny nacisk międzyzębny koła minutowego wynosi ok. 200 mG oraz zakładając wielkość siły tarcia jako 20% tej wartości, a więc wysoko, otrzymamy na jej wielkość liczbę 40 mG, leżącą w normalnym zakresie pracy wagi analitycznej. W przeciwieństwie do wagi zachodzi tu ta trudność, iż siły działają na elementy, znajdujące się w ciągłym ruchu, nie zaś spoczywające, lub wykonujące tylko nieznaczne wahania.

Przyrząd Straumanna „Mikro-Dynograph“ wiąże nasilenie hałasu przekładni zębatach z wielkością błędu wykonania zęba. Zdjęcie wykresów nasilenia hałasu umożliwia jednoznaczne ustalenie źródeł błędów i ich usunięcie. Przyrząd ten, który zyskał już duże znaczenie praktyczne, nie pozwala jednak na pomiar sprawności, to zaś zagadnienie należałoby uznać za główne zadanie przyszłych prac badawczych w dziedzinie mikrozazębien.

Wg artykułu H. Wögerbauera „Technika wykonywania mikrozazębien“ (Feinwerktechnik, 1951, zeszyt 2/3) opracował J. St. K.

Przyrządy pneumatyczne do pomiarów liniowych*)

(dokończenie)

Mgr inż. TADEUSZ SAWICKI

C. PRZYRZĄDY ELEKTRO-PNEUMATYCZNE

Zalety przyrządów pneumatycznych ilościowych, umożliwiły jednoczesne zastosowanie zjawisk elektrycznych do pomiarów, co przy systemie ciśnieniowym było trudne i kłopotliwe do zrealizowania.

Przyrządy elektro-pneumatyczne można podzielić na dwie grupy: przyrządy elektro-pneumatyczne kombinowane, przyrządy elektro-pneumatyczne sprężone.

*) Patrz zeszyty PM nr 5/52, 6/52.

1. Przyrządy elektro-pneumatyczne kombinowane

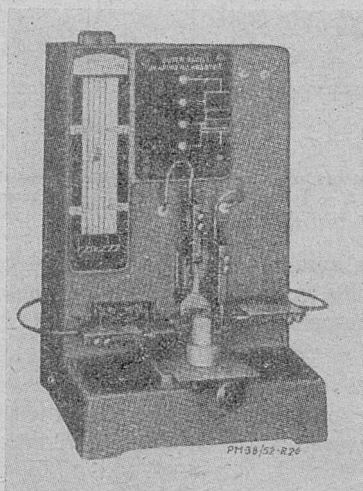
Ten typ przyrządów służy do uproszczenia i przyspieszenia jednoczesnych pomiarów kilku wymiarów przedmiotu.

Wymiary trudniejsze do pomiaru (np. średnice wewnętrzne) mierzone są metodą pneumatyczną na zasadzie opisanej w rozdziale B, a wymiary zewnętrzne wysokości, wgłębienia itp. są jednocześnie sprawdzane czujnikami elektrycznymi różnej konstrukcji,

jak np. kontaktowymi, indukcyjnymi, foto-elektrycznymi lub pojemnościowymi. Zamiast czujników elektrycznych niektóre firmy stosują czujniki mechaniczne różnych systemów.

Zazwyczaj czujniki elektryczne zaopatrzone są w urządzenia sygnalizacyjne, świetlne.

Na rys. 20 pokazany jest przyrząd elektro-pneumatyczny do kontroli jednoczesnej 6 wymiarów tulejek kołnierзовych. Przedmiot mierzony nakłada się na trzpień mierniczy umocowany na szufladce ruchomej i wsuwa się między macki końcówek elektrycznych, które mierzą 4 wymiary zewnętrzne; trzpień, pełniący jednocześnie rolę końcówki pneumatycznej, wskazuje stan wymiarowy dwóch średnic otworu wewnętrznego.



Rys. 20. Przyrząd elektro-pneumatyczny do jednoczesnej kontroli 6-ciu wymiarów.

Na tablicy z rysunkiem przedmiotu, przy każdym wymiarze mierzonym elektrycznie jest umieszczona lampka sygnalizacyjna dla wymiarów mierzonych metodą kontaktową, elektryczną. W czasie pomiaru kolor światła okienka sygnalizującego wskazuje przekroczenie względnie nieprzekroczenie każdego z czterech wymiarów; zwykle układ elektryczny jest tak pomyślany, że jeśli jedno z okienek wskazuje brak nie nadający się do naprawy, inne nie świecą się. O wykonaniu obydwu wymiarów otworu wewnętrznego orientuje położenie pływaka w rurce.

Ustawianie i regulowanie odbywa się przy pomocy odpowiednich par wzorców granicznych.

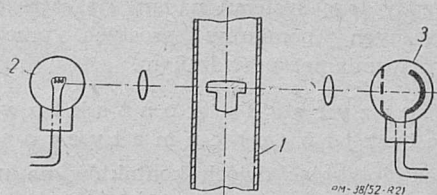
2. Przyrządy elektro-pneumatyczne sprzężone

Zasada działania przyrządów elektro-pneumatycznych, sprzężonych polega na tym, iż mierzy się za pośrednictwem zjawisku elektrycznych zmiany położenia pływaka lub ruchu powietrza w rurce wskaźnikowej.

Przyrządy tego rodzaju znajdują coraz większe zastosowanie w Związku Radzieckim. Szczególnie korzystne wyniki osiągnięto w Naukowo Badawczym Biurze Zamienności (Nauczno-Isledowatelskoje Biuro Wzaimozamieniamosti: NIBW — pod kierownictwem prof. inż. I. G. Gorodeckiego).

a) Przyrządy fotoelektryczno-pneumatyczne

Szklana rurka wskaźnikowa 1 jest umieszczona pomiędzy źródłem światła 2 i komórką fotoelektryczną 3, ustawionymi na żądanej wysokości (rys. 21).



Rys. 21. Schemat przyrządu z fotokomórką; 1 — rurka, 2 — źródło światła, 3 — komórka fotoelektryczna.

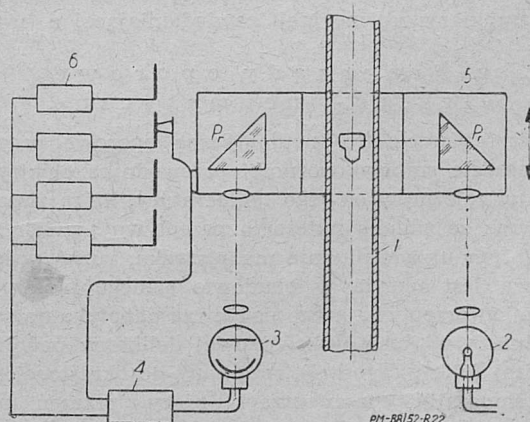
Kiedy pływak w swym ruchu przesłoni promień świetlny, skierowany na katodę fotokomórki, następuje przerwa prądu fotoelektrycznego i zostanie uruchomiony odpowiedni przekazywnik.

Umieszczając dwie takie nastawcze pary pomiarowe — źródło światła i fotokomórka, w położeniach odpowiadających maksymalnym i minimalnym położeniom pływaka (wyznaczonym wzorcami, max. i min. na końcówce pneumatycznej) osiąga się w sposób prosty automatyczną kontrolę.

Przyrząd odgrywa rolę sprawdzianu dwugranicznego. Przedmioty są umieszczane i zsuwane z końcówki pomiarowej automatycznie za pomocą odpowiedniego urządzenia mechanicznego. Jeśli przedmiot wykonany jest w dopuszczalnych granicach, spada odpowiednim kanałem wprost do skrzynki „dobre”, w przeciwnym przypadku spada do skrzynki „za duże” lub „za małe”.

Przez zainstalowanie szeregu par źródła światła-fotokomórka na identycznej zasadzie można rozdzielić pole tolerancji przedmiotu na żadaną ilość przydziałów wymiarowych, osiągając segregację wymiarową badanych przedmiotów (przyrządy segregacyjne).

Istnieją również aparaty oparte na tej samej zasadzie, w których źródło światła-fotokomórka osadzone są nieruchomo w dolnej części rurki wskaźnikowej i promień świetlny jest podwójnie załamany za pomocą pary pryzmatów (rys. 22).



Rys. 22. Schemat przyrządu jednokomórkowego z ruchomą karetką; 1 — rurka szklana, 2 — źródło światła, 3 — fotokomórka, 4 — wzmacniacz, 5 — karetką ruchoma, 6 — przekazywnik.

Pryzmaty osadzone są na ruchomej karetki 5, której ruch jest zsynchronizowany z przyrządem podającym przedmioty. W chwili pomiaru karetki przesuwa się wzdłuż rurki i napotkawszy przesłonę w postaci ustalonego pływak, uruchamia odpowiedni przełącznik 6.

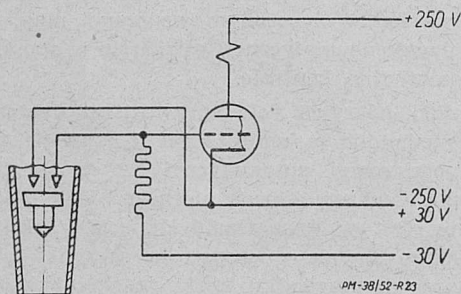
Przyrządy tego systemu nadają się szczególnie do automatycznych pomiarów prostych przedmiotów o jednym wymiarze sprawdzanym.

b. Przyrządy kontaktowe elektro-pneumatyczne

Pływak dotykając dwóch kontaktów na ustalonej wysokości (rys. 23) zamyka obwód elektryczny, wzmożony lampą trójelektrodową. Odpowiedni przełącznik uruchamia przesłonki, skierowujące przedmiot według właściwego wykonania wymiarowego.

Przy parostopniowej segregacji w danym polu tolerancji wykonawczej konstruuje się odpowiednią ilość rurek wskaźnikowo-kontaktowych.

Według orzeczenia konstruktorów i użytkowników przyrządy tego rodzaju zapewniają znaczną czułość i stałość nastrojenia.



Rys. 23. Schemat urządzenia kontaktowego.

Przyrządy te znalazły szerokie zastosowanie w radiemskim przemyśle motoryzacyjnym. Przykładem może służyć przyrząd do badania płaskości suwaka rozdzielczego w hamulcu powietrznym, samochodowym. Przedmiot nakłada się na płytkę oporową aparatu, w której wbudowane są odpowiedniego kształtu końcówki miernicze z dyszami. Jeśli naprzeciwko jednej z dysz powstanie luz, przewyższający dopuszczalne odchylenie od płaskości założonej, pływak unosi się wyżej i zamyka obwód elektryczny, wywołując zapalenie się lampki sygnalizacyjnej, zawiadamiającej o braku.

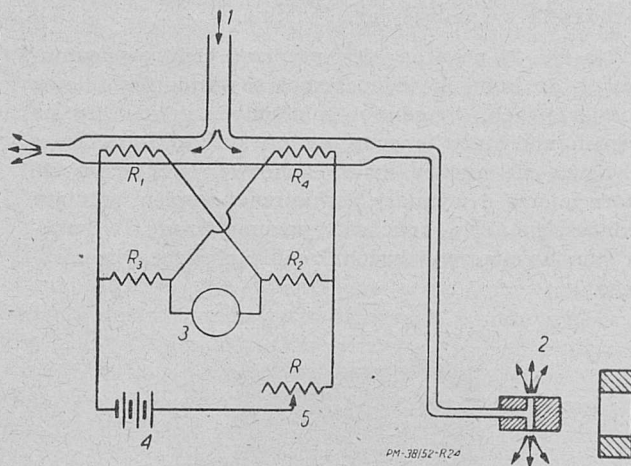
c. Przyrządy oporowe elektro-pneumatyczne

Przyrządy elektro-pneumatyczne oporowe pracują na zasadzie zmiany oporności przewodnika elektrycznego w zależności od jego temperatury, która zmienia się wraz ze zmianą natężenia przepływu powietrza.

W tym urządzeniu nie ma pływaka, rurka wskaźnikowa jest ukryta w obudowie samego przyrządu. Strumień przepływającego powietrza napotyka na swojej drodze w rurce wskaźnikowej delikatny opór (zazwyczaj folię platynową), rozgrzany do określonej stałej temperatury przez przepływający prąd elektryczny. Przepływ powietrza, uzależniony od większego lub mniejszego przesłonięcia dysz wylotowych w końcówce pomiarowej, działa ochładzająco na spi-

ralę opornika, którego temperatura ulega w ten sposób wahaniom.

Do realizacji pomiaru stosuje się układ bardzo czułego termometru, stosowanego przy pomiarach temperatur promieniowania cieplnego (bolometru)



Rys. 24. Schemat przyrządu oporowego; 1 — dopływ powietrza pod stałym ciśnieniem, 2 — końcówka miernicza, 3 — galwanometr, 4 — źródło prądu, 5 — opór regulacyjny, R_1, R_2, R_3, R_4 — jednakowe opory.

opartego na zasadzie mostka Wheatstone'a (rys. 24). Opory R_1 i R_2 wystawione są na działanie powietrza w ruchu, natomiast R_3 i R_4 są odizolowane i niezmiennie.

Układ jest niezmiernie czuły i może z łatwością rejestrować zmiany temperatury do $1/10000^\circ\text{C}$. Galwanometr wywzorcowany jest bezpośrednio w mikronach.

Przyrządy tego typu nadają się szczególnie do pomiaru bardzo małych średnic. Osiąga się przełożenie do 10 000.

Wnioski

W porównaniu z przyrządami ciśnieniowymi, przyrządy ilościowe wyróżniają się szeregiem poważnych zalet:

- budowa przyrządu jest prostsza, gdyż właściwym elementem mierniczym jest stożkowa rurka szklana i pływak;
- układ i sposób działania eliminują niemal całkowicie zjawisko opóźniania się reakcji przyrządu;
- odpada potrzeba stosowania wstępnej dyszy wlotowej (F_1) oraz manometru;
- nieobecność wody w urządzeniu gwarantuje większą trwałość aparatu i ułatwioną konserwację;
- przyrządy pracują przy ciśnieniu roboczym ≈ 1 atm czyli ≈ 20 razy większym, niż przyrządy ciśnieniowe zwykle ($H = 500$ mm słupa wody), wzgl. 10 razy większym niż laboratoryjne ($H = 1000$ mm słupa wody). W związku z tym bardzo staranne oczyszczanie przedmiotów nie jest tu konieczne.

LITERATURA

- Rostowych A. J. — Pneumaticzeskije izmierienija razmierow, Maszgiz, 1948.
- Gorodeckij J. G. i Poljanskij P. M. — Primienienie pneumaticzeskich mietodow kontrola w maszynostrojenii, Maszgiz, 1949.
- Gorodeckij J. G. — Konstrukcija i eksploatacija sriedstw izmierienija razmierow w maszynostrojenii, Maszgiz, 1951.
- Katalogi firm Solex, Sheffield i in.

TECHNIKA CIEPLNA

O cyklonowych oczyszczaczach gazu i ich zastosowaniu w obiegu turbiny gazowej na paliwo węglowe

STANISŁAW ZAPĄŁOWICZ

Przedmiotem niniejszego artykułu są aparaty, których zadaniem jest na drodze czysto mechanicznej możliwie zupełnie oczyścić gaz z unoszących się w nim drobnych cząstek (ciał) o stałym stanie skupienia. Zadanie to znalazło już dawno w rozmaitych gałęziach techniki odpowiednie rozwiązania.

W ostatnich jednak latach zagadnienie to wystąpiło ponownie w związku z opracowywaniem prototypu turbiny gazowej na paliwo węglowe. Od skutecznego rozwiązania kwestii oczyszczania spalin z zawartych w nich w stałym stanie skupienia produktów spalania, zawisły w znacznie mierze widoki zwycięskiej konkurencji tego nowego silnika z innymi, a turbiną gazową na paliwo ciekłe w szczególności.

W artykule podano przykładowo jeden z możliwych sposobów obliczania wydolności cyklonów. Po omówieniu wpływu poszczególnych parametrów na całkowity stopień oczyszczania wyrażony wyprowadzonym wzorem, podano rezultaty odnośnych badań doświadczalnych i wynikające z tej konfrontacji praktyczne wnioski dla konstrukcji aparatów o wysokiej wydajności. W końcu omówione są badania laboratoryjne i prace konstrukcyjne nad zastosowaniem cyklonowych oczyszczaczy gazu w turbinie gazowej na paliwo węglowe.

1. Wstęp

W turbinie gazowej o spalaniu wewnętrznym medium pracującym w układzie łopatkowym turbiny są bezpośrednio spaliny. Ponieważ unoszą one — jeśli paliwem jest węgiel — znaczne ilości produktów spalania w stanie stałym: lotnego popiołu, lotnego żużla i ewentualnie (przy niezupełnym spalaniu) pewne ilości koksiku, przeto łopatom turbiny zagraża silna erozja. Pierwsze na tym polu doświadczenia (BBC) wykazały, że istotnie zachodzi ona na miarę zupełnie niedopuszczalną.

Także przy obiegach o spalaniu zewnętrznym mechaniczna czystość spalin posiada duże znaczenie z uwagi na to, że osadzanie się zanieczyszczeń w wymienniku ciepła wysokiej temperatury czy regeneratorsze, znacznie pogarsza sprawności tych aparatów.

Wymagania stawiane aparatom oczyszczającym są tu tak wysokie, że trzeba było kilku lat i współpracy wielu instytucji badawczych i przemysłowych zanim główne trudności mogły zostać uznane za zasadniczo pokonane.

2. Prawa swobodnego opadania cząstek stałych w ośrodku gazowym

Dla gazu poruszającego się względem cząstek w nim pogrążonych, kryterium opływu podobnego jest liczba Reynoldsa:

$$Re = \frac{x u \rho}{\eta} \quad [1]$$

gdzie: x — średnica cząstki kulistej, u — prędkość cząstki względem gazu, ρ — gęstość gazu, η — lepkość gazu, która wyraża stosunek sił bezwładności do sił lepkości (x jest tu ogólnie biorąc dowolnym charakterystycz-

nym wymiarem cząstek geometrycznie podobnych, w przypadku cząstek kulistych — średnicą).

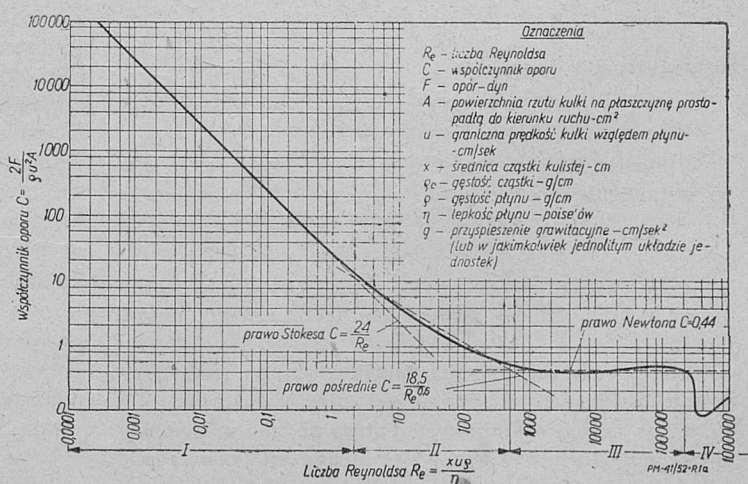
W zależności od wielkości Re opływ może mieć trojaki charakter:

- a) u p o r z á d k o w a n y (laminarny), gdy przeważają siły lepkości — małe Re ,
- b) p r z e j ś c i o w y — średnie Re ,
- c) b u r z l i w y — (turbulentny), gdy przeważają siły bezwładności — duże Re .

Jeżeli opór cząstki kulistej, jaki napotyka ona przy poruszaniu się względem medium gazowego wyrazić za pomocą bezwymiarowego współczynnika oporu $C(Re)$, to otrzymuje się krzywą jak na rys. 1a. Współczynnik oporu definiuje się jako:

$$C = \frac{F}{\frac{\rho u^2}{2} A} \quad [2]$$

gdzie: C — bezwymiarowy współczynnik oporu aerodynamicznego cząstki, A — pole powierzchni rzutu



Rys. 1a. Współczynnik oporu ruchu cząstek kulistych w płynach

¹⁾ Poszczególne wielkości wyrażone są w jednostkach dowolnego jednolitego układu jednostek. To samo założenie dotyczy wszystkich poniżej podanych zależności.

cząstki na kierunku prostopadły, F — siła oporu aerodynamicznego cząstki.

Krzywą tą można dla celów praktyki aproksymować trzema prostymi (rys. 1a). Dla $Re < 0,0001$ średnica cząstek x zbliża się do średnicy swobodnej drogi drobin gazu i trzeba we wzór na u wprowadzić czynnik korygujący (Cunninghama).

Dla cząstek swobodnie opadających w medium lepim, pod działaniem jakiegokolwiek stałej siły (np. siły ciężenia) ruch staje się jednostajny po pewnym dostatecznie długim czasie od początku opadania (ruch ustalony). Dla ruchu jednostajnego

$$F_g = F \quad [3]$$

gdzie: F_g — netto siła ciężkości cząstki (ciężar cząstki pomniejszony o wypór ośrodką).

Dla cząstek kulistych mamy:

$$F_g = \frac{g \pi x^3 (\rho_c - \rho)}{6} \quad [4]$$

gdzie: g — przyspieszenie grawitacyjne ziemskie, ρ_c — gęstość przeciętna (overall) cząstki: gęstość zredukowana na średnicę i rzeczywisty wypór jakiemu podlega cząstka (definiując ρ_c i ρ jak podano, obejmujemy też przypadek cząstek porowatych, takie zaś cząstki spotyka się w praktyce bardzo często). Zauważmy jednak od razu, że dla medium gazowego $\rho \ll \rho_c$ przeto ρ może być pominięte.

$$C = \frac{2F}{\rho u^2 A} = \frac{g \pi x^3 \rho_c}{3 \rho u^2 A} \quad [5]$$

Podstawiając $A = \pi x^2/4$ otrzymujemy prędkość względną

$$u^2 = \frac{4 g x \rho_c}{3 \rho C} \quad [6]$$

Wzór ten wyraża różne prawa opadania, o ile dla poszczególnych stref krzywej z rys. 1a wyrazić $C(Re)$ za pomocą kilku różnych związków aproksymujących, np. takich, jakie wynikają z wykreślonych na rys. 1a prostych: strefy I, II, III (strefa IV ma znaczenie tylko w balistyce i lotnictwie). Na rys. 1b zestawiono te prawa w funkcji Re w powiązaniu z zakresami średnic (w mikronach) cząstek o gęstości $\rho_c = 1$ opadających w powietrzu i z przynależnymi sposobami określania ich wielkości oraz metodami oddzielania od gazu.

W przypadkach technicznych najczęściej poruszamy się w strefie I, $Re < 2$, gdzie

$$C = \frac{24}{Re} = \frac{24 \eta}{x u \rho} \quad [7]$$

wstawiając [7] do [6]:

$$u = \frac{g x^2 \rho_c}{18 \eta} \quad (\text{prawo Stokesa}) \quad [8]$$

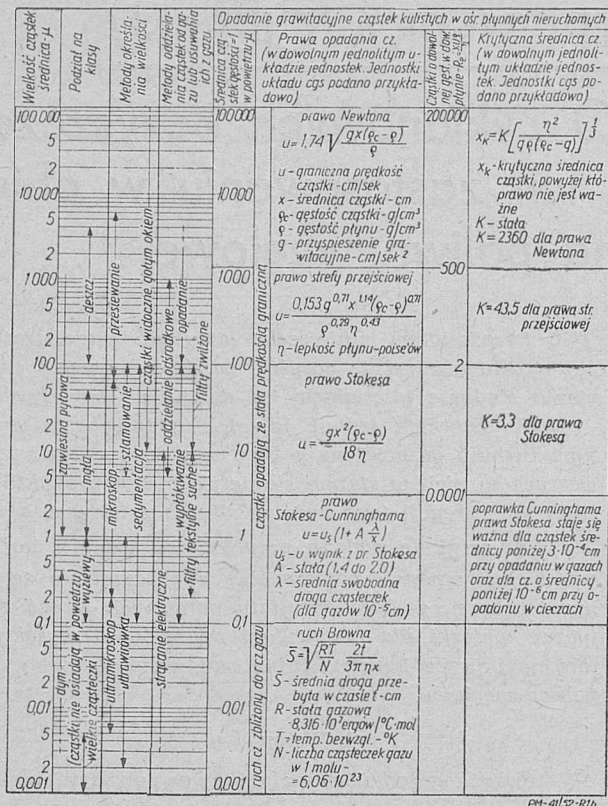
W strefie II, $2 < Re < 500$,

po wstawieniu do [6]:

$$u = \frac{0,149 g^{0,715} x^{1,143} \rho_c^{0,715}}{\rho^{0,296} \eta^{0,429}} \quad [10]$$

Wyprowadzenie pozostałych praw opadania jako mniej aktualnych dla zastosowań technicznych, pomijamy.

Każdy poszczególny przypadek wymaga rozpatrzenia, które prawo opadania jest dlań właściwe. Nie wolno w prawie Stokesa dopatrywać się uniwersalnego narzędzia roboczego, które można by stosować nie oglądając się na Re , jak to się dość często, a niesłusznie robi.



Rys. 1b. Przegląd zawiesin.

3. Schemat budowy i działania najprostszego oczyszczacza cyklonowego

Najprostszy oczyszczacz cyklonowy wyobrażony na rys. 2 składa się z części walcowej 1 korpusu, króćca wlotowego 2, o osi prostopadłej do osi aparatu i o przekroju zazwyczaj prostokątnym, pokrywy 3 zakrywającej górną część walca, rury wylotowej 4 o przekroju kołowym, części stożkowej 5 korpusu i króćca pyłowego 6 o przekroju kołowym. Różnice konstrukcyjne między poszczególnymi odmianami aparatów wyrażają się innymi względnymi wymiarami i kształtem zasadniczych części składowych, a czasem obecnością dodatkowych części spełniających funkcje pomocnicze.

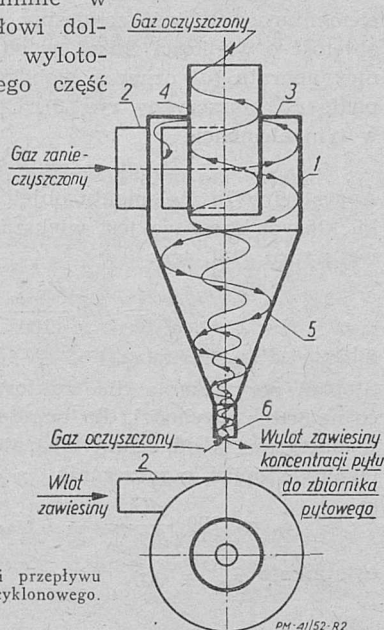
Przepływ zawiesiny przez aparat można w schemacie ująć następująco: strumień zawiesiny wchodzi króćcem wlotowym do części walcowej korpusu aparatu stycznie do niej, po czym rozdziela się na dwie części, z których każda wykonując ruch wirowy dookoła osi aparatu w pierścieniowej przestrzeni pomiędzy walcową częścią korpusu a rurą wylotową, posuwa się równocześnie wzdłuż osi aparatu: jedna ku dołowi, druga ku górze, gdzie napotykając na przeszkodę w postaci pokrywy 3, odbija się od niej i zstępuje ku dołowi łącząc się z częścią pierwszą¹⁾.

Zawiesina, wykonując dalej ruch wirowy, kieruje się po torze śrubowym ku wierzchołkowi stożka. W wyniku działania na cząstki pyłu sił odśrodkowych, pył koncentruje się w nazewnątrż położonych obwodowych warstwach strumienia przy cylindrycznych

1) Ów ruch ku górze nie może, w aparatach typu przedstawionego na rysunku, wykształcić się wyraźnie z powodu braku przestrzeni. Istnieją jednak konstrukcje — cyklon Feifela — gdzie i ten ruch jest wykorzystywany dla wydzielania pyłu.

ścianach aparatu, wzdłuż których, a dalej po bocznicę części stożkowej, jest wleczony ruchem zstępującym strumienia osiągając króciec pyłowy.

Gdy strumień minie w swym ruchu ku dołowi dolną krawędź rury wylotowej, wewnętrzna jego część



Rys. 2. Schemat budowy i przepływu najprostszego oczyszczacza cyklonowego.

o zmniejszonej koncentracji pyłu stopniowo kieruje się do rury, ulegając w dalszym ciągu ruchowi obrotowemu. W miarę posuwania się strumienia ku wierzchołkowi stożka, coraz to nowe wewnętrzne warstwy gazu (o małym już zapyleniu) kierują się ku osi cyklonu i rozpoczynają ruch ku rurze wylotowej, tworząc wzdłuż osi stożka wstępujący wir.

Gaz o dużej koncentracji pyłu, który osiągnął króciec pyłowy przechodzi wzdłuż jego ściany do zbiornika pyłu, gdzie przy zanikaniu ruchu wirowego następuje osadzanie pyłu pod działaniem siły ciężkości, a oczyszczony gaz wraca wzdłuż osi króćca pyłowego do właściwego aparatu, dając tu początek centralnemu wirowi spiralnemu i podążając wraz z dołączającymi się partiami gazu do rury wylotowej. Opisany ruch poosiowy strumienia zawiesziny w kierunku króćca pyłowego gra rolę istotną w procesie oczyszczania gazu, gdyż wytransportowuje pył poza obręb właściwego aparatu. Że tak jest, to wskazują na to doświadczenia z aparatami pracującymi „nogami do góry“, które nie wykazały obniżki stopnia oczyszczania mimo, iż wówczas pył wędrował przeciw sile ciężkości. Rola obwodowej składowej prędkości zawiesziny w aparacie polega na koncentrowaniu pyłu przy pobocznicę aparatu, a więc w możliwie dużej odległości od rury wylotowej.

4. Możliwość i potrzeba obliczenia ogólnego stopnia oczyszczania aparatu cyklonowego

Stopień oczyszczania gazu od pyłu jest dla każdego urządzenia oczyszczającego podstawową wielkością charakteryzującą jego przydatność do konkretnego zastosowania. O g ó ł n y s t o p i e ń o c z y s z c z a n i a

$$\alpha = \frac{G_u}{G_{wch}} = \frac{G_{wch} - G_{wych}}{G_{wch}} = \frac{aQ_{wch} - bQ_{wych}}{aQ_{wych}} \quad [13]$$

gdzie: G_u — ciężar pyłu uchwyczonego przez aparat w jednostce czasu, G_{wch} — ciężar pyłu wchodzącego do

aparatu w jednostce czasu, G_{wych} — ciężar pyłu wychodzącego z aparatu w jednostce czasu, a — zapylenie gazu wchodzącego do aparatu (ciężarowa przeciętna zawartość pyłu w jednostce objętości gazu wchodzącego zredukowanej na warunki normalne), b — to samo, lecz dla gazu wychodzącego z aparatu, Q_{wch} — objętość gazu (ściślej zawiesziny) wchodzącego w jednostce czasu do aparatu, zredukowana na warunki normalne, Q_{wych} — j. w. lecz dla gazu wychodzącego z aparatu.

G_{wch} i G_{wych} nie mogą być bezpośrednio zmierzone, dlatego ich wartości liczbowe określamy za pośrednictwem odnośnych zapyleń a , b .

Jeżeli $Q_{wch} = Q_{wych}$ co z reguły ma miejsce, to

$$\alpha = 1 - \frac{a}{b} \quad [13a]$$

Teoria cyklonowych oczyszczaczy gazu nie jest jeszcze opracowana na tyle, by można było w sposób pewny z góry obliczyć stopień oczyszczenia przy zadanych warunkach i zaprojektować naukowo uzasadnioną konstrukcję aparatu.

Teoretyczne obliczenie stopnia oczyszczenia gazu z pyłu jest tu możliwe tylko dla uproszczonych, wyidealizowanych warunków, tj. przy pominięciu wielu okoliczności, mających niekiedy dość istotny nawet wpływ na przebieg procesu oczyszczania. Mimo to, takie obliczenie nie jest całkowicie bez wartości, gdyż określając pewien obieg idealny daje pojęcie o naturalnej granicy, do jakiej stopień oczyszczenia uzyskiwany w rzeczywistych warunkach może się zbliżyć. W ten sposób stwarzamy podstawy do: 1) racjonalnej oceny stopni oczyszczania aparatów rzeczywistych, 2) celowego doboru niektórych parametrów.

Szereg autorów za pomocą rozmaitych metod i na podstawie rozmaitych założeń wykonał takie teoretyczne obliczenia. Tytułem przykładu podaję poniżej jeden z możliwych sposobów obliczania wydolności cyklonu, tj. średnicy najmniejszych cząstek pyłu, jakie w danych warunkach zostaną teoretycznie w 100% ułowione oraz ogólnego stopnia oczyszczania.

5. Przykład sposobu obliczania wydolności cyklonów dla pyłu o danej charakterystyce

Obliczenie wydolności aparatu cyklonowego według prof. Rosina i współpracowników wygląda następująco:

Z a ł o ż e n i a:

1) Liczby *Reynoldsa* są takiego rzędu wielkości, że obowiązuje prawo *Stokesa*.

2) Kształt cząstek może być uważany za kulisty.

3) W przekroju wlotowym pył jest równomiernie rozmieszczony w całej objętości gazu: równomiernie tak co do sumarycznego ciężaru jak i co do udziałów cząstek o poszczególnych średnicach²⁾.

4) Ruch cząstki w otaczającym ją gazie nie wpływa na ruch cząstek sąsiednich (nie ma aglomeracji ani rozbijania się cząstek, nie ma sił międzycząstkowych).

²⁾ Pyły techniczne składają się z cząstek o najrozmaitszych średnicach (w obrębie pewnego przedziału). Zdaje z tego sprawę charakterystyka pyłu tj. krzywa w układzie współrzędnych x, P_x gdzie P_x oznacza ciężarowy udział w % cząstek o średnicach większych niż x , w stosunku do ciężaru całej próbki. Charakterystykę pyłu uzyskuje się np. drogą przesiewania próbki przez sita o różnych wielkościach oczek. Dla cząstek b. małych ($< 40 \mu$) ten sposób nie wchodzi w rachubę; stosuje się wtedy inne metody np. szlamowanie.

5) Wzbijanie cząstek już wydzielonych ze strumienia i znajdujących się na poboczniczy aparatu nie ma miejsca.

6) Strumień zawieszony zachowuje kształt swego przekroju, podyktowany kształtem przekroju króćca wlotowego, przez cały ten czas, w którym odbywa się koncentrowanie pyłu na poboczniczy.

7) Na drodze wzdłuż której odbywa się wydzielanie pyłu przepływ jest laminarny.

8) Całe pole prędkości zawieszony w przekroju wlotowym jest scharakteryzowane wektorem $w = \text{const}$, gdzie w odpowiada średniej prędkości panującej na wlocie w warunkach rzeczywistych³⁾.

Kładąc przyspieszenie dośrodkowe ruchu kołowego $\frac{w^2}{r}$ zamiast przyspieszenia ziemskiego g we wzorze [8], otrzymujemy:

$$v_r = \frac{dr}{dt} = \frac{1}{18} \frac{\gamma}{\eta g} \frac{w^2}{r} x^2 \quad [14]$$

Po scałkowaniu:

$$r^2 = \frac{1}{9} \frac{\gamma}{\eta g} w^2 x^2 t + C \quad [15]$$

gdzie: w — średnia prędkość zawieszony w przekroju wlotowym, v_r — prędkość cząstki względem gazu w kierunku promieniowym, r — promień wodzący cząstki pyłu w aparacie, t — czas, γ — ciężar właściwy przeciętny cząstki.

gdy $t = 0$ to $r = \frac{D}{2} - s$ (rys. 3)

stąd $C = \left(\frac{D}{2} - s\right)^2$, przy

czy D — średnica części cylindrycznej aparatu.

Podstawiając dalej $t = \frac{\pi D}{w} \Omega$

(Ω — ilość obrotów cząstki dokoła osi aparatu do chwili osiągnięcia poboczniczy) i odpowiadające mu

$r = \frac{D}{2}$ oraz rozwiązując

równanie względem x otrzymujemy zależność na średnicę najmniejszej cząstki, jaka w stojącym do

dyspozycji czasie $t = \frac{\pi D}{w} \Omega$ jest zdolna zawędrować

z odległości s od poboczniczy aparatu, w jakiej znajdowała się na wlocie, do samej poboczniczy (oznacza to, że aparat jest zdolny taką cząstkę jeszcze złowić).

$$x_{\min} = 3 \sqrt{\frac{\eta g}{\pi \gamma w}} \sqrt{s \left(1 - \frac{s}{D}\right) \frac{1}{\Omega}} \quad [16]$$

Wszystkie cząstki o tej samej średnicy $x_{\min}$ jakie w chwili $t = 0$ znajdowały się w odległości mniejszej niż s od poboczniczy tym bardziej zostaną do niej doprowadzone. Co więcej, stanie się to nawet z niektórymi

rymi mniejszymi cząstkami aż do średnicy $x'_{\min}$ obliczonej dla nowej, mniejszej odległości.

Aby obliczyć (dla danego aparatu i w danych warunkach) stopień oddzielania pyłu weźmy pod uwagę elementarną objętość zawieszony w króćcu wlotowym, objętość o wielkości $Adsd$, w odległości s od poboczniczy aparatu (dl oznacza głębokość elementu prostopadłego do płaszczyzny rys. 3). Ciężar pyłu zawartego w tym elemencie

$$dG_{wch} = Adsd\lambda \quad [17]$$

Aparat chwyta z elementu objętościowego te cząsteczki, których średnica jest większa od $x_{\min}$ obliczonego wg wzoru [16], tzn:

$$dG_u = Aa \frac{P_{x_{\min}}}{100} ds dl \quad [18]$$

gdzie: $P_{x_{\min}} = f(x_{\min})$.

Stopień oczyszczania dla traktowanego elementu lub, co na jedno wychodzi, dla warstewki o przekroju Ads w odległości s od ściany aparatu wynosi

Ogólny stopień oczyszczania

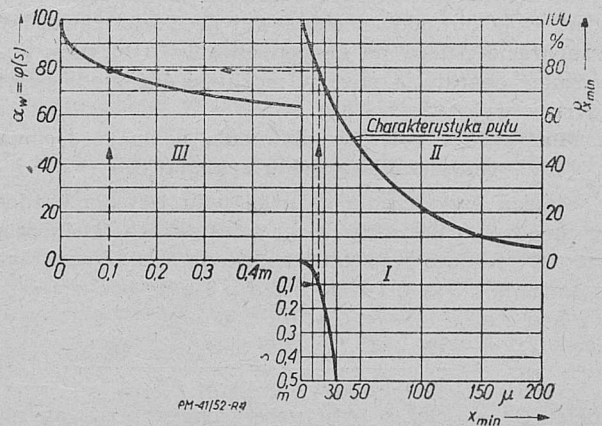
$$\alpha_w = 100 \frac{dG_u}{dG_{wch}} = f(x_{\min}); (\alpha_w^0/0^0/0) \quad [19]$$

ostatecznie $\alpha_w = \varphi(s)$.

$$\alpha = \frac{1}{B} \int_{s=0}^B \alpha_w(s) ds = \frac{1}{B} \int_0^B f(x_{\min}) ds \quad [20]$$

Mając daną charakterystykę pyłu np. taką jak na rys. 4, ćwiartka II, postępujemy następująco: w ćwiartce I wykreślamy zależność $x_{\min}$ do s wg wzoru [16]. W ćwiartce III wkreślamy poziomą oś s zeskalowaną proporcjonalnie do poziomej osi s z ćwiartki I. Wychodząc z danego s w ćwiartce I znajdujemy $x_{\min}$, w ćwiartce II znajdujemy wynikające z niego $P_{x_{\min}}$. Kreślimy poziomą do ćwiartki III i wystawiamy na osi s ćwiartki III pionową przechodzącą przez taką samą wartość s jak ta od której wyszliśmy. Punkt przecięcia poziomej z pionową daje warstewkowy stopień oczyszczania α_w dla branego pod uwagę s , w takich samych jednostkach w jakich było naniesione P . Ostatecznie otrzymaliśmy więc zależność $P(s)$, a to właśnie było potrzebne, aby móc ewaluować liczbowo wzór [20]. Planimetrując w podanych granicach pole pod krzywą znajdujemy wartość całki figurującej we wzorze.

Dla pyłów zarówno otrzymanych sztucznie (tj. drogą mielenia) jak i naturalnych (pochodzących np.



Rys. 4.

³⁾ Oznacza to, że nie uwzględniono tarcia gazu o ściany. Uwzględnienie go prowadziłoby do parabolicznego profilu prędkości i ogromnej komplikacji obliczenia. Rezygnuje się z tego w interesie praktyczności metody.

z procesu spalania) można często aproksymować charakterystykę funkcją wykładniczą typu:

$$P(x) = 100e^{-mx^n} \quad [21]$$

gdzie m i n są stałymi. Otrzymujemy wówczas, wstawiając $x = x_{min}$ i uwzględniając zależność [16]:

$$\alpha = \frac{1}{B} \int_0^B e^{-m \left[\frac{9\eta g}{\pi \gamma w} s \left(1 - \frac{s}{D} \right) \frac{1}{\Omega} \right]^{\frac{n}{2}}} ds \quad [22]$$

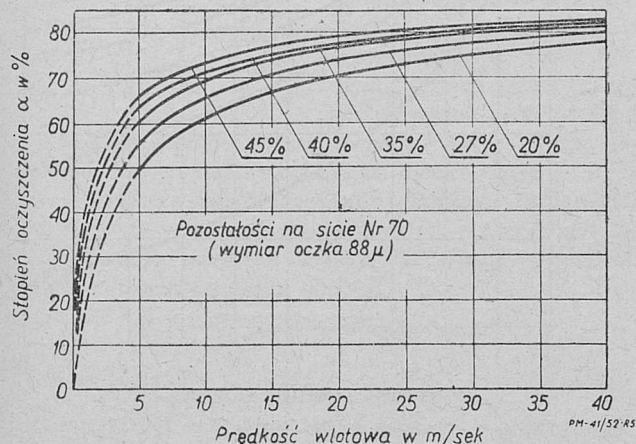
6. Dyskusja wzoru na ogólny stopień oczyszczania

Występujące w wyrażeniu [22] zmienne, dzielą się na takie, które charakteryzują gaz (w , η), pył (γ , granulacja — wyrażona przez m , n) i aparat (D , B , Ω). Wiadąc, jak złożony układ tworzą wymienione parametry wpływające na α . Łatwo stwierdzić, że α rośnie ze wzrostem w , γ , Ω , maleje zaś ze wzrostem η , m , n , D , B .

(Wszystkie pozostałe wpływy, których równanie [22] nie uwzględnia, obejmujemy dla celów porównawczych pojęciem „funkcji zakłócającej“).

W p ł y w p o s z c z e g ó ł n y c h p a r a m e t r ó w n a α .

1. *Prędkość wlotowa w .* Na rys. 5 podano $\alpha(w)$ dla pyłu węglowego. Z rosnącą w linie obrazujące zmienność α przebiegają coraz bardziej płasko. Dla

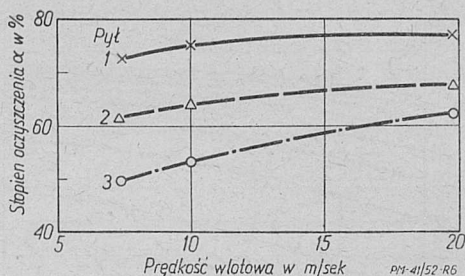


Rys. 5. $\alpha(w)$ dla pyłu węgla kam. i ap. cykl. $D = 3$ m, $B = 0,5$ m, $\Omega = 1$, temp. 200°C, przy różnej granulacji pyłu.

$w > 25$ m/sec wzrost α jest już bardzo mały i opłaca się zeń zrezygnować wobec szybkiego wzrastania wraz z w oporów przepływu. Także wzbijanie pyłu wydzielonego już na pobocznicy aparatu wzrasta szybciej niż proporcjonalnie do w . Zjawisko wzbijania pyłu jest przyczyną, iż rzeczywiste krzywe $\alpha(w)$ będą przy dużych w zawsze bardziej płaskie niż krzywe teoretyczne, a nawet mogą czasem wykonywać pewien spadek; patrz krzywa 1 na rys. 6, która została zdjęta z modelu; w małych modelach wzbijanie pyłu zaznacza się wyraźniej.

2. *Lepkość gazu η .* Temperatura ma mały wpływ na α . Np. gdy temperatura zmieniła się w pewnym przypadku (spaliny kotłowe, $\gamma = 2200$ kg/m³, $w = 20$ m/sec) ze 150 na 350°C, to α spadło z 77,5% tylko o 2,5%. Zostało to oczywiście spowodowane wzrostem lepkości gazu.

3. *Granulacja pyłu.* Jej wpływ widać już z rys. 5, gdzie za parametr przyjęto P_{70} tj. pozostałość na sicie Nr 70 (wg DIN). Wpływ ten odzwierciedla jednak lepiej rys. 7.



Rys. 6. $\alpha(w)$ zmierzone na modelu $D = 400$ mm, krzywa 1 : $P_{70} = 42\%$, krzywa 2 : $P_{70} = 28\%$, krzywa 3 : $P_{70} = 0,2\%$.

Wpływ granulacji pyłu na α maleje w miarę wzrostu w . Ujemny wpływ drobnego pyłu można teoretycznie wyrównać zastosowaniem dużej w , lecz w praktyce niebezpieczeństwo rozbijania pyłu oraz wzrost spadku ciśnienia na aparacie — czyli potrzebnej mocy wentylatora — stanowią przeciwwskazanie.

4. *Ciężar właściwy pyłu γ .* Rys. 8 wskazuje, że oddzielanie lotnego żużla (mała zawartość części palnych) będzie dokonane lepiej niż oddzielanie koksiku (duża zawartość części palnych) gdyż $\gamma_z > \gamma_k$. Różnicę tę zmniejsza jednak okoliczność, że cząstki koksiku posiadają zazwyczaj duże wymiary, zaś lotny żużel tworzy często kuleczki puste wewnątrz, a więc lekkie i trudniejsze do oddzielania.

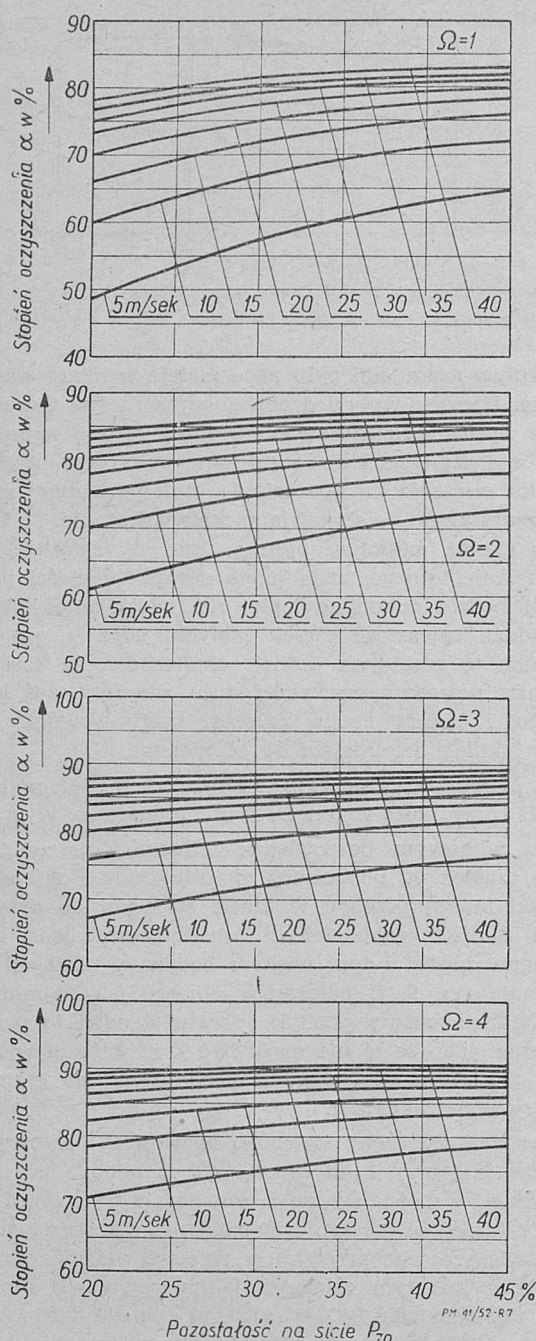
5. *Szerokość przekroju wlotowego B .* Im mniejsza B (przy niezmiennym D) tym mniejsze są w przekroju wlotowym bezwzględne odległości poszczególnych cząstek od pobocznicy aparatu czyli drogi jakie cząstki muszą przebyć w czasie stojącym do dyspozycji dla ich wydzielania; tym mniejsze będą oddzielane cząstki i tym większe będzie α . Związki te obrazuje rys. 9. B należałoby obierać jak najmniejszą, jednak żądany przełyk aparatu stanowi tu ograniczenie, jako że w nie może być zbyt duże, a wysokość przekroju wlotowego też napotyka na granice natury konstrukcyjnej.

6. *Srednica części walcowej aparatu D .* Gdyby powiększać D przy $B = \text{const.}$ to α malałoby, lecz tak niewiele, że można by się z tym godzić (rys. 10). Jednakże takie powiększanie aparatu nie ma sensu, gdyż nie zwiększa jego przełyku, a przecież właśnie wzrost przełyku jest tym celem w jakim powiększa się D . Gdy zaś zachować $B/D = \text{const.}$ to α spada dość szybko (rys. 11). Przyczyną spadku jest zwiększanie bezwzględne D . Zasada modyfikowania wielkości aparatu, według $B/D = \text{const.}$ jest stosowana przez szereg wytwórców.

Prawa rządzące podobieństwem przepływu w cyklonach różnej wielkości są bardzo złożone. Nie znamy ich dokładnie i w tym tkwi niebezpieczeństwo popełniania błędów przy ocenianiu α aparatu dużego na podstawie prób przeprowadzonych z małym modelem. Rys. 10 i 11 dają tu jednak pewien jakościowy pogląd.

7. *Ilość obrotów strumienia zawiesziny Ω .* Ze zależności α (Ω) zdaje sprawę rys. 7. $\Omega > 3 \div 4$ nie daje już wyraźnych korzyści. Z rosnącym Ω maleje też dodatni wpływ dużych w i grubej granulacji.

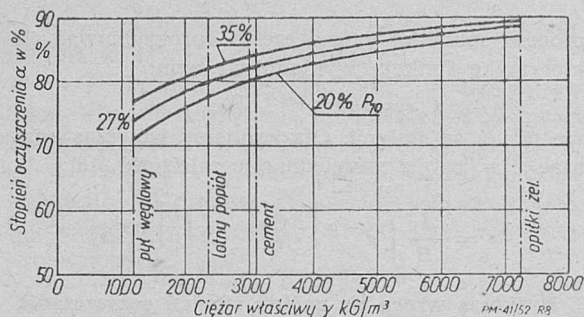
8. *Czynniki zakłócające.* Wpływu szeregu innych czynników nie da się ująć ilościowo. Wszystkie one wzrastając działają w kierunku obniżenia α za wyjątkiem jednego tylko α . Wiry, które istnieją już



Rys. 7. $\alpha(P_{70})$ dla pyłu węgla brunatnego przy parametrach: w , Ω i w warunkach: $D = 3$ m, $B = 0,5$ m, $\gamma = 1200$ kG/m³ temp. = 20°C.

w strumieniu na wlocie, przybierają na natężeniu skutkiem tarcia o pobocznice i sąsiednie zwoje spiralnego strumienia poruszające się w wyniku istnienia tarcia z innymi prędkościami. Te oraz inne jeszcze przyczyny powodują zniekształcanie wymiarów poprzecznego przekroju strumienia i teoretycznego profilu prędkości. Także wspomniane już rozbijanie wydzielonego pyłu należy do czynników zakłócających.

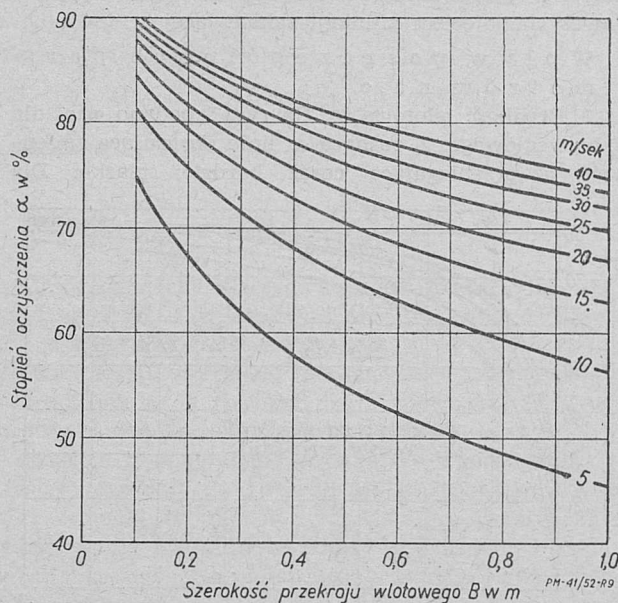
Niemożliwe jest wprowadzenie do obliczeń α dalszych parametrów konstrukcyjnych np. wysokości części walcowej aparatu, przekroju rury odlotowej, wielkości jej wysterczania do części walcowej itd. Wpływ tych parametrów może być wyjaśniony jedynie na drodze doświadczalnej.



Rys. 8. $\alpha(\gamma)$ dla danych: $D = 3$ m, $B = 0,5$ m, $\Omega = 1$, $w = 20$ m/s temp. = 20°C.

7. Wyniki doświadczeń nad wpływem niektórych parametrów konstrukcyjnych na ogólny stopień oczyszczania

W Laboratorium Maszynowym Politechniki w Delft (Holandia) zbadano te zależności uzyskując obraz rze-



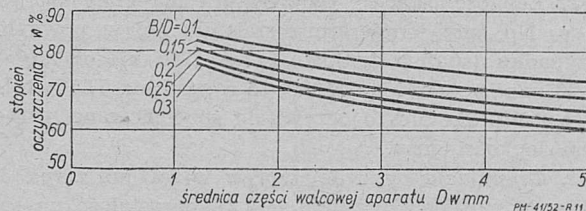
Rys. 9. $\alpha(B)$ przy parametrze w dla danych: $D = 3$ m, $P_{70} = 27\%$, temp. = 20°C, $\Omega = 1$.

czywistego przepływu przez aparat i projektując konstrukcję aparatu o wysokim α (rys. 12).

Stwierdzono, że stosowanie jakichkolwiek kierownic prowadzących strumień w aparacie odbija się



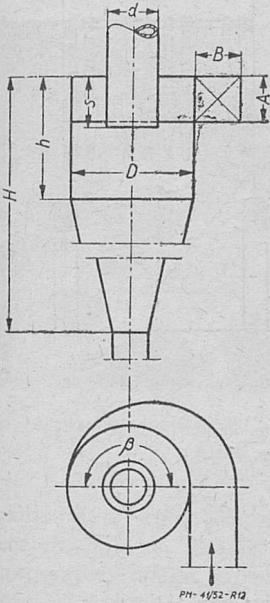
Rys. 10. $\alpha(D)$; $B = \text{const}$, $w = 20$ m/sec, $\Omega = 1$, temp. = 20°C, $R_{70} = 28\%$.



Rys. 11. $\alpha(D)$; $B/D = \text{const}$, $w = 20$ m/sec, $\Omega = 1$, temp. = 20°C, $R_{70} = 28\%$.

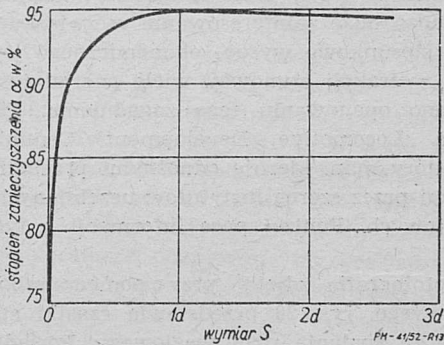
ujemnie na α i zwiększa spadek ciśnienia. Ten sam skutek ma użycie łopatek prostujących, które stosowano dawniej, a które miały na celu odzyskanie części tej energii kinetycznej, jaką posiada gaz wirujący w rurze wylotowej czy zbiorniku pyłowym. (Wyniki

chodząc obniża α to zostało stwierdzone. Wydaje się, że gra ono większą rolę w aparatach małych niż dużych. Referowane zaś doświadczenie przeprowadzono właśnie na aparatach niedużych (laboratorium). Jest jeszcze i inne wytłumaczenie. Rys. 15 podaje miano-



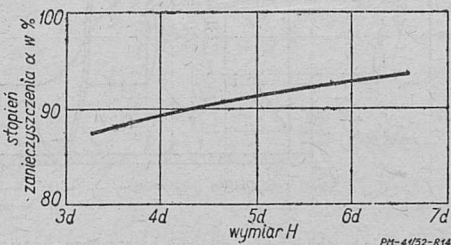
Rys. 12. Prototyp z Delft.

Rys. 14. podaje wpływ H na α . Wzrost H nie powinien iść w konstrukcjach za daleko, gdyż podraża je i zwiększa zapotrzebowanie miejsca. Zaleca się $H = 6d \div 7d$. Osobliwością jest stwierdzenie doświadczenia wzrost α wraz z D co stoi w sprzeczności z teorią (rys. 15).



Rys. 13. $\alpha(S)$; $D = 2,25 d$, $H = 6 d$, $\beta = 1800$

Możliwe, że w pewnej mierze jest za to odpowiedzialne zjawisko odbijania się pyłów o własnościach sprężystych, zwłaszcza grubszych (poczynając od $60 \div 80 \mu$), od pobocznic. Że ono zachodzi, a za-

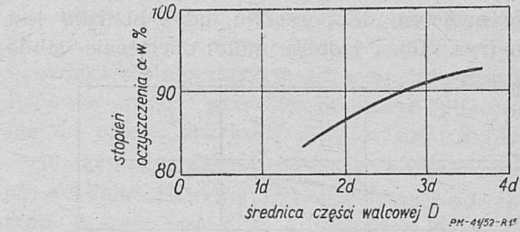


Rys. 14. $\alpha(H)$; $D = 2,25 d$, $S = d$, $\beta = 1800$.

powyższe stoją w sprzeczności z rezultatami uzyskanymi dawniej przez innych badaczy. Przyczyny niezgodności nie są jasne. Na ogół jednak można mieć większe zaufanie do badań nowszych, zwłaszcza, że były one przeprowadzone z dużą systematycznością).

Stwierdzono, że najlepsze wyniki daje ślimakowe wprowadzenie strumienia na wlocie (rys. 12) obejmujące kąt $\beta \cong 180^\circ$ ($\beta > 180^\circ$ nie wnosi ona dużej poprawy a podraża wykonanie).

Jeśli idzie o wpływ wymiaru S , to optimum przypada dla $S \cong d$ lub $S \cong A$ jeżeli $A > d$. Zależność $\alpha(S)$ podaje rys. 13 W dalszych seriach doświadczeń utrzymywano $\beta = 180^\circ$ i $S = d$.



Rys. 15. Doświadczenie stwierdzonego wpływu D na α dla danych: $H = 6d$, $S = d$, $\beta = 1800$.

wicie $\alpha \left(\frac{D}{d} \right)$ a jest jasne, że im ten stosunek jest większy, tym mniejsza ilość cząstek pyłu zostanie porwana do rury wylotowej, zanim zostaną one odrzucone na pobocznice. Wydaje się, że ten wzgląd odgrywa na ogół bardziej doniosłą rolę niż poprzedni.

Wzrostowi bezwzględnej wielkości D towarzyszył stały wzrost spadku ciśnienia na aparacie, co objaśnia się większą burzliwością przepływu.

Stosunek A/B wpływa nieco na α . Przy wlocie ślimakowym dobre wyniki dawało $A = B$ lub $A < B$. Małe A ma na celu utworzenie niezbyt małego wymiaru $S - A$; okolica krawędzi rury wylotowej jest niebezpieczna gdyż zachodzi tam porywanie niewydzielonego pyłu do rury wylotowej. Przy wlocie ślimakowym jeszcze w ślimaku następuje koncentracja pyłu w zewnętrznych obwodowych warstwach strumienia; jest mniejsze prawdopodobieństwo porywania pyłu do rury wylotowej, gdy pył wejdzie już do właściwego aparatu.

Przy wlocie stycznym (który daje uderzenia zwiększając spadek ciśnienia na aparacie) należy zgodnie z przesłankami teoretycznymi stosować B możliwie małe.

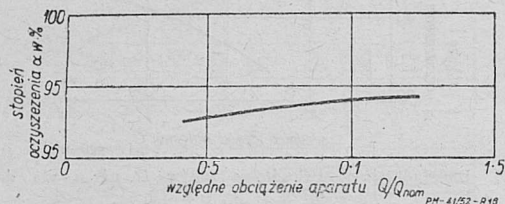
8. Równoległe łączenie „cyklonów” i przykłady budowy elementów bateryjnych

Nie wdając się w bardziej szczegółowe rozważania w oparciu o pomiary rzeczywistego przepływu w aparacie, ani w przegląd konstrukcji cyklonów używanych w kotłowniach, stwierdzmy, że najbardziej efektywnym sposobem zwiększenia α jest zmniejszenie średnicy aparatu. Prowadzi to do stosowania układów (baterij) małych aparatów zestawionych równolegle. Wyłaniają się tu konstrukcyjne zagadnienia: równomiernego rozdziału zawiesziny pomiędzy poszczególne elementy (tj. aparaty) baterii, zbiorczego odprowadzania uchwyconego pyłu, małego gabarytu całości baterii i inne. Niewłaściwe rozwiązanie niektórych z tych aspektów powoduje obniżenie α baterii w stosunku do elementu pracującego jako aparat samodzielny. Obniżka ta może dochodzić do 50%. Jest rzeczą konieczną, by wszystkie elementy jednej baterii były wykonane możliwie identycznie (fabrycznie i seryjnie) oraz by miały jednakowe warunki pracy.

Zastosowanie baterii jest, w związku ze zmniejszonymi wymiarami elementów, racjonalne tylko wów-

czas, gdy zapylenie gazu jest nieduże i pył nie wykazuje większej przyczepności do metalu. Inaczej grozi zatykanie się pyłem (najłatwiej zachodzi to w króćcach pyłowych) co silnie upośledza działanie baterii.

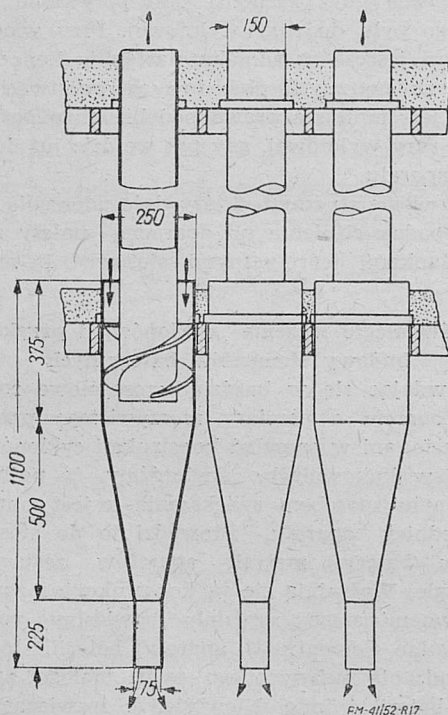
Jeżeli obciążenie aparatu bądź pojedynczego, bądź baterijnego zmniejsza się, to α nieco maleje. Można by przejść nad tym do porządku, gdyż obniżka jest niewielka (rys. 16), jednak małe obciążenie silnie



Rys. 16. Wpływ względnego obciążenia aparatu na stopień oczyszczenia.

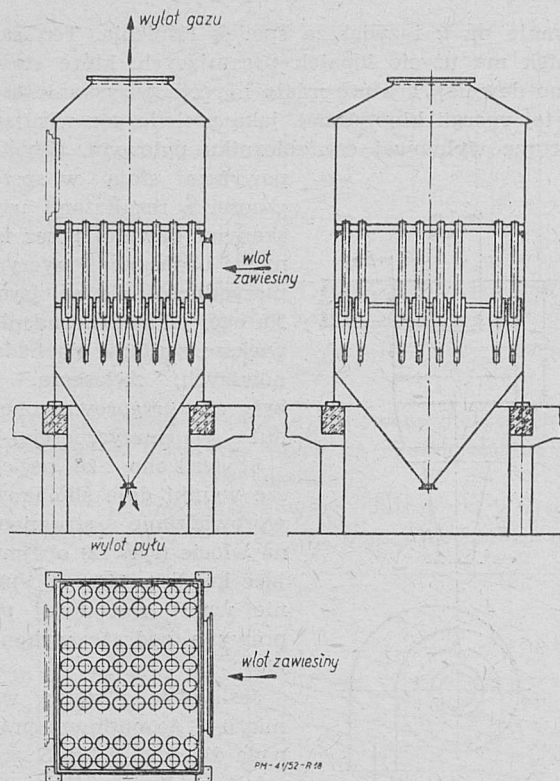
sprzysia zatykaniu się elementów baterii. W tych wypadkach dobry skutek odnosi wyłączanie części elementów.

W dążeniu do uzyskania wysokich ogólnych stopni oczyszczania, małych maksymalnych średnic cząstek, które mogą przejść przez aparat nie zatrzymane oraz możliwie małych spadków ciśnienia na aparacie, rozwinięto w ZSRR, w Anglii i Niemczech szereg pomysłowych konstrukcji elementów cyklonów bateryjnych. Niektóre z nich będąc bardzo prostymi w konstrukcji, a realizując zdumiewająco silne pola sił odśrodkowych, zasługują na zainteresowanie. Szczególną prostotą odznaczają się elementy — j e d —



Rys. 17. Element radzieckiego cyklonu baterijnego typu CG—1.

n o c h o d o w e (nazwa w analogii do skraplaczy jednochodowych), w których osiowy ruch strumienia jest tylko jednokierunkowy. Łopatek kierujących nie da się tu uniknąć, gdyż wywołują one w tych konstrukcjach wirowy ruch strumienia, który stanowi podstawę działania wszelkich aparatów cyklonowych. Rysunki 17 do 19 podają odnośne przykłady.

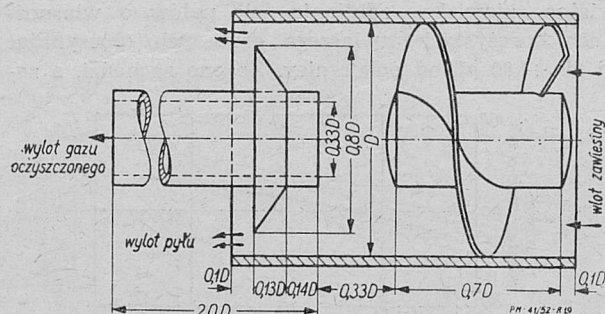


Rys. 18. Cyklon baterijny typu CG—1.

9. Badania i konstrukcje zmierzające do zastosowania baterii „cyklonów“ w obiegu turbiny gazowej na paliwo węglowe

Pomyślne rozwiązanie zagadnienia oczyszczania spalin turbiny gazowej pracującej na paliwo węglowe, zwłaszcza przy spalaniu wewnętrznym, w znacznym stopniu przesądza o przyszłości tego typu silnika. Toteż w USA, gdzie „węglowa“ turbina gazowa wzbudza duże zainteresowanie w związku z możliwością stosunkowo wysoce ekonomicznego jej zastosowania w trakcji szynowej, wiele energii i środków poświęcono opanowaniu tego zagadnienia. Powołano do życia Locomotive Development Committee — (LDC), który m.in. kieruje odnośnymi pracami wykonywanymi przez szereg instytutów uczelnianych i firm przemysłowych. Poniżej parę informacji o tych pracach.

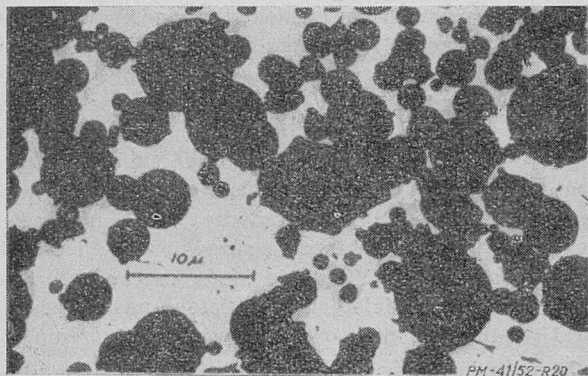
Mikrofotografia zdjęta przy pomocy mikroskopu elektronowego, rys. 20 przedstawia cząstki stałe pochodzące ze spalania pyłu węglowego. Posiadają one kształt z dobrym przybliżeniem kulisty i średnice bliskie 10 μ . Badanie innych próbek analogicznego po-



Rys. 19. Element jednochodowego cyklonu baterijnego konstrukcji radzieckiej (WTI).

chodzenia wykazało sporadyczną obecność cząstek większych, osiągających średnice 40 μ .

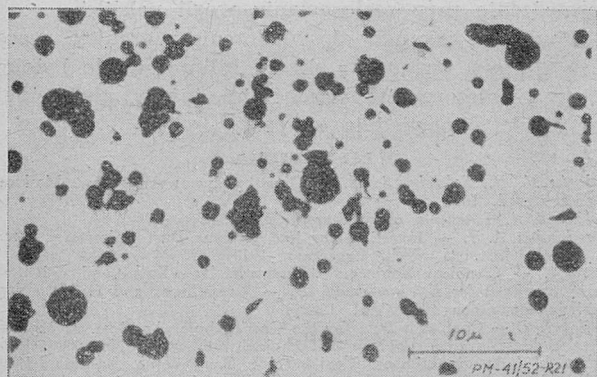
Badania erozji łopatek turbiny spalinowej wykazały, że cząstki mniejsze od 5 μ są stosunkowo niegroźne dla materiałów, z których są wykonywane łopatki. Zadanie oczyszczania spalin sprowadza się



Rys. 20. Elektronowa mikrofotografia lotnego popiołu pochodzącego ze spalania pyłu węglowego.

przeto w praktyce do usuwania przede wszystkim cząstek $> 5 \mu$. Erozja maleje szybko ze wzrostem temperatury spalin, co objaśnia się wzrostem ich lepkości (2-krotnym przy temp. 540°C w porównaniu z temperaturą 21°C).

Rozważania LDC na temat obioru metody oczyszczania wpędce doprowadziły do wniosku, że filtry sporządzone z materiałów porowatych byłyby niepraktyczne, a metoda elektrostatyczna nierealna z powodu dużych prędkości przepływu i wysokich temperatur. Największe nadzieje rokowały aparaty oparte na bezwładnościowej zasadzie działania. Upoważniono Institute of Gas Technology do zbadania możliwości zastosowania bardzo małych aparatów cyklonowych. Zwrócono przy tym uwagę na konstrukcję firmy Aerotec Co, jaka była stosowana na samolotach i czołgach pełniących służbę na pustynnych teatrach wojny. Ten typ aparatu o $D = 5$ cm wykazał przy temperaturze 21°C zdolność uchwycenia wszystkich cząstek większych od 10 μ i 80% cząstek rzędu wielkości 5 μ . Próby pod ciśnieniem atmosferycznym i przy temperaturze pokojowej przeprowadzone na popiele pokazanym na rys. 20 potwierdziły te dane,

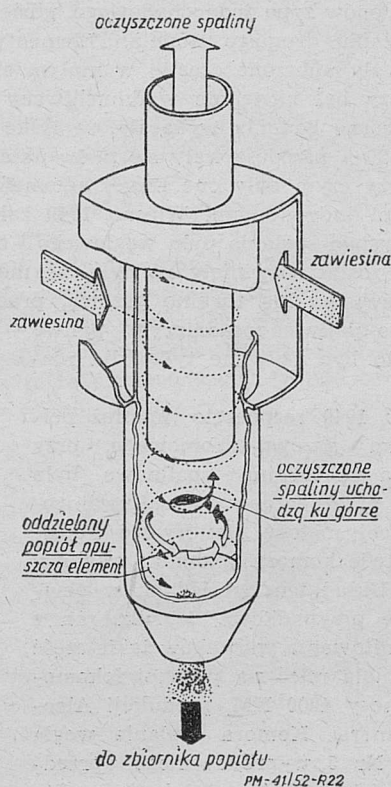


Rys. 21. Elektronowa mikrofotografia lotnego popiołu w spalinach po przejściu przez element Aerotec $D = 5$ cm przy temperaturze 21°C.

gdyż zostało zatrzymanych 95% pyłu. Spadek ciśnienia wynosił 100 mm sł. w., a przełyk 1,41 Nm³/min.

Rys. 21 przedstawia elektronową mikrofotografię popiołu, który nie został zatrzymany; nie zawiera on cząstek $> 5 \mu$. Ponieważ wg teorii średnica największej cząstki jaka może opuścić aparat rośnie z drugim pierwiastkiem temperatury, przeprowadzono takie próby także przy 600°C a jeszcze wynosiło 85% i również zostały zatrzymane wszystkie cząstki $> 5 \mu$. Ponowne próby przy temperaturze pokojowej, lecz już na baterii aparatów Aerotec dały α nieobniżone.

W instalacji próbnej komory spalania zainstalowanej w John Hopkins University, zastosowano aparat typu Aerotec, rys. 22; α wynosiło 90 ÷ 95% przy 540°C. Spaliny w ten sposób oczyszczone dają 100 razy mniejszą erozję niż nie oczyszczone w ogóle, porównując w temperaturach pokojowych (dla wyższych

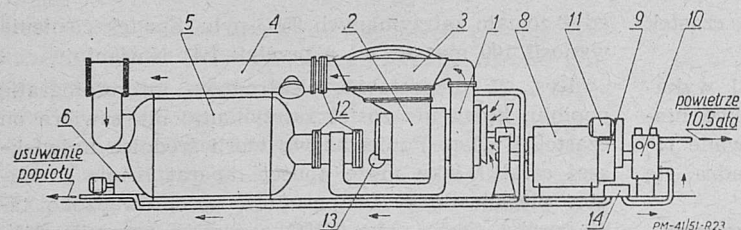


Rys. 22. Element cyklonu bateryjnego typu Aerotec.

stosunek jest oczywiście większy). Badano też element Aerotec o $D = 75$ cm, którego przełyk jest z górą 2 razy większy i nie stwierdzono gorszego α .

Rys. 23 przedstawia schematyczny widok turbiny gazowej o mocy 3750 KM projektowanej przez firmę Elliott i przeznaczonej dla lokomotywy doświadczalnej. Cyklon bateryjny typu Aerotec mieści się w rurowej osłonie stalowej o średnicy 1830 mm.

W lecie 1947 zmontowano w Kaiser Steel Mill we Fontana (Kalifornia) kompletną, doświadczalną instalację węglową naturalnej wielkości dla próbnej turbiny gazowej. Ponieważ cząstki popiołu wykazywały znaczny rozrzut średnic, zastosowano dwustopniowe oczyszczanie spalin. Pierwszy stopień stanowił oddzielnik żaluzjowy. Koncentrował on większe cząstki w



Rys. 23. Schemat turbiny gazowej na paliwo węglowe projektowanej przez firmę Elliott dla lokomotywy (3750 KM); 1 — sprężarka, 2 — turbina, 3 — regenerator, 4 — komory spal. 5 — cyklon bat., 6 — odpopielacz, 7 — przekładnia, 8 — prądnica pr. st., 9 — prądnica pr. zm., 10 — sprężarka II st. dla instalacji węglowej, 11 — prądnica pomocnicza pr. st., 12 — mufy ekspansyjne, 13 — mechanizm do obracania turbiny, 14 — chłodnica powietrza.

małym strumieniem powietrza, który następnie opuszczał instalację właściwą rozprężając się w dyszy i przechodząc przez osobny oczyszczacz, zanim został wypuszczony do atmosfery. Po przejściu przez aparat żaluzjowy, oczyszczone wstępnie spaliny wchodziły do baterii cyklonów typu jednochodowego, gdzie podlegały oczyszczaniu drugiego stopnia. Elementy baterii koncentrowały unoszone cząstki w małym strumieniu spalin, który był następnie wydmuchiwany na zewnątrz. Obszerne badania wykazały, że tylko nieliczne cząstki $> 20 \mu$ przedostawały się przez układ oczyszczający, przy czym były one raczej aglomeratami niż integralnymi indywiduami. Wiosną 1949 zakonkludowano, że system spalania pyłu węglowego i oczyszczanie spalin został rozwinięty na tyle, że można uruchomić doświadczalną turbinę gazową, pracującą na węglu jako paliwie zasadniczym; paliwo ciekłe miało być używane tylko dla rozruchu.

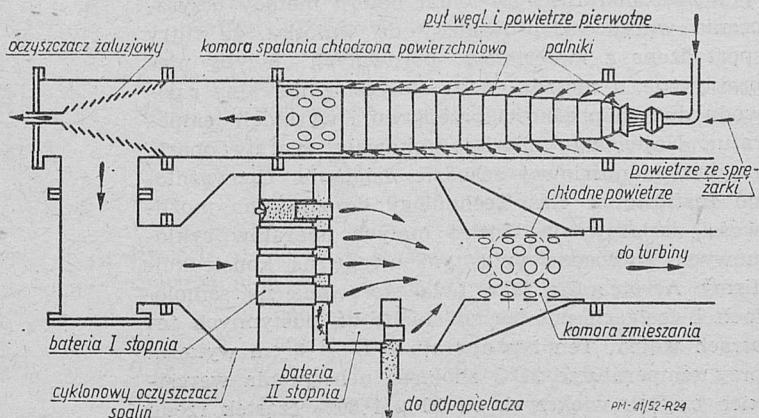
W maju 1949 rozpoczęto montaż pełnego silnika gazowo-turbinowego, przy czym użyta tu turbina spalinowa była pierwotnie przeznaczona dla rafinerii ropy stosującej metodę Houdry'ego. Posiadała ona dwie komory spalania: węglową i olejową. Układ ten był jednak w pewnym sensie przypadkowy. Wynikał on z potrzeby imitowania warunków jakie część węglowa miała mieć na próbnej lokomotywie (o mocy 4200 KM, produkcji Alco-Allis Chalmers). Komora spalania węgla była typu Nr 5 wypróbowanego uprzednio we Fontana. Oddzielnik żaluzjowy firmy Turbodyne Corp. również był badany we Fontana gdzie przepracował kilkadziesiąt godzin nie wykazując widocznych uszkodzeń. Oddzielał on 50% pyłu i niweczył termiczną warstwowość przepływu jaka występowała za komorą spalania. Drugi stopień oczyszczania stanowiła bateria cyklonów złożona z 18 elementów typu ST konstrukcji firmy American Blower, a trzeci stopień bateria 3 takich samych elementów. Ogólny układ baterii pokazuje rys. 24:

Około 90% strumienia idzie po przejściu 2 stopnia bezpośrednio do komory mieszania i dalej do turbiny; pozostałe 10% o dużej zawartości pyłu przechodzi do wspólnej komory pyłowej, a następnie dalej do 3 stopnia. Stąd znowu — 90% tego częściowego strumienia przechodzi po oczyszczeniu do turbiny, pozostałe zaś 10% (czyli 1% w stos. do całkowitej ilości spalin) jako wykazujące b. wysokie zapylenie jest usuwane na zewnątrz.

10. Zakończenie

O ile w USA, przy daleko większej w stosunku do węgla podaży paliwa ciekłego niż w Polsce, uznano za gospodarczo uzasadnioną rzecz podjąć obszerne prace w kierunku zastosowania paliwa węglowego do napędu turbiny gazowej, to przeprowadzenie podobnych badań w Polsce wydaje się jeszcze bardziej celowym, o ile turbina gazowa ma być u nas w ogóle wcześniej czy później zastosowana. Przemawia za tym fakt, że turbina gazowa zupełnie dobrze nadaje się do zastosowań trakcyjnych przy zastosowaniu przekładni elektrycznej. Sprawności zaś całkowite jakich można oczekiwać o wiele przekraczają sprawności najlepszych nawet parowozów. W dobie kiedy oszczędność jest jednym z najważniejszych postulatów naszej gospodarki, wzgląd ten nie powinien być bez znaczenia.

Wprowadzenie w Polsce turbin gazowych na paliwo węglowe opartych na rodzimych konstrukcjach wymagałoby przeprowadzenia sumiennych i dość obszernych badań z zakresu budowy węglowych komór spalania i zagadnienia oczyszczania spalin. Warunki spalania węgla w komorze spalania turbiny gazowej są dalekie od znanych kotłowych, a oczyszczanie spalin w tym zastosowaniu jest w Polsce sprawą zupełnie nieznaną. Dane w literaturze zagranicznej są szcu-



Rys. 24. Układ spalania i oczyszczania spalin gazowej doświadczalnej turbiny LDC na pył węglowy.

płe i wysoce niekompletne, a te które są, wymagałyby sprawdzenia przy zastosowaniu węgla polskich.

Ponieważ, jak uczy doświadczenie zagranicy, prace tego rodzaju wymagają okresu kilku lat, nie byłoby zbytnią przezornością nadać im już w niedalekiej przyszłości odpowiednie tempo.

LITERATURA

- Zalogin N. D., Schucier S. M. — Oczyszczanie dymowych gazów, Moskwa Leningrad, 1948
 Kufferath A. Filtration und Filter, Berlin 1942
 Ter Linden A. J. — Investigations into Cyclone Dust Collectors, Proc. of the Inst. of Mech. Engineers, 1949
 Perry J. — Chemical Engineers' Handbook, New-York-London 1941
 Rosin P., Rammler E., Intemann W. — Grundlagen und Grenzen der Zyklo-nen-taubung, Z. VDI 1932
 Yellot J. I. — Coal as a Fuel for the Gas Turbine, An. Inst. of Mining and Metallurgical Engineers, Technical Publication No. 2086, 1946
 Yellot J. I. An Experimental Coal-burning Gas Turbine, Baltimore 1950
 Yellot J. I., Broadley P., Kottcamp C. F. — The Coal burning Gas Turbine Locomotive, Baltimore 1947
 Stanbury W. A. jr. — Gas Turbine Locomotive: New Motive Power for Big Coal Customer, Baltimore 1946. (przedruk z Coal Age, 1946, Oct.).

Uwagi o doświadczeniach z turbinami na wysokie ciśnienia

Mgr inż. TADEUSZ NIKIEL

Wprowadzenie wysokich ciśnień (powyżej 50 atn) i wysokiego przegrzania pary ($470 \div 550^\circ\text{C}$) postawiło przed konstruktorami oraz użytkownikami turbin parowych nowe problemy. Uwagi zawarte w artykule, opracowane na podstawie raportów z awarii turbin, obejmują tylko niektóre zagadnienia związane z wprowadzeniem wysokich ciśnień i temperatur, mogą jednak posłużyć jako wytyczne przy rozwiązywaniu analogicznych względnie podobnych przypadków.

1. Korpus turbiny

Jak wykazała statystyka stosunkowo rzadko były spotykane uszkodzenia korpusu turbiny przeważnie polegające na jego deformacji. Wypadki takie zdarzały się jednak przy reakcyjnych turbinach osiowych, których korpusy mają ścianki stosunkowo cienkie. Przyczyną tych odkształceń może być nieodpowiedni materiał względnie jego niewłaściwa obróbka cieplna. Odkształcenia te powodowały nieszczelności na stykach oraz — wyjątkowo — wyboczenie tarcz kierowniczych i uszkodzenie układu łopatkowego.

Aby zapobiec uszkodzeniom spowodowanym odkształceniami korpusów, zaczęto je wykonywać (AEG) z grubszymi ściankami ($100 \div 120$ mm i więcej). Nie wykazywały uszkodzeń korpusy turbin promieniowych (SSW, Ljungström), co wynika zapewne z faktu, że turbiny te nie wymagają grubych kołnierzy korpusu.

2. Połączenia śrubowe

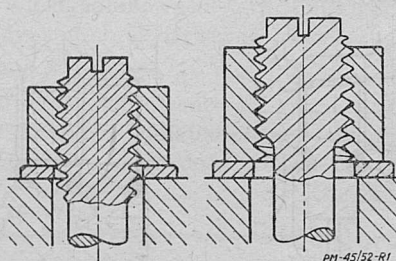
Najwięcej trudności powodowały śruby połączeń korpusu, w których zasadniczą rolę odgrywa materiał oraz konstrukcja śruby, jak również naprężenie wstępne śruby, zapewniające osiągnięcie pożądanej szczelności połączenia.

Przewidziane przez konstruktora naprężenie wstępne zapewnia się albo przez dokręcanie śruby z określonym momentem (kluczem granicznym), bądź też przez dokręcanie śruby zwykłym kluczem, po uprzednim podgrzaniu jej palnikiem do ok. 500°C . Określone wydłużenie śruby mierzy się szczelinomierzem między kołnierzem i nakrętką lub suwmiarką na całej długości śruby. Przy odkręcaniu śrub stosowano również podgrzewanie palnikiem przez otworek wiercony w osi śruby.

Praktyka wykazała pęknięcia śrub ze stali FKM 54 (Krupp, Cr-Ni-Mo, $R_r = 110 \div 120$, $Q_r = 90$, $A_5 = 12$, gr. pełzania przy 400°C ok. 40, przy 500°C ok. 18), które po dokręceniu ich po uprzednim podgrzaniu palnikiem hartowały się, zapewne na skutek miejscowego przekroczenia dopuszczalnych temperatur podgrzania. Śruby pękały po dłuższym okresie pracy, wynoszącym w konkretnym przypadku ok. 20000 godzin. Struktura śrub była różna wewnątrz i na powierzchni sworzni, a pęknięcia następowały w płaszczyźnie styku kołnierzy.

Doświadczenia czynione nad materiałami śrub wyeliminowały materiały czułe na „kruchłość odpuszczania”. Próby stosowania gwintów drobnych wykazały ich skłonności do zacierania się. W wykonaniach, gdzie śruby wymiarowano z dużym zapasem, pęknięć nie stwierdzono.

Pęknięcia wykazywały również wielokrotnie śruby połączeń rurociągów. Np. śruby dwustronnie przelotowe materiał EFK 2338 (Krupp, Cr-Ni-Mo, $R_r = 80 \div 90$, $Q_r = 60$, $A_5 = 16$, gr. pełzania przy 400°C ok. 45, przy 500°C ok. 26) łączące rurociąg pary o 95 atn i 480°C , obciążano zgodnie z przepisami wytwórcy materiału, które zezwalały na naprężenie wstępne 50 kg/mm^2 oraz na naprężenie ruchowe 13 kg/mm^2 . Naprężenia te były naprężeniami średnimi, w pewnych miejscach jednak na skutek nierównomiernego rozkładu musiały panować naprężenia wyższe, które przekraczały granicę płynności materiału, umiejscowione np. w karbach (gwint) i powodujące pękanie śrub. Pęknięciom zapobieżono przez inne rozwiązanie konstrukcyjne (rys. 1). Śruby wykonywano o takiej długości, aby cały gwint śruby (od strony sworzni) chował się w nakrętce i aby pod nim pozostawały jeszcze ok. dwa zwoje niewykorzystanego gwintu nakrętki. Należy również przestrzegać zasady, że sworzeń śruby winien być cieńszy od średnicy rdzenia śruby.



Rys. 1. Stara i nowa forma konstrukcyjna połączenia śrubowego.

Na ogół kiepskie były doświadczenia z zastosowaniem śrub dwustronnych wkręcanych do kołnierza rurociągów. Pękały one zazwyczaj w miejscu wyjścia ich z materiału króćca, do którego były wkręcane. Jako powody wysunąć należy wyższą temperaturę tych śrub w czasie pracy. Śruby przelotowe mają bowiem temperaturę ok. $30 \div 50^\circ$ niższą od temperatury rurociągu, natomiast śruby nieprzelotowe (wkręcane) z powodu lepszego kontaktu mają temperaturę w przybliżeniu równą temperaturze rurociągu. Drugim powodem pękania śrub dwustronnych nieprzelotowych może być większa możliwość istnienia w nich naprężeń zginających.

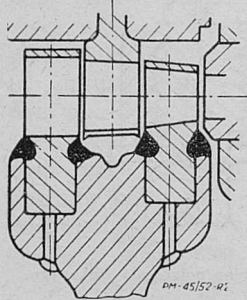
Należy zauważyć, że w tych przypadkach nie stosuje się śrub z łbami. Śruby z materiałów wysokogatunkowych wykonujemy przez toczenie, toteż stosując śruby bez łba zmniejsza się wydatnie ilość materiału wyjściowego; nakrętki wykonuje się zazwyczaj z materiału gorszego, co najwyżej może wpłynąć na zwiększenie ich wysokości.

Odnosnie materiałów na śruby należy jeszcze przytoczyć ciekawy fakt wykryty przy doświadczeniach laboratoryjnych. Długotrwałe próby obciążenia, przeprowadzone w wysokich temperaturach na prętach z karbami wykazały w materiałach o wyższej granicy pełzania pęknięcia na granicach ziarn, występujące wcześniej, niż w materiałach o niskiej granicy pełzania. Wytlumaczyć to można wyrównywaniem się naprężeń na skutek odkształceń plastycznych. Doświadczenia ruchowe wykazały przydatność materiału MC 100 (DEW, Cr-Ni-Mo, $R_p = 80 \div 90$, $Q_p = 60$, $A_5 = 19$, gr. pełzania przy 400°C ok. 45, przy 500°C ok. 26); śruby sporządzone z tego materiału pękały bardzo rzadko. Stal MC 100 odpowiada składem i własnościami stali EFK 2338, jest tylko odpuszczana w wyższej temperaturze.

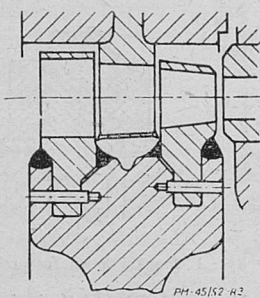
Próby stosowania śrub w instalacjach turbinyowych ze stali do azotowania FPK 13 (Krupp), używanej w armaturze przez firmę Schäffer-Budenberg, zawiadły.

3. Łopatki

Zastosowanie wysokich temperatur i ciśnień w turbinach spowodowało największy przewrót w sposobie zamocowywania łopatek. Po nieudanych próbach z osadzaniem łopatek w dotychczasowy sposób (mózka o kształcie młotkowym) pierwsze BBC — Baden przeszło na przypawanie łopatek do tarczy wirnika (rys. 2 i 3). Uniknięto przez to wędrowania i obluźniania się łopatek, ich częstych złamań oraz wyeliminowano zamek łopatkowy, wylatujący często w wyższych warunkach termicznych. Doświadczenia zebrane przy spawaniu łopatek w turbinach spalinowych (dla kotłów Velox) wykorzystało BBC z powodzeniem w budowie turbiny parowej.



Rys. 2. Łopatki spawane z wirnikiem w starym wykonaniu BBC.



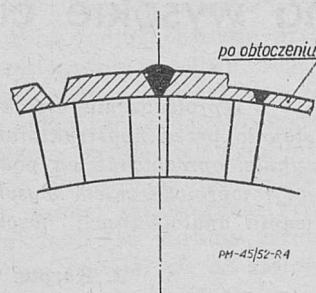
Rys. 3. Łopatki spawane z wirnikiem w nowym wykonaniu BBC.

Pierwsza turbina ze spawanymi łopatkami przez BBC-Mannheim wykazała jednak po krótkim ruchu złamanie kilku łopatek. Łopatki sporządzone były ze stali EFK 2338, tarcza wirnikowa ze stali stopowej (Cr-Ni-Mo) o 0,3% C, do spawania użyto elektrody austenitycznej NCT 3 (18% Cr, 8% Ni). Dokładne oględziny pozostałych łopatek wykazały, że chodzi tu nie o odosobniony przypadek, ale o typowe dla tego rodzaju mocowania uszkodzenia. Zastrzeżenia dotyczyły jakości elektrody i szwu oraz konstrukcji. BBC-Baden użyło wysokostopowych elektrod B 7 M (61% Ni, 15% Cr, 7% Mo, 15% Fe) oraz zaczęło stosować lepszą kontrolę spoin.

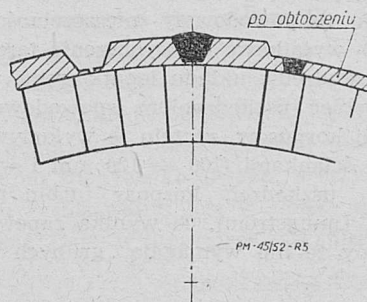
Konstrukcyjne rozwiązanie styku bandaży było niewłaściwe i dawało okazję do tworzenia karbu (rys. 4). Obtoczenie bandaży po spawaniu zmniejszało jeszcze pracujący przekrój.

Podkreślić należy, że każda łopatka w tej turbinie (turbina czołowa, 120 t/h, 115 atn, 490°C) obciążona była, oprócz siły statycznej wynoszącej 600 kG, bardzo wysokimi naprężeniami pochodzącymi od drgań i powodującymi zmęczeniowe pęknięcia materiału.

Rozpoczęte badania pozwoliły wyszukać właściwą elektrodę z właściwą otuliną, konstruktorzy zmienili zaś styki bandaży. Dawną spoinę V, przy której przestrzegano aby na dolnej powierzchni bandaży nie tworzyły się soplek, zastąpiono szwem typu U (rys. 5), w którym pozostawione dwa długie i cienkie języki dobrze się stapiały i nie pozostawiały karbu.



Rys. 4. Spawanie bandaży — stare wykonanie BBC.



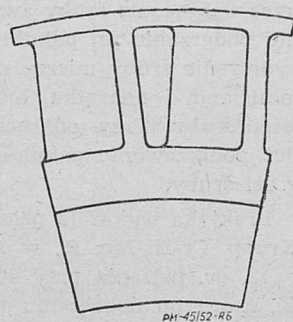
Rys. 5. Spawanie bandaży — nowe wykonanie BBC

Najważniejszą konstrukcyjną zmianą wprowadzoną wtedy było zastosowanie wcześniejszego spawania dwóch łopatek razem, również w nóżce, po czym para taka poddawana jest obróbce cieplnej i następnie montowana na wirniku (rys. 6).

Zmiany objęły również spoinę między wirnikiem i łopatką w kierunku polepszenia dostępu do szwu wewnętrznego. Uniknięto ostrych zakończeń spoiny w miejscach styku łopatek ze sobą, będących zaczątkami pęknięć. Środki te dały dodatnie rezultaty i wyeliminowały awarie łopatkowe w stopniach akcyjnych.

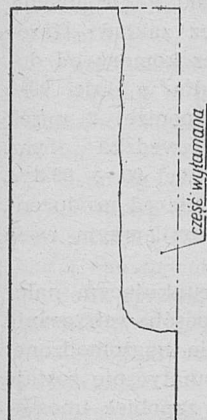
Wysokie obciążenia zmusiły konstruktorów do rewizji dotychczasowych profili łopatek. Szczególnie w łopatkach reakcyjnych długie i cienkie krawędzie wylotowe powodowały pęknięcia na skutek ich drgań (łopotania — rys. 7). Krawędzie te pogrubiono i zwrócono uwagę na podłużne rysy powstające przy procesie produkcji łopatek przez przeciąganie. Na pierwsze rzędy za stopniem regulacyjnym zastosowano zamiast stali nierdzewnej (V5M, Krupp) tę samą stal z dodatkiem molibdenu.

Dla polepszenia sprawności usiłowano stosować druty usztywniające o przekroju kropłowym. Druty te wlotowywano w krawędź wlotową łopatki (rys. 8),

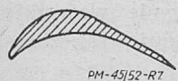


Rys. 6. Para łopatkowa przed montażem na wirniku.

przy rewizji turbiny stwierdzono jednak ich obłuzowanie się i po nieudanych próbach wrócono do drutów o przekroju okrągłym, mocowanych w środku łopatek.



W turbinach promieniowych uszkodzeń układu łopatkowego nie stwierdzono, zaobserwowano natomiast w pierwszych turbinach wzrost ciśnienia za stopniem regulacyjnym. Powodem tego było zasolenie łopatek. Przeprowadzone przemycie usunęło wadę, okazało się jednak konieczne uruchomienie dodatkowej aparatury w oczyszczalni wody, neutralizującej częściowo alkaliczność wody kwasem siarkowym.



Rys. 7. Uszkodzenia łopatek reakcyjnych.

Analiza osadu wykazała, że w 70% składa on się z ługu sodowego, resztę stanowią chlorki i siarczany. Najniższą temperaturę topliwości spośród tych soli posiada ług sodowy, który osadza się na łopatkach w postaci kleistej substancji. Alkaliczność wody musiano ograniczyć do minimum, koniecznego ze względu na ochronę kotłów przed korozją. Obecność SO_2 , nawet w śladach, niszczy materiały zawierające nikiel toteż wkrótce musiano wymienić łopatki sporządzone z EFK 2338 na łopatki z FK 335 (Krupp-Cr-Mo).

4. Dysze i kierownice

Nie zanotowano poważnych uszkodzeń dysz i tarcz kierowniczych. Lutowane jednak na sposób amerykański dysze i kierownice oddzielały się i konstrukcję tę zastąpiono osadzeniem na wpust. Zamiast typowej dla tych elementów stali o zawartości 5% niklu użyto stali EFK 2338. Połączenia tarczy z dyszami względnie z kierownicami na wpust okazało się

w późniejszej praktyce za słabe i dające powód wyginania się tarcz, tak że nieodzowne okazało się zastosowanie również i tutaj spawania.

Stosowany na uszczelnienia labiryntowe w tarczach kierowniczych brąz nikłowy wyłamywał się i pękał na skutek wad odlewniczych. Zastąpiono go początkowo żelazem Armco (0,016% C, 0,024% Mn, 0,005% P, 0,026% S, 0,002% Si, $R_p = 34 \div 36$), a następnie miękkim żelazem z dodatkiem 0,3% Mo.

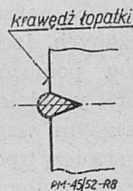
Uszczelnienia między stopniowe turbin promieniowych, wykonane z blachy nikłowej okazały się w wysokich temperaturach łatwołamliwe; na ich miejsce zastosowano uszczelnienia z nichromu R14 (14% Cr, 86% Ni).

5. Uruchamianie turbiny.

Przy uruchamianiu turbiny poszczególne jej części osiągają temperaturę ruchową z różną szybkością. Wirnik, którego masa jest mniejsza od masy korpusu, otoczony zewsząd parą, wyprzedza korpus w rozszerzaniu się. Należy to przewidzieć w konstrukcji i dla turbin, których rozruch ma być szybki, przewidzieć większą możliwość dylatacji cieplnej.

Turbiny akcyjne (AEG) o masywnych korpusach i lekkich wirnikach wymagają długiego rozruchu (1 ÷ 3 godz.) krótszy rozruch mają turbiny reakcyjne osiowe (BBC), gdzie różnice mas ze względu na ciężki wirnik są mniejsze (30 ÷ 45 min). Najlepsze warunki ma turbina promieniowa, szczególnie typu Ljungström, której rozruch trwa parę minut. Przy turbinach wielokadłubowych i turbinach czołowych należy każdy kadłub podgrzewać osobno.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że przy uruchamianiu zespołu czas doprowadzenia kotłów wysokociśnieniowych do pełnej wydajności jest dość długi i wynosi ok. 2 godz., co czyni dość problematycznym zysk z możliwości szybkiego uruchomienia turbiny.



Rys. 8. Drut międzyłopatkowy o profilu kroplistym.

Wytyczne kryteria oceny kotłów ekranowych z naturalnym obiegiem wody

Mgr inż. WŁADYSŁAW HAJKOWICZ

Artykuł seniora kotlarstwa polskiego mgra inż. Władysława Hajkowicza stanowi krytyczne ustosunkowanie się do prac jednego z biur konstrukcyjnych. Wnosi on dużo interesujących nowin technicznych jako oparty na drobiazgowej analizie najnowszej literatury fachowej. Artykuł powinien wzbudzić zainteresowanie szerszych rzesz czytelników, mających do czynienia z zamawianiem, budową i modernizacją większych jednostek kotłowych.

Od dłuższego czasu zagraniczni dostawcy sprzętu energetycznego ubiegając się o ewentualne zamówienia ujawniają znacznie większą uległość w stosunku do dezyderatów inwestora lub jego pełnomocników. Wobec tego staje się możliwym porzucić korną postawę w stosunku do dostawcy i kierować się zasadami rozsądnej dyskryminacji, jaka w takich razach przysługuje inwestorowi, tak pod względem technicznym jak i finansowym składanej oferty.

Pod względem technicznym należy żądać, aby drogą odpowiednich modyfikacji dostarczanego agregatu otrzymać od dostawcy obiekt równowarty technicznie z podobnymi, które przez naszych europejskich sąsiadów uznane są za ostatnie słowo techniki.

Pod względem finansowym należy zarzucić stosowany dotychczas zwyczaj koncentrowania całego zamówienia w rękach jednego dostawcy głów-

nego obiektu, lecz rozczłonkować zamówienie na obiekt głównego agregatu i jego osprzęt techniczny pomocniczy.

W ten sposób mogą być zaoszczędzone poważne sumy, wynikające z prowizji jaką taki ryczałtowy dostawca narzuca sobie na cenę swego zakupu, dostarczanych, lecz nie produkowanych przez niego obiektów pomocniczych. Jednocześnie jednak ściągając oferty zdołamy wybrać bardziej odpowiedni i pod każdym względem solidniejszy i tańszy osprzęt pomocniczy (por. dalej wentylatory, ekshaustory).

W kotłach (oczywista ekranowanych ostatniego typu z wielokrotnym obiegiem wody) oprócz walczaka separacyjnego w walczaku głównym należy żądać wielostopniowego, a przynajmniej trzystopniowego odparowywania wody. Ten bardzo wydajny sposób oczyszczania uchodzącej pary od porywania z sobą wody i zawartych w niej soli, został podjęty swego czasu w budownictwie kotłów w ZSRR i od roku 1940 stosowany jest obowiązkowo we wszystkich odpowiedniego typu kotłach¹⁾. Sposób ten umożliwia zasilanie kotłów wodą posiadającą do 100 mg/litr soli i osatków oraz redukuje stałe przedmuchiwanie kotła z 5 ÷ 6% do 1,5 ÷ 2%. Nie ulega kwestii, że przyczynia się on niedwuznacznie do zmniejszenia ewentualnych osadów w przegrzewaczu.

Dostawca kotła winien dostarczyć zamawiającemu dokładne rysunki przegrzewacza z oznaczeniem ilości i rozmieszczenia wlotów pary, jego kolektorów i wylotów z niego. Wraz z rozmieszczeniem węzownic przegrzewacza na kolektorach, niezbędne jest podanie przez dostawcę charakterystyki hydrodynamicznej przegrzewacza i nierównomierności rozdziału pary (procentowo) do poszczególnych węzownic kolektorów. (Jest to szczególnie ważne dla kotłów średnio prężnych 35 ÷ 45 at a i bywa niebezpieczne dla węzownic przy zbyt małej ich ilości i nieodpowiednim rozmieszczeniu w kolektorach).

Przy agregatach kotłowych należałoby zrezygnować z instalacji do zalewania wodą przegrzewacza przed rozpaleniem kotła, gdyż w przypadku węzownic pionowych opróżnianie ich z wody stanowi dla palacza dość trudny problem i wymaga z jego strony znacznego sprytu.

W ZSRR węzownice przegrzewacza chłodzi się już stale parą nasyconą od chwili gdy tylko zacznie ona powstawać w walczaku; potrzebny jest więc przewód recyrkulacyjny do ekonomisera w celu uchronienia go od przegrzania przy tymże rozpaleniu.

Każdy przegrzewacz winien być zaopatrzony w zawór bezpieczeństwa, który ochroni go od ewentualnego przepalenia się i uszkodzenia, np. na skutek nagłego wstrzymania dopływu pary do turbiny itp.

Należy podkreślić konieczność unikania moderatorów stopnia przegrzania pary, regulujących przegrzanie przez zmianę poziomu wody chłodzącej w moderatorze; bezwładność takiego moderatora jest większa niż moderatora wtryskującego wodę chłodzącą (kondensatu oczywiście), który szybciej reaguje na zmianę stopnia przegrzania.

Przechodząc do elektrofiltrów należy zaznaczyć, że dotychczasowy sposób badania celowości

i solidności ich konstrukcji, na podstawie złożonej oferty, stanowi coś w guście „Tabula rasa“. Nawet tak podstawowe kryteria jak odpowiedni współczynnik sprawności i szybkość przelotu spalin przez komory z elektrodami nie są właściwie ściśle kontrolowane. Filtry radzieckie, wykonywane przez zakład „Gazoczyszka“, przy przelocie spalin przez komory od dołu do góry, wskazują odpylanie spalin w ilości 99% przy szybkości przelotu od 0,5 do poniżej 2 m/sek przy zapyleniu 75 gr/m³ spalin; szwedzka firma „Asea“ wykonuje filtry osiągające nawet 99 ÷ 99,5%, — my natomiast z drugiej już ręki, nie od producenta, dostajemy filtry posiadające w najlepszym razie współczynnik sprawności 92 ÷ 93%.

Bardzo ważnym czynnikiem warunkującym należyte funkcjonowanie filtrów jest sposób wstrząsania elektrody dodatkowo w celu usunięcia nagromadzonej warstwy popiołu. Komora taka automatycznie zostaje zamknięta dla przelotu spalin, aby zapobiec unoszeniu popiołu do komina, natomiast wstrząsy komory oczyszczanej nie powinny udzielać się innym komorom, przez które spaliny przelatują; nie wszystkie jednak konstrukcje elektrofiltrów hołdują tej zasadzie.

Wentylatory i ekshaustory nie są wcale badane co do celowości ich konstrukcji i zastosowania. Należałoby przede wszystkim unikać typu osiowego, posiadającego stosunkowo bardzo stromą charakterystykę w układzie V i H , a więc tym samym bardzo wąską strefę przeciążalności, i które tylko w wyjątkowych przypadkach (przeważnie przy ustawieniu pionowym) dają się wbudować w krótkie przewody spalinowe bez zbyt dużych załamania przewodów. Wysoki współczynnik sprawności nie może być tu czynnikiem decydującym tym bardziej, że obecnie spotyka się już (wzmianki w czasopiśmie technicznych niemieckich) wentylatory promieniowe o współczynniku sprawności sięgającym prawie 80% i przeciążalności do 130% (z powodu ich bardzo płaskiej charakterystyki strefa przeciążalności wzrasta). Dostawcy zaofiarowują przeważnie wysokoobrotowe wentylatory i ekshaustory z małymi wirnikami, robiące około 960 obr/min. Przy dużych szybkościach przelotu spalin przez wirnik, łopatki takich szybkoobrotowych ekshaustorów szybko się ścierają szczególnie przy węglach o dużej zawartości popiołu. Celem zapobieżenia temu należy, obniżając np. obroty do 720 na minutę, zwiększyć średnicę wewnętrznego obwodu wirnika, po którym odbywa się wlot spalin do rotora, lecz tylko o ok. 10%; oczywiście, odpowiednio należy zwiększyć średnicę zewnętrzną wirnika i utrzymać poprzednią szybkość wylotową, a więc i odpowiadające jej ciśnienie spalin u wylotu.

Wobec zmniejszonej szybkości przelotu przez wirnik, a tym samym mniejszej energii kinetycznej, uderzenia cząsteczek popiołu o łopatki oraz ścieralność wirnika znacznie się zmniejsza, dzięki czemu wirnik będzie mógł pracować w nowych warunkach w każdym razie dwa razy dłużej.

Źródła techniczne radzieckie podają np., iż dla kotłów opalanych węglem podmoskiewskim, posiadającym około 26 ÷ 36% popiołu wirnik ekshaustora wytrzymuje od 1800 ÷ 2200 godzin pracy, czyli przeciętnie na 6000 godz. pracy w ciągu roku wirnik należy

¹⁾ O celowości jego stosowania przemawia chyba fakt, że firma Borsig A. G. Berlin zaczęła go używać i w swoich kotłach.

zmieniać mniej więcej 3 razy: przy 2 ekshaustorach w kotle należy wymienić 6 wirników. Obliczając po 10 000 rubli koszt wykonania nowych wirników, dla jednego kotła stanowi to poważny wydatek dla elektrowni¹⁾.

Przedłużenie więc pracy ekshaustora przez zmianę wirnika a nawet silnika jest bardzo celowe i w stosunkowo krótkim czasie koszty zamiany amortyzują się.

Ostatnio w Niemczech pojawiły się ekshaustory z żeliwnymi łopatkami i w tak poważnym piśmie technicznym jak BWK zesz. 3/51 podano, że wytrzymują one nawet do 5000 godz. pracy; — czy nie należałoby sprowadzić je jako okazowe i spróbować ich produkcji w kraju?

Regulacja obrotów wentylatorów i ekshaustorów w zależności od potrzeb odbywa się albo przez zmianę obrotów silnika np. komutatorowego, zmianę napędu przy użyciu sprzęgła hydraulicznego lub wreszcie przez przestawianie kierowniczych łopatek żaluzyjnych na stronie ssawnej. W praktyce okazało się, iż wszystkie te rodzaje regulacji dają jednakowe wyniki; należy więc zrezygnować z drogiego silników o regulowanych obrotach (jak to miało miejsce dla elektrowni w S.) i stosować jedynie regulację łopatkami kierowniczymi, przewidując oczywiście synchronizację ich ustawiania się, np. w przypadku dwóch ekshaustorów spalin dla kotła.

Z biegiem czasu przy ewentualnym ustalaniu się typu kotła o spalaniu pod ciśnieniem, potrzeba ekshaustorów spalin zniknie, ponieważ spaliny przechodząc będą przez dymociągi pod wpływem ciśnienia wtłaczanego powietrza do paleniska; ilość powietrza w stosunku do ilości spalin kotła redukowalaby się do kilku procent tylko.

Od szeregu lat w Związku Radzieckim stosowano podgrzewacze powietrza rurowe (rury 48/51 Ø) zamiast kieszeniowych lub płytowych, które (dwa ostatnie), jak stwierdza to specjalna brygada inżynierów z WTI lustrujących działanie kotłów w elektrowniach, stwarzają przy pracy (z biegiem czasu) sporo kłopotów: paczą się, szczeliny przelotu spalin ulegają zwichnięciu i zatykaniu popiołem, z trudem dają się oczyszczać i wymagają częstych poprawek. Wobec tego, że współczynnik przenikania przy mniejszej średnicy rur wzrasta, zastosowano w ZSRR podgrzewacz z rurami 40/37 mm Ø lub 35/38,5 mm Ø, w którym współczynnik przenikania ciepła przy szybkości spalin 11,6 m/sek i powietrza 8 m/sek z $k = 11,65 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$ wzrósł do $k = 21,3 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$ przy szybkości spalin 9,8 m/sek i powietrza 6 m/sek., tj. do wielkości 1,8-krotnej przez co wydanie zostało zmniejszone powierzchnia podgrzewacza pozwalając zwiększyć albo o 50% powierzchnię sekcji ekonomisera, albo też podgrzewacza powietrza, potrzebnego przy wyższej temperaturze podgrzewania dla paliw bardziej wilgotnych.

W powyższych konstrukcjach powierzchnie konwekcyjne pracują bardziej wydajnie obniżając temperaturę spalin uchodzących, o przeciętnie $50 \div 60^\circ\text{C}$, a każde $15 \div 20^\circ\text{C}$ obniżenia uchodzących spalin daje

przeciętnie podwyższenie współczynnika sprawności kotła o ok. 1% a więc razem o $3 \div 4\%$.

Należy zaznaczyć, że przejście na powyższy podgrzewacz powietrza zwiększa opór jego na ciągu powietrznym tylko o ok. 20 mm sł. wody, a na ciągu spalinowym zmniejsza opór o ok. 30 mm sł. wody tak, że sumarycznie, ilość energii do napędu wentylatorów i ekshaustorów nie wzrasta, lecz nieznacznie nawet maleje.

Podgrzewacz rurowy jest tylko nieznacznie droższy od płytowych, przy czym nadwyżka kosztów amortyzuje się mniej więcej w ciągu półtora roku. Poza tym podgrzewacz ten daje się łatwiej oczyszczać, jest szczelniejszy uniemożliwiając zasysanie obcego powietrza i przy recyrkulacji podgrzewanego powietrza opiera się skutecznie korozji.

W celu umożliwienia inwestorowi wnikliwego i wszechstronnego uzmysłowienia sobie pracy wszystkich, tak opromieniowanych jak i konwekcyjnych powierzchni kotła, dostawca winien dostarczać inwestorowi szereg wykresów, a mianowicie: krzywe współczynnika sprawności kotła przy wszelkich obciążeniach, krzywą strat ciepłych z uchodzącymi spalinami i wypromieniowania ścian bloku kotłowego, krzywe odparowania poszczególnych powierzchni grzejnych (i sumaryczną), krzywe chłonięcia ciepła przez powierzchnie grzejne kotła w kcal/kg wraz z pęczkiem konwekcyjnym i krzywą sumaryczną, krzywą odparowalności w ekonomiserze (procentowo), krzywe temperatur gorącego powietrza, pary w przegrzewaczu, wody w ekonomiserze i uchodzących spalin (w $^\circ\text{C}$) — wszystkie te krzywe w układzie współrzędnych prostokątnych w zależności od wszelkich dopuszczalnych obciążeń kotła w tonach pary na godzinę.

Podczas prób przyjęcia kotła po zmontowaniu, krzywe te podlegają sprawdzeniu i korekcie, a na podstawie tych krzywych i danych liczbowych inżynier ruchu sporządza w układzie współrzędnych prostokątnych wykres wyznaczający szereg krzywych obciążenia kotła, współczynnika sprawności i temperatury gazów spalinowych, których przecięcia w obrębie zakreślonego obszaru, wyznaczają najodpowiedniejszą osiągalną ilość CO_2 w spalinach. Sposób taki od szeregu lat praktykuje się na Zachodzie i służy palaczom i inżynierom kontroli ruchu jako nieomylny i wygodny drogowskaz przy prowadzeniu kotłów w oparciu o wskazania przyrządów pomiarowych.

Dotychczas regeneracyjne podgrzewanie wody zasilającej w schemacie cieplnym ustalano w ten sposób, że całą ilość ciepła jakie winna posiadać woda zasilająca, licząc od zawartości jego w kondensacie aż do wrzenia przy temperaturze pary nasyconej, dzielono na $n + 1$ równych stopni (jak to np. radzi Musil) i odpowiednio do tego ciepło rozporządzalnej pary na tyleż stopni równych. Sposób ten, jak obecnie ustalono w ZSRR, okazał się tylko przybliżony i jako tako nadaje się do ciśnien do ok. 35 at. Dla ciśnien wyższych np. 80 lub 100 at temperatura wody zasilającej jak i regeneracyjny sposób podgrzewania został oparty na bardziej dokładnych przesłankach. Przede wszystkim ustala się najekonomiczniejszy, a zarazem powodujący jak najmniejsze zużycie paliwa podział całkowitej ilości po-

¹⁾ Podana wyżej suma 10000 rubli za wymianę wirnika nie uwzględnia kosztów demontażu i montażu ekshaustora oraz strat wynikających z przestoju kotła przy wymianie.

trzebnego metalu pomiędzy zespół kotłowy i układ regeneracyjny podgrzewania. Drogę tę opracował M. B. Jakub w WTI i nie od rzeczy byłoby zażądać ewentualnie odpisu tej pracy.

Od szeregu lat w ZSRR do zmiękczenia wody zasilającej zarzucono permutiti i zastosowano animo-smoły lub sulfo-węgiel, gdyż dają one realne korzyści w postaci bardziej zwartej i znacznie tańszej instalacji zmiękczenia wody wynikającej z wydajniejszego działania powyżej podanych reagentów, mniejszego ich oporu w znacznie grubszych warstwach filtracyjnych itd. Wynika stąd konieczność nie tylko przejścia na ten nowoczesny sposób zmiękczenia przy nowych konstrukcjach, lecz i rekonstrukcji starych instalacji.

Inż. Pfleiderer w VDI (rocznik 1942 str. 529—534) podaje „stosowany w Niemczech od kilkunastu lat sposób zmiękczenia wofatitem“ wraz ze schematem instalacji. Radzi on uprzednio usuwać SiO_2 z wody surowej przy pomocy hydratu dolomitu zawierającego mniej więcej 33% CaO i 35% MgO ; w ciągu powyżej kilkunastu minut ilość SiO_2 redukuje się do ułamka procentu. Należałoby więc nasze zakłady produkujące obecnie instalacje do zmiękczenia wody skierować po drodze zmodyfikowania i ulepszenia wytwarzanych instalacji.

Wśród inwestorów odczuwa się, co prawda niesłusznie, pewną wstrząsliwość w stosunku do

stosowania racjonalnej automatyzacji procesów technologicznych chociażby np. w elektrowniach. Należy bowiem zaznaczyć, że racjonalna i przeprowadzona według wszelkich reguł automatyzacja wzmacnia oszczędną pracę instalacji. Tak np. automatyzacja procesu spalania w dużych nowoczesnych kotłach obniża zużycie paliwa o $1 \div 3\%$ a w mniejszych nawet więcej. Automatyzacja bacznie śledzi zużycie energii elektrycznej na potrzeby instalacji kotłowej regulując natychmiast wszelkie w tej mierze przerosty i ograniczając ją do określonych z góry granic. W przypadku jakiegokolwiek awarii jest ona bardzo obiektywnym stróżem należytego ładu w ruchu instalacji pozbawionych wszelkich subiektywnych omyłek, wynikających np. z racji chwilowej dezorientacji personelu obsługującego instalację. Jednocześnie automatyzacja ułatwia pracę obsłudze pozwalając jej na baczniejsze obserwowanie zachodzących procesów technologicznych. Przyjmując to wszystko pod uwagę należy podkreślić, iż zysk wynikający z automatyzacji niewątpliwie znacznie przekracza podany wyżej. Oczywiście automatyzacja tylko wtedy spełnia swe zadanie, jeżeli jej system jest odpowiednio dobrany, jeżeli zaopatrzona jest w elementy zdalnego kierowania, w odpowiednie zabezpieczenia przed ewentualnymi przerostami i blokadą w zakresie zachodzących procesów technologicznych oraz odpowiednią instalację kontrolującą i sygnalizującą przebieg tych procesów.

Zapobieganie przepalania węzownic przegrzewaczowych w kotłach parowych

Mgr inż. JERZY ŁASZKIEWICZ

Podane są powody przepalania węzownic przegrzewaczowych oraz przykład z praktyki z przegrzewaczem o jednym ciągu pary. Z praktyki wynika, że nierównomierne zasilanie węzownic przegrzewacza powodujące nierówne prędkości pary, a tym samym i temperatury ścianek węzownic, wymagało zmiany układu przegrzewacza na trzy ciągi pary i zwiększenie prędkości pary. Po przebudowie przegrzewacza przepalanie węzownic zupełnie ustało.

Często spotykanym w praktyce kotłowej zjawiskiem jest przepalanie węzownic przegrzewaczowych. Mogą być dwa powody tego zjawiska, mianowicie:

1) niewłaściwy dobór materiałów na węzownice dla założonej temperatury pary przegrzanej,

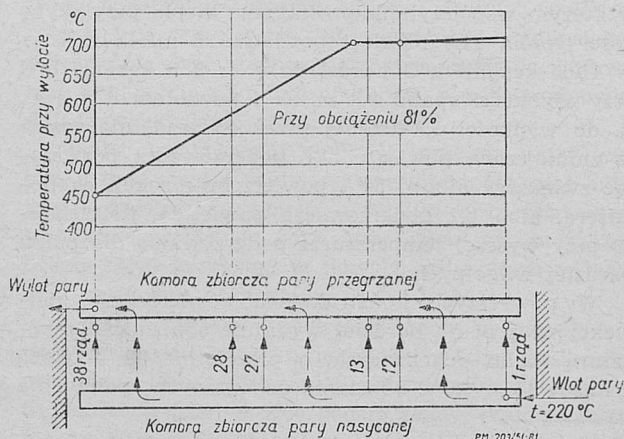
2) niewłaściwe prędkości pary w węzownicach, a zatem niedostateczne chłodzenie ścianek węzownic.

Niżej opisany przykład przepalania węzownic jest potwierdzeniem niewłaściwych prędkości pary w przegrzewaczu.

W trzechwalczakowych kotłach wodnorurkowych dla ciśnienia roboczego 23 atn zabudowano przegrzewacz w układzie pionowym. W komorach zbiorczych przegrzewacza pary o długości 3500 mm zawalcowanych było 38 rzędów węzownic z rur stalowych 38/31 mm $\varnothing$. Schematyczny układ przegrzewacza w rzucie poziomym pokazany jest na rys. 1.

Jak widać ze schematu (rys. 1) para z walczaka kierowana była do komory zbiorczej pary nasyconej, a stąd równolegle poprzez wszystkie węzownice do

komory zbiorczej pary przegrzanej i do wylotu z zespołu kotłowego. Podczas eksploatacji kotłów stwierdzono przepalanie węzownic, a szczególnie położonych



Rys. 1. Schemat układu przegrzewacza pary w trójwalczakowym kotle wodnorurkowym oraz rozkład temperatur na długości przegrzewacza.

blżej wlotu pary nasyconej, gdzie nie należało oczekiwać zbyt wysokich temperatur pary przegrzanej. Zjawisko to zniechęciło kierownictwo zakładu do szczegółowych badań. Zabudowano więc na poszczególnych węzownikach (rzęd 1, 12, 13, 27, 28 i 38) termoelementy, celem stwierdzenia temperatury ścianek podczas pracy. Przebieg temperatur ścianek węzownik na długości przegrzewacza pokazany jest w górnej części rys. 1.

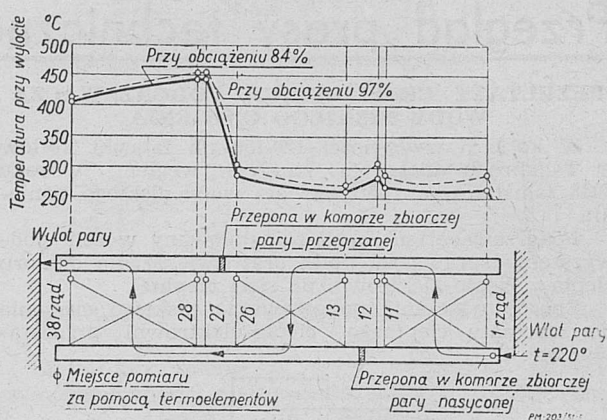
Pomiar wykazał, że temperatura ścianek węzownik rzędów od 1 do 14 osiągnęła 700°C, a powodem tego był nierównomierny rozdział pary na wszystkie węzownice. Węzownice położone bliżej wylotu otrzymały więcej pary i przy zwiększonej cyrkulacji były dobrze chłodzone, natomiast węzownice położone bliżej wlotu otrzymały mniej pary i przy małych prędkościach były chłodzone niedostatecznie.

Wielkość przegrzewaczy po zainstalowaniu kotłów była chybiona, gdyż temperatura pary przegrzanej przy obciążeniu normalnym dochodziła do 395 ÷ 410°C, podczas gdy zasilana z kotłów turbina dopuszczała przegrzanie tylko do 375°C. Ponieważ kotły nie posiadały regulatorów pary przegrzanej i warunki ruchowe nie zezwalały na obniżenie obciążenia turbiny, a tym samym wydajności kotłów, obsługa była zmuszona utrzymywać dopuszczalną dla turbiny temperaturę pary przegrzanej 375°C, dodając do pary przegrzanej, za pomocą trójdrogowego zaworu mieszającego, parę nasyconą z walczków kotłów. Prowadziło to do dalszego obniżenia prędkości pary w węzownikach, gdyż przez przegrzewacz przepuszczano mniejszą ilość pary oraz do zmniejszonego chłodzenia węzownik.

Odporność na zendrowanie stali węglowej wynosi ok. 525°C. Zmierzona temperatura ścianek dochodziła do 700°C i w konsekwencji węzownice musiały ulec przepaleniu. Granica płynności względnie wytrzymałość na pełzanie materiału została przekroczona.

Dla uniknięcia częstych przestojów i kosztownej wymiany przepalonych węzownik, przegrzewacz został przebudowany w sposób bardzo prosty. Mianowicie w miejsce jednego ciągu pary w przegrzewaczach, jak było zaprojektowane pierwotnie przy ustawianiu kotłów, zmieniono przebieg pary na 3 ciągi przez zabudowanie w odpowiednich miejscach komór, zbiorczych przepon, według schematu uwidocznionego na rys. 2.

Po tej zmianie kotły uruchomiono i stwierdzono za pomocą pomiarów, że temperatura ścianek węzownik w pierwszym i drugim ciągu nie przekroczyła 310°C, a w trzecim ciągu 460°C przy pełnym obciążeniu ko-



Rys. 2. Schemat układu przegrzewacza pary po przebadaniu oraz rozkład temperatur na długości przegrzewacza.

tów. Przebieg temperatur podany jest w górnej części rys. 2.

Zwyższona prędkość pary w węzownikach, która po przeliczeniu wynosi ok. 25 m/sek nie spowodowała praktycznie nadmiernego spadku ciśnienia i przepisane dla turbiny ciśnienie dolotowe pary było utrzymane. Po przeprowadzeniu zmian w przegrzewaczu zjawisko przepalania węzownik zupełnie ustało i kotły pracują bez zarzutu.

Spadek ciśnienia pary w przegrzewaczu jest zależny od sumy oporów $\Sigma\zeta$, które para ma do pokonania na drodze od wlotu pary nasyconej do wylotu pary przegrzanej, od prędkości pary v w węzownikach i komorach zbiorczych i ciężaru właściwego pary γ według znanego wzoru

$$\Delta p = \Sigma\zeta \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \frac{\gamma}{g}$$

Przegrzewacz należy więc projektować w taki sposób, aby z jednej strony spadek ciśnienia był jak najmniejszy, gdyż jego wzrost oznacza spadek ciepłota pary, a z drugiej strony aby prędkość pary w węzownikach była możliwie wielka, ponieważ od prędkości zależna jest intensywność chłodzenia i żywotności elementów przegrzewacza. Pogodzenie tych dwóch sprzecznych wielkości jest rzeczą konstruktora.

LITERATURA

- Inż. Makarin „Likwidacja pierięzoga trub paropieriegrietiela” (Elektriczieskije Stanciji 1951 r. zeszyt 7).
Inż. Michaelis „Anwendungsbereich vor Überhitzwerkstoffen” Technische Überwachung 1942 r., zeszyt 9—10.
W. Riekers. „Der Dampfseitige Druckabfall in Überhitzern von Dampfkesseln” — Mitteilungen der Vereinigung der Grosskesselbesitzer Nr 95.

Młodzi technicy, nauczyciele, naukowcy, pracownicy kultury!
Upowszechniajcie zdobycze nauki,
wychowujcie młodzież w duchu socjalizmu!

(Z hasel na Zlot Młodych Przdowników)

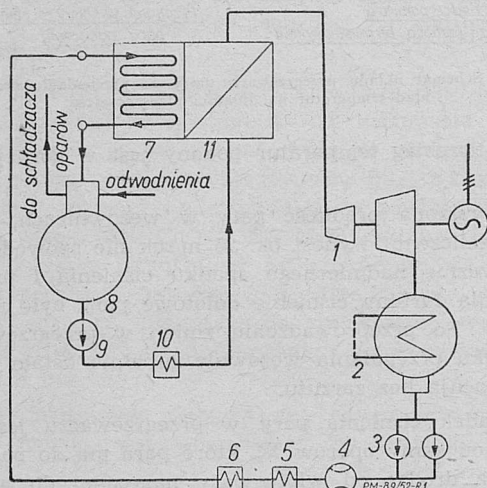
Przegląd prasy technicznej

REZULTATY EKSPLOATACJI PODGRZEWACZA WODY NISKIEGO CIŚNIENIA

W kotłach o wydajności 120/150 t/h fabryki kotłów w Taganrogu opalanych chudym węglem, w roku 1948 zainstalowano podgrzewacz wody niskiego ciśnienia.

Podgrzewacz ten został zainstalowany w celu podwyższenia sprawności kotła oraz zwiększenia odbioru ciepła z ciepło-elektrowni do sieci ciepłej.

Sposób włączenia podgrzewacza niskiego ciśnienia do schematu cieplnego ciepło-elektrowni przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Schemat ciepło-elektrowni: 1 — turbina, 2 — kondensator, 3 — pompy kondensatu, 4 — podgrzewacz-kondensator smoczek, 5 — podgrzewacz regeneracyjny, 6 — podgrzewacz parą z dławnic, 7 — podgrzewacz wody niskiego ciśnienia, 8 — odgazowywacz, 9 — pompa zasilająca, 10 — podgrzewacz wysokiego ciśnienia, 11 — kocioł parowy.

Pompy kondensatu turbin tłoczą kondensat przez swoje grupy regeneracyjnych podgrzewaczy pierwszego stopnia do kolektora, połączonego z podgrzewaczem niskiego ciśnienia. Kondensat po przejściu przez podgrzewacz wpływa do odgazowywacza.

Przez podgrzewacz przechodzi kondensat 2 turbin Ak-25-1 i AT-25-1 w łącznej ilości 210 t/h, podgrzewając się od 78°C (temperatura za podgrzewaczem 6) do 98°C, przy czym oszczędza się ciepło spalin w ilości 4 Mkcal/h, a temperatura spalin obniża się (przy normalnym obciążeniu kotła) od 180° do 120°C.

Użycie kondensatu turbin jako czynnika schładzającego spaliny znakomicie uprościło zagadnienie włączenia podgrzewacza wody niskiego ciśnienia do układu urządzeń cieplnych ciepło-elektrowni oraz eksploatację podgrzewacza.

Podgrzewacz ten zaprojektowano z węzownic z rur ciągnionych, przy czym wykonanie i montaż podgrzewacza nie przedstawiały żadnych trudności dla personelu remontowego elektrowni.

Zainstalowanie podgrzewacza za multicyklonem, a przed wentylatorami ciągu pozwoliło na najprostsze rozwiązanie połączeń wodnych związanych z włączeniem podgrzewacza do systemu urządzeń cieplnych ciepło-elektrowni. Inną, korzystną dla pracy wentylatorów ciągu okolicznością, było obniżenie temperatury spalin tak, że w rezultacie, mimo dodatkowych oporów przejścia spalin przez podgrzewacz (wynoszących przy forsownej pracy kotła przeszło 50 mm sł.w.), nie zaszła konieczność zwiększenia mocy do napędu wentylatorów, a zużycie energii na napęd wentylatorów, wynoszące przed zainstalowaniem podgrzewacza 4,1 kWh/1 tonę pary, wyniosło po włączeniu podgrzewacza 4,03 kWh/1 tonę pary.

Podgrzewacz wykonany z rur ciągnionych $\varnothing$ 32/28 mm o powierzchni ogrzewalnej 845 m², umieszczono w kanale spalinowym o wymiarach w planie 3400 × 3400 mm. Wysokość podgrzewacza w kierunku

przepływu spalin wynosi 5300 mm. Średnia prędkość spalin wynosi 9 m/sek, a prędkość wody w węzownicach ok. 1 m/sek.

Uruchamianie kotła odbywa się w sposób normalny, przy czym przed rozpaleniem kotła włącza się przepływ kondensatu przez podgrzewacz niskiego ciśnienia. Podgrzewacz ten może być wyłączony podczas pracy kotła, wówczas kondensat turbin przepompowuje się bezpośrednio do odgazowywacza, a pozostały w węzownicach kondensat odparowuje i wchodzi do odgazowywacza. Kocioł może pracować z wyłączonym (od strony wodnej) podgrzewaczem przez dowolnie długi okres czasu.

Podgrzewacz wody niskiego ciśnienia praktycznie nie wymaga żadnej dodatkowej opieki ze strony ruchowego i remontowego personelu prócz przeglądu w okresach kapitalnych remontów kotła.

Po włączeniu podgrzewacza wody niskiego ciśnienia do pracy uzyskano zwiększenie sprawności kotła o 3,78%. Wykorzystanie ciepła spalin daje roczną oszczędność 4900 t. umownego węgla.

Uwzględniając zamianę ciepła z regulowanego upustu 1,2 ata ciepłem spalin, otrzymuje się w całości schematu ciepło-elektrowni oszczędność roczną 2600 t umownego węgla, czyli 241800 rubli/rok.

Tak więc uzyskane oszczędności pokrywają koszt wykonania i montażu, wynoszący 336000 rubli, w ciągu 1,5 roku.

Jeszcze lepsze wyniki uzyskano w innej elektrowni z kotłami T II-9-200 tejże fabryki.

W n i o s k i

1) Pracujące elektrownie posiadają duże rezerwy w postaci ciepła uchodzących spalin, które winny być wykorzystywane dla podwyższenia sprawności elektrowni.

2) Przez zainstalowanie podgrzewaczy wody niskiego ciśnienia, prócz podwyższenia sprawności ciepło-elektrowni, można zwiększyć odbiór ciepła do sieci ciepłej.

3) Podgrzewacz wody niskiego ciśnienia jest eksploatacyjnie pewnym elementem schematu cieplnego współczesnej ciepło-elektrowni. Przy wysokich korzyściach, jakie zapewnia jego zainstalowanie, praktycznie nie wymaga obsługi przez personel siłowni.

4) Jako czynnik spełniający zadanie schładzania spalin najlepiej wykorzystać kondensat turbin. Podgrzewany w podgrzewaczu kondensat winien być kierowany do odgazowywacza. W tym przypadku znacznie upraszcza się sprawę włączenia podgrzewacza do układu urządzeń cieplnych ciepło-elektrowni.

5) Podgrzewacz wody niskiego ciśnienia winien być umieszczony w kanale spalinowym przed wentylatorami ciągu, gdyż wskutek obniżenia temperatury „chodzących” spalin zazwyczaj uzyskuje się możliwość nie powiększania mocy wentylatorów.

6) Ze względu na łatwość wykonania i montażu podgrzewacza jest celowe wykonanie podgrzewacza z węzownic.

(Elektryczkij Stancji nr 8/51). mgr inż. Leon Witwicki

PODWÓJNY DOCISK MIMOŚRODOWY

W przyrządach warsztatowych, oprócz imadeł, w których mechanizmem zaciskającym przedmiot obrabiany jest śruba, często stosowane są d o c i s k i m i m o ś r o d o w e.

Ze względu na technologiczne najczęściej stosuje się dociski, których profil wyznaczony jest łukami kół. Dociski mimośrodowe, w porównaniu z dociskami śrubowymi, mają poważne zalety, powodujące coraz większe ich rozpowszechnienie.

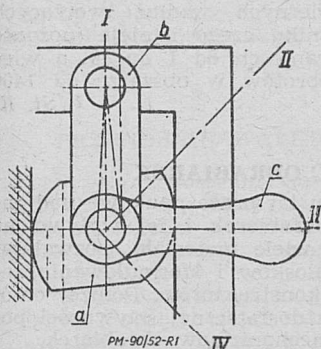
Są nimi przede wszystkim:

- 1) taniość i prostota ich wykonania;
- 2) mniejsze wymiary docisków, opartych na zasadzie mimośrodów;
- 3) nacisk rozłożony jest na większą powierzchnię niż przy dociskach śrubowych.

Stosowane dotychczas dociski mimośrodowe mają jednak i poważne wady, do których zaliczyć trzeba:

1) mały skok, co wymaga dobrania przedmiotów chwytnych tak, aby tolerancje ich mieściły się w granicach skoku mimośrodowego;

2) niepewność zamocowania, spowodowana zmianą współczynnika tarcia między częścią chwytną, a więc szczęką, lub bezpośrednio mimośrodem, a przedmiotem chwytnym. Zmiana ta następuje na skutek zwilżenia powierzchni pracujących przez olej, lub płyn chłodzący, bądź też przez doglądanie się ich na skutek wycierania.



Rys. 1. Schemat podwójnego docisku mimośrodowego.

Części powyższe, w zależności od zastosowania, mogą przyjąć różną postać. Na rys. 1 pokazany jest docisk podwójny w czterech charakterystycznych położeniach klucza c:

I — powierzchnia pracująca jest odsunięta i pozwala na swobodne założenie, lub wyjęcie przedmiotu chwytnego;

II — początek zaciskania, o ile przedmiot jest wykonany z odchyłką dodatnią od wymiaru nominalnego;

III — przedmiot jest zaciśnięty, przy czym środki powierzchni pracujących i punkt obrotu chwytaka leżą na jednej prostej;

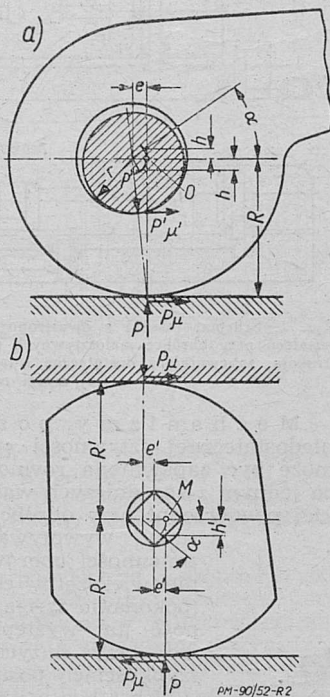
IV — położenie zapasowe, stosowane gdy wymiary przedmiotu chwytnego wykazują odchyłki ujemne w stosunku do wymiaru nominalnego, na które było budowane imadło.

W celu wykazania zalet docisku podwójnego porównamy go z dociskiem pojedynczym (rys. 2).

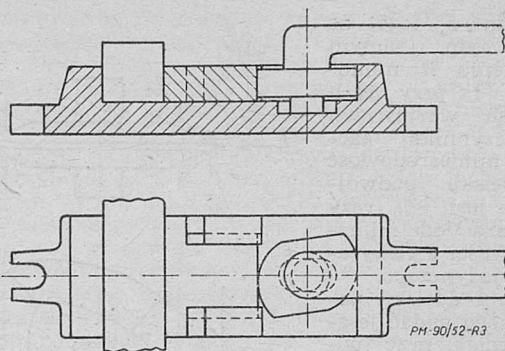
1. Dla docisku pojedynczego (rys. 2a)

$$Pe - RP\mu - rP'\mu' = 0$$

gdzie: P — siła dociskająca, P' — siła działająca na czopie, R — promień mimośrodów, r — promień czopa, μ — współczynnik tarcia chwytaka o przedmiot chwytny, μ' — współczynnik tarcia między chwytakiem a czopem.



Rys. 2. Porównanie docisku pojedynczego z podwójnym.

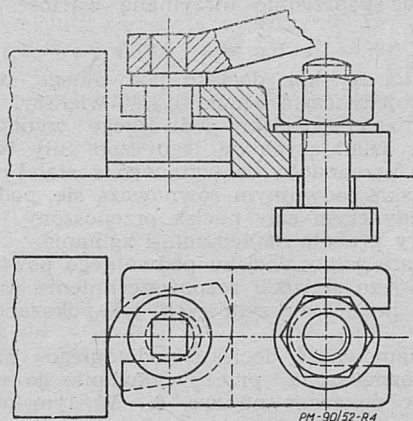


Rys. 3. Imadło maszynowe z dociskiem mimośrodowym podwójnym.

Jeżeli przyjmijemy $P = P'$ otrzymamy warunek samohamowności mechanizmu docisku pojedynczego.

$$e < R\mu - r\mu' \text{ gdzie } \mu' \neq \mu$$

Z pewnym przybliżeniem można przyjąć, że $\mu' = 1/2\mu$. Można również założyć, że $r = 1/3 R$, gdyż mimośro-



Rys. 4. Schemat mocowania za pomocą docisku mimośrodowego podwójnego większych części na stole obrabiarek.

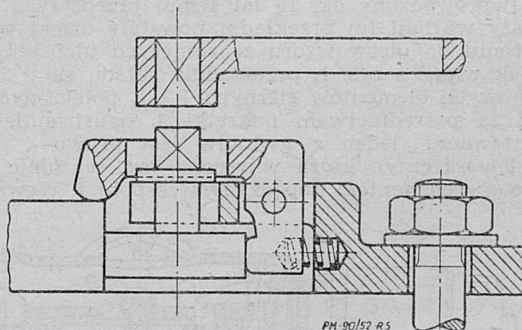
dy są zwykle skonstruowane tak, że zachowany jest stosunek $r : R = 1 : 3$. Podstawiając powyższe wartości dostaniemy:

$$e < 1,17 \mu R$$

2. Dla docisku podwójnego (rys. 2b)

$$2Pe - 2R'P\mu = 0$$

Stąd warunek samohamowności $e' < \mu R$



Rys. 5. Schemat mocowania przedmiotu dociskiem mimośrodowym podwójnym od góry i z boku.

Jeżeli dla obydwu docisków przyjmijemy te same wartości promieni i współczynników tarcia, to otrzymamy:

$$\frac{e}{e'} = \frac{1,17 \mu R}{\mu R} \text{ czyli } e' = 0,67 e$$

Wynika z tego, że przy tym samym promieniu R mimośrodu i przy tych samych wartościach współczynnika tarcia, mimośrodkowość e' docisku podwójnego jest $\frac{2}{3}$ razy mniejsza od mimośrodkowości e chwytaka pojedynczego.

Zalety docisku podwójnego widać jeszcze lepiej przy porównaniu przesunięć h i h' uzyskiwanych w obu dociskach. Skok h docisku pojedynczego przy obrocie o kąt α wyniesie $h = \pm e \sin \alpha$.

Dla chwytaka podwójnego $h' = \pm 2e' \sin \alpha$.

Wstawiając poprzednio otrzymaną wartość na e' otrzymamy

$$h' : h = 2e' : e = 2 \cdot 0,67 e : e = 1,33$$

Oznacza to, że skok docisku podwójnego, w porównaniu z pojedynczym będzie o 33% większy.

Dalsza zaleta docisku podwójnego wynika z rozkładu sił, działających na jego czop. Siły te, pochodzące od przedmiotu chwytanego i stałej podpory, przy docisku podwójnym równoważą się, podczas gdy przy docisku pojedynczym cały nacisk przenoszony jest przez czop, który pracuje na ścinanie i zginanie.

Powyższe zalety docisku podwójnego powinny spowodować jego szerokie rozpowszechnienie w zastosowaniu do imadeł maszynowych, jak pokazano na rys. 3, 4, i 5.

Samohamowność docisku podwójnego może być jeszcze powiększona przez wykonanie go w postaci klina, jak pokazano na rys. 6. W tym przypadku współczynnik tarcia

$$\mu'' = \frac{\mu}{\sin \alpha}$$

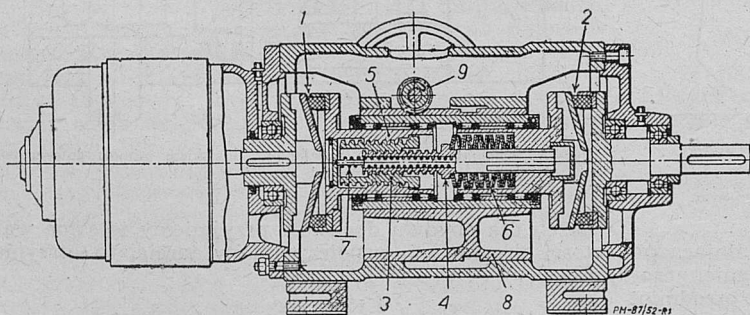
Jeżeli zastosujemy podwójny docisk o nachyleniu ścian $2\alpha = 45^\circ$, współczynnik tarcia będzie 2,5 razy większy, co przy poprzednio obliczonym docisku podwójnym da zysk $1,33 \times 2,5 = 3,3$ krotny.

(Werkstatt und Betrieb nr 3/52) Mgr inż. R. Calikowski

ULEPSZONA PRZEKŁADNIA CIERNA BEZSTOPNIOWA

Opisany poniżej typ bezstopniowej przekładni ciernej (wprowadzony ok. 15 lat temu) przedstawia najnowszy wariant tej przekładni powstały dzięki wprowadzeniu do pierwowzoru zasadniczych ulepszeń.

Jak widać z rys. 1, przekładnia składa się z 2 par stożkowych elementów ciernych 1 i 2, połączonych ze sobą za pośrednictwem nakrętki 3, obustronnie nagwintowanej (jeden z gwintów jest prawo—, drugi zaś lewoskrętny), która wkręcona jest w tuleję, połączoną z elementem napędzanym zespołu 1. Wewnątrz



Rys. 1.

nakrętki znajduje się wałek 4, napędzający stożkową tarczę drugiego zespołu ciernego 2.

Dzięki opisanemu układowi połączenia siła dociskająca do siebie połówki obu zespołów ciernych 1 i 2 wzrasta samoczynnie w miarę zwiększania się obciążenia przekładni.

Szereg sprężyn talerzowych 6 zapewnia elastyczność pracy przekładni, zaś sprężyna 7 daje niezbędny nacisk w chwili rozruchu przekładni.

Mechanizm przekładni osadzony jest mimośrodkowo w bębnie 8, ułożyskowanym z kolei w obudowie przekładni i dającym się obracać przy pomocy widocznego na rysunku kołka ręcznego za pośrednictwem ślimaka 9. Podczas obrotu bębna przesuwają się punkty styku w obu zespołach ciernych wzdłuż tworzących tarcz stożkowych, w wyniku czego istnieje możliwość zmiany przełożenia w granicach od 1 do 10, a więc otrzymywania dowolnych obrotów w obszarze od 1400 do 140 obr/min.

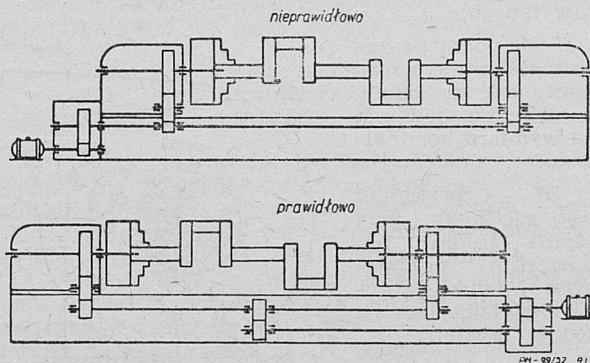
I. St. K.

(Machinery 2048, s. 279)

SZTYWNOŚĆ OBRABIAREK

Prowadzone od szeregu lat prace naukowe nad zagadnieniem sztywności obrabiarek i jej wpływu na jakości obróbki dały już wiele materiału, pozwalającego na wyciągnięcie wniosków i sformułowanie zasadniczych wskazań dla konstruktorów. Poniżej omówiono pokrótce znaczenie dostatecznej sztywności poszczególnych typowych mechanizmów obrabiarek.

Mechanizmy do dokładnego przesuwu (wzgl. obrotu) stołów lub suportów poddane są podczas pracy zmiennym obciążeniom, na skutek zmian wielkości sił tarcia na prowadnicach i sił skrawania. W wyniku poszczególnych elementów tych mechanizmów ulegają odkształceniom sprężystym o zmiennej wielkości. W przypadku zbyt małej sztywności konstrukcji wywołuje to dające się odczuć niedokładności pracy mechanizmu, które odbijają się następnie na jakości obróbki.



Rys. 1. Schemat tokarki z dwustronnym napędem. Dla uniknięcia odkształceń przy obróbce małosztywnych przedmiotów konieczna jest konstrukcja, zapewniająca dostateczną i taką samą sztywność lewej i prawej części napędu.

Mechanizmy posuwów. W przypadku niedostatecznej sztywności mechanizmu posuwu nie może być zapewniona równomierność posuwu, będąca jednym z zasadniczych warunków otrzymania gładkiej powierzchni przy obróbce. Nierównomierność posuwu wywołwana jest przez zjawisko zmienności oporów ruchu, które są znacznie większe w chwili ruszania z miejsca (pokonanie tarcia spoczynkowego). Zmienność ta występuje szczególnie jaskrawo przy dużych obciążeniach i małych szybkościach posuwu (≤ 100 mm/min).

Mechanizmy synchronizujące. Posiadają one zasadnicze znaczenie w niektórych rodzajach obrabiarek, jak np. strugarkach i karuzelówkach bramowych, gdzie obroty obu śrub mechanizmu podnoszenia poprzeczki muszą być ściśle jednakowe. Innym przykładem są tokarki do wałów korbowych z obustronnym napędem (patrz rys. 1), przy których

brak dostatecznie dokładnej synchronizacji wywołuje skręcanie przedmiotu i co za tym idzie, powstawanie naprężeń i odkształceń, powodujących błędy kształtu.

W omawianym przypadku ważniejsze jeszcze, niż ogólnie obowiązujące zalecenie sztywności całej konstrukcji, jest wskazanie ukształtowania rozdziału napędu w sposób symetryczny, z taką samą sztywnością obu gałęzi (por. rys. 1).

Wpływ odkształceń sprężystych na pracę zespołów może być bardzo znaczny i wynika z faktu, iż odkształcone pod wpływem obciążenia części tracą swą początkową dokładność wymiarów i kształtów: stad wzajemne ich położenie zmienia się, a z nim i warunki współpracy. Sztywność poszczególnych części winna być zatem tak duża, aby powstające odkształcenia nie odbijały się na jakości pracy zespołu.

(„Stanki i Instrumenty” 1952/2, s. 11)

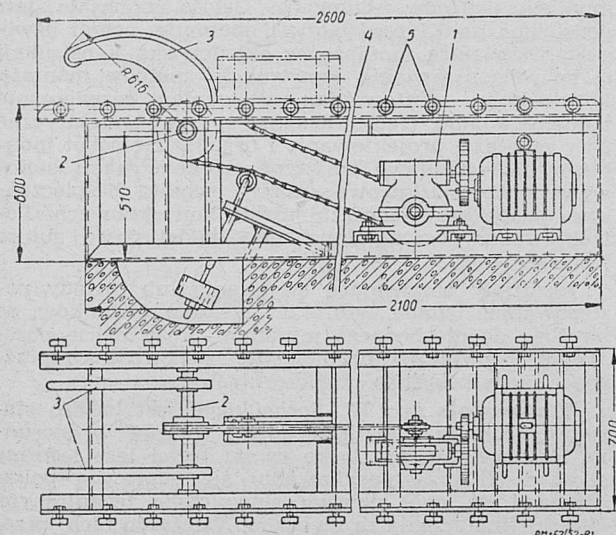
J. St. K.

PRZENOŚNIK WAŁKOWY Z POPYCHACZEM

Przy przenoszeniu ciężarów (sztuk pojedynczych lub skrzyń) w płaszczyźnie poziomej stosowane są często przenośniki wałkowe. Przesuwanie ciężarów na tych przenośnikach wymaga zatrudnienia pomocniczej siły roboczej.

W szeregu fabryk do przenośników wałkowych ręcznych, obsługujących transport międzyoperacyjny, wmontowano popychacz z całkowicie zastępujący ręczne przesuwanie ciężaru.

Popychacz (rys. 1) składa się z ramy ustawionej na fundamencie, silnika elektrycznego, reduktora obrotów (przekładnie czołowa i ślimakowa) oraz wa-



Rys. 1.

łu 2 z zamocowanymi na nim dwoma kułakami 3. Górne kątowniki ramy wyposażone są w rolki 5 i tworzą wraz z ramą sekcję przenośnika wałkowego (ręcznego). Wał 2 jest napędzany przy pomocy przekładni łańcuchowej.

Przy korzystaniu z popychacza wyroby lub skrzynie z wyrobami ustawia się przy kułakach, tak jak pokazano na rysunku. Wymiary kułaków zależą od transportowanego wyrobu, względnie skrzyni z wyrobami. Wymiary te muszą być tak dobrane, aby przy ruchu obrotowym wału kułak, nabiegając na skrzynię,

przesuwał ją na odległość równą długości skrzyni (tj. największy promień kułaka równa się długości skrzyni). Przy dalszym obrocie wału kułaki chowają się pod górną część ramy wyposażonej w rolki. W tym momencie na przenośnik pomiędzy odsuniętą skrzynią i kułaki wstawia się następną skrzynię. Przy następnym nabieganiu kułaków obie skrzynie zostaną przesunięte na taką samą odległość, jak za pierwszym razem. W ten sposób przy każdym obrocie wału następuje podawanie na przenośnik nowej skrzyni i przesunięcie wszystkich skrzyń na odległość, równą największemu promieniowi kułaków.

Włączając opisaną sekcję popychacza do przenośnika wałkowego ręcznego, tworzy się przenośnik dla linii potokowej. Podany na rysunku popychacz może być zastosowany do przesuwania skrzyń o długości 600 mm i ciężarze 45 kG na odległość od 20 do 100 m.

Wymiary popychacza 2600 × 700 × 600 mm. W zależności od wydajności linii potokowej kułaki robią od 3 do 6 obrotów na minutę.

Popychacz odznacza się prostotą konstrukcji i wykonania, jak również wygodą w eksploatacji. Nadaje się do przenoszenia wyrobów o płaskiej podstawie i dostatecznej wysokości bocznych ścian. Przy przenoszeniu wyrobów innego kształtu należy stosować specjalne podstawki względnie skrzynie. W przypadku pakowania wyrobów w skrzynie przenośnik wałkowy z popychaczem może być włączony do produkcyjnej linii potokowej.

Przenośnik ten może być zastosowany również przy pakowaniu lub rozpakowywaniu wyrobów niezależnie od produkcyjnej linii potokowej.

(Więstnik Maszynostrojenia 52/1 s. 69)

W. L.

WĘGLIKI CHROMU

Nowoopracowana grupa węglików spiekanych odznacza się tym, iż nie zawiera wcale kosztownego wolframu ani kobaltu, lecz stanowi właściwie węgliki chromu, ponieważ zawiera ok. 70% Cr (wagowo).

Śród doskonałych własności nowego materiału należy wymienić w pierwszym rzędzie nadzwyczaj wielką odporność na ścieranie, erozję, korozję i utlenianie (nawet w wysokich temperaturach), dalej zaś niewielki ciężar właściwy oraz współczynnik rozszerzalności cieplnej o wartości podobnej jak dla stali. Twardość jest zbliżona do twardości węglików wolframu (80 ÷ 93 HRA). Podobnie jak te ostatnie, nowy materiał nadaje się dobrze na narzędzia tnące, poza tym zaś jest zupełnie niemagnetyczny.

Węgliki chromu stosuje się już z powodzeniem do wyrobu narzędzi mierniczych, a mianowicie płytek wzorcowych i różnego rodzaju sprawdzianów. Wymienione zalety kwalifikują materiał również do zastosowania na łopatki wirówek. Odporność na utlenianie badano m. in. w temperaturze ok. 1000°C, w której przetrzymano próbki z węglików chromu, węglików wolframu oraz ze stali nierdzewnej przez 24 godziny. Podczas gdy 2 ostatnie próbki uległy zniszczeniu, próbka z węglików chromu zachowała nawet pierwotny połysk.

Nowy materiał zdaje się zapowiadać możliwość wykonania zeń całych przedmiotów (np. narzędzi), nie zaś tylko nakładek, jak to miało miejsce dotychczas.

Nakładki z węglików chromu mogą być mocowane do trzonków, korpusów itp. drogą mechaniczną, przez lutowanie, lub też przez sklepanie przy użyciu termoutwardzalnych cementów syntetycznych (z żywicy sztucznych).

(Machinery 2049 s. 326)

J. St. K.

*Pogłębiajmy swą wiedzę, zdobywajmy wyższe kwalifikacje,
by lepiej służyć Ojczyźnie!*

(Z hasła na Złot Młodych Przdowników)

Bibliografia

Inż. W. Mołoczek — REMONT TURBIN PAROWYCH — tłum. z rosyjskiego mgr inż. K. Smolaga. Format B5, stron 391, rysunków 195, tablic 23 + 9 załączników. PWT, Warszawa 1952.

Wydane ostatnio tłumaczenie książki W. Mołoczka „Remont turbin parowych” jest pierwszym w języku polskim podręcznikiem, omawiającym zagadnienia związane z organizacją i przeprowadzaniem remontów oraz bieżących napraw turbin parowych. Książka przeznaczona jest dla wykwalifikowanego personelu ruchowego elektrowni (inżynierów, techników i mistrzów turbinowych) zatrudnionego przy remontach i eksploatacji turbin parowych. Bardzo przystępny sposób ujęcia tematu oraz włączenie do książki obszernego rozdziału wprowadzającego, umożliwiają korzystanie z niej również osobom nie posiadającym głębszego przygotowania technicznego.

Pierwszy rozdział zawiera: ogólne dane o planowaniu i przeprowadzaniu remontów oraz drobnych napraw turbin od strony tak technicznej jak i organizacyjnej, opis najczęściej używanych narzędzi, przyrządów pomiarowych i sprawdzianów, podstawowe wiadomości o metalach, ich własnościach i obróbce, szczeliwach i uszczelkach, częściach zapasowych, wreszcie o najważniejszych, stosowanych w budowie maszyn normach (tolerancje, gwinty itp.).

Dalsze rozdziały obejmują opis robót remontowych z uwzględnieniem lutowania, spawania i metalizacji. W rozdziale „Podnoszenie maszyn” zwrócono szczególną uwagę na zapewnienie bezpieczeństwa pracy i właściwe wykorzystanie posiadanych urządzeń dźwigowych. Rozdział „Kapitałny remont turbozespołu” obejmuje bardzo dokładny opis organizacji remontu i jego przygotowania. Omówiono na przykładach zagadnienie właściwego rozplanowania miejsca, przygotowania narzędzi, materiałów i urządzeń pomocniczych, podział funkcji personelu wykonawczego i kierowniczego oraz przeprowadzanie badań turbiny przed jej zatrzymaniem i przygotowanie turbiny do remontu. W załączniku na końcu książki podano zakres i przykłady dokumentacji remontu oraz niektóre dane znormalizowane (normy czasu postoju), dotyczące turbin produkcji radzieckiej.

Następny rozdział omawia metody remontu poszczególnych części turbiny, ich montażu i demontażu oraz wykrywania i usuwania uszkodzeń. Z główniejszych jego punktów podano najważniejsze metody wyważania wirników na łożyskach własnych oraz na specjalnym urządzeniu, dającym się łatwo wykonać w warsztatach elektrownianych i objaśniono na przykładach sposób określania wielkości i położenia ciężarków wyrównawczych; omówiono metody prostowania wałów turbinowych, centrowania turbin, zdejmowanie i osadzanie kół wirnikowych na wale, demontaż i sprawdzanie tarcz kierowniczych, remont uszczelnień labiryntowych oraz sprawdzanie i ustawianie luzów w turbinie.

Wiele uwagi poświęcono remontowi układu łopatkowego turbiny, omawiając sprawdzanie wieńców łopatkowych i nowych łopatek, ich wymianę i zdejmowanie charakterystyk wiracyjnych łopatek. W punkcie, poświęconym łożyskom opisano m. in. sposób wylęwania panewek łożysk nośnych oraz segmentów łożysk oporowych. Bardziej lakonicznie omówiono prace przy systemie olejowym, regulacji i rurociągach wraz z armaturą. Osobny rozdział poświęcono także naprawom urządzeń kondensacyjnych. Należy założyć, że w książce nie uwzględniono opisu remontu turbinowych przekładni zębatych, spotykanych dość często w nowoczesnych siłowniach.

Książka W. Mołoczka odznacza się bardzo szczegółowym opisem nawet najdrobniejszych czynności, wykonywanych w ramach remontu turbin, co w połączeniu z przejrzystym układem treści i dużą ilością

rysunków oraz szkiców poglądowych czyni z niej doskonały podręcznik dla wszystkich, których praca łączy się z remontami lub eksploatacją turbin parowych; należy się więc spodziewać, że przyczyni się ona do usprawnienia remontów w naszej energetyce. Autor kładzie duży nacisk na stronę organizacyjną remontu, podkreślając wpływ właściwego rozplanowania i przygotowania na sprawną przebieg pracy przy remoncie. W wielu miejscach uwzględniono doświadczenia uzyskane podczas szybkościowych remontów turbin w elektrowniach radzieckich.

Przekład polski na ogół poprawny, miejscami niepozbawiony drobnych usterek (np. „Przyrządy kontrolno-pomiarowe”). Zasluga tłumacza jest dodanie w kilku miejscach wzmianek o normach polskich, odpowiadających cytowanym przez autora normom radzieckim (np. pasowania, smary).

A. K.

Inż. P. Wielichow — MONTAŻ KONSTRUKCJI STALOWYCH tłum. z rosyjskiego inż. W. Sochackiego. Format A5, str. 235, Wydawnictwo PWT, Katowice 1952. Cena zł 18,50

Książka Wielichowa jest przeznaczona głównie dla słuchaczy średnich szkół technicznych, oraz może służyć jako pomoc dla personelu technicznego, zatrudnionego przy pracach montażowych. W tym zakresie książka spełnia swoje zadanie, zapoznając czytelnika w sposób ogólny z całokształtem zagadnień i metod montażu ustrojów stalowych. Całość materiału jest podzielona na XI rozdziałów i obejmuje: sprzęt dźwigowy, dźwignice montażowe, składowiska konstrukcji stalowych, ustawianie konstrukcji, metody montażu konstrukcji, rusztowania, nitowanie, rozwiercanie i doszczelnianie, cięcie tlenem i spawanie elektryczne przy montażu, projektowanie i organizację robót montażowych, odbudowę zniszczonych konstrukcji stalowych oraz podstawowe zasady techniki bezpieczeństwa pracy przy montażu konstrukcji stalowych. Potraktowanie poszczególnych rozdziałów przez autora jest rozmaite.

Rozdziały omawiające urządzenia lub metody postępowania, znane szerokim rzeszom techników, są zwięzłe do niezbędnego minimum. Rozwinięcie pozostałych rozdziałów harmonizuje z zakresem i przeznaczeniem książki.

Tłumaczenie inż. W. Sochackiego jest bardzo staranne. Tłumacz potrafił zachować wierność w stosunku do oryginału nie tylko co do treści lecz i formy wypowiedzi przy posilkowaniu się poprawną polszczyzną i na ogół dobrym słownictwie technicznym. Usterki tłumaczenia są nieliczne. Należą do nich: przemieszczanie — „pieremieszczenie” zamiast przeniesienie, „usilje” (w linie) jako napężenie zamiast siła, „otwodnoj blok” jako krążek sterujący zamiast kierujący, „gibkij” jako gibki zamiast giętki, itp.

Usterki polegające na zniekształceniu treści oryginału zdarzają się wyjątkowo. Do dostrzeżonych należą: na str. 15 „wałka na którym obraca się krążek” w oryginale poprawnie — „osi na której... itd.”. Na str. 102 „Po ustawieniu na właściwe miejsce i po zwolnieniu z haka należy element zamocować na podporach...”, w oryginale poprawnie — „Przed zwolnieniem z haka”. Słownictwo techniczne, użyte w części dotyczącej dźwigni i ich wyposażenia jest właściwe z wyjątkiem nazwania dźwignika podnośnikiem. Techniczne opracowanie tłumaczenia posiada pewne braki w części przedstawionej (rysunki), szczególnie zaś tam, gdzie fotografie oryginału nie nadawały się do sporządzania klisz.

Krajowe plany gospodarcze wymagały jak najszybszego zjawienia się literatury technicznej, traktującej o zagadnieniach związanych z większymi budowlami. Omawiane tłumaczenie zaspakaja te potrzeby w zakresie ogólnej znajomości zagadnień i metod, związa-

nych z montażem konstrukcji stalowych. Nie sposób jednak powstrzymać się od wyrażenia żalu pod adresem tłumacza, że w części dotyczącej wyboru wyposażenia dźwigowego, a więc stanowiącej źródło informacji użytkowych nie podał uzupełnienia, obejmującego krajowy sprzęt dźwigowy.

prof. Aleksy Piątkiewicz

Mgr inż. Marian Schneider — CIĄGNIENIE STALI — Format B5, str. 222, rys. 138, 51 tablic. Wydawca PWT, Katowice 1951.

Książka pojawiła się bardzo na czasie. Ciągnięcie stali traktowane było dotychczas w polskiej literaturze technicznej tylko fragmentarycznie w prasie periodycznej i w kilku podręcznikach technologii metali.

Książka inż. Schneidera wypełnia tę lukę jednak tylko częściowo, ponieważ obejmuje wyłącznie ciągnięcie drutów i prętów stalowych, nie poruszając zupełnie tak ważnych dziedzin ciągnięcia stali jak przeciąganie rur okrągłych oraz profilowych — grubo i cienkościennych.

Zagadnienie ciągnięcia drutów i prętów stalowych ujęte jest w książce obszernie zarówno od strony teoretycznej jak i praktycznej. Autor wprowadza czytelnika systematycznie poprzez wiadomości z metaloznawstwa i obróbki plastycznej do teorii procesu ciągnięcia i w dalszym ciągu, do rozwiązania poszczególnych zagadnień praktycznych tego procesu technologicznego. Taki sposób ułatwia w znacznym stopniu samokształcenie i umożliwia dokładne zapoznanie się z tym dość trudnym zagadnieniem (w szczególności od strony teoretycznej) nawet inżynierom i technikom, którzy nie posiadają dostatecznej praktyki w ciągarni stali. Ciągnięcie stali przedstawione jest w książce w ośmiu rozdziałach:

- I. Wiadomości ogólne
- II. Przygotowanie powierzchni drutu do ciągnięcia
- III. Teoretyczne podstawy procesu ciągnięcia
- IV. Ciągnięcie drutów i prętów
- V. Narzędzia do ciągnięcia
- VI. Tarcie i smarowanie w procesie ciągnięcia
- VII. Ciągarki
- VIII: Zmiana własności materiału wskutek ciągnięcia, regeneracja odkształconego metalu, patentowanie.

Książka posiada pewną ilość usterek i niedociągnięć. Szwankuje przede wszystkim terminologia. Słownictwo przeróbek plastycznych jest już do tego stopnia ustalone normami PN—H, że tworzenie nowych wyrażań i symbolów, przynajmniej dla zasadniczych pojęć jest niepotrzebne i niewskazane.

Punkt f ust. 4 rozdziału I jest niejasny i można go było opuścić. Do otrzymania wyników końcowych tego punktu, nie potrzeba całego zawiłego postępowania matematycznego opartego na empirycznym wzorze Odinga.

W rozdziale II ust. 9 — „o działaniu inhibitorów” autor nie podaje składu inhibitorów, ich oceny ze stanowiska technologicznego i gospodarczego. Jest to zagadnienie bardzo ważne, które zasługuje na obszerniejsze omówienie.

Proces plastycznego odkształcenia przedstawiony przez autora w rozdz. III nie odpowiada nowoczesnym pojęciom. Plastyczne odkształcenie stali w stanie zimnym zaczyna się w ziarnach, a nie przemieszczaniem ziarn po ich granicach. Wprawdzie naprężenia powstające przy zgnioście mogą objawiać się czasem pęknięciem błonki międzykrystalicznej, ale nie jest to połączone z przemieszczaniem ziarn. Oczywiście, że przy dalszym wzroście naprężeń, przemieszczanie ziarn może wystąpić, przy czym przebiega ono równolegle z poślizgami w ziarnach. Naprężenia powstają od razu, równolegle z odkształceniem, a nie dopiero w końcu drugiego okresu odkształcenia, kiedy plastyczne od-

kształcenie objęło już całą masę kryształów. Autor nie jest tu konsekwentny, ponieważ w następnym ustępie twierdzi, że „naprężenia te pojawiają się już w początkowym okresie odkształcenia.

Na str. 91 wyprowadzenie wzoru na idealną siłę ciągnięcia jest niejasne i błędne. Wyprowadzenie to powinno wyglądać następująco:

$$dL_i = -l dF \sigma_3 + F dl \sigma_1$$

ponieważ $F dl = -l dF$, a $\sigma_1 + \sigma_2 = K$, otrzymamy:

$$L_i - \int_{F_0}^{F_1} l \cdot dF \cdot K = -V \cdot K \int_{F_0}^{F_1} \frac{dF}{F} = VK \cdot \ln \frac{F_0}{F_1}$$

$$\text{wzgl. } V \cdot K_{sr} \cdot \ln \frac{F_0}{F_1}$$

Usterkę tego rodzaju można było uniknąć, gdyby opiniodawcy swoje zadania spełniali sumiennie i dokładnie.

Najwięcej obarczony usterkami jest rozdział ostatni. Np. autor w ustępie 2 pt. „Regeneracja odkształconego metalu” pomieszał pojęcia przekrystalizowania metalu w przedziale temperatur przemiany przy zmianie faz — z rekrytalizacją, w ten sposób, że nie można zdać sobie sprawy, kiedy autor ma na myśli usunięcie zgniotu przez wyżarzanie w temperaturze powyżej temperatury przemiany, a kiedy przez rekrytalizację w temperaturach poniżej A_{c1} .

Rys. 118 mający przedstawiać wykres przestrzennej rekrytalizacji metalu jest zasadniczo błędny. Największe ziarno tworzy się wprawdzie z podwyższeniem temperatury aż do tzw. temperatury krytycznej, ale zawsze przy odkształceniach małych ($5 \div 10\%$), podczas gdy wg rys. 118 największe ziarno otrzymuje się przy największych odkształceniach (zgniotach), co jest niezgodne z rzeczywistością.

Książka inż. Schneidera jako całość stanowi cenny nabytek naszej literatury w dziedzinie plastycznych przeróbek metali. Kilka uwag krytycznych wymienionych powyżej nie może w niczym umniejszyć zasługi autora, który mimo swych rozlicznych zajęć zawodowych znalazł czas i ochotę na napisanie książki, stanowiącej dużą pomoc dla inżynierów i techników zainteresowanych tym specjalnym procesem technicznym, a który nawet w obcej literaturze technicznej został jak dotychczas skąpo opracowany.

Klaudiusz Filasiewicz

OD REDAKCJI

W książce zwraca uwagę Rozdz. VIII — Zmiana własności materiału wskutek ciągnięcia, regeneracja odkształconego metalu, patentowanie — w którym szereg podstawowych pojęć jest sformułowanych niefortunnie, nieściśle czy też po prostu błędnie.

Tak więc (str. 200) autor nie rozróżnia przekrystalizowania zachodzącego w temperaturze powyżej A_{c1} od rekrytalizacji po zgnioście w temperaturach poniżej A_{c1} , które to pojęcia są wyraźnie rozróżniane w literaturze technicznej we wszystkich językach. Nazwa wyżarzanie bez bliższego oznaczenia jest nazwą ogólną i w danym przypadku niewystarczającą. Rozróżniać należy (patrz również norma PN/H-01200 z marca 1951 r. Obróbka cieplna. Określenia) wyżarzanie zupełne i wyżarzanie normalizujące, przy których zachodzi przekrystalizowanie od wyżarzania rekrytalizującego (po zgnioście) w temperaturze poniżej A_{c1} w wyniku którego zachodzi rekrytalizacja.

Nazwa regeneracja stosuje się zazwyczaj dla oznaczenia zabiegu mającego na celu przekrystalizowanie materiału przegrzanego, natomiast usunięcie skutków zgniotu w temperaturach poniżej A_{c1} nazywamy rekrytalizacją.

Wg autora dla stopów żelazo-węgiel temperatura wyżarzania mającego na celu usunięcie skutków zgniotu jest „nieco wyższa od temperatury przemiany alotropowej $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ ” i „W tych warunkach przerobiona poprzednio plastycznie na zimno stal uwalnia się w czasie przemiany fazy $\gamma \rightleftharpoons \alpha$ od naprężeń powstałych po przeróbce plastycznej na zimno”. Wydaje się, że nie trzeba udowadniać, że poglądy te są błędne i można tylko wyrazić zdziwienie, że znalazły się w książce traktującej o ciągnięciu stali, przy którym zagadnienie wyżarzania ma podstawowe znaczenie.

Podział wyżarzania na międzyoperacyjne, wstępne i końcowe (str. 203) może być stosowany na warsztacie dla zorientowania w kolejności operacji, dla czytelnika jest jednak niewiele mówiący i na ogół w literaturze technicznej nie stosowany.

Sformułowanie „wyżarzanie wstępne... połączone z patentowaniem...” jest błędne. Wynikało by z niego, że patentowaniem nazywamy samo chłodzenie izotermiczne. W rzeczywistości patentowaniem nazywamy zabieg składający się z nagrzania do temperatury powyżej zakresu przemian i następnym oziębieniu w kąpeli oliwowej o temperaturze 450–550°C lub w strumieniu powietrza.

Z przytoczonych przez autora atmosfer ochronnych, str. 205, (nazwa gazy ochronne nie jest stosowana) wymienione na pierwszym miejscu wodór i azot, praktycznie biorąc, w przemyśle nie są stosowane ze względu na duży koszt, trudność uzyskania odpowiednio czystej atmosfery i wybuchowość wodoru (mieszana w odpowiednim stosunku z tlenem daje tzw. gaz piorunujący). Pominięte zostały natomiast najczęściej stosowane atmosfery ochronne otrzymywane przez częściowe spalanie gazów opałowych.

Krzywa izotermicznego rozpadu austenitu stali węglowej eutektoidalnej, pokazana na rys. 124, tzw. *krzywa S Baina* opublikowana w 1930 roku ma dziś już tylko historyczne znaczenie; w zakresie przemiany martenzytycznej prowadzi ona do zupełnie mylnych wniosków. W atlasie wykresów izotermicznych przemian austenitu opracowanym w 1943 r. przez laboratorium prowadzone przez *Davenporta* i *Baina* krzywa ta jest już skorygowana i w takiej postaci podawana przez literaturę techniczną całego świata. Powoływanie się na przestarzały wykres prowadzi autora do wniosku (str. 212) że „dla stali węglowej czas przemiany jest szczególnie długi w kąpeli o temperaturze około 150°C”, co jest oczywiście błędne, bo dla stali eutektoidalnej początek przemiany martenzytycznej M_s wynosi ok. 220°C, a więc poniżej tej temperatury nie może być przemiany izotermicznej. Powoływanie się na nieaktualne dane z przed lat 20 i wyciąganie z nich wniosków nie wydaje się słusznym.

Autor nie rozróżnia hartowania stopniowego i izotermicznego; hartowanie z oziębianiem w gorącej kąpeli niezależnie od rodzaju oziębiania określa ogólnie jako hartowanie stopniowe. Jest to niesłuszne i obecnie w literaturze technicznej całego świata rozróżnia się wyraźnie hartowanie stopniowe i hartowanie z przemianą izotermiczną. W języku polskim odnośna terminologia została ustalona normą PN/H-01200 z marca 1951 r.

W odniesieniu do omawianego rozdziału podana na końcu książki literatura jest przestarzała za wyjątkiem doskonałego podręcznika *Bołchowitinowa* „Mietalłowodienije i termiczeskaja obrabotka”. Na podstawie tego jednego podręcznika można było zresztą skorygować prawie wszystkie zakwestionowane przez nas punkty. P.K.

Wiadomości SIMP

OGÓLNOKRAJOWA KONFERENCJA TECHNOLOGÓW — PROJEKTANTÓW ZAKŁADÓW PRZEMYSŁOWYCH

W dniach 14 i 15.VI. br. odbyła się, zorganizowana przez SIMP w porozumieniu z Dep. Budownictwa P.K.P.G., Ogólnokrajowa Konferencja Technologów — Projektantów Zakładów Przemysłowych.

W obradach Konferencji wzięli udział przedstawiciele: PKPG, Dep. Inwestycji Ministerstw, Biur Projektowych oraz Uczelni Technicznych w ogólnej liczbie ok. 250 osób.

Wygłoszone zostały następujące referaty:

- 1) O pogłębieniu projektowania zakładów przemysłowych — inż. J. Grabiński,
- 2) Rola projektanta technologa w projektowaniu zakładów przemysłowych — inż. M. Siedlanowski
- 3) Rola projektanta technologa w projektowaniu zakładów przemysłu hutniczego — inż. M. Radwan
- 4) Rola opracowania procesu produkcyjnego w projektowaniu zakładów przemysłowych — inż. T. Pietrzkiewicz
- 5) Ogólna metodyka projektowania zakładów przemysłowych — inż. M. Zawistowski
- 6) Koordynacja projektów — inż. D. Lapidus
- 7) Organizacja biur projektowych — inż. W. Jurewicz
- 8) Walka o jakość projektów zakładów przemysłowych — inż. T. Pietrzkiewicz
- 9) Walka o obniżenie kosztów eksploatacji i budowy zakładów przemysłowych na terenie biur projektowych — inż. M. Zawistowski

- 10) Zadania biur projektowych w świetle dyskusji I-go Zjazdu Projektantów Technologów — inż. W. Jurewicz

Zarówno referaty jak i dyskusja potwierdziły wynikać z doświadczeń naszych biur projektowych fakt powstania nowej gałęzi wiedzy i dyscypliny naukowej — projektowania zakładów przemysłowych.

Uczestnicy Konferencji uchwalili przyjęcie następującej rezolucji:

„Zebrani na pierwszym zjeździe projektantów-technologów stwierdzają, że zjazd odbywa się w czasie, kiedy imperialiści z obozu anglosaskiego chcą doprowadzić do nowej wojny światowej, tworząc na okupowanych przez siebie terenach jednostki nowego Wehrmachtu, kierowanego przez hitlerowskich generałów, zagrażające naszej granicy na Odrze i Nysie, naszej niepodległości i naszym zdobyczom gospodarczym, politycznym i społecznym.

W obliczu tej sytuacji uczestnicy zjazdu zobowiązują się przez usprawnienie swej pracy, przez podniesienie na wyżyny poziomu jakości, ekonomiczności i terminowości projektów, przez podniesienie świadomości politycznej projektantów, przez większe jeszcze zrozumienie ważności wykonywanych przez nich prac, przyczynić się do przyspieszenia realizacji zadań postawionych przez Partię i Rząd Polski Ludowej w Planie 6-letnim, do przyspieszenia budowy podstaw socjalizmu w Polsce i utrwalenia pokoju na całym świecie.

Zebrani witają z uznaniem inicjatywę SIMP zwołania zjazdu, mającego za zadanie wytyczenie dróg usprawnienia prac biur projektowych. Polecają Komitetowi Organizacyjnemu zjazdu opracowanie techniczne wniosków ujętych w podsumowaniu obrad i przedstawienie ich odpowiednim władzom“.

KONFERENCJA ELEKTROEROZYJNEJ METODY OBRÓBKİ METALI

W dniu 23 i 24 czerwca 1952 r. odbyła się w Warszawie Konferencja Naukowo-Techniczna poświęcona elektroerozyjnym metodom obróbki metali, zorganizowana przez SIMP i Instytut Metaloznawstwa i Aparatury Naukowo-Laboratoryjnej.

W konferencji wzięli udział przedstawiciele PMP, wyższych uczelni, instytutu i przemysłu.

Celem konferencji było zapoznanie uczestników z osiągnięciami instytutów i niektórych zakładów przemysłowych w dziedzinie obróbki elektroerozyjnej, jej korzyściami, zakresem stosowności, możliwościami wprowadzenia nowych metod do przemysłu krajowego.

Wygłoszone zostały następujące referaty:

- 1) inż. Janusz Dobrowolski — „Przecinanie metali metodą anodowo-mechaniczną“.
- 2) inż. Kazimierz Albiński — „Elektroerozyjne ostrzenie narzędzi skrawających“.
- 3) inż. Zbigniew Jaszczewski — „Układy elektryczne w urządzeniach do obróbki elektroerozyjnej z punktu widzenia bezpieczeństwa i ochrony pracy“.
- 4) inż. Jerzy Orliński — „Elektroiskrowe utwardzanie narzędzi ze stali szybko tnącej jako powiększanie ich wydajności“.
- 5) inż. Zbigniew Steininger — „Zasada elektroiskrowej metody obróbki metali i jej wykorzystanie w przemyśle“.
- 6) inż. Tadeusz Żak — „Zastosowanie polerowania elektrolitycznego w przemyśle krajowym“.
- 7) inż. Szymon Adamczak — „Zaopatrzenie zakładów w urządzenia do obróbki elektroiskrowej“.

Wszystkie referaty zostały wydane w skrypcie przedkonferencyjnym.

Na tle referatów wywiązała się ożywiona dyskusja. W dyskusji zabierali głos przedstawiciele przemysłu i Instytutów.

Oprócz referatów i dyskusji w pierwszym dniu obrad odbyły się pokazy praktyczne urządzeń do obróbki elektroerozyjnej w Laboratorium Instytutu Metaloznawstwa i Aparatury Naukowo-Laboratoryjnej.

Zebrani na Ogólnokrajowej Konferencji Elektrycznych Metod Obróbki Metali, naukowcy, inżynierowie, technicy, racjonalizatorzy uchwaliли m. in. następujące zlecenia:

„Obróbka Elektroerozyjna stwarza możliwość usprawnienia i podniesienia ekonomiczności szeregu procesów związanych z obróbką metali dzięki czemu powinna być wprowadzona w możliwie najszerszym stopniu do użytku przemysłowego jako uzupełnienie obróbki skrawaniem.“

W szczególności w obecnym etapie rozwoju obróbka elektroerozyjna może znaleźć zastosowanie w następujących swoich odmianach:

- a) jako proces anodowo-mechaniczny (termoelektryczny)
- b) jako proces elektroiskrowy
- c) jako proces elektrooporowy.

Wprowadzenie powyższych metod powinno mieć miejsce przede wszystkim w tych przypadkach produkcji, gdzie obróbka mechaniczna skrawaniem staje się procesem nieekonomicznym lub w ogóle niemożliwym z uwagi na złą skrawalność obrabianych metali lub kształt geometryczny i charakter pracy normalnego narzędzia skrawającego, ograniczający jego stosowanie.

Dzisiejszy stan opracowania technologii elektroerozyjnej w kraju pozwala na stosowanie powyższych procesów w skali produkcyjnej w następujących zasadniczych przypadkach:

- a) do przecinania metali o wysokiej twardości.

- b) do ostrzenia narzędzi z nakładkami z węglików spiekanych;
- b) do utwardzania narzędzi ze stali szybko tnącej przez elektroiskrowe natryskiwanie ostrzy węglnikami spiekanymi lub innymi materiałami uodporniającymi je na ścieranie;
- d) do wykonywania na drodze elektroiskrowej otworów o dowolnych profilach, a w szczególności otworów cylindrycznych w materiałach twardej;
- e) do polerowania metali na drodze elektrolitycznej.

„Zebrani uważają jako jedno z ważniejszych zagadnień w obecnym etapie wprowadzenie elektroerozyjnych metod obróbki do produkcji szeregu zakładów, gdzie jest to najpilniej potrzebne.“

W oparciu o doświadczenia zdobyte już przez Instytut Metaloznawstwa i Aparatury Naukowo-Laboratoryjnej i Instytut Obrabiarek i Obróbki Skrawaniem i szereg zakładów przemysłowych, w których metody powyższe zostały już z powodzeniem zastosowane“.

SEKCJA METROLOGII I MECHANIKI PRECYZYJNEJ

Szybki rozwój produkcji przemysłowej i dążenie do postawienia jej na nowoczesnym poziomie stwarzają konieczność równoległego rozwoju szeregu dziedzin, towarzyszących procesom produkcyjnym jak pomiary, rejestracja, automatyki i kontroli jakości.

Są to dziedziny o odrębnych zadaniach, ale mają jedno wspólne podłoże: dziedzina pomiarów jest podstawą zarówno rejestracji, automatyki jak i kontroli jakości.

Dla przemysłu maszynowego podstawą są pomiary warsztatowe (długości i kąta), ale dużą rolę odgrywają też różne inne rodzaje pomiarów: temperatury, siły, mocy, wielkości elektrycznych itd. Poza tym, rozpowszechniające się stosowanie pośrednich metod mierzenia, a szczególnie za pośrednictwem wielkości elektrycznych, zmusza do rozszerzenia zakresu wiadomości inżyniera i technika mechanika, który powinien być obznajmiony z całokształtem metrologii technicznej.

Z drugiej strony jest nieodzowne, zarówno we wszystkich wymienionych dziedzinach, jak również w badaniach naukowych, posługiwanie się przyrządami, które przeważnie są dziełem mechaniki precyzyjnej i drobnych konstrukcji. Projektujący i badający przyrządy musi opierać się na zadaniach, jakie one mają spełniać, orientować się w źródłach błędów i sposobach ich usunięcia. Z tych względów mechanika precyzyjna i drobna łączy się w dużym stopniu z zagadnieniami pomiarów, kontroli i automatyki, dając tym dziedzinom narzędzie, które umożliwia spełnienie ich zadań. Nie osłabia tej łączności fakt, że zadania mechaniki precyzyjnej i drobnej są szersze i obejmują również przyrządy miernicze (np. maszyny do pisania, osprzęt elektryczny i inne).

Wychodząc z założenia wspólności powyższych działów techniki i pilnej potrzeby postawienia ich na należytych poziomach, grono członków SIMP wystąpiło z inicjatywą utworzenia w ramach Stowarzyszenia Odrębnej Sekcji, która by się tymi zagadnieniami zajmowała. Akcja ta nie objęła działu optyki instrumentalnej, który oddawna jest zorganizowany na terenie SIMP w postaci grupy, ujawniającej ożywioną i pożyteczną działalność.

Zebranie organizacyjne Sekcji, która otrzymała nazwę „Sekcja Metrologii i Mechaniki Precyzyjnej“, odbyło się w dn. 22.5.52 i było połączone z odczytem prof. dr inż. St. Ziembę pt. „Znaczenie metrologii technicznej i mechaniki precyzyjnej w nowoczesnym przemyśle“. W skład zarządu Sekcji weszli kol. kol. Roman Calikowski, Jan Obalski (przewodniczący), Zdzisław Rauszer, Tadeusz Sawicki, Aleksander Tomaszewski, Władysław Tryliński, St. Trzaska (sekretarz) i Stefan Ziemia.

J. O.

Kronika

W sprawie obowiązku przestrzegania przepisów dotyczących braków i wad towarów

W całej gospodarce narodowej wzmaga się walka o podniesienie jakości produkcji, zgodnie z zasadniczym prawem socjalistycznej gospodarki.

Istotne znaczenie dla walki o dalsze, jak najdalej idące ograniczenie przypadków produkcji towarów złej jakości, ma pismo okólnie Przewodniczącego PKPG nr 9 z dnia 29 marca 1952 r. Pismo to zobowiązuje wszystkich odbiorców towarów do ścisłego przestrzegania odpowiednich zarządzeń i aktów ustawodawczych, a w szczególności do stosowania w praktyce zarządzenia, regulującego stosunki między dostawcą a odbiorcą w przypadku otrzymania towaru niskiej jakości (Biuletyn PKPG nr 20 oraz nr 30 z 1951 r.).

W przypadku stwierdzenia istotnych wad towaru przedsiębiorstwo ma prawo postawić otrzymany towar do dyspozycji wytwórcy i albo odstąpić od umowy, albo też żądać dostarczenia innego towaru.

Stosowanie tych przepisów nie wyklucza możliwości przekazywania spraw do rozpatrzenia w trybie dochodzeń sądowych, o ile zła jakość wyrobów powoduje straty w gospodarce narodowej i świadczy o wybitnie lekceważącym stosunku dyrektora zakładu i kierowników kontroli technicznej do spraw jakości produkcji.

I Sesja Zgromadzenia Ogólnego Polskiej Akademii Nauk

Dnia 5 lipca br. w Warszawie odbyła się I Sesja Zgromadzenia Ogólnego Polskiej Akademii Nauk. Sesja poświęcona była omówieniu wytycznych planu badań szczególnie ważnych dla rozwoju gospodarki i kultury narodowej, opracowanych przez sekretariat naukowy, komitety i wydziały naukowe oraz Prezydium Akademii.

Zagajając obrady prezes PAN — prof. Jan Dembowski, powitał przybyłych na sesję przedstawicieli Sejmu, Rządu i organizacji społecznych oraz członków Polskiej Akademii Nauk.

Po przemówieniu Premiera Józefa Cyrankiewicza zabrał głos przewodniczący CRZZ — Paweł Wojas, który powiedział m. in.: „Masy pracujące Polski Ludowej,... gorąco witają fakt powołania do życia Polskiej Akademii Nauk, gdyż widzą w niej siłę gotową służyć masom ludowym poprzez oddanie twórczego trudu naukowców na rzecz budowy podstaw socjalizmu, gdyż są głęboko przekonane, że będzie ona w coraz większym stopniu pogłębiać związek nauki z życiem, rozwijać i umacniać twórczą współpracę naukowców z robotnikami”.

Referat programowy o wytycznych planu badań, szczególnie ważnych dla rozwoju gospodarki i kultury narodowej, wygłosił sekretarz naukowy PAN — Stanisław Mazur.

W wyniku podjętej dyskusji na temat referatu, Zgromadzenie Ogólne PAN uchwaliło jednogłośnie wytyczne planu badań oraz regulaminy zwoływania i odbywania sesji Zgromadzenia Ogólnego PAN, jak również regulamin powoływania członków PAN.

Na zakończenie obrad zebrani uchwaliли tekst listu do Prezydenta RP oraz wystosowali depeche do Akademii Nauk ZSRR i bratnich krajów demokracji ludowej, Chińskiej Republiki Ludowej i NRD.

Komisja Egzaminacyjno-Weryfikacyjna na stopień inżyniera

Komisja Egzaminacyjno-Weryfikacyjna na stopień inżyniera przy Wydziale Mechanicznym Politechniki Warszawskiej, za okres od 1.9.49 r. do dnia 15.6.52 r. posiada następujące wyniki swej pracy:

1. Udzielono dyplomów bez egzaminów 117
2. Udzielono dyplomów na podstawie egzaminów 118
3. Załatwiono odmownie na zasadzie wyniku egz. 27
4. Załatwiono odmownie ze wzgl. formalnych 13
5. Skierowano do innych komisji 15

Do dnia 15 czerwca br. Komisja załatwiła ogółem 290 podań.

DO AUTORÓW „PRZEGLĄDU MECHANICZNEGO”

Redakcja czasopisma zwraca się z prośbą do Autorów, nadsyłających swe prace celem opublikowania, z prośbą o zaopatrzenie każdego artykułu w streszczenie, które zawierałoby:

1. Charakterystykę artykułu, wyjaśniającą jego wartość dla rozwoju nauki i techniki.
2. Dyspozycję artykułu.

Streszczenie umieszczone na początku artykułu umożliwia czytelnikom szybkie zorientowanie się w treści publikowanego artykułu oraz ułatwia jego bibliografowanie zainteresowanym.

ERRATA

zeszytu 6/52

str.	szpalta	wiersz	zamiast	ma być
222	tabl. II	7 od góry	6540XΦ,	65Γ, 40XΦ,
224	lewa	19 od dołu	65Γ 35XΓMA,	65Γ, 35XΓMA,
227	lewa	wzór [5]	π_z	π^2
227	lewa	25 od dołu	tu śruby	gwintu śruby
230	prawa	16 od góry	gdzie kąt jest	gdzie kąt φ jest
253	prawa	26 do 29 od góry	A_1	A_4
254	prawa	30 i 31	(v_{S1u})	(v_{S1u})
262	prawa	13 od dołu	(str. 88) Obróbka cieplna — . . itd.	(str. 88) Odpuszczanie polega na „nagrzaniu uprzed-

WYDAWCA: NACZELNA ORGANIZACJA TECHNICZNA, WARSZAWA, Czackiego 3/5
 Komitet Redakcyjny: mgr inż. ZYGMUNT BOCHENEK, mgr inż. PAWEŁ KOSIERADZKI, JAN STEFAN KOWALSKI,
 mgr inż. STANISŁAW KULESZA, dr inż. JAN OBALSKI, prof. dr inż. ALEKSY PIĄTKIEWICZ, prof. inż. ZDZISŁAW
 RYTEL, prof. dr inż. ROBERT SZEWAŁSKI, mgr inż. LECH STRZELECKI, mgr inż. JÓZEF ZAGÓRSKI

Redaktor Naczelny: mgr inż. MARIAN WAKALSKI

Z-ca Redaktora Naczelnego: inż.-mech. WŁADYSŁAW KAWĘCKI

Sekretarz redakcji: ANNA WOCHOWSKA

Redaktor techniczny: CZESŁAW PIEKARSKI

PKO Nr konta I-19881/110.



PRZEGLĄD BIBLIOGRAFICZNY MECHANIKI

OPRACOWANY PRZEZ OŚRODKI DOKUMENTACJI

INSTYTUTU OBRABIAREK I OBRÓBKİ SKRAWANIEM

I INSTYTUTU METALOZNAWSTWA I APARATURY NAUKOWO-LABORATORYJNEJ

DODATEK DO MIESIĘCZNIKA „PRZEGLĄD MECHANICZNY”

ROCZNIK 3

WARSZAWA, LIPIEC – SIERPIEŃ 1952

NR 7/8

OŚRODEK DOKUMENTACJI OBRABIAREK I OBRÓBKİ SKRAWANIEM

E — EKONOMIKA, KALKULACJA I ORGANIZACJA

49* EG:PN 621.9:658.562:389.6 B2—7/8.52

BUGAJEW G. G. **Zmechanizowane ujęcie stosowności znormalizowanych części oprzyrządowania technologicznego.** „Miechanizirovannyj ucziot primienijemosti normalizowanych dietaliej technologiczeskoj osnastki”. Stanki i Instr., t. 22, nr 8, sier. 51, s. 13; A4, 3 str., 1 wykr., 4 tabl. — Cele ewidencji stosowności znormalizowanych części oprzyrządowania. Ewidencja zmechanizowana. Specyfikacja i charakterystyka części normalnych. Karty perforacyjne. Technika sporządzania ewidencji, wykorzystanie, przykłady.

50 EO:EK 658.5.008 B2—7/8.52

RYLANDER E. A. **Zasady sporządzania planu zakładu i planu operacyjnego.** „Elements of plant layout with an outline of procedure”. Tool Engineer, t. 27, nr 5, listop. 1951, s. 59; A4, 8 str., 3 fot., 9 rys. — Zasady nowoczesnego sporządzania planów warsztatowych i operacyjnych. Schematy rozmieszczenia hal, instalacji działów wytwórczych i pomocniczych. Rozmieszczenie obrabiarek. Plan operacyjny do produkcji potokowej i plany rozmieszczenia urządzeń. Przykłady celowych zmian w planach i osiągnięte korzyści. Miniaturowe modele zakładów wraz z urządzeniami, ich zalety. Konieczność ustawicznej kontroli produkcji i modernizacji planu operacyjnego.

51* EO:SF:SL 621.91.07.003:331.87 B2—7/8.52

KAGANOWICZ B. A. **Badanie, uogólnienie i rozpoznanie czołowych stachanowskich doświadczeń w Zakładach Ministerstwa Ciężkiego Przemysłu.** „Iznačenie, obobščenie i rasprostranenie pieriedowowo stachanowskowo opyta na zawodach Ministerstwa Tiaželowo Maszynostrojenia”. Wiest. Maszinostr., t. 32, nr 1, stycz. 1952, s. 71; A4, 7,5 str., 12 rys., 1 tabl. — Wprowadzenie metody Kowalowa. Charakterystyka stachanowskich osiągnięć i metod pracy frezów, tokarzy, spawaczy, poparta licznymi przykładami rysunkowymi i liczbowymi. Możliwości organizacji masowego upowszechniania stachanowskich osiągnięć. Schemat organizacji masowego wprowadzania metody Kowalowa.

M — MATERIAŁOZNAWSTWO

52 MH 621.9:621.564.3:621.892.091 B2—7/8.52

BASTIAN E. L. H. **Ciecze smarujące i chłodzące przy skrawaniu — ich dobór, stosowanie i przechowywanie.** „Metal cutting fluids — their selection, application and maintenance”. Iron Age, t. 163, nr 6, 10, luty 1949, s. 60; A4, 8 str., 6 fot., 2 tabl., 3 poz. bibl. — Rodzaje cieczy chłodzących i smarujących, ich dobór w zależności od obrabiarki, narzędzia, materiału obrabianego i warunków obróbki. Sposoby ich przygotowywania, oczyszczania, przechowywania i kontrolowania.

53 MN:NK 621.9.02:621.9.037 B2—7/8.52

Noż ceramiczny. „Keramický nůž”. Techn. Pr., t. 7, nr 12, 1951, s. 280; A4 1/10 str. — Notatka o nowym radzieckim pomysle ceramicznej płytki na noże tokarskie, zastępującej spiekane węgliki i pozwalającej na osiągnięcie prędkości 1200 m/min przy skrawaniu stali a 1700 m/min — przy żeliwie.

54 MN:QC 669.14.018.25:621.78 B2—7/8.52

BRIEFS H. **Stale szybko tnące i narzędziowe w nowoczesnym ujęciu.** „Schnellarbeits- und Werkzeugstahle in neuzeitlicher Betrachtung”. Werkstattstechnik

u. Maschinenbau. r. 1942, nr 1, stycz. 1952, s. 7; A4, 8 str., 18 wykr., 6 tabl., 13 poz. bibl. — Obszerne omówienie kilku gatunków niemieckich stali szybko tnących i narzędziowych do obróbki na zimno i gorąco pod względem metalurgicznym. Sposoby należytej obróbki na zimno i gorąco pod względem metalurgicznym. Sposoby należytej obróbki cieplnej i jej wpływ na strukturę omawianych stali.

N — NARZĘDZIA

NK — Zagadnienia konstrukcyjne narzędzi.

55* NK:NF:NB 621.914.1/2:621.951.45:621.924 B2—7/8.52

LESNAJA W. I. **Wysokowydajne frezy kształtowe.** „Wysokoproduktivitelnyje fasonnyje friezy”. Stanki i Instr., t. 22, nr 11, 1951, s. 19; A4, 2 str., 2 fot., 3 rys., 1 wykr., 3 poz. bibl. — Opis i konstrukcja nowych wysokowydajnych frezów kształtowych używanych do frezowania rowków wiertel spiralnych. Analiza ich zalet i wad. Zużycie jako funkcja czasu pracy freza. Wytyczne i dane liczbowe. Opis przyrządu do szlifowania.

56* NK:NF:OC 621.914.2—229.24:621.9.014.5 B2—7/8.52

MARCZENKO N. P. **Konstrukcja frezów dla skrawania szybkościowego.** „Konstrukcija friezy dla skorostnowo rieżanja. Stanki i Instr., t. 22, nr 3, marz. 51, s. 32; A4, 1 str., 3 rys. — Konstrukcja głowicy frezarskiej do szybkościowego frezowania przelotowych płaszczyzn z nożami walcowymi w miejsce noży pryzmowych. Rysunki. Opis działania i ustawiania głowicy. Zalecane warunki obróbki. Zalety techniczne i ekonomiczne.

57* NK:NH 621.9.02:621.9.013 B2—7/8.52

LUBOMIRSKIJ E. J. **Noże ze zmiennym kątem natarcia.** „Rieczy s pieremiennym pieriednim ugłom”. Stanki i Instr., t. 22, nr 8, sier. 1951, s. 19; A4, 3 str., 8 rys., 1 wykr. — Uzasadnienie stosowania noży o ostrzach ze zmiennym kątem natarcia. Przebieg skrawania, konstrukcja, wyniki badań eksperymentalnych, zalety, zakres zastosowań.

58* NK:NH 621.9.013:621.9.014.5 B2—7/8.52

SAWROWSKIJ B. S., RYŻKOW D. I i ABUGOW M. O. **Konstrukcja noży dla szybkościowego skrawania.** „Konstrukcija riezcow dla skorostnowo rieżanja”. Stanki i Instr., t. 22, nr 3, marz. 1951, s. 1; A4, 4 str. 1 fot., 5 rys. 6 tabl. — Wady noży do skrawania szybkościowego o kwadratowym lub prostokątnym wyliczania kątów roboczych i ruchowych w zależności przekroju trzonka. Konstrukcja noży o okrągłym trzonku majstra stachanowskiego Ryżkowa. Sposób od ustawienia noża. Wzory, tablice, przykłady zastosowania. Zalety. Wymiary i kąty ostrzy noży nowego typu.

59* NK:UK 621.9—229.29:621.9.02 B2—7/8.52

LUCKOW E. I. **Nowa konstrukcja zabieraka.** „Nowaja konstrukcija powodkowowo chomutika”. Stanki i Instr., t. 22 nr 11, 1951 s. 17; A4, 1 str., 2 rys. — Opis ciekawego rozwiązania konstrukcji zabieraka usuwającego w znacznym stopniu możliwość odkształceń przedmiotu obrabianego. Analiza powodów odkształceń. Wadę zabieraka stanowi jego skomplikowana budowa. Oplaca się używać go tam, gdzie wymagana jest duża dokładność kształtu przedmiotu obrabianego.

60* NK:UK:NS:ST:QE 621.9.02:621.9.013:621.9 B2—7/8.52
SAMOIŁOW B. J. i RJIWKIN G. M. **Noże dla szybkościowego tocenia stali.** „Rieczy dla skorostnowo to-

N — NARZĘDZIA c. d.

czenia stali". Stanki i Instr., t. 22, nr 3, marz. 1951, s. 25; A4, 5 str., 1 fot., 16 rys., 1 wykr. — Wady nalutowywania płytek ze spieków. Zasada mechanicznego mocowania płytek z wykorzystaniem docisku siłami występującymi przy skrawaniu. Analiza rozkładu sił skrawania i schematy doświadczalnych uchwytów płytek wykorzystujących działanie tych sił. Wpływ kształtu łamacza wióra. Geometria powierzchni natarcia płytki skrawającej z łamaczem wióra. Geometria ostrzy noży z płytkami dociskany siłą skrawania i z łamaczem wióra. Anodowomechaniczne ostrzenie płytek z spieków.

NP — Produkcja narzędzi.

61 NP5:NM3 621.791.92:621.365.5 B2—7/8.52
BUCHMAN N. A. i INISZENNIK K. P. **Lutowanie płytek z węglików spiekanych.** „Pajka twierdosplawnowo instrumenta”. Moskwa 1951, Masz g iz; D, A5, 30 str., 16 rys., 3 tabl. — Technologia lutowania płytek z węglików spiekanych prądami wysokiej częstotliwości przy grzaniu oporowym i gazowym. Instrukcja lutowania spieków wolframowo-tytanowych.

62 NP6:NF:NB 621.914.2:669—14:621.9.014 B2—7/8.52
Frezy odlewane. „Cast milling-cutters”. Aircr. Prod., t. 13, nr 150, kw. 51, s. 124; A4, 1,5 str., 1 fot., 2 mikrogr., 2 tabl. — Frezy lane stosowane przez angielską firmę B.S.A. Skład chemiczny stali stopowej, warunki obróbki stosowane przy użyciu frezów lanych, dane liczbowe, korzyści wynikające z zastosowania tego rodzaju frezów.

NS — Szlifowanie (ostrzenie narzędzi i tarcze szlifierskie).

63 NS 621.922 B2—7/8.52
FARMER E. W. **Ściernice jedno- czy wielowarstwowe?** „Abrasive disks.. single or multiple layer?”. Amer. Mach. (N.Y.), t. 95, nr 3, luty 51, s. 126; A4, 2 str., 4 fot., 1 wykr. — Porównanie własności normalnych cienkich ściernic jedno i kilku-warstwowych wykazuje zalety i wady tych ostatnich. Tarcze wielowarstwowe są drobnoziarniste i posiadają większą ścierność, są natomiast mniej elastyczne, co jest ważne przy szlifowaniu kształtowym.

64* NS:NE 621.9.004.67:621.9.002.54 B2—7/8.52
Regeneracja narzędzi (z doświadczeń GAZ). „Wosstanowienie instrumentow (iz opyta GAZ)”. Stanki i Instr., t. 22, nr 3, marz. 1951, s. 20; A4, 4 str., 4 rys., 6 tabl. — Typy narzędzi skrawających nadających się do regeneracji. Wymiary narzędzi, jakie można uzyskać po regeneracji ze względu na wymiar narzędzi regenerowanych. Wytyczne technologiczne dla regeneracji rozwiertaków, wiertel, noży i frezów piłowych. Regeneracja narzędzi mierniczych. Korzyści regeneracji narzędzi skrawających i mierniczych.

65* NS:PH 621.923.9:621.922:621.9.014.5 B2—7/8.52
NAZAROW W. P. i NAZAROWA N. W. **Szybkościowe wewnętrzne szlifowanie porowatymi ściernicami.** „Skorostnoje wnutriennije szlifowanie poristymi krugami”. Stanki i Instr., r. 22, nr 2, luty 1951, s. 21; A4, 3 str., 1 rys., 12 wykr. — Przepływ powietrza przez ściernice porowate powoduje chłodzenie szlifowanego miejsca i zapobiega powstawaniu miejscowych przepałów metalu szczególnie przy szlifowaniu szybkościowym. Opis i sposób działania urządzenia do badania zdolności „wentylacyjnej”. Zalety ściernic porowatych. Optymalne warunki szlifowania. Sposób wykonywania ściernic. Społwa.

66* NS:SS:ST 621.922.3:621.923.1:669.141.32 B2—7/52
RACHMAROWA M. S. **Szlifowanie cementowanych i azotowanych stali ściernicami z monokorundu.** „Szlifowanie cementirowannyh i azotirowannyh stalej krugami iz monokorunda”. Stanki i Instr., t. 22, nr 10, paźd. 1951, s. 14; A4, 2 str., 4 mikrogr., 3 wykr. — Własności monokorundu. Wyniki prób szlifowania stali cementowanych i azotowanych ściernicami monokorundowymi. Porównanie ze szlifowaniem ściernicami elektrokorundowymi pod względem wydajności szlifowania, trwałości i stopnia zużycia ściernicy.

O — OBRABIARKI

OC — Części i zespoły obrabiarek.

67* OC 621.914.1—293 B2—7/8.52
KOPANIEWICZ E. G. **Nowe przyrządy obrabiarkowe.** „Nowyje stanocznye prispoblenija”. Stanki i Instr., r. 22, nr 2, luty 1951, s. 10; A4, 3,5 str., 7 rys. — Nowe hydrauliczne uchwyty samocentrujące do frezowania powierzchni czołowych i wiercenia. Próba zastąpienia cieczy kuleczkami stalowymi o średnicy od 1 do 3 mm. Nacisk na kuleczki regulowany śrubą.

OS — Obrabiarki.

68* OS:NO:NW 921.917:621.951.45 B2—7/8.52
KALLIOPIN W. W. **Nowy półautomat frezarki do produkcji narzędzi.** „Nowyj frieziernyj poluawtomat dla instrumentalnogo proizvodstwa”. Stanki i Instr., r. 22, nr 2, luty 1951, s. 13; A4, 2 str., 1 fot., 1 rys., 3 tabl. — Schemat kinematyczny i opis działania półautomatu (model 6792) do frezowania i zataczania wiertel przeznaczonych do wiercenia szybkościowego. Zalety tego półautomatu w porównaniu z typami dawnymi (jeden pracownik może obsługiwać jednocześnie do 20 półautomatów).

69 OS:SF:NF 621.941.232:621.914.1—428 B2—7/8.52
BECK J. H. **Wielorodzeniowy automat do frezowania śrub z mimośrodami.** „Multi-spindle automatic hollow-mill eccentric”. Machinist, t. 95, nr 28, lip. 51, s. 1038; A4, 2 str., 2 fot., 4 rys. — Kolejność operacji przy wykonywaniu specjalnych śrub z głowami mimośrodowymi na automacie 6-cio wrzecionowym. Szczególnie interesujący jest szybko działający przyrząd do frezowania mimośrodu oraz urządzenie do wykonywania rowków. Konstrukcja przyrządów, geometrie freza, warunki obróbki. Dane liczbowe.

70* OS:SQ 621.9.014:621.941.2:621.992 B2—7/8.52
PIENKOW P. M. **Nowe tokarki do gwintów i karuzelówki.** „Nowyje tokarno-wintorieznye i karuselnye stanki”. Stanki i Instr., r. 22, nr 6, czerw. 1951, s. 4; A4, 8,5 str., 5 fot., 8 rys., 1 wykr., 6 tabl. — Zależność szybkości skrawania i mocy obrabiarek od posuwu i rodzajów noży (ze stali szybko tnącej i z różnych spieków). Nowe typy uniwersalnych tokarek do gwintów, automatyczne sterowanie mechanizmów pomocniczych, zcentralizowane i automatyczne smarowanie, schematy kinematyczne. Zakryta skrzynka posuwów pozwalająca na nacinanie dowolnego gwintu, bez zmianowych kółek zębatych. Nowe typy karuzelówek do toczenia i wytaczania powierzchni cylindrycznych, stożkowych i kształtowych, do nacinania gwintów, a przy użyciu głowicy rewolwerowej — do wiercenia, pogłębiania i rozwiercania.

P — POMIARY ORAZ PRZYRZĄDY I URZĄDZENIA POMIAROWE

71* PD 621.9—436:531.7:621.9—288.1 B2—7/8.52
NOWIKOW I. I. **Urządzenia dla kontroli gładkości powierzchni kulek.** „Prispoblenie dla kontrolja czistoty poverchnosti szarikow”. Stanki i Instr., t. 22, nr 10, paźd. 1951, s. 34; A4, 0,25 str., 1 rys. — Opis urządzenia dla sprawdzania kulek łożyskowych sposobem potokowym.

72* PM 621.9:531.7 B2—7/8.52
WOŁODIN E. J. **Błędy mierzenia i zakresy racjonalnego wykorzystania elektrodinamicznego profilometru KW—4.** „Progresnostij izmierienija i prediely racjonalnogo ispolzowanija elektrodinamiceskowo profilometri KW—4”. Stanki i Instr., t. 22, nr 12, grud. 51, s. 19; A4, 2 str., 5 wykr. — Krytyka artykułu Matalina i Szoliny (patrz Stanki i Instr. nr 12, 1951, str. 16). Zasadnicze błędy metody badawczej stosowanej przez Matalina i Szoliny. Wyniki badań własnych. Wniosek o celowości uruchomienia seryjnej produkcji profilometrów elektrodinamicznych typu KW—7, będących ulepszeniem poprzednio produkowanych KW—4.

73* PO:NE 621.9.013:53.08:681 B2—7/8.52
GRIECZUCHIN A. I. **Zastosowanie metod przekroju świetlnego do oceny krawędzi tnącej narzędzia.** „Ispol-

P — POMIARY ORAZ PRZYRZĄDY I URZĄDZENIA
POMIAROWE c. d.

zowanie metodów światowo sieczenia dla oceny ostry i rieżuszczej kromki instrumenta". *Stanki i Instr.*, r. 22, nr 6, czerw. 1951, s. 22; A4, 2 str., 3 rys. — Krytyka dawnych mikroskopowych metod badania stopnia zaokrąglenia krawędzi tnącej narzędzia. Nowa metoda polegająca na użyciu zestawu dwóch mikroskopów — zwykłego mikroskopu narzędziowego i podwójnego mikroskopu systemu Linnika. Sposoby przeprowadzania pomiarów z dokładnością do 1 mikrona. Zalety. Wnioski.

Q — OBRÓBKA TECHNOLOGICZNA (POZA SKRAWANIEM)

QE — Elektroobróbka metali.

74* QE 621.9.018.3:621.914.2 B2—7/8.52
BIELAJEW G. S. **Profilowanie i zataczanie frezów przy pomocy obróbki anodowo-mechanicznej.** „Profilowanie i zatyłowanie friez anodno-miechaniczskim sposobom”. *Stanki i Instr.*, t. 20, nr 12, grudz. 1949, s. 11; A4, 1,5 str., 3 rys. — Możliwość zastosowania obróbki anodowo-mechanicznej do zataczania frezów prostych i kształtowych, szkice prostych przyrządów do tego celu. Zastosowanie obróbki anodowo-mechanicznej do frezów ze stali szybko tnących oraz do frezów z nakładkami z węglików spiekanych metali. Dane liczbowe.

75 QE 621.9.018.2 B2—7/8.52
MAIXNER V. **Sukces naszych techników: skrawanie anodowo-mechaniczne.** „Uspěch našich techniků: anodomechanické řezání”. *Techn. Pr.*, t. 7, nr 10, r. 1951, s. 219; A4, 1 str., 1 tabl., 1 fot. — Pierwszy raz zastosowana w Czechosłowacji przez Grembala w Brnie metoda anodowo-mechanicznego skrawania metali, polega na użyciu do skrawania stalowej tarczy o średnicy 150 mm i szerokości 0,1 do 0,5 mm. Pozostałe wyposażenie stanowiska anodowo-mechanicznego normalne.

76 QE 621.9.018.3—47 B2—7/8.52
SVOBODA J. **Wiercenie otworów sposobem elektroiskrowym.** „Vrtání otvorů elektrojiskrovým způsobem”. *Techn. Pr.*, t. 7, nr 10, r. 1951, s. 220; A4, 2 str., 4 fot., 1 rys. — Schemat instalacji i zasada działania wiertarki elektroiskrowej. Urządzenie stanowiska i mechaniczne wyposażenie. Stosowane elektrody i zależność od obrabianego materiału. Proces wykonywania otworów. Zalety metody. Możliwości wykonywania otworów od średnicy 0,01 mm. Przy zastosowaniu mechanicznego podajnika możliwość wykonywania 100—200 otworów na minutę.

77 QE 621.9.018.3 B2—7/8.52
Tr. H. **Postęp w obróbce spieków.** „Fortschrittliche Entwicklung in der Hartmetalltechnik”. *Techn. Rdsch.*, r. 44, nr 7, luty 1952, s. 4; A3, 0,25 str., 3 fot. — Streszczenie artykułu z czasopisma „Machinery” 11/1951 o obróbce elektroiskrowej spieków. Istota obróbki, przykłady zastosowań, osiągnięta dokładność, zalety metody, dane liczbowe, opis operacji i urządzenia.

78 QE:NE 621.9.018.3:621.9.02 B2—7/8.52
IVANOW G. P. **Nowy sposób elektroiskrowego ulepszenia narzędzi skrawających.** „Nový způsob elektrojiskrového zpevnování řezných nástrojů”. *Strojirenství*, t. 1, nr 12, 1951, s. 451; A4, 4 str., 1 rys., 10 wyk. — Urządzenia typu Cbitmas do ulepszenia narzędzi skrawających przez nakładanie warstw utwardzających sposobem elektroiskrowym. Charakterystyka liczbowa. Trwałość ostrza jako funkcja warunków elektrycznych przy procesie nakładania. Znaczenie zastosowania pomocniczej warstwy plasteliny.

79 QE:NE 621.9.018.2 B2—7/8.52
SMIRNOW W. P. **Ulepszenie ostrzy narzędzi skrawających sposobem elektroiskrowym.** „Elektrojiskrowoje uprocznienije rieżuszczych instrumentow”. *Awtom. i Trakt. Promysl.*, nr 12, grudz. 1950, s. 17; A4, 3 str., 7 rys., 3 tabl. — Urządzenie do ulepszenia elek-

trodami węglowo-grafitowymi i powlekania elektrodami ze spieków ostrzy narzędzi skrawających sposobem elektroiskrowym. Warunki procesu, wskazówki odnośnie wykonania elektrod i przygotowania powierzchni narzędzia.

80 QE:NE 621.9.018.3:621.9.02:621.9.01 B2—7/8.52
VODIČKA F. **Ulepszenie ostrza sposobem elektroiskrowym.** Zapevňování břitu elektrojiskrovým způsobem. *Techn. Pr.*, t. 7, nr 12, 1951, s. 263; A4, 9 str., 8 fot., 16 rys., 8 tabl. — Procesy fizyczne zachodzące przy elektroiskrowym nakładaniu warstwy spiekanego węgla na metal. Zmiany strukturalne metalu. Zasada działania czeskiego urządzenia AZNP do sposobu elektroiskrowego. Badania nad ulepszeniem ostrza noży tokarskich, wiertel, frezów, narzynek, pogłębiaczy i in. oraz uzyskane korzyści przy ich eksploatacji w przemyśle (np. zwiększenia trwałości ostrza przy skrawaniu żeliwa szarego o 300%). Wskaźniki ekonomiczne opłacalności powyższej metody.

81 QE:SV 621.9.018.3 B2—7/8.52
IGOŠIN G. V., CHMELNISKIJ A. A. **Elektromechaniczny sposób wygładzania na tokarce.** „Elektromechanický způsob klazení soustruženin”. *Techn. Pr.*, t. 7, nr 11, 1951, s. 250; A4, 2 str., 4 rys., 3 wyk., 1 tabl. — Zamiast szlifowania zastosowano w Z.S.R.R. nowy sposób toczenia na tokarkach z elektromechanicznym urządzeniem, pozwalającym na otrzymanie dużej gładkości i dobrej jakości obrabianej powierzchni. Elektryczne i mechaniczne schematy urządzenia. Konstrukcja specjalnego do tego celu noża z wewnętrznym chłodzeniem trzonka. Analiza wyników i możliwości dalszego rozwoju tej metody.

82* QG 621.793.734 B2—7/8.52
Elektrometalizacyjny aparat podwyższonej wydajności EM—4. „Elektrometallizacjonnyj apparat powyszennoj proizwoditel'nosti EM—4”. *Stanki i Instr.*, t. 22, nr 11, 1951, s. 34; A4, 1 str., 1 fot., 1 tabl. — Aparat metalizacyjny przeznaczony w pierwszym rzędzie do renowacji zużytych części maszyn. Opis działania aparatu. Opis wyposażenia pomocniczego. Charakterystyka techniczna aparatu.

83* QW:NK 621.9.02:621.992.7 B2—7/8.52
BASS I. Z. **Szczęki nowej geometrii do walcowania gwintów.** „Riezonakatnyje piaszki nowoj geometrii”. *Stanki i Instr.*, t. 20, nr 12, grudz. 1949, s. 15; A4, 2,5 str., 6 rys., 1 tabl. — Zalety szczęk posiadających ścięcia, które upodabniają pracę ich do pracy stożka wyjściowego w narzynkach. Podane są dwie drogi, jakimi należy dążyć do wprowadzenia w przemyśle szczęk nowej konstrukcji. Liczbowy przykład przekonstruowania szczęk starego typu.

S — OBRÓBKA SKRAWANIEM

SF — Frezowanie.

84* SF:EO 621.914.1:331.87 B2—7/8.52
SAWICZ E. F. i SZCZEGOLEW A. W. **Doświadczenie pracy zespołowej brygady do wprowadzania szybkościowego frezowania.** „Opyt raboty kompleksnoj brygady po wniedrienju skórostonowo friezierowanja”. *Wiestnik Maszinostr.*, r. 31, nr 12, grudz. 1951 r., s. 26; A4, 8 str., 10 rys., 1 tabl., 1 poz. bibl. — Skład brygady inżyniersko-robotniczej i jej możliwości pracy. Osiągnięcia brygady w zakresie modernizacji obrabiarek, konstrukcji i eksploatacji frezów, uchwytów i przyrządów frezerskich. Warunki szybkościowego frezowania. Opis ilustrowany rysunkami, dane liczbowe.

85 SF:NK:OK 621.9.14.1/2—439:621.917:621.915 B2—7/8.52
WOODHOUSE H. **Konstrukcja i obróbka skrawaniem szybkoobrotowych wirników sprężarek.** „Designing and machining high speed mixed flow compressor impellers”. *Machinery* (Lond.), t. 78, nr 2013, czerw. 51, s. 989; A4, 7 str., 2 fot., 6 rys. — Opis konstrukcji łopatek wirnika w uchwycie przed frezowaniem. Wielkość i kształt narzędzia (freza), warunki obróbki. Specjalna frezarka do obróbki łopatek wirnika. Przykłady innych metod frezowania łopatek.

S — OBRÓBKA SKRAWANIEM

86 SH:SM 621.911.1—456+621.93 B2—7/8.52
 RICKER C. S. **Cięcie krzywizn i profili na strugarce.** „Shapers cut curves and contours”. Machinist, t. 95, nr 36, wrzes. 51., s. 1356; A4, 2 str., 2 rys., 2 tabl. — Sposób strugania różnych przedmiotów wg linii krzywej. Kombinacja posuwów strugarki dla wykonaniażądanego promienia. Trygonometryczny sposób określenia położenia narzędzia. Stół do piły „Do-ALL”, zwalniający obsługę do ścisłego nadzoru i sygnalizujący dzwonkiem zakończenie piłowania.

SQ — Wyrób gwintów.

87* SQ 621.922.4:621.9.014.5 B2—7/8.52
 AWKISENTJEV I. G. **Szybkościowe frezowanie gwintów.** „Skorostnoje narezanie riezby”. Stanki i Instr., t. 20, nr 12, grudz. 1949, s. 12; A4, 3 str., 2 rys., 3 wyk., 2 tabl. — Zasady nacinania gwintów zewnętrznych przy pomocy wirujących głowic nożowych. Geometria noża a warunki skrawania. Wzmianka o celowości stosowania tego rodzaju obróbki do gwintów trapezowych i niektórych specjalnych. Autor wskazuje, iż przy gwintach zwykłych ostrych metoda ta ustępuje pod względem wydajności szybkościowemu toczeniu na półautomatycznych obrabiarkach, pracujących narzędziami z węglików spiekanych.

88 SQ 621.992.22:621.9.013/014 B2—7/8.52
 TRKALA R. **Nacinanie gwintu metodą obwodową.** „Režani závitú okružovaní methodou”. Techn. Pr., t. 7, nr 10, 1951, str. 229; A4, 2,5 str., 10 rys., 3 tabl. — Przegląd dotychczas używanych sposobów nacinania gwintów. Zasady metody obwodowej (przecinkowa) i konstrukcja urządzenia do pracy tą metodą. Narzędzia, ich geometria i wymiary. Warunki skrawania i metoda ich doboru w zależności od materiału obrabianego. Prędkość skrawania omawianą metodą leży w granicach 150—300 m/min.

89* SQ:UK 621.952:621.993 B2—7/8.52
 RIAZANCEW N. P. **Wysokowydajne nagwintowywanie nakrętek na wiertarkach.** „Wysokoproizwoditel'noje narezanie gajek na swierlil'nych stankach”. Stanki i Instr., r. 22, nr 2, luty 1951, s. 30; A4, 1 str. 1 rys. — Opis prostego przyrządu, mocowanego na stole wiertarki do gwintowania różnego kształtu nakrętek.

ST — Teoria skrawania.

90 ST 621.9.001 B2—7/8.52
 BRODNER. **Amerykańskie badania procesu skrawania.** „Amerikanische Untersuchungen über Zerspahnungsvorgänge”. Werkstattstechnik und Masch. — Bau. r. 42, nr 1, stycz. 1952, s. 27; A4, 0,5 str. — Przegląd współczesnego piśmiennictwa amerykańskiego w zakresie badań skrawalności i procesu skrawania.

91 ST 621.9.01/014 B2—7/8.52
 LEYENSETTER W. **Pomiar spęczania wióra podczas tocenia.** „The measurement of chip deformation during turning”. Engrs. Dig., t. 12, nr 8, sierp. 1951, s. 251; A4, 2 str., 5 wyk. — Pomiar spęczania wióra, oddziaływanie wzajemne materiału obrabianego i metalu ostrza, współczynnik spęczania jako funkcja prędkości skrawania, kąta natarcia i materiału ostrza. Porównanie wpływu stali szybko tnącej i spieków oraz zmian geometrii ostrza na współczynnik spęczania. Warunki pomiarów. Wnioski.

92* ST 621.9.014 B2—7/8.52
 ŁOPATA A. J. **Siły skrawania przy szybkościowym toczeniu szerokimi ostrzami.** „Usilja riezanja pri skorostnom točení szirokimi riezcami”. Stanki i Instr., t. 22, nr 12, grud. 51, s. 23; A4, 2 str., 1 fot., 2 rys., 2 wyk., 1 tabl., 7 poz. bibl. — Odmienność warunków pracy szerokich noży kształtowych. Badania radzieckie dla ustalenia sił skrawania przy toczeniu szybkościowym nożami stali konstr. „45” i stopowej „Szch 15”. Ustalenie zależności siły obwodowej i promieniowej od posuwu i szybkości skrawania.

93* ST 621.9.01 B2—7/8.52
 SARBASZ Ch. M. **Technologiczna sztywność wału.** „Technologičeskaja žestkost' wala”. Stanki i Instr., t. 22, nr 12, grud. 51, s. 21; A4, 1,5 str., 4 rys. — Analiza krytyczna stosowanych wzorów dla wyliczania technologicznej sztywności obrabianych wałów. Wyprowadzenie zależności określającej długość wału technologicznie sztywnego. Wartość współczynników charakteryzujących sposób zamocowania przy obróbce.

94 ST:PE 621.9.014.2:621.3.084 B2—7/8.52
 OPITZ H. i KUSTERS K. **Przyrządy do określania siły i temperatury skrawania w przebiegu skrawania.** „Messgeräte zur Ermittlung der Schnittkraft und Schmitttemperatur bei Zerspannungsvorgängen”. Werkstatt und Betrieb, r. 85, nr 2, luty 1952, s. 43; A4, 5 str., 5 rys., 12 fot., 13 poz. bibl. — Trójskładowy siłomierz do toczenia działający na zasadzie elektromagnetycznej. Siłomierz do pomiaru oporu skrawania przy frezowaniu w dwóch wersjach. Do pomiarów sił zastosowano paski oporowe i metodę przenoszenia impulsów przy pomocy pierścienia i szczotek.

95 ST:SO:MH 621.9.011:669.14.014.46 B2—7/8.52
 ČIHÁK J. **Polepszenie obrabialności miękkich, niskowęglowych stali.** „Zlepšení obrábiteľnosti měkkých nízkíhlikových ocelí”. Strojirenstvi, t. 1, nr 12, 1951, s. 469; A4, 1 str. — Trudności przy obróbce niskowęglowych stali żarzonych, powodowanych powstawaniem narostu na ostrzu. Doświadczenia nad polepszeniem obrabialności przez zastosowanie odpowiednich emulsji chłodzących. Wyniki przy dodawaniu do emulsji mielonego kwiatu siarczanego.

SV — Obróbka gładkościowa.

96 SV:ST:PC:PD 621.9.016:621.753.1:531.7:621.9—288.1 B2—7/8.52
 TROWBRIDGE R. P. **Gładkość powierzchni a konstruktor.** „Surface finish an the designer”. Product. Engng., t. 21, nr 9, wrzes. 50, s. 122; A4, 6 str., 8 fot., 1 rys., 2 tabl., 10 poz. bibl. — Czynniki, które winien uwzględnić konstruktor zalecający określone tolerancje obróbki powierzchni. Zagadnienie sprawdzenia dokładności wykonanej powierzchni. Przykłady obróbki niektórych powierzchni. Metody pomiaru gładkości. Gładkościomierze różnych zasad i konstrukcji. Sposób osiągnięcia żądanej gładkości w zależności od obrabianego materiału i rodzaju obróbki. Tworzenie się wióra.

U — UCHWYTY I PRZYRZĄDY

97* UK:NS 621.923.96:621.921 B2—7/8.52
 GALKIN M. E. i GOPP A. J. **Namiastki diamentu.** „Almazozamieniteli”. Stanki i Instr., t. 22, nr 3, marz. 1951, s. 16; A4, 2 str., 5 rys. — Bezdiamentowe urządzenia do obciągania ściernic. Konstrukcje i opisy urządzeń bezdiamentowych metalicznych z materiałów ściernych i ze spiekanych węglików metalu. Uwagi o stosowaniu praktycznym opisywanych urządzeń do obciągania ściernic.

98* UK:PK 621.9.29:621.9—791.2:679 B2—7/8.52
 GERASIMOW D. F. **Zastosowanie mas plastycznych w oprzyrządowaniu obrabiarek i przyrządach kontrolno-pomiarowych.** „Primienienje gidroplastmassy w stanocznych prispobleniach i kontrolno-izmieritel'nych priborach”. Stanki i Instr., t. 22, nr 11, 1951, s. 10; A4, 2,5 str., 10 rys., 1 poz. bibl. — Przykłady prawidłowej konstrukcji oprzyrządowania i przyrządów pomiarowych z zastosowaniem elementów z masy plastycznej. Używane masy plastyczne i opis techniki ich otrzymywania. Analiza zalet i wad.

99* UN 621.9—229.311/312:389.6 B2—7/8.52
 WLAZNI EW. J. **System składano-rozkładanych przyrządów obrabiarkowych.** „Sistemi sborno-razbornych stanocznych prispoblenij”. Stanki i Instr., t. 22, nr 8, sierp. 1951, s. 11; A4, 3 str., 14 fot., 1 rys. — Wady dotychczasowych przyrządów składanych z części znormalizowanych. Przykłady typowych elementów przyrządów składanych i ich zalety. Zasady zestawiania przyrządów z części znormalizowanych.

OSRODEK DOKUMENTACJI METALoznawstwa I APARATURY NAUKOWO-LABORATORYJNEJ

A — TECHNOLOGIA METALI

A4 — Metaloznawstwo

116* A4 620.172/3:620.18 B5—7/8.52

CRUSSARD C.: **Badania eksperymentalne deformacji plastycznej kryształów metalicznych.** „Etude expérimentale de la déformation plastique des cristaux métalliques”. *Métaux et Corros.*, t. 26, nr 311—312, lip.-sierp. 51, s. 279; A4, 12,5 str., 2 rys., 2 wykr., 5 mikrogr., 3 tabl. 36 poz. bibl. — Współczesny stan badań eksperymentalnych kryształów czystych metali lub stopów jednofazowych. Zjawiska zachodzące w kryształach w czasie rozciągania i ściskania. Wpływ temperatury. Zagadnienie ekwikohezji.

117* A4 669.141.3 B5—7/8.52

Nowe, ekonomiczne stale do nawęglania. „New economy casehardening steels”. *Iron and Steel*, t. 25, nr 1, stycz. 52, s. 8; A4, 1 str., 1 tabl., 1 poz. bibl. — Zastąpienie stali niklowo-chromowych do nawęglania (o zawartości od 2 do 5% Ni) stalami o niewielkich dodatkach stopowych: niklu od 0,4 do 2%, molibdenu — od 0,08 do 0,25% oraz chromu, którego zawartość jest dobierana w zależności od niklu, tak aby uniknąć nadmiaru wolnych węglików w stali. Składy chemiczne i własności wytrzymałościowe powyższych stali.

118* A4 669.781.194 B5—7/8.52

WRAY P. R.: **Stale borowe na części konstrukcyjne i do nawęglania.** „Boron steels for constructional parts and for carburising”. *Metal Progr.*, t. 60, nr 1, lip. 51, s. 52; A4, 4 str., 1 rys., 5 wykr., 2 tabl. Dodatek boru do stali pozwala na zaoszczędzenie deficytowych dodatków stopowych niklu, chromu i molibdenu. Porównawcze wykresy hartowności, twardości warstwy nawęglanej i obrabialności. Przykłady zastosowań w silnikach lotniczych na koła zębate i wałki.

119* A4 669.13.018.251/669.132.3 B5—7/8.52

LADSKI W. B.: **Żeliwo o wysokiej zawartości krzemu, odporne na ścieranie.** „Iznosostojkij czugun s vysokim sodierżanijem kremnia”. *Litiejnoje Proizw.*, nr 2, luty 52, s. 23; A4, 1 str., 1 rys., 1 wykr., 2 tabl. — Żeliwo o wysokiej zawartości krzemu (4,59%) i obniżonej zawartości węgla (C_{og} — 2,33%) posiada prawie tę samą odporność na ścieranie jak żeliwo o zawartości Ni — 2,94% i Cr — 0,6%, przewyższając żeliwa niskostopowe i niestopowe.

120* A4 669.14.018.292:669.15.295 B5—7/8.52

TIFFIN W. T., HOFFMAN P. C.: **Szybki rozwój tytanu jako materiału konstrukcyjnego.** „Titanium rapidly growing as useful engineering material”. *Mater. a. Meth.*, t. 33, nr 2, luty 51, s. 57; A4, 3 str., 1 fot., 2 mikrogr., 3 tabl., 4 poz. bibl. — Metody produkcji tytanu. Porównawcze własności wytrzymałościowe tytanu, stali nierdzewnej oraz kutego stopu aluminium typu 74 ST. Odporność na korozję i własności fizyczne tytanu w podwyższonych temperaturach. Przykłady stosowania.

121* A4 669—492.8:669.017 B5—7/8.52

TRENT E. M.: **Niektóre czynniki wpływające na ścieranie się narzędzi z węglików spiekanych.** „Some factors affecting wear on cemented carbide tools”. *Machinery* (Lond.), t. 79, nr 2034, list. 51, s. 823; A4, 6 str., 2 fot., 1 rys., 5 mikrogr., 1 makrogr., 6 poz. bibl. — Omówienie dotychczasowych poglądów w tej dziedzinie. Rodzaje niszczenia narzędzi na drodze tarcia. Niszczenie narzędzi na drodze tarcia chemicznego („chemical wear”), przez tworzenie się w temperaturze około 1300°C stopu węglików wolframu ze stałą. Metalograficzne badania powierzchni uszkodzonych na drodze tarcia narzędzi z węglików spiekanych.

122* A4 669—492.8 B5—7/8.52

BACKSTROM M. L., REITLER E. J.: **Projektowanie matryc z węglików spiekanych.** „Designing carbide dies”. *Machinery* (Lond.), t. 79, nr 2034, list. 51, s. 795; A4, 7 str., 5 fot., 4 rys., 3 tabl. — Skład chemiczny, własności i przeznaczenie węglików spiekanych stosowanych w przemyśle angielskim. Projektowanie matryc do przeróbki plastycznej oraz wykrojników z węglików spiekanych w zależności od wytrzymałości materiałów i powierzchni kształtowanej.

123* A4 669.35.5:669.35.5.4:669.35.24 B5—7/8.52

Stopy miedzi w przemyśle zegarowym. „Copper alloys in the watch industry”. *Metal Ind.*, t. 80, nr 7, luty 52, s. 127; A4, 4 str., 2 tabl. Dobór stopów miedzi, z uwagi na ich własności mechaniczne i metalograficzne, na części mechanizmów zegarów. Własności wymagane od materiałów na korpusy zegarów i części wychytowe. Stopy miedzi stosowane na koperty zegarków.

A5 — Obróbka cieplna.

124* A5 669.14:669—156.66 B5—7/8.52

HARVEY R. F.: **Hartowanie izotermiczne.** „Martempering”. *Iron and Steel*, t. 25, nr 1, stycz. 52, s. 14; A4, 2,5 str., 1 wykr., 8 poz. bibl. — Hartowanie izotermiczne jako proces zastępujący hartowanie zwykłe i odpuszczanie. Historia badań. Krzywa chłodzenia. Hartowanie izotermiczne stali o zawartości 1,25% C używanej na piły.

125* A5 669.15—155 B5—7/8.52

Hartowanie płomieniowe. „Flame hardening”. *Iron and Steel*, t. 24, nr 3, marz. 51, s. 107; A4, 3,5 str., 7 fot., 5 rys. — Przykłady praktycznego zastosowania hartowania płomieniowego w odniesieniu do przedmiotów stalowych i żeliwnych. Ciekawe fotografie i rysunki oraz krótkie opisy, ilustrujące sposób i przebieg hartowania.

126* A5 669.041 B5—7/8.52

BALICKI M., KENDALL E. G., ORTHMAN W. H.: **Piec z podwieszoną spiralą grafitową.** „A suspended graphite-spiral furnace”. *Metal Progr.*, t. 60, nr 2, sierp. 51, s. 72; A4, 2,5 str., 1 rys., 1 tabl. — Piec ze spiralą grzewczą grafitową zaprojektowany przez Politechniczny Instytut w Brooklinie. Nowością w rozwiązaniu tego pieca jest usunięcie drugiego stałego zamocowania spirali, która jednym końcem jest zanurzona w sproszkowanym graficie. Piec ten umożliwia otrzymanie temp. 2200°C i może być stosowany do topienia, cechowania pirometrów optycznych, podgrzewania do obróbki cieplnej, spiekania i prasowania na gorąco.

127 A5 621.785.669.14 B5—7/8.52

HULSBRUCH W.: **Racjonalne czasy ogrzewania i wygrzewania dla wyżarzania i ulepszenia stali podczas produkcji.** „Zweckmässige Erhitzungs und Haltezeiten beim betrieblichen Glühen und Vergüten von Stählen”. *Stahl u. Eisen*, t. 71, nr 23, list. 51, s. 1219; A4, 6,5 str., 2 fot., 1 wykr., 2 tabl., 28 poz. bibl. — Wpływ prędkości ogrzewania, wygrzewania i chłodzenia oraz wpływ struktury wyjściowej na zahartowanie. Tabele cech wytrzymałościowych stali w zależności od omawianych parametrów.

128* A5 669.14.018.291:669.14.018.463 B5—7/8.52

KIESSLER H.: **Stan obecny i rozwój stali do ulepszenia cieplnego.** „Stand und Entwicklung der Vergütungsstähle”. *Stahl u. Eisen*, t. 71, nr 9, kwiec. 51, s. 433; A4, 7,5 str., 3 wykr., 8 tabl., 24 poz. bibl. — Nowe niemieckie normy na stale stopowe do ulepszenia cieplnego na tle dawnych norm sprzed 1939 r. oraz norm z okresu wojny. Porównanie z normami angielskimi, francuskimi i amerykańskimi, od których normy niemieckie odbiegają z powodu konieczności

A — TECHNOLOGIA METALI c. d.

wprowadzenia oszczędności używania chromu i molibdeny. Krótkie omówienie własności i prób stali, ze specjalnym uwzględnieniem hartowności według metody Jominy.

129* A5 669.14.018.296—156.5(7) B5—7/8.52

Mc ELGIN J.: **Szybkohartujący olej polepsza hartowność stali lotniczych.** „Fast quench oil improves hardenability in aircraft steels“. Iron Age, t. 169, nr 4, stycz. 52, s. 72; A4, 2,5 str., 3 wykr., 1 tabl. — Wpływ zastosowania oleju hartowniczego Houghto-Quench K na przehartowywalność większych przekrojów amerykańskich stopowych stali lotniczych. Olej ten usunął trudności produkcyjne, powstające przy obróbce cieplnej wytopów wykonanych na dolną granicę składu chemicznego.

130 A5 669.245 B5—7/8.52

HUDGE W. A.: **Stopy o dużej zawartości niklu utwardzane przez starzenie.** „Age hardenable high-nickel alloys“. Metal Progr., t. 59, nr 4, kwiec. 51, s. 529; A4, 7,5 str., 4 wykr., 5 tabl. — Skład chemiczny, własności fizyczne i wytrzymałościowe stopów: „Monel K“, „KR“ i „S“ oraz „Dura nickel“, „Permanickel“ i „Inconel X“. Szczegółowe warunki obróbki cieplnej (starzenia), z uwzględnieniem różnych stopni obróbki plastycznej na zimno. Wyposażenie i materiały pomocnicze do obróbki cieplnej wyżej wymienionych stopów.

131* A5 621.365.5:621.785.6 B5—7/8.52

ROKICKIJ E. I.: **Hartowanie indukcyjne wewnętrznych powierzchni małych otworów przy nagrzewaniu pod wodą.** „Zakałka wnutrniennych powierzchnostej małowu diametra pri nagriewie t. w. cz. pod wodoj“. Wiestn. Maszinost., t. 31, nr 12, grudz. 51, s. 43; A4, 2,5 str., 1 fot., 4 rys., 4 poz. bibl. — Zwiększenie szybkości nagrzewania indukcyjnego oraz chłodzenia przy zanurzaniu hartowanego przedmiotu w wodzie. Opis urządzenia do hartowania indukcyjnego wewnętrznych powierzchni otworów o średnicy od 11 do 30 mm.

132* A5 621.918:621.784.6 B5—7/8.52

THOMAS D.: **Pilniki i narzędzia. Korzyści obróbki cieplnej w kąpielach solnych.** „Files and tools. Advantages of heat treatment in salt baths“. Iron a. Steel, t. 25, nr 3, marz. 52, s. 85; A4, 4 str., 12 fot., 1 wykr. — Sposób użycia soli Cassel F. H. 750 do obróbki cieplnej pilników (przygotowanie i zasilanie), własności fizyczne i zalety tej soli. Hartowanie pilników. Hartowanie narzędzi ze stali szybko tnącej w soli obojętnej (carbneutral Cassel Nr 2), gwarantującej nieodwęglanie. Sposób roztapiania tej soli w piecu elektrodowym. Podgrzewanie narzędzi do hartowania w soli P. S. 760. Chłodzenie i odpuszczanie w soli Q. S. 540. Zastosowanie soli W. S. 720 do grzania i soli T. S. 150 do chłodzenia różnych części ze stali stopowych przy hartowaniu izotermicznym.

A6 — Obróbka wiórowa.

133* A6a 621.937:669.14 B5—7/8.52

MOŻAJEW S. S.: **Zjawiska cieplne towarzyszące przy procesie szybkościowego skrawania stali.** „Tieplowyje jawlenja soprowozdajuszczije proces riezanja stali na wysokoj skorosti“. Z. tiechn. Fiz., t. 21, nr 10, paźdz. 51, s. 1170; B5, 8 str., 1 fot., 1 rys., 10 wykr., 6 poz. bibl. — Metody badania i obliczania ilości wytwarzającego się ciepła przy szybkościowym skrawaniu stali. Ilość ciepła unoszona przez wióry. Ilość ciepła pochłaniana przez noże tokarskie. Rozkład ciepła na nożu w zależności od szybkości skrawania. Pochłanianie wytworzonego ciepła przez wióry i noże przy różnej szybkości skrawania. Wnioski końcowe.

134* A6a 536.6:621.7:536.3 B5—7/8.52

JEGOROW S. W.: **Wydzielanie się ciepła przy odkształcaniu metali w procesie skrawania jako kryterium obrabialności metali.** „Tieplowydielenje pri dieformacji mietalłow w processie riezanja kak kritie-

rij obrabatywajemosti mietalłow“. Wiestn. Maszinost., t. 31, nr 7, lip. 51, s. 38; A4, 5 str., 4 fot., 1 rys., 4 wykr., 5 tabl., 5 poz. bibl. — Metoda oznaczania i obliczania ilości wydzielanego ciepła przy skrawaniu metali. Budowa i ustawienie kalorymetru. Ilość wytwarzającego się ciepła w zależności od szybkości skrawania i rodzaju stali. Ocena względnej obrabialności metali metodą kalorymetryczną.

A8 — Korozja

135* A8 620.191.2:620.18:669.1 B5—7/8.52

GERHARDT O.: **Rdza i jej morfologia.** „Vom Rost und seiner Morphologie“. Werkstoffe u. Korros., t. 2, nr 4, kwiec. 51, s. 129; A4, 2,5 str., 8 fot. — Cel i korzyści morfologicznego badania zjawisk rdzewienia. Wyniki badania mikroskopowego gładkich, porzecznych powierzchni żelaznych oraz powłok ochronnych i rdzy pod nimi.

136* A8 669:620.191 B5—7/8.52

FRANKE E.: **Nowe odporne na korozję materiały za granicą (VI)** „Neue korrosionsbeständige Werkstoffe im Ausland VI“. Werkstoffe u. Korros., t. 2, nr 2, luty 51, s. 68; A4, 4 str., 2 wykr., 4 tabl., 5 poz. bibl. — Rozwój stopów Fe—Cr—Ni typu Inconel, ich uzyskiwanie, obróbka termiczna, własności mechaniczne oraz zakresy stosowania tych stopów.

137* A8 620.191:669.715 B5—7/8.52

KOSTRON H.: **Postacie i kierunki korozji stopów aluminowych.** „Formen und Wege des Korrosionsangriffes bei Aluminiumlegierungen“. Z. Metallk., t. 42, nr 5, maj 51, s. 133; A4, 4,5 str., 1 wykr., 16 mikrogr., 5 poz. bibl. — Struktura stopów Al—Cu—Mg w stanie lonym. Wpływ obróbki plastycznej i cieplnej na strukturę i własności mechaniczne stopów. Postacie korozji w zależności od rodzajów obróbki plastycznej i cieplnej.

138* A8 620.193.5:669.1 B5—7/8.52

WICKERT K.: **Problemy chemiczne w instalacjach wysokociśnieniowych.** „Chemische Probleme im Hochdruckkraftwerk“. Werkstoffe u. Korros., t. 3, nr 1, stycz. 52, s. 17; A4, 12 str., 2 rys., 4 wykr., 7 mikrogr., 2 tabl. — Wpływ soli rozpuszczonych w wodzie, tlenu oraz kwasu węglowego jako czynników korodujących instalacje wysokociśnieniowe. Reakcje pary wodnej z żelazem oraz opory przeciwstawiające się tej reakcji. Korozja kwasowa w wyższych temperaturach.

139* A8 620.197:667.661.62 B5—7/8.52

Bonderyzacja natryskowa. „Spray gun bonderizing“. Auto Engr., t. 41, nr 544, wrzes. 51, s. 340; 1 str., 1 fot. — Firma „The Pyrene Comp“ opracowała nowy sposób ochrony przeciwkorozyjnej przez bonderyzację na zimno. Płyn bonderyzacyjny rozpylany jest w sposób bardzo wygodny przy pomocy pistoletu do natryskiwania. Po 3—5 minutach płyn zmywa się zimną wodą. Bonderyzacja na zimno jest stosowana przez firmę Singer Motors jako podkład pod lakier przy malowaniu karoserii samochodowych.

140* A8 669.1:621.795 B5—7/8.52

RAGG M.: **O ochronie żelaza przez pomalowanie.** „Über den Schutz des Eisens durch Anstrich“. Werkstoffe u. Korros., t. 3, nr 1, stycz. 52, s. 11; A4, 6 str., 2 tabl. — Chemiczne i techniczne własności farb oraz środków wiążących. Analizy powłok farbiarskich. Własności fizyczne minii ołowianej, jej działanie depolaryzujące i utleniające. Naprężenia w powłokach, technika zdejmowania farb. Wyliczenie używanych farb rdzochronnych.

A9 — Metalizacja

141* 621.793:620.197 B—7/8.52

GEMMER E.: **Plomieniowe natryskiwanie materiałami sztucznymi i możliwości jego zastosowania.** „Das Kunststoff-Flammenspritzen und seine Anwendungsmöglichkeiten“. Werkstoffe u. Korros., t. 2, nr 10,

A9 — METALIZACJE

paźdz. 51, s. 369; A4, 2,5 str., — Wykonanie warstwy przez natryskiwanie proszkami materiałów sztucznych. Liczbowe dane natryskiwania. Doświadczenia, błędy wykonania warstwy, wnioski. Stosowane materiały sztuczne. Technika wykonania proszku. Najczęściej stosowany materiał — polietylen i jego własności. Materiały, które można natryskiwać. Możliwości szerszego stosowania natryskiwania materiałami sztucznymi.

142* A9:A8 621.793:620.197. B5—7/8.52

BIEL H. **Ochrona korozyjna przez natryskiwanie metalami.** „Korrosionsschutz durch Metallspritzen“. Werkstoffe u. Korros., t. 2, nr 5, maj 51, s. 182; A4, 3,5 str., 5 rys., 5 tabl. — Opis techniki natryskiwania. Zapotrzebowanie ciepła i szybkość doprowadzania drutu przy natrykiwaniu. Zasady konstrukcyjne pistoletu na drut i na proszek. Gazy do topienia i rozpylania metalu. Warstwy z materiałów sztucznych, cynku, aluminium i ołowiu. Próby korozyjne tych warstw.

143* A9 621.793:679.5 B5—7/8.52

GOLDBERG B.: **Warstwy z plastików natryskiwane płomieniowo.** „Flame sprayed plastic coatings“. Corrosion, t. 7, nr 2, luty 51, s. 47; A4, 3,5 str., 1 fot., 2 poz. bibl. — Technika natryskiwania proszkami i urządzenia do tego celu. Kryteria stosowalności materiałów organicznych do celów metalizacji natryskowej. Otrzymywanie proszków z mas plastycznych. Dwa najważniejsze materiały: thiocol (syntetyczna guma) i polietylen. Technika pokrywania polietylenem. Przykłady zastosowań.

A10 — Specjalne metody obróbki metali.

144 A10a 621.785.5 B5—7/8.52

ORREFICE A., LOCATTI L. (The Fiat Co). **Zalety kulowania.** „Advantages of shot-penning“. Metal Progr., t. 52, nr 6, czerw. 48, s. 848; A4, 1,5 str., 3 wykr. — Wyniki badań wytrzymałości zmęczenia stali sprężynowej kulowanej w porównaniu z wytrzymałością tejże stali przy innych stanach powierzchni, a mianowicie przy powierzchni surowej, z mniejszymi i większymi wadami oraz gładko polerowanej. Próby były przeprowadzone przy zmiennych obciążeniach zginających i skręcających.

145* A10a 620.15:621.785.5 B5—7/8.52

SAWIERIN M. M. **Kulownica do wzmacniania części maszyn.** „Drobiestrunająca ustanowka dla uprocznienia dietalej“. Wiestnik Maszinistr. t. 31, nr 2, luty 51, s. 12; A4, 4,5 str., 2 fot., 4 rys. — Charakterystyka techniczna kulownicy wirnikowej o osi pionowej. Zasady działania. Opis techniczny automatycznego urządzenia do przesuwania części obrabianych. Szerzeg zalet tego urządzenia, jak łatwość wykonania technologicznego, stosunkowo małe wymiary i waga, uniwersalność zastosowania (obróbka prętów, wałów, wielkich sprężyn spiralnych, matryc, kół zębatach itp.), prostota eksploatacji i montażu oraz bezpieczeństwo pracy.

146* A10a 620.15:621.785.5 B5—7/8.52

WIETWICKIJ A. M., CHOŁMOGOROW M. W. **Maszyny do obróbki części maszyn za pomocą śrutowania.** „Maszyny do obrabotki dietalej drobju“. Litiejnoje Proizw., nr 4, kw. 51, s. 13; A4, 1,5 str., 5 rys. — Opis różnych typów maszyn stosowanych do obróbki śrutowaniem: maszyny do czyszczenia żeliwa, kulownice pracujące na sprężone powietrze, kulownice z kołem miotającym śrut. Ogólne wytyczne dotyczące konstruowania, wykonania i eksploatacji.

147* A10a 620.15:621.785.5 B5—7/8.52

WIETWICKIJ A. M., CHOŁMOGOROW M. W. **Maszyny do obróbki części maszyn za pomocą śrutowania.** „Maszyny dla obrabotki dietalej drobju“. Litiejnoje Proizw., nr 8, sierp. 51, s. 11; A4, 2,5 str., 6 rys., 3 poz. bibl. — Rozwiązanie konstrukcyjne kulownicy wirnikowej. Koło miotające śrut pracuje w płaszczyźnie pionowej.

148* A10b 669—167 B5—7/8.52

SCHMIDT K., KAHL O. **Polerowanie anodowe.** „Das anodische Polieren“. Z VDI, t. 91, nr 16, sierp. 49, s. 389; A4, 2 str., 22 poz. bibl. — Krótki przegląd rozwoju techniki elektropolerowania. Uwagi krytyczne o różnicach w gładkości i połysku, otrzymywanych na drodze polerowania anodowego.

149* A10d 669—167 B5—7/8.52

DARMOIS E., EPELBOIN J., AMINE D., CHALIN C. **Opór elektryczny warstwy anodowej i optymalny skład kąpieli do polerowania elektrolitycznego.** „Résistance électrique de la couche anodique et composition optimum des bains de polissage électrolytique“. Rev. Metall., t. 47, nr 3, marz. 50, s. 183; A4, 3,5 str., 2 wykr., 8 mikrogr., 4 poz. bibl. — Efekt optymalnego polerowania odpowiada maksimum oporu warstwy anodowej. Podano metodę mierzenia tego kryterium.

150* A10d 621.795.2:669.35.5:669.14:535.312 B5—7/8.52

MAZIA J.: **Elektrolityczne polerowanie i wygładzanie dla wykańczania luster.** „Electrolytic polishing and lapping for mirror finishes“. Steel, t. 120, nr 20, maj 47, s. 84; A4, 4 str., 8 fot., 2 rys. — Opis dwóch metod elektrolitycznego polerowania: przy ruchomej anodzie i ruchomej katodzie, dających zadawalające rezultaty w wypadku stosowania ich przy badaniach metalograficznych.

151* A10d 669.167:669.35.5 B5—7/8.52

WILLARD G. A. **Elektropolerowanie mosiądzu.** „Electropolishing brass“. Iron Age, t. 163, czerw. 49, s. 48; A4, 4 str., 3 fot., 1 rys., 2 tabl. Wpływ dodatku aminokwasów na efekt polerowania przy kąpieli o składzie podanym w artykule. Ocena wyników przy zastosowaniu testu Waltona jako kryterium oceny blasku. Fotografie aparatury do polerowania drobnych elementów mosiężnych.

152* A10e 621.357 B5—7/8.52

STABROWSKIJ A. I. **Elektrolityczne mosiadowanie z roztworów nie zawierających cyjanków.** „Elektroliticheskoje latunirovanje iz bieczianistych rastworów“. Ž. obszcz. Chim., t. 21, nr 7, lip. 51, s. 1223; B5, 6,5 str., 3 wykr., 5 tabl., 5 poz. bibl. — Mosiadowanie elektrolityczne na podstawie analizy potencjałów elektrodowych miedzi i cynku. Zbliżenie potencjałów Cu i Zn odbywa się w wyniku niejednakowego wzrostu polaryzacji katodowych osadzanych metali. Wyniki badań szeregu kąpieli galwanostegicznych przy różnej gęstości prądu. Najlepsze jakości osadów otrzymano z roztworów szczawianów i roztworów alkalicznych zawierających glicerynę.

153* B 620.197:661.876:674.048 B5—7/8.52

HADERT H. **Chromiany w impregnatorach drzewa jako dodatek hamujący korozję.** „Chromate als Korrosionsverzöger in Holzschutzmitteln“. Werkstoffe u. Korros., t. 2, nr 2, luty 51, s. 49; A4, 2,5 str., 3 poz. bibl. — Wpływ dodatku chromianów w substancjach służących do impregnacji drzewa na korozję tkwiącego w nim metalu (śruby, gwóźdź itp.). Stwierdzono, że pasywne działanie chromianów zależy w ogromnej mierze od składu substancji impregnującej.

C — PROBLEMY TEORETYCZNE

C4 — Wytrzymałość materiałów.

154* C4 539.4:669.715:620.175 B5—7/8.52

MEINCKE H. **Określanie wytrzymałości na rozciąganie stopów aluminium na podstawie ich twardości.** „Bestimmung der Zugfestigkeit aus der Härte bei Aluminiumlegierungen“. Z. Metallk., t. 42, nr 6, czerw. 51, s. 175; A4, 7 str., 1 fot., 2 rys., 2 wykr., 9 tabl., 6 poz. bibl. — Wpływ kierunku walcowania na pomiar twardości i wytrzymałość na rozciąganie. Wpływ platerowania na twardość. Wykazano, iż przeliczenie twardości na wytrzymałość na rozciąganie (współczynnik $c = 0,37$) daje niewielkie błędy — około 5%, natomiast zależność między twardością a granicą płynności nie daje się ustalić, gdyż rozbieżności dochodzą tu do 35%.

C — PROBLEMY TEORETYCZNE c. d.

155* C4 539.412:539.53:669.018 B5—7/8.52

MEINCKE H. Określenie wytrzymałości doraźnej stopów aluminium na podstawie próby twardości. „Bestimmung der Zugfestigkeit aus der Härte bei Aluminiumlegierungen“. Z. Metallk., t. 42, nr 6, czerw. 51, s. 175; A4, 7 str., 1 fot., 2 rys., 2 wykr., 9 tabl., 4 poz. bibl. — Znaczenie i przeliczenie twardości na wytrzymałość doraźną. Wpływ kierunku włókien na twardość materiału. Wpływ warstwy powierzchniowej stopu na wyniki prób wytrzymałościowych. Zależności między granicą płynności i twardością.

156* C4 620.156 B5—7/8.52

CHEJFIEC S. C.: Wybór parametrów maszyny i dopuszczalnych biał próbek przy badaniach na zmęczenie. „Wybor paramietrow maszyn i dopuskajemych bijenij obrazcow pri ispytanjach na wynosliwost“. Issledowanija procznosti stali, Moskwa, 1951, Cniitmasz, t. 40, s. 178; D, B5, 18 str., 1 fot., 4 rys., 1 wykr., 1 tabl. — Przyczyny biał próbek w zmęczeniówkach konsolowych z obracającą się próbką. Zastosowanie wzorów i wykresów wiążących parametry tych zmęczeńiów z zawieszeniem ciężaru na sprężynie w wypadkach najczęściej spotykanych w praktyce. Rozruch bez obciążenia i z obciążeniem. Zastosowanie zależności naprężeń dodatkowych w próbie od biał statycznych, dynamicznych, widocznych, pionowych i poziomych. Bicia i naprężenia w zmęczeniówkach ze stałym momentem gnącym bez sprężyny.

157* C4 620.156 B5—7/8.52

CHEJFIEC S. G.: Bezwładnościowe obciążenia przy biciu próbek badanych na zmęczenie i metody ich usunięcia. „Inercionnyje nagruzki pri bijenij obrazcow, ispytywajemych na ustalost i metody ich ustranienija“. Issledowanija ustalosti konstrukcionnyh stalej, Moskwa, 1949, Cniitmasz, t. 24, s. 98; D, B5, 21 str., 4 rys., 1 wykr. 1 tabl. — Wprowadzenie wzorów wiążących parametry maszyny dla zmęczeniówkach konsolowych z obracającą się próbką, z zawieszeniem ciężaru na sprężynie. Uzasadnienie stosowania sprężyny. Bicia statyczne, dynamiczne i widoczne. Bicia pionowe i poziome. Wyjaśnienie zależności naprężeń dodatkowych w próbkach od tych biał. Bicia i naprężenia w zmęczeniówkach ze stałym momentem gnącym bez sprężyny. Bicia i naprężenia w zmęczeniówkach konsolowych z obracającą się próbką z podwieszeniem przez blok i linę.

C8 — Elektrochemia

158* C8 541.13 B5 — 7/8.52

PIONTELLI R., (Politechn. Mediolan). Elektrochemia i wiedza o metalach. „Electrochemistry and the science of metals“. J. Inst. Metals, t. 80, nr 3, list. 51, s. 99; A4, 9 str., 1 rys., 2 wykr., 25 poz. bibl. — Historyczny rys rozwoju elektrochemii, nowe aspekty w dziedzinie badań nad metalami, analiza pojęcia siły elektromotorycznej na granicy faz metalu i roztworu jego soli.

159* C8 541.135 B5—7/8.52
MASZOI WIEC W. P., POTOCKAJA H. B., KOMAROW N. L., TURMOSZINA Y. F.: Wpływ geometrycznych parametrów elektrolizera na rozkład w nim energii elektrycznej. „Wlijanije geometricheskich paramietrow elektrolizera na raspriedielenije w niem elektriczeskoj energii“. Z. prikl. Chim., t. 24, nr 2, luty 51, s. 154; B5, 13 str., 9 wykr., 4 tabl., 1 poz. bibl. — Wykorzystanie metody konstrukcji pola elektrycznego w roztworach dla wyjaśnienia wpływu parametrów geometrycznych naczynia do elektrolizy. Nowy wzór na obliczenie średniego przekroju elektrolitu.

160* C8 541.133 B5—7/8.52
JERSZOW A. D., AFOSZIN W. S.: Opór elektrolitu w wannie z paroma cylindrycznymi elektrodami. „Soprotiwlenije elektrolita w wannie s nieskolikimi cylindricheskimi elektrodami“. Z. prikl. Chim., t. 24, nr 11, list. 51, s. 1210; B5, 2 str. — Wzór na obliczanie oporu w układzie podanym w tytule.

161* C8 621.357.7 B5—7/8.52
SUTIAGINA A. A., WAGRAMIAN A. R.: Porowatość osadów elektrolitycznych niklu. „Poristost elektroosadkow nikielja“. Z. prikl. Chim., t. 24, nr 9, wrzes. 51, s. 945; B5, 5.5 str., 4 wykr., 12 poz. bibl. — Badania porowatości osadów niklu w zależności od powierzchni katody, grubości osadu, gęstości prądu i dodatku substancji obniżających napięcia powierzchniowe. Zależność ilości porów od grubości osadu, gęstości prądu oraz dodatku substancji obniżających napięcie powierzchniowe.

162* C8 545.81:546.621 B5—7/8.52
SHORT H. G.: Oznaczanie małych ilości glinu w żelazie. „The determination of small amounts of aluminium in iron“. Analyst, t. 75, nr 893, sierp. 50, s. 420; B5, 5 str., 2 wykr., 2 tabl., 5 poz. bibl. — Metoda dla oznaczania do 0,001% Al z dokładnością 0,0005%. Podstawą oznaczenia jest ekstrakcja FeCl₃ eterem, a następnie ekstrakcja chloroformem kompleksu żelaza z kupferronem. Pozostały glin oznacza się z fazy wodnej kolumnometrycznie aluminem.

163* C8 545.31:546.56:669.15 B5—7/8.52
CARPENTER D. L., HOPKINS A. D.: Oznaczanie miedzi w stali przez wewnętrzną elektrolizę. „The determination of copper in steel by internal electrolysis“. Analyst, t. 77, nr 911, luty 52, s. 86; B5, 4 str., 3 tabl., 11 poz. bibl. — Małe ilości miedzi (10—25 mg) oznacza się wobec dużych ilości żelaza (5 g) na drodze elektrolizy wewnętrznej, jednak przy dodatku na początku procesu ściśle określonej ilości CuCO₃ do roztworu próbki.

164* C8 621.357.7:545.3 B5—7/8.52
KOWALENKO P. N. (Rostowski Uniw.): Z zagadnienia elektrolitycznego osadzania kobaltu. „K woprosu elektrosadżdenija kobalta“. Z. prikl. Chim., t. 24, nr 9, wrzes. 51, s. 951; B5, 7 str., 3 wykr., 4 tabl., 7 poz. bibl. — Analiza parametrów osadzania się kobaltu z roztworów zawierających szczawian amonu. Przepis na otrzymywanie błyszczącego, równomiernego i nieodstającego pokrycia kobaltu.



Niniejszy Przegląd Bibliograficzny zawiera jedynie część analiz dokumentacyjnych publikacji z zakresu techniki. Pełna dokumentacja ukazuje się w postaci kart dokumentacyjnych wydawanych przez Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej (Warszawa, ul. Ligońska 8) — CIDNT przyjmuje prenumeratę kart dokumentacyjnych, która może obejmować zarówno całą dokumentację naukowo-techniczną, jak i oddzielne jej działy lub poszczególne zagadnienia i tematy techniczne. Cena karty dokumentacyjnej wynosi w prenumeracie 10 groszy. CIDNT wykonuje (za zwrotem kosztów) fotokopie i mikrofilmy publikacji objętych zarówno przeglądem bibliograficznym jak i kartami dokumentacyjnymi.

Gwiazdkami, obok porządkowych liczb artykułów, oznaczone są publikacje znajdujące się w bibliotekach poszczególnych ośrodków.

Książki nadesłane

Dr med. Jerzy Zieliński — **WIADOMOŚCI Z HIGIENY PRACY** — Format A5, str. 152, rys. 55, PWT, Warszawa, 1952, cena zł 12.—

Książka podaje krótkie wiadomości o budowie i czynnościach ciała ludzkiego, omawia fizjologiczne podstawy racjonalizacji wykonywania pracy i indywidualne środki ochronne, choroby zawodowe, ogólne zasady udzielania pierwszej pomocy w zakładach pracy i podaje podstawowe wiadomości i chorobach społecznych.

Książka jest przeznaczona dla społecznych inspektorów pracy, personelu technicznego, odpowiedzialnego za stan bezpieczeństwa i higieny pracy w przemyśle oraz dla średniego personelu sanitarnego w zakładach pracy. Może być również pomocą dla uczniów technicznych szkół zawodowych różnych stopni.

Mgr inż. Bronisław Sochor — **TERMOMETRY ELEKTRYCZNE** — Format A5, str. 176, rys. 8, PWT, Warszawa 1952, cena zł 21.—

Książka zawiera przegląd elektrycznych metod pomiarowych temperatury oraz opis budowy i działania przyrządów służących do tego celu.

Książka jest przeznaczona dla techników i inżynierów ruchowców, ale mogą z niej korzystać również mistrzowie i monterzy obsługujący i montujący urządzenia, w których występuje pomiar temperatury.

Prof. A. Sokołowski — **KURS TECHNOLOGII BUDOWY MASZYN** — część I — tłumaczył z ros. *mgr inż. Marian Rogoziński* — Format B5, str. 431, rys. 200, PWT, Warszawa 1952, cena zł 49.—

Książka ta stanowi tom I dwutomowej pracy i omawia ogólne zagadnienie technologii obróbki skrawaniem, jak budowa procesów technologicznych, wydajność urządzeń produkcyjnych, organizacja i ekonomiczna celowość procesu, sztywność układu sprężystego: obrabiarka — przedmiot — narzędzie, drgania przy skrawaniu, dokładność obróbki, podstawy obróbkowe i naddatki. Książka przeznaczona jest dla inżynierów mechaników, zatrudnionych w biurach fabrykacyjnych i warsztatach przemysłu maszynowego.

I. J. Klinow — **KOROZJA APARATURY CHEMICZNEJ ORAZ TWORZYWA ODPORNE NA KOROZJĘ** — tłumaczył z ros. *inż. Stefan Raczyński* — Format A5, str. 275, rys. 111, PWT, Warszawa 1952, cena zł 33.—

W książce podano podstawy nauki o korozji i ochronie metali z punktu widzenia nowoczesnej chemii. W pracy tej podkreślono przodującą rolę nauki radzieckiej o korozji, opisano metale i stopy stosowane w aparaturze chemicznej, podano najważniejsze własności tworzyw odpornych chemicznie na korozję i wskazano zakres ich zastosowania. Książka przeznaczona jest dla techników i inżynierów pracujących w zakładach chemicznych, dla biur projektowania aparatury chemicznej oraz dla instytutów naukowo-badawczych.

Mgr inż. T. Witkowski — **STALIWO** — Format A5, str. 71, rys. 33, PWT, Katowice 1952, cena zł 12.—

Książka zawiera wiadomości o mechanicznych i chemicznych własnościach staliwa oraz zasady jego wytwarzania w piecach martenowskich, elektrycznych i konwertorach.

Książka przeznaczona jest dla wykwalifikowanych robotników i mistrzów odlewni staliwa oraz może stanowić pomoc dla uczniów i wykładowców w średnich szkołach technicznych.

A. A. Agroskin i N. P. Czyżewski — **KOKSOWNICTWO** — tłumaczył z ros. *inż. Bohdan Kołomyjski*, Format A5, str. 392, rys. 153, tabl. 70, PWT, Katowice 1952, cena zł 48.—

Książka zawiera wiadomości o naturalnych zasobach węgla kopalnych, metodach ich wydobywania i wzbogacania, o teorii koksowania i systemach pieców koksowniczych, sposobach ich rozpalania, regulowania nagrzewania, kontroli cieplnej oraz o metodach oceny węgla. W książce opisano zagadnienia gospodarki gazowej zakładów koksochemicznych, metody badań koksu oraz ogólne pojęcia o technologii ubocznych produktów koksowania. W ostatnich rozdziałach przytoczono metody produkcji węgla drzewnego, koksu torfowego i dane o innych paliwach przydatnych do stosowania w wielkich piecach (antracyt hutniczy, węgiel kamienny).

Książka przeznaczona jest dla inżynierów i techników zatrudnionych w koksowniach. Mogą z niej również korzystać słuchacze wyższych uczelni technicznych.

Mgr inż. Andrzej Sadowski — **WZORCE GŁADKOŚCI POWIERZCHNI** — Format A5, str. 56, rys. 41, PWT, Warszawa 1952, cena zł 5.—

Książka zaznajamia czytelnika w przystępny sposób z pojęciem gładkości powierzchni, jej klasyfikacją i oznaczeniem, omawia znaczenie zastosowania wzorów gładkości w produkcji oraz zaznajamia czytelnika z metodami oceny gładkości powierzchni. Książka przeznaczona jest dla wykwalifikowanych robotników, mistrzów i techników warsztatowych.

Mgr inż. Roman Lipowicz — **URZĄDZENIA CHŁODNICZE SPRĘŻARKOWE JEDNOSTOPNIOWE** (działanie i obsługa) — Format A5, str. 96, rys. 50, PWT, Warszawa 1952, cena zł 10.—

Książka zawiera podstawowe wiadomości o działaniu i obsłudze jednostopniowych sprężarkowych urządzeń chłodniczych. Jest ona przeznaczona dla techników i mistrzów chłodniczych.

Inż. Janusz Dobrowolski — **POLEROWANIE ELEKTROLITYCZNE** — Format A5, str. 96, rys. 63, PWT, Warszawa 1952, cena zł 11.—

Praca omawia zagadnienie polerowania elektrolitycznego metali dla celów produkcyjnych oraz dla celów metalograficznych. Książka zawiera wyjaśnienie zjawiska polerowania elektrolitycznego, omawia sposoby polerowania żelaza, stali węglowych i stopów oraz metali nieżelaznych. Podaje różne składy elektrolitów i sposoby ich przygotowania. Praca jest przeznaczona dla techników i inżynierów.

Prof. inż. dypl. Max Coenen — **ELEMENTY OBRABIAREK** — tłumaczył z niem. *inż. Włodzimierz Kamiński* — Format B5, str. 196, rys. 344, PWT, Warszawa 1952, cena zł 34.—

Książka zawiera obliczanie elementów i zespołów elementów obrabiarek do metali; podaje również zasady konstrukcji obrabiarek do metali. Praca ta jest przeznaczona dla inżynierów i techników mechaników, może również stanowić pomoc dla studentów wyższych szkół technicznych.

WAŻNE DLA ZAKŁADÓW PRZEMYSŁOWYCH, URZĘDÓW, INSTYTUTÓW, BIUR PROJEKTOWYCH I UCZELNI TECHNICZNYCH

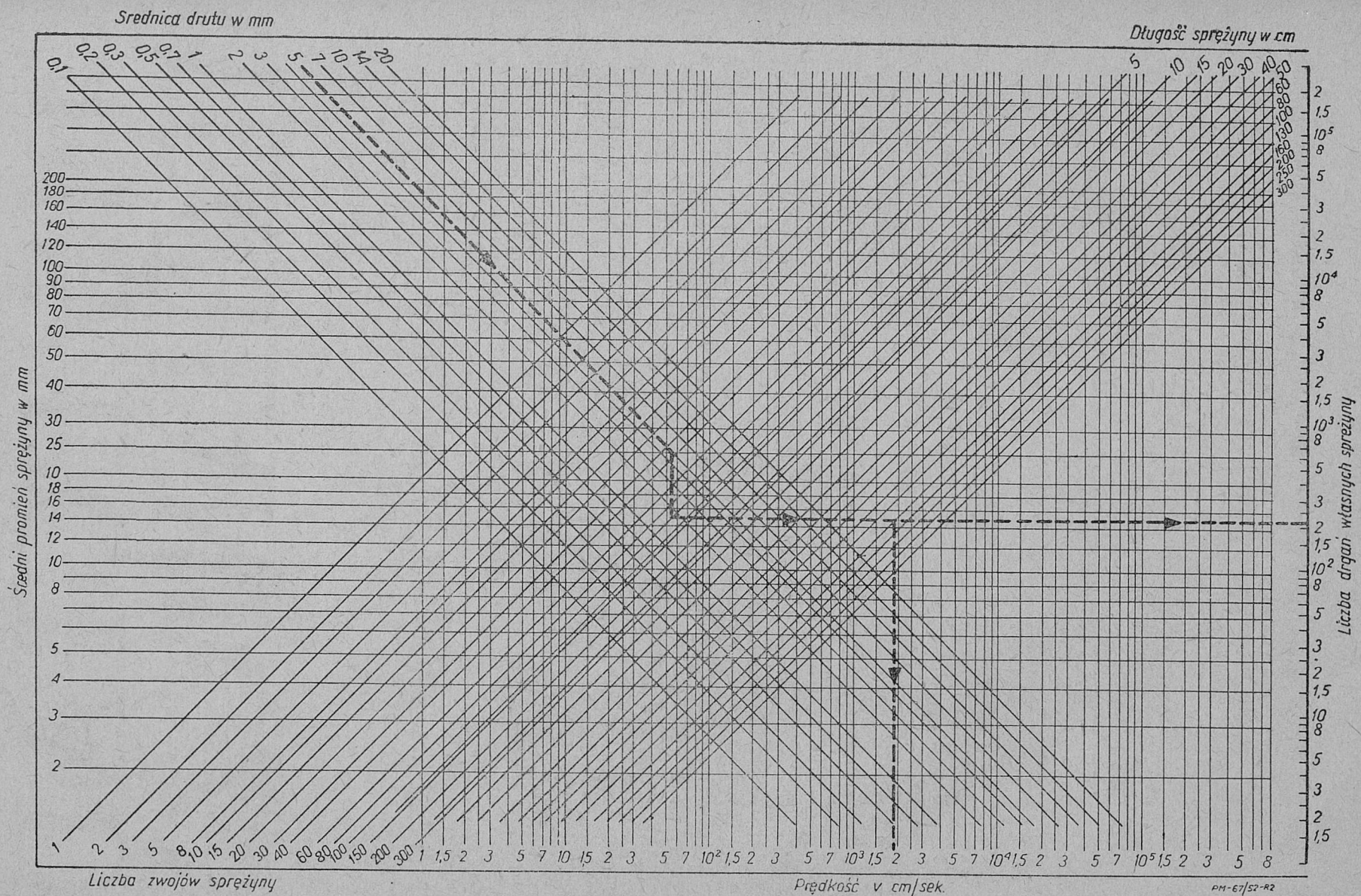
Zwracamy uwagę na możliwość zaopatrywania bibliotek naukowo-technicznych oraz całego personelu w książki techniczne, przez wprowadzenie na terenie zakładu kolportażu zakładowego.

1. Wybrany przez Radę Miejscową kandydat na kolportera, zgłasza do najbliższej księgarni „Domu Książki” — składa opinię o sobie Rady Miejscowej — zawiera umowę kolporterską — uzyskuje bliższe informacje.

2. Kolporter zakładowy pobiera z księgarni książki o wartości łącznej do 1000 zł. — sprzedaje je na terenie swego zakładu oraz rozlicza się raz w miesiącu z księgarnią.

Za swoją pracę kolporter otrzymuje 10% prowizji od ogólnego obrotu. Zastosowanie kolportażu zakładowego zapewni stałą i sprawną dostawę książki technicznej.

Państwowe Wydawnictwa Techniczne



Nomogram do obliczania częstości drgań własnych sprężyn śrubowych (p str. 368).